

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**INTEGRACIÓN GEOLÓGICA DE LA REGIÓN BOBARE-SAN  
FELIPE, ESTADOS LARA Y YARACUY , VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por la Br. Hernández S. Ana C.

Caracas, Octubre de 2013

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **INTEGRACIÓN GEOLÓGICA DE LA REGIÓN BOBARE -SAN FELIPE, ESTADOS YARACUY Y LARA, VENEZUELA**

**TUTOR:** Dr. Franco Urbani

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo  
Por la Br. Hernández S. Ana C.

Caracas, Octubre de 2013

**Hernandez S. Ana C.**

**INTEGRACIÓN GEOLÓGICA DE LA REGIÓN BOBARE -SAN FELIPE, ESTADOS YARACUY Y LARA, VENEZUELA**

**Tutor: Dr. Franco Urbani. Tesis, Caracas UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2013, p. 201**

**Palabras clave:** Complejo Nirgua, Complejo San Julián, Complejo Carayaca, Esquisto de Aroa, Esquisto de Mamey, Grupo Lara, cartografía, petrografía.

**Resumen:** La zona de estudio se encuentra ubicada en el occidente de Venezuela, comprende el sector este del estado Lara, cercano la localidad de Bobare y la parte central del estado Yaracuy cercano a la localidad de San Felipe; el área abarcada es de 1900 km<sup>2</sup>. El presente trabajo pretende integrar la cartografía geológica de la región Bobare – San Felipe. El mismo forma parte del proyecto LOCTI bajo el nombre de “Proyecto Lara-Yaracuy” y coordinado por FUNVISIS. Para llevar a cabo los objetivos se recolectaron mapas geológicos locales y regionales de la zona realizados por autores previos, y de cuya integración se generaron 15 cartas geológicas actualizadas a escala 1:25.000. La cartografía geológica fue acompañada de descripciones, estudios y levantamientos que se llevaron a cabo en varios sectores de interés como la vía principal hacia Nirgua en donde se estudiaron las rocas pertenecientes a los complejos San Julián y Nirgua. En las quebradas La Mopera y Agua Buena también se realizó énfasis en el Complejo Nirgua y se estudiaron sedimentos recolectados con alto contenido de pirita. En el río Guama se estudiaron afloramientos pertenecientes al Gneis de Yaritagua. En el sector Buenos Aires se estudiaron las rocas pertenecientes al Esquisto de Aroa. La quebrada Nonavana y La Virgen, en las que se estudiaron el Esquisto de Mamey y La formación Barquisimeto. Finalmente en el sector oriental de la región de Bobare se estudiaron las formaciones Carorita, Bobare, Matatere y Barquisimeto. Posteriormente se realizaron los correspondientes análisis petrográficos de las muestras recolectadas.

Las muestras recolectadas en los cortes presentes en la vía principal hacia Nirgua y los obtenidos en el río Guama se integran correctamente dentro del primero de los dos grupos establecidos en el redefinido Complejo Nirgua mientras que el esquisto plagioclásico-actinolítico-clinozoisítico se integra al segundo grupo de rocas metavolcánica. Las rocas estuvieron sometidas a un metamorfismo que alcanzó la facies del esquisto verde en la zona de la clorita. Entre los tipos litológicos correspondientes al Esquisto de Mamey, se encuentra un mármol cuarzoso que conserva estructuras sedimentarias como las estilolitas y componentes aloquímicos. El metamorfismo regional corresponde a la facies de esquisto verde (zona de la clorita). Entre los tipos litológicos correspondientes al Esquisto de Aroa se encontró esquisto carbonático cuya descripción denota granos dúctiles alterados, por efectos de la presión-solución, indicando parte de este proceso de deformación. Las

formaciones del área de estudio referentes al Grupo Lara (Carorita, Bobare y Barquisimeto) se vieron afectadas por un metamorfismo de muy bajo grado, facies pre-esquistos verde (prehnita-pumpellita).

En la región de estudio las fallas de corrimiento en los contactos de las unidades sedimentarias con las metamórficas, y de las unidades metamórficas con otras del mismo tipo, están asociadas con el emplazamiento de las mismas en la zona continental por los mismos eventos que produjeron las Napas de Lara. Las fallas de alto ángulo que presentan orientación este-noreste en su mayoría, afectan a las unidades del Mioceno y Plioceno y forman tres sistemas: En el primer sistema de falla se destaca la Falla de Duaca; El segundo sistema de fallas se encuentra cerca de la zona de contacto entre los Esquistos de Mamey y Aroa. Finalmente el tercer sistema está asociado a la Serranía de Aroa, donde destaca la mega Falla de Boconó de movimiento lateral dextral, que atraviesa el sector este de la región de estudio, de norte a sur con una orientación noreste y con un rumbo aproximado de N70W.

Referente a la historia geológica de la región de estudio, los protolitos de algunos de Los terrenos que se generaron en el Mesoproterozoico por efectos de la meteorización, formaron los sedimentos que se depositarán en los márgenes continentales del momento. Posteriormente son metamorfizados, y sean los que probablemente formen a las rocas metasedimentarias del actual Gneis de Yaritagua y probablemente parte el Complejo San Julián. Posteriormente en el Paleozoico se genera lo que vendría a ser el protolito del futuro Complejo San Julián y probablemente parte del Complejo Nirgua. En el Cretácico las rocas protolito de las unidades metamórficas de bajo grado de la Cordillera de la Costa (esquistos de Aroa y Mamey) fueron depositados en cuencas oceánicas anóxicas, en un ambiente de margen pasivo. También Se produce la depositación de unidades sedimentarias que serán el protolito de del Grupo Lara (las formaciones Carorita, Bobare, Barquisimeto) depositadas en el margen pasivo del norte de suramerica. Las rocas del actual Complejo Carayaca, constituyen un melange del complejo de subducción del Gran Arco del Caribe, llegando a profundidades de hasta 75 km, lo cual generaría un metamorfismo de alta presión y baja temperatura (AP-BT) que afectarían a estas rocas. A finales del Cretácico Tardío comienza su exhumación de tres etapas. Entre el Paleoceno y el Eoceno, la placa Caribe comienza a interactuar de manera oblicua con la placa Sudamericana provocando una serie de emplazamientos comenzando por las Napas de Lara adosando todos los demás terrenos que la placa Caribe arrastra desde su migración desde el Pacífico (Esquisto de Aroa y Mamey y a los Complejos Nirgua y Carayaca). Al principio de este proceso de apilamiento de napas produce una cuenca antepaís en la cual se depositan las turbiditas que componen la Formación Matatere, sobre rocas del proto-Caribe y protolitos de otras unidades del margen pasivo. Todos estos emplazamientos de napas terminan para el Oligoceno temprano ya que se produce un cese de la compresión producto del paso al este del arco de islas. Para el Cuaternario, entre el Pleistoceno y el Holoceno se depositaron una serie de unidades aluvionales.

La humanidad necesita de  
soñadores, para quienes el  
desarrollo de una tarea sea tan  
cautivante que les resulte  
imposible dedicar su atención a  
su propio beneficio.

La vida no es fácil, para  
ninguno de nosotros. Pero...

¡Qué importa! Hay que  
perseverar y, sobre todo, tener  
confianza en uno mismo. Hay  
que sentirse dotado para realizar  
alguna cosa y que **esa cosa hay  
que alcanzarla, cueste lo que  
cueste**

Marie Curie

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a la Virgen primeramente, por acompañarme siempre en todo momento. Como Teresiana debo afirmar que “Quien a Dios tiene, nada le falta”

A mis padres, a quienes debo agradecerles por su apoyo incondicional, por creer en mí, por su cariño, por sus consejos, por inculcarme valores y por su compañía a lo largo de mi vida. Agradezco también a mi hermana por su ayuda y apoyo brindado en esta travesía. Esperando de todos aquellos miembros familiares a quienes tanto quiero y amo, que siempre exista ese apoyo a partir de los nuevos retos que se puedan presentar en el ámbito profesional y familiar.

A mi tutor, el Dr. Franco Urbani, por su paciencia, por su apoyo, enseñanzas y aprendizajes adquiridos en el trabajo más importante de mi carrera. Gracias por dedicar su tiempo y creer en mí hasta el último minuto.

A mi novio, Alberto M., por ser y estar, porque en los momentos de angustias dabas serenidad y en los momentos de alegrías dabas más alegría. Gracias por acompañarme y comprenderme.

A la Universidad Central de Venezuela: agradecer no basta a la que me recibió en el 2008 con los brazos abiertos, me permitió recursos que necesitaba, me brindó un segundo hogar, me dio alegrías, fortalecimiento, fundamentos y en la adversidad me enseñó a vencer la sombra y a ser fuerte, para llegar lejos.

A todos los educadores que decidieron tomar esta hermosa profesión que tanto admiro y respeto. Agradecimiento eterno por sus enseñanzas, por sus regaños y por todos aquellos que me mostraron a través de sus clases la meta para llegar alto. Una lista con nombres que nunca olvidaré y con la cual me sentiré enormemente agradecida: Sebastian Grande (Por sus mil saberes, por estar ahí siempre, para sacarme de dudas, por su confianza y por mostrarnos el valor de las cosas, sobre todo en esta hermosa carrera), Enzo (por su amistad y enseñanzas), Carolina M (Por su cariño y apoyo), Ricardo Alezones (a quien considero un padre, por su escucha, por sus consejos, por sus enseñanzas, por su forma de ser tan increíble como persona), a Mauricio Bermudez (por su calidad humana, paciencia y confianza), Orlando Mendez (por sus inspiradoras clases de Geología Física y motivarnos en la carrera), Lebjulet Braganti y Francisco Garcés (por sus apoyos en los primeros años, el ciclo básico), Nuris O (por sus increíbles clases de introducción a la geofísica), Ruthman

(por su apoyo en el área de mineralogía, petrografía y en las pasantías) , David Mendi (por su paciencia en el campo y en el laboratorio), Lenin (por su escucha y por esos seminarios que nos fortalecieron para llegar a esta última etapa), Rafael F (por esas agradables clases y por los aprendizajes adquiridos en ella y en el campo), Audemard, Ander, De Santis, Roigar y Jesus, Singer, Mederos y al profesor Luis Fajardo, cada uno por todo lo aprendido.

A mis compañeros de curso, aquellos con quien empecé este hermoso ciclo y aquellos que fueron apareciendo durante el camino; porque hoy me llevo nuevos amigos, excelentes compañeros y futuros colegas. Conservando siempre los buenos recuerdos que pasamos juntos y todo lo que enfrentamos para llegar a la meta. Gracias por hacer más ameno y divertido este camino fortaleciéndome como humana.

Aquellos compañeros que forman parte de otras escuelas y en especial a los del departamento de Geofísica y de Minas por los momentos compartidos y por enseñarnos que de alguna manera el trabajo debe ser siempre en equipo y que debemos trabajar juntos “fusionando” nuestros saberes para crear un mejor país. De esta manera, gracias a esa escuela que, en sus pasillos me enseñó tanto.

A mis preparadores, ayudantes de la tesis, a la Lic. Morella Mikaty, María Teresa y María Auxiliadora, Lic. Arturo Espinoza y en general a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo especial de grado.

# ÍNDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>	1
<b>1.1. OBJETIVOS.....</b>	2
1.1.3.Objetivo general.....	2
1.1.2.Objetivos específicos.....	2
<b>1.2 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	2
<b>1.3 MARCO METODOLÓGICO.....</b>	6
1.3.1 Etapa I: Recopilación de información bibliográfica.....	6
1.3.2Etapa II: Trabajo de campo.....	7
1.3.3Etapa III: Trabajo de laboratorio y oficina.....	7
<b>2. GEOLOGÍA REGIONAL.....</b>	8
<b>2.1. TRABAJOS PREVIOS.....</b>	18
<b>2.2. TECTONO-ESTRATIGRAFÍA.....</b>	22
<b>3. GEOLOGÍA LOCAL.....</b>	29
<b>3.1. INTRODUCCION.....</b>	29
<b>3.2. GENERALIDADES.....</b>	29
<b>3.3. UNIDADES LITOLÓGICAS.....</b>	33
3.3.1. Unidades Metamórficas.....	33
3.3.1.1 Gneis de Yaritagua.....	33
3.3.1.2 Complejo San Julián.....	36
3.3.1.3 Complejo Nirgua.....	40
3.3.1.4 Complejo Carayaca.....	62
3.3.1.5 Serpentinita.....	66
3.3.1.6 Esquisto de Mamey.....	67
3.3.1.7 Esquisto de Aroa.....	74
3.3.2. Unidades Sedimentarias.....	79
3.3.2.1 Grupo Lara.....	79
3.3.2.1.1. Formación Carorita.....	79



3.3.2.1.2. Formación Bobare.....	84
3.3.2.1.3. Formación Barquisimeto.....	90
3.3.2.2 Formación Matatere.....	96
3.3.2.3. Unidades cuaternarias.....	102
<b>3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....</b>	<b>103</b>
3.3.1 Fallas de corrimiento.....	103
3.3.2. Fallas de alto ángulo.....	106
<b>4. INTERPRETACIONES Y DISCUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>4.1. INTERPRETACIONES PETROGRÁFICAS.....</b>	<b>108</b>
4.1.1. Complejo Nirgua.....	108
4.1.2. Esquisto de Mamey .....	109
4.1.3. Esquisto de Aroa.....	110
4.1.4. Formación Carorita.....	111
4.1.5. Formación Bobare.....	112
4.1.6. Formación Barquisimeto.....	112
4.1.7. Formación Matatere .....	113
<b>4.2. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA.....</b>	<b>115</b>
<b>4.3. HISTORIA GEOLÓGICA.....</b>	<b>117</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>126</b>
<b>APÉNDICE A: GEOGRAFÍA FÍSICA.....</b>	<b>130</b>
<b>APÉNDICE B: CLASIFICACIONES DE ROCAS.....</b>	<b>142</b>
<b>APÉNDICE C: SÍNTESIS DE OBSERVACIONES DE CAMPO, DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE MANO Y PETROGRAFÍA.....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO I: Mapa geológico de Bobare, Hoja6346-IV-NO, Estado Lara.....</b>	<b>187</b>
<b>ANEXO II: Mapa geológico de Tacarigüita , Hoja6346-IV-NE, Estado Lara.....</b>	<b>188</b>
<b>ANEXO III: Mapa geológico de Tamaca, Hoja6346-IV-SE, Estado Lara.....</b>	<b>189</b>
<b>ANEXO IV: Mapa geológico de Duaca, Hoja6346-I-NO, Estado</b>	

Lara.....	190
<b>ANEXO V: Mapa geológico de Nonavana, Hoja6346-I-SO, Estado</b>	
Lara.....	191
<b>ANEXO VI: Mapa geológico de Las Coquizas, Hoja6346-I-NE, Estado</b>	
Lara.....	192
<b>ANEXO VII: Mapa geológico de Río Arriba, Hoja6346-I-SE, Estado</b>	
Yaracuy.....	193
<b>ANEXO VIII: Mapa geológico de La Cumbre, Hoja6446-IV-NO, Estado</b>	
Yaracuy.....	194
<b>ANEXO IX: Mapa geológico de Campo Elías, Hoja6446-IV-SO, Estado</b>	
Yaracuy.....	195
<b>ANEXO X: Mapa geológico de Cocorote, Hoja6446-IV-NE, Estado</b>	
Yaracuy.....	196
<b>ANEXO XI: Mapa geológico de Campo Nuevo, Hoja6446-IV-SE, Estado</b>	
Yaracuy.....	197
<b>ANEXO XII: Mapa geológico de Mampostal, Hoja6446-I-NO, Estado</b>	
Yaracuy.....	198
<b>ANEXO XIII: Mapa geológico de Santa María, Hoja6446-I-SO, Estado</b>	
Yaracuy.....	199
<b>ANEXO XIV: Mapa geológico de Los Pintones, Hoja6446-I-NE, Estado</b>	
Yaracuy.....	200
<b>ANEXO XV: Mapa geológico de Potrerito, Hoja6446-I-SE, Estado</b>	
Yaracuy.....	201

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Fig. 1. Zona de estudio delimitada en DEM, imagen modificada de la data ASTER año 1999 con una resolución de 30.....	3
Fig. 2. Área de estudio. La zona abarca los 15 mapas a escala 1:2500.Base Geológica, HACKLEY et al. (2006).....	3
Fig.3. Laboratorio de láminas delgadas. Selección de muestras.....	6
Fig.4. Difractómetro de Rayos X.....	7
Fig. 5. Separador isodinámico Franz.....	8
Fig. 6. Distribución de las tres Asociaciones Metamórficas de la Serranía del Litoral. URBANI (2005).....	15
Fig. 7. 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 <i>et al.</i> (1999).....	16
Figura 8. Mapa de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela mapa simplificado a partir de HACKLEY et al. 2006 .....	17
Fig. 9 Esquema estructural del dominio del Caribe Meridional según STHEPAN (1978, 1985) BELLIZZIA <i>et al.</i> (1986). Tomada de MACSOTAY <i>et al.</i> (1987) .....	19
Fig. 10. Ubicación donde fueron depositados los terrenos Aroa y Nírgua de la Cordillera de la Costa y visualización del movimiento de proto-Caribe. Tomado y modificado de URBANI (2012).....	20
Fig. 11. Secciones geológicas mostrando la formación de corrimientos hacia el norte del estado Lara. Imagen tomada de BAQUERO <i>et al.</i> (2009).....	21
Fig 12.Corte esquemático del Surco de Barquisimeto para el Eoceno medio. Mecanismos de aporte de sedimentos y masas alóctonas. Tomado de BAQUERO (2008).....	22
Fig. 13. Mapa donde se muestra la máxima transgresión oligo-miocena en la cuenca de Falcón. Tomado de DÍAZ DE GAMERO (1977).....	25
Fig. 14. Modelo neotectónico de la depresión de Yaracuy mostrando la relación	

entre las fallas dextrales que la limitan y las trazas de las fallas del sistema Morón-Boconó, del cual solo esta última está activa y se muestra sombreada....	27
Fig.15 Modelo esquemático de la cuenca de Yaracuy, comenzando con una traza unitaria del sistema de fallas Boconó-Morón, se muestra la apertura de la cuenca de tracción de Yaracuy, a medida que aumenta el desplazamiento rumbo-deslizante hacia la derecha. B: Barquisimeto; M: Morón; SF: San Felipe. SCHUBERT (1983) .....	27
Fig 16.Modelo morfológico-tectónico de la cuenta de Yaracuy. En el Inserto superior izquierdo se muestra la distribución de la formación Mamey y Aroa, y del complejo de Yaritagua, los cuales sugieren un desplazamiento rumbo – deslizante hacia la derecha por la Falla de Boconó. SCHUBERT (1983).....	28
Fig. 17. Extensión del Complejo Yaritagua en la zona de estudio.....	34
Fig 18. A) Afloramiento del Gneis de Yaritagua localizados en el recorrido del río Guama, Punto Ya13-502. B) Bloques pertenecientes al Gneis de Yaritagua, cercanos a la Localidad de Yaritagua. Se distinguen un grano grueso y “augen” de feldespato.....	35
Fig. 19. Extensión del Complejo San Julián en la zona de estudio.....	37
Fig.20. A) Vista general del paisaje. Posible contacto entre los Complejos San Julián y Nirgua. Cambios de vegetación y topografía. Punto Ya13-501 B) Contacto entre El Complejo San Julián y Nirgua. Traza marcada por una ensilladura. Punto Ya13-503.....	39
Fig. 21. Canto rodado recolectado en el Complejo San Julián, al este de la Quebrada la Palma. Muestra Ya13-501R.....	39
Fig. 22. Extensión del Complejo Nirgua en la zona de estudio.....	41
Fig 23. Afloramientos del Complejo Nirgua. A) Intercalaciones de mármol y esquisto carbonático.Camino al este de la quebrada La Palma.Punto ya13-504 B) Afloramiento de esquisto carbonático. En la parte izquierda se pueden distinguir las diaclasas dispuestas perpendicular a la foliación. Via principal a Nirgua. Punto Ya13-505 C) Mármol laminado (en la parte superior) intercalado con el esquisto calcáreo micáceo (parte inferior) del Complejo Nirgua. Punto Ya13-506 D) Vista Panorámica de la quebrada La Mopera. Punto Ya13-510 E)	

Zona de brecha de falla. Afloramientos meteorizados y plegados. Quebrada La Mopera. Punto Ya13-511 F) Afloramiento de meta-arenisca carbonática. Quebrada Agua Buena. Punto Ya13-512 G) Afloramiento parcialmente cubierto de Gneis perteneciente al Complejo de Nirgua. Quebrada Agua Buena. Punto Ya13-516 H) Cascada. Vista General del afloramiento de esquistos plagioclásico carbonático. Punto Ya13-517 I) afloramiento de la vista anterior. Se denotan dos familias de diaclasas. Punto Ya13-517J) Pliegue isoclinal en una meta-arenisca del complejo Nirgua. Quebrada La Mopera. Punto Ya13-514..... 46

Fig.24. Tipos litológicos en afloramientos del Complejo Nirgua. A) muestra Ya13-502 descrita como Esquisto carbonático-cuarzo-muscovítico. Quebrada La Palma B) muestra Ya13-504 descrita como Mármol cuarzoso. Quebrada La Palma C) Muestra Ya13-505BR descrita como esquisto carbonático. Vía principal a Nirgua D) Muestra Ya13-506 descrita como Marmol muscovítico. Vía principal a Nirgua. D) muestra La13-507 descrita como Esquisto cuarzo-grafitoso. Rio Guama E) Muestra Ya13-511 descrita como Mármol. Quebrada La Mopera F) muestra Ya13-512 descrita como Meta-arenisca. Quebrada La Mopera. G) muestra Ya13-512R descrita como Esquisto plagioclásico actinolítico. Quebrada La Mopera. H) muestra Ya13-514AR descrita como Esquisto cuarzoso. Quebrada Agua Buena. I) Muestra Ya13-514BR: descrita como Mármol cuarzoso. Quebrada Agua Buena. J) Muestra Ya-517 descrita como Esquisto plagioclasico-carbonático. Quebrada Agua Buena..... 48

Fig. 25. Fotomicrografías de la muestra Ya13-506A descrita como mármol grafitoso-cuarzoso. A) vista general de la sección NC. B) Cristal de plagioclasa tipo oligoclasa con inclusiones de moscovita y alteraciones a calcita, epidoto y albita. NC..... 49

Fig. 26. Fotomicrografías de la muestra Ya13-512R descrita como esquistos plagioclásico actinolítico clinozoisítico A) Vista general de la muestra. Orientación nematoblástica otorgada por la actinolita. NC. B) Plagioclasas con inclusiones de clinozoisita (de color azul), epidoto y pequeños cristales de moscovita. NC..... 50

Fig. 27. Fotomicrografías de la muestra Ya13-514AR descrita como esquistos muscovítico plagioclásico. A) Vista general de la muestra. NC. B) Moscovita con sus característicos colores de alta birrefringencia. Crecimiento en bandas lepidoblásticas que definen la foliación metamórfica NC.....	51
Fig. 28. Fotomicrografías de la muestra Ya13-514BR descrita como Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso A) Vista general de la muestra. NC. B) En todo el centro, cristal de muscovita con hábito tabular. Los carbonatos presentan maclado polisintético. NC.....	52
Fig. 29. Fotomicrografías de la muestra Ya13-517 descrita como esquistos plagioclásico-carbonático-muscovítico. A) Vista general de la muestra. . Orientación dada por la muscovitas y clorita que rodean los cristales de plagioclasa y calcita NC. B) Textura poikiloblástica en las plagioclasas y textura helicítica debido a inclusiones de grafito dentro de las plagioclasas que se orientan en direcciones diferentes a la foliación de la roca. NC.....	53
Fig 30. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-511. (Abreviaturas: Ca= Calcita; Q=Cuarzo).....	54
Fig 31. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-514BR. (Abreviaturas: Cal= Calcita; Dol= Dolomita; Q=Cuarzo). Muestra Ya13-515 .....	55
Fig 32. Manantiales con depósitos de material coloidal rojizo. Punto Ya13-510.....	56
Fig33: Arenas con cristales de sulfuros (pirita). Punto Ya13-515.....	57
Fig 34. Vista General e Histograma espectral de la muestra general tomada en un área determinada. Muestra Ya13-515.....	58
Fig 35. Porción retenida en el tamiz 170 y pasada por el separador isodinámico tipo Frantz a 1,2A. Se registra un 98% de pirita y un 2% de otros minerales. Muestra Ya13-515.....	59
Fig 36. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra de arenas. Py=Pirita;Q=Cuarzo;Ca= Calcita. Muestra Ya13-515.....	60
Fig 37.A) Zona de estudio denotada en el recuadro rojo. Distribución de terrenos de la Cordillera de la Costa. Se denota la Faja septentrional de rocas conformadas por el complejo Carayaca. Simplificado de HACKLEY <i>et al.</i> (2006). Abreviaciones: A: Ávila. AB: Agua Blanca. C: Carayaca. L: Lara nappes. LB:	

Las Brisas. LH: Loma de Hierro. LM: Las Mercedes. M: Mamey. N: Nirgua. P: Paracotos. SS: San Sebastián. T: Tacagua. Ta: Tacagua (Aroa). Tc: Tacagua (Caucagua). TT: El Tinaco-Tucutunemo. VC: Villa de Cura.....	64
Fig 37. B) Extensión del Complejo Carayaca en la zona de estudio.....	64
Fig 38. Extensión de las serpentinitas en la zona de estudio.....	66
Fig. 39. Extensión del Esquisto de Mamey en la zona de estudio.....	68
Fig.40. A) Vista general de la quebrada Nonavana. Punto Ya13-519 B) Afloramiento de de meta-arenisca en la quebrada Nonavana. Formación de un pliege isoclinal. Punto Ya13-519 C) Afloramiento de meta-arenisca parcialmente cubierto en la quebrada Nonavana. Punto Ya13-520 D) Pliegue simétrico e isoclinal producto de la deformación de la meta-arenisca. Punto Ya13-520 E) Rodados de marmol masivo en la quebrada la Virgen. Punto Ya13-521 F) Afloramiento parcialmente cubierto de meta-areniscas ubicado en la Quebrada La Virgen. Punto Ya13-522.....	70
Fig.41. Tipos litológicos en afloramientos del Esquisto de Mamey A) Muestra La13-519 <sup>a</sup> recolectada en la quebrada Nonavana y descrita como meta-arenisca cuarzosa B) Muestra La13-519B recolectada en la quebrada Nonavana y descrita como meta-arenisca cuarzosa C) Muestra La13-521 recolectada en la quebrada La Virgen y descrita como mármol masivo.....	71
Fig. 42. Fotomicrografías de la muestra La13-519A descrita como mármol grafitoso-cuarcítico. A) vista general de la sección NC. B) Deformación de grano dúctil (muscovita) indicando la alta compactación de la roca.. NC.....	72
Fig. 43. Fotomicrografías de la muestra La13-520 descrita como mármol cuarzoso. A) vista general de la sección NC. B) Estilolitas. Precepidados insolubles (óxidos de hierro), que quedan como residuo del sedimento disuelto.NC.....	73
Fig. 44. Extensión del Esquisto de Aroa en la zona de estudio.....	75
Fig.45.Afloramiento del esquisto de Aroa, en el Sector Buenos Aires. Punto Ya13-518.....	76
Fig.46.Tipos litológicos en afloramientos del Esquisto de Aroa. Muestra La13-518 recolectada en el Sector Buenos Aires y descrita como esquisto carbonático....	76
Fig.47. Fotomicrografías de la muestra La13-518 descrita como esquisto	

carbonático cuarzo muscovítico. A) vista general de la sección NC. B) pirita con su hábito cúbico y diseminada a lo largo de la muestra NP. C) Carbonatos distribuidos y con orientación preferencia asociado a las bandas de muscovita,grafito y clorita que definen la foliación de la roca. A la derecha se observan las bandas de cuarzo también orientadas y ligeramente plegadas.....	78
Fig. 48. Extensión de la formación Carorita en la zona de estudio.....	80
Fig 49. Vista general de afloramiento de la Formación Matatere parcialmente cubierto y derrumbado. Se denotan bloques de la Formación Carorita provenientes de la parte alta del cerro. Punto La13-525.....	82
Fig 50. Tipos litológico de la Formación Carorita, A) Muestra La13-525 recolectada al sureste de Los Cochinos y definida como caliza laminada. B) Muestra La13-525B recolectada Al sureste de Los Cochinos y definida como caliza masiva.....	82
Fig. 51 Fotomicrografías de la muestra La13-525 descrita como Wakstone. A) vista general de la sección, NC. B) Restos de aloquímicos fuertemente micritizados y deformados.....	83
Fig. 52. Extensión de la formación Bobare en la zona de estudio.....	85
Fig53. Afloramientos de la formación Bobare ubicados 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”. A) Clastos de lutita embebidos en arenisca cuarzosa B) Familias de diaclasas en el afloramiento. C) Contacto de falla entre las formaciones Matatere y Bobare. D) Contacto entre la Formación Barquisimeto y Bobare. Vista general del paisaje.....	87
Fig 54. Tipos litológico de la Formación Bobare ubicada al sureste de Los Cochinos y caracterizada como meta-arenisca cuarzosa. Muestra La13-524.....	88
Fig 55. Fotomicrografías de la muestra La13-524 descrita como Meta-arenisca cuarzosa. A) vista general de la sección, NC. B) Cristales de pirofilita.....	89
Fig. 56. Extensión de la Formación Barquisimeto en la zona de estudio.....	91
Fig 57. A) Contacto entre la Formación Barquisimeto y la Formación Bobare. Notable contraste de colores entre la formación Barquisimeto (Color crema a blanco) y Formación Bobare (Color marron claro). Orientación de la Fotografía: N75S. Cerro el Cartero. Punto La13-529 B) Vista panorámica.	



Notable contraste de colores claros (blancos y crema) en donde Se aprecian los diferentes tonos de meteorización de la Formación Barquisimeto. Vía a “El Sancho” 500 metros al sur del poblado. Punto La13-530 C) Afloramientos de la Formación Barquisimeto. Se puede observar pliegue isoclinal. Orientación de la fotografía: N48W. Cerro La Mujercita. Punto La13-533.....	93
Fig 58 Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Qda La Virgen. Muestra La13-519A. B) Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Cerro la Mujercita. Muestra La13-533.....	94
Fig. 61. Extensión de la Formación Matatere en la zona de estudio.....	98
Fig62. A) Contacto de falla entre la Formación Matatere y la Formación Bobare. Notable contraste de colores y vegetación entre la formación Bobare (color marron claro y mayor vegetación) y Formación Matatere (color marron con tonalidades más rojizas). Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”. Punto La13-530 B) Secuencia monótona de Arenisca y Lutitas. Se observan plegamientos suave (ángulo interlimbar 165°). Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532 C) Secuencias plegadas.Contacto con Cuaternario. Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532 D) Secuencia interrumpida por falla normal (deslizamiento de 2 cm) Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532.....	100
Fig 63. Tipos litológico de la Formación Matatere, recolectada en la intersección de la quebrada Simatra con la carretera y definida como arenisca cuarzosa. Muestra La13-525.....	100
Fig 64. Fotomicrografías de la muestra La13-525 descrita como Meta-arenisca cuarzosa. A) vista general de la sección, NC. B) Plagioclasa con inclusiones de apatito y zircón.....	101
Fig. 65. Extensión de las unidades Cuaternarias.....	102
Fig. 66. Fallas de corrimiento existentes en la zona de estudio.....	106
Fig. 67. Fallas de alto ángulo existentes en la zona de estudio.....	107
Fig. 68. A) Paleoceno Tardío – Eoceno Temprano, se genera una cuenca antepaís donde se deposita la Formación Matatere. B) Eoceno Medio – Eoceno Tardío, culmina el emplazamiento de las napas de Lara. Imagen tomada de BAQUERO	

<i>et al.</i> (2009).....	119
Fig. 69. Oligoceno Temprano. Generación de la cuenca de Falcón por un régimen distensivo. Tomado de BAQUERO <i>et al.</i> (2009).....	120
Fig. 70. Situación presente de la cuenca “invertida” de Falcón. Tomado y simplificado de BOESI & GODDARD (1991) y BAQUERO <i>et al.</i> (2009).....	121

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
Tabla N.1 . Evolución de los nombres de las fajas de la Serranía Costera, Venezuela nor-central. Tomado y modificado de URBANI (2011).....	16
Tabla 2. Unidades geológicas en la región de Bobare – San Felipe30.....	30
Tabla 3. Unidades cuaternarias en la región de Bobare –San Felipe modificado de COPLANAR (1974).....	31
Tabla 4. Abreviaturas empleadas en el presente trabajo.....	32
Tabla 5. Composición mineralógica (%) del mármol muscovítico cuarzosa.....	49
Tabla 6. Composición mineralógica (%) del esquisto plagioclásico actinolítico clinzoisítico.....	50
Tabla 7. Composición mineralógica (%) del esquisto cuarzo muscovítico plagioclásico.....	51
Tabla 8. Composición mineralógica (%) del Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso..	52
Tabla 9. Composición mineralógica (%) del esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico.....	53
Tabla 10. Registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514...	54
Tabla 11 registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514 ...	56
Tabla 12. Datos obtenida a través del método de tamizado para determinan las fracciones retenidas de la muestra Ya13-515 57.....	57
Tabla 13. Resumen de las muestras recolectadas dentro del Complejo Nirgua y caracterizadas petrográficamente.....	61
Tabla 14. Composición mineralógica (%) de la meta-arenisca cuarzosa .....	72
Tabla 15. Composición mineralógica (%) del mármol cuarzoso .....	73
Tabla 16. Composición mineralógica (%) del esquisto carbonático cuarzo-muscovítico .....	77
Tabla 17. Composición mineralógica (%) del Wakstone .....	83
Tabla 20. Composición mineralógica (%) del Mudstone.....	95
Tabla 21. Composición mineralógica (%) de la Meta-arenisca cuarzosa.....	101
Tabla 22 Facies metamórficas en las unidades estudiadas.....	114

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Especial de Grado forma parte del proyecto LOCTI (Investigaciones geológicas en el Norte de Venezuela), bajo el nombre de “Proyecto Lara-Yaracuy”, coordinado por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y ejecutado en colaboración con diversas instituciones, tal como la Universidad Central de Venezuela (UCV).

Teniendo presente que el conocimiento geológico de un país es la base que permite el aprovechamiento óptimo de su territorio, para su adecuado uso, es fundamental disponer de una base de datos o sistemas de información de las características del terreno y su constitución geológica. La carencia de una base geológica actualizada y normalizada en hojas a escala 1:25.000 conllevan a la ejecución de este proyecto con el fin de que puedan disponer de una base que les permita diseñar planes de ordenación del territorio, de infraestructura, actividades económicas, entre otras.

En síntesis el trabajo se centralizará en la integración de la cartografía geológica de la región Bobare-San Felipe, con trabajo de campo dirigido mayormente a resolver interrogantes puntuales. La integración de la bibliografía y del trabajo de campo generara 15 mapas geológicos a escala 1:25.000 actualizados. Los resultados obtenidos podrían servir de base para un estudio tectono-estratigráfico (de orden regional) de las distintas unidades y proponer una interpretación de la tectónica que explique su distribución espacial.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Integrar la cartografía geológica de la región Bobare – San Felipe, estados Lara y Yaracuy.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la cartografía geológica correspondiente a la región Bobare-San Felipe, estados Lara y Yaracuy.
- Analizar petrográficamente las muestras recolectadas en la zona de estudio, para actualizar la clasificación de las unidades litológicas que allí se encuentran.
- Elaborar el mapa geológico a escala 1:25.000 de un sector sur-occidental del estado Yaracuy y nor-oriental del estado Lara, a partir de la integración cartográfica de mapas geológicos de la zona publicados anteriormente y las observaciones propias. En total corresponde a 15 hojas según el cuadrículado del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

## 1.2 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el occidente de Venezuela, comprende el sector este del estado Lara, cercano la localidad de Bobare y la parte central del estado Yaracuy cercano a la localidad de San Felipe, como lo muestra la Figura 1, y genera el polígono observado en la Figura 2, cuyas coordenadas son:

- Coordenadas Este: 69°30'00" - 68°30'00"
- Coordenadas Norte: 10°10'00" – 10°20'00"

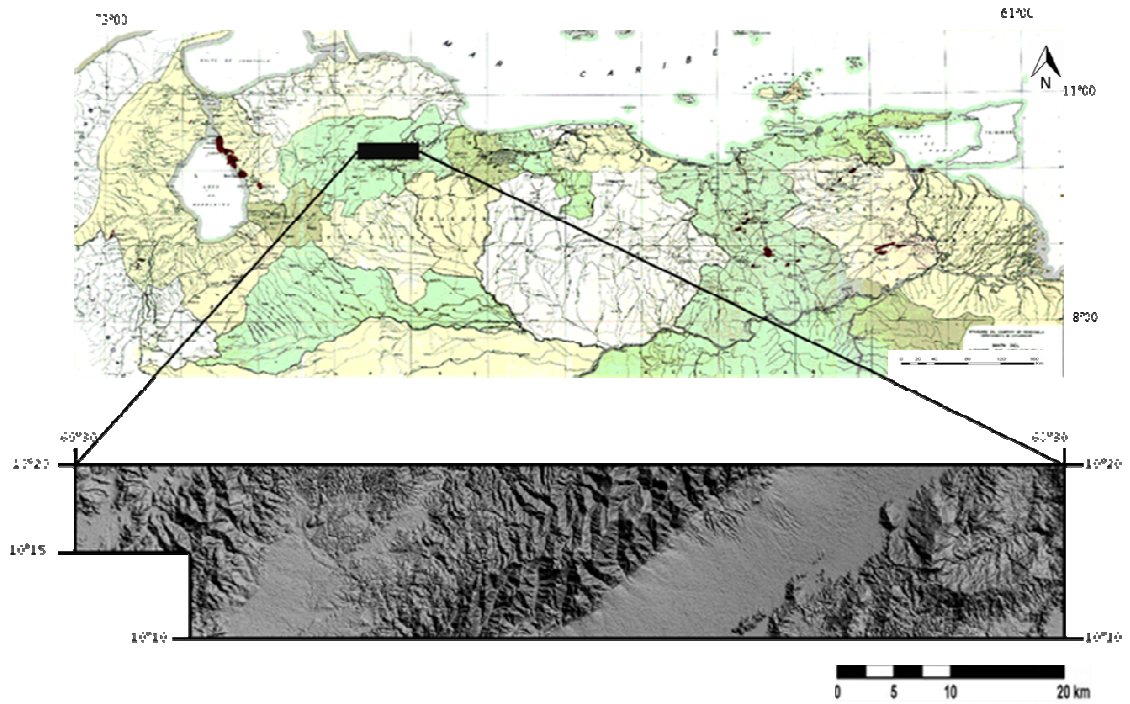


Fig. 1. Zona de estudio delimitada en DEM, imagen modificada de la data ASTER año 1999 con una resolución de 30m.

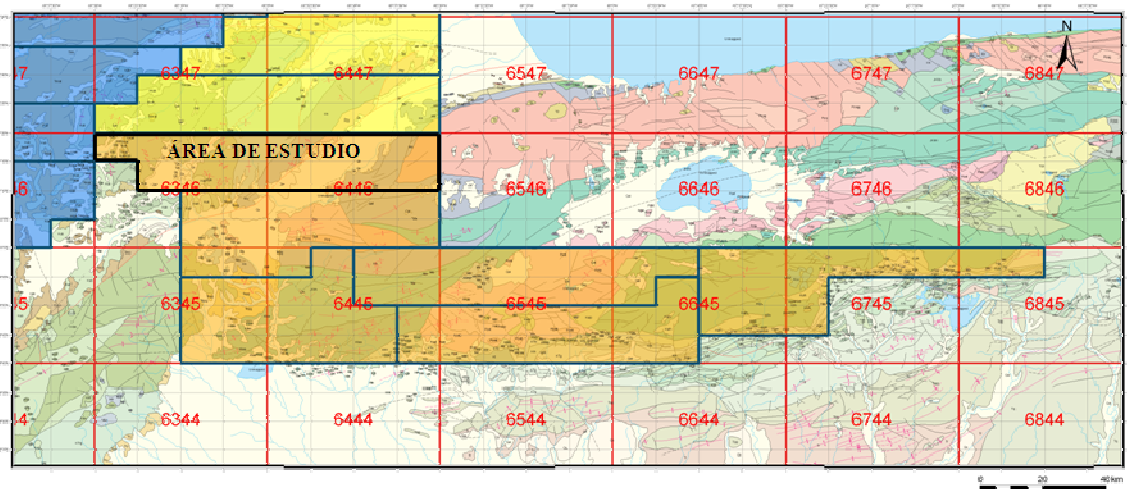


Fig. 2. Área de estudio. La zona abarca los 15 mapas a escala 1:2500. Base Geológica, HACKLEY et al. (2006)

Las 15 hojas cartográficas a escala 1:25.000 establecen un recuadro que encierra la región Bobare – San Felipe, en los estados Lara y Yaracuy y consta de unos 1900 km<sup>2</sup>.

## 1.3 MARCO METODOLÓGICO

### 1.3.1 ETAPA I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa comprende la recopilación de la información geológica publicada en congresos geológicos nacionales e internacionales, Trabajos Especiales de Grado y publicaciones seriales, correspondiente a la zona de estudio.

Se recolectarán los siguientes mapas geológicos:

- Cartas D-5 y D-6 a escala 1:100.000 correspondiente a la CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1960).
- Mapa geológico de Barquisimeto-Urachiche-Río Tocuyo estado Lara y Yaracuy a escala 1:100.000, de BELLIZZIA *et al.* (1968).
- Mapa geológico del estado Yaracuy a escala 1:100.000, de BELLIZZIA *et al.* (1976).
- Mapa geomorfológico Base Zona Costa Nor-Occidental, Centro-Occidental y Central de Venezuela, COPLANARH (1974).
- Mapa geológico del estado Lara a escala 1:250.000, elaborado por STEPHAN (1982).
- Mapa geológico del estado Lara a escala 1:250.000, elaborado por AUDEMARD *et al.* (1998).
- Hojas topográficas a escala 1:100.000 de la zona de estudio, provenientes del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional actual Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar :
  - Hojas: 6346 y 6446.
- Hojas topográficas a escala 1:25.000 de la zona de estudio, provenientes del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional actual Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar:
  - Hojas 6346: I-NO, I-NE, I-SO , I-SE ; IV-NO, IV-NE, IV-SE
  - Hojas 6446: I-NO, I-NE, I-SO , I-SE ; IV-NO, IV-NE, IV-SE, IV-SO

Se recopilarán gráficos y cartas de comparación, identificación y clasificación de rocas en sedimentarias e ígneas en campo.

### 1.3.2 ETAPA II: TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se enfoca en a la ubicación de todos los afloramientos pertenecientes al área estudio, para luego realizar el levantamiento geológico acompañado de la revisión y validación de la información previa de otros autores que estudiaron la zona (aquellas localidades en donde, después de una previa revisión de la información geológica recopilada, se encontraron algunos detalles en las interpretaciones de los distintos autores, como descripción de campo, ubicación geográfica, contactos, entre otros).

De acuerdo al tipo de roca hallado, se siguieron diversos parámetros para sus descripción según LAHEE (1975) de los cuales los más importantes son:

- Roca ígnea: color fresco, color meteorizado, tamaño de cristales (son observables o no), mineralogía y texturas presentes.
- Arenisca: color fresco, color meteorizado, tamaño de grano, escogimiento, esfericidad, redondez, mineralogía.
- Lutita: color fresco, color meteorizado, reacción al ácido clorhídrico y textura.
- Conglomerado: tamaño de clastos, porcentaje de matriz, escogimiento, esfericidad, redondez e identificación de tipos de clastos.
- Clastos en conglomerado: color fresco, color meteorizado, tamaño, esfericidad, redondez y características litológicas.

Para la recolección de muestras se toma en cuenta los siguientes criterio: distribución en el área el tipo de roca, la cercanía al contacto entre las unidades litológicas, el grado de meteorización de la roca aflorando, mineralogía presente, el tamaño y litología de los clastos (en el caso de conglomerados) y las posibilidades de poder realizarle una sección fina. En el trabajo de campo, se recolectaron un total de 23 muestras de mano, identificadas con las iniciales “La” y “Ya” que corresponden a las siglas del estado Lara y Yaracuy respectivamente, seguido de una numeración consecutiva iniciada con el número 500.



### 1.3.3 ETAPA III: TRABAJO DE OFICINA

El trabajo post-campo conlleva a la realización de cinco actividades: la elaboración de los mapas geológicos y el análisis petrográfico de algunas de las muestras recolectadas. Para complementar los análisis petrográficos se realizaron otras técnicas adicionales: el análisis de difracción de rayos X de muestras específicas, microscopía electrónica de barrido separación por tamizado de las arenas recolectadas y separación magnética de las arenas recolectadas.

#### 1.3.3.1 Estudio petrográfico

Para estos estudios, de las 23 muestras recolectadas y seleccionadas en el campo utilizando la metodología de COMPTON (1985) se elaboraron 13 secciones finas y se realizó una selección (fig.3), dando prioridad a los mejores ejemplares de cada tipo litológico (menor grado de meteorización, mayor contenido fósil, etc.)



Fig.3. Laboratorio de láminas delgadas. Selección de muestras

El análisis petrográfico fue realizado por medio de un microscopio de luz polarizada, el cual conlleva a su vez la toma de fotomicrografías para registrar aspectos resaltantes de cada muestra.

Los sistemas de clasificación utilizados para cada tipo de roca fueron los siguientes:

- Para rocas ígneas: clasificación I.U.G.S., de STRECKEISEN (1972).
- Para areniscas: clasificación de PETTIJOHN ET AL. (1972).
- Para carbonatos: clasificaciones de DUNHAM (1962), FOLK (1962) y MOUNT (1985)
- Para rocas metamórficas: SCHMID (2007)

### 1.3.3.2 Análisis por difracción de rayos X

Para complementar los estudios petrográficos, la técnica por difracción de rayos X permite identificar los minerales en las muestras seleccionadas con fines específicos para dicho estudio: identificación de minerales en arenas con cristales de sulfuros no identificados y determinación del porcentaje calcita y dolomita además de otros minerales accesorios no reportados a través del análisis petrográfico en dos muestras de roca.

La técnica fue aplicada en el Departamento de Geología de la Universidad Central de Venezuela. Se tomaron los granos minerales y se trituraron en un pulverizador. El material obtenido debe ser menor al tamaño limo (pasar el tamiz 200). Esta fracción se coloca en el portamuestras tratando en lo posible de tener una superficie de irradiación totalmente lisa. La muestra es llevada al difractómetro de rayos X (Fig.4), con fuente para la adquisición del espectro.



Fig.4. Difractómetro de Rayos X

### 1.3.3.3 Separación por tamizado

Se procesó la muestra en el equipo tamizador, utilizando el tamiz N.60 hasta el N.200. se recolectaron cada una de las porciones no pasantes de cada tamiz por medio de bolsitas plásticas e identificadas. La porción pasante del tamiz 200 se desecha y los granos no pasantes son los de interés. La muestra obtenida con tamaños de grano  $<0,25\text{mm}$  y  $>0,074\text{mm}$  se pesa y se etiqueta.

### 1.3.3.4 Separación magnética usando el separador isodinámico Frantz

Para la separación de concentrados magnéticos de arenas halladas en el área de estudio se utilizó el separador isodinámico Frantz (Fig.5):

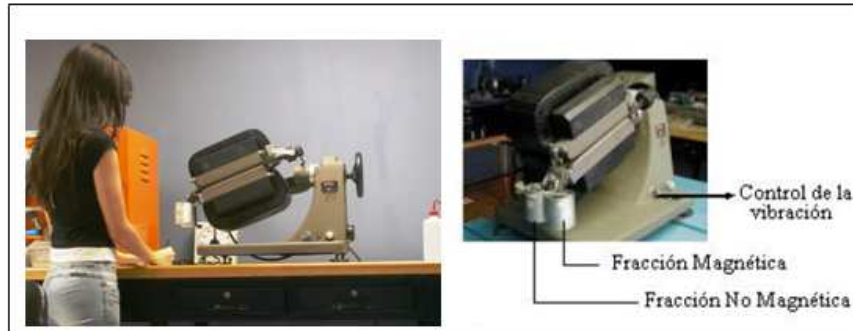


Fig. 5. Separador isodinámico Frantz

- Se limpia el equipo antes de iniciar el procedimiento para evitar una posible contaminación.
- Se procedió a pasar la muestra separada por la técnica de tamizado por el separador Frantz, utilizando las variables estándar usadas por Hess (1959) para la obtención de pirita, que consiste de una pendiente frontal de 5° a 1,2 AMP. El recorrido se hace desde 0,2 AMP hasta 1,2 AMP por cada 0,2 AMP. La parte magnética se guarda en bolsas de plástico etiquetadas procesando siempre la parte no magnética que es en donde quedarán los minerales de interés a 1,2AMP en donde estará la pirita.
- A partir de 1,2 Amperes y conservando las variables descritas por Hess (1959), se obtuvo la fracción no magnética que contienen los minerales de interés.

<b>Pendiente equipo 5°</b>	<b>Circón,rutilo,anatasa,bookita,pitita,corindón,topacio,fluorita cianita, silimanita, anhídrita y berilo.</b>
----------------------------	--

Minerales magnéticos a 1,2Amps. Tomado de Hess (1959)

### 1.3.3.5 Elaboración de mapas geológicos

Elaboración de mapas geológicos: Para la elaboración de los mapas geológicos se utilizó la metodología dictada por CARABALLO 2012:

- primero se realizó la conversión de los mapas en papel a imágenes raster, mediante el uso de un “scanner” para su posterior modificación.

- Con el uso del programa ArcMap [GIS Software] versión 9.3, se comenzó por la georeferenciación de los mapas en coordenadas UTM La Canoa. Posteriormente se llevó a cabo la digitalización de datos topográficos (siendo la base los mapas del Instituto Geográfico de Venezuela “Simón Bolívar”) y de datos geológicos (sirviendo como base los mapas de la Creole Petroleum Corporation y los mapas realizados por el Ministerio de Energía y Minas); cada tipo de dato (drenaje, curvas de nivel, litología, contactos, etc.) se digitalizó en capas diferentes con sus atributos correspondientes.

- Una vez digitalizada la data geológica, se realizaron modificaciones de la misma en base a la integración de la información obtenida en campo y a la información establecida en los mapas de los autores consultados.

- Con toda la información disponible en digital, se procedió a la edición y reproducción de 15 mapas a escala 1:25.000 en coordenadas UTM WGS84, los cortes de dichos mapas se realizaron a través las coordenadas geográficas utilizadas en los mapas topográficos empleados. A partir de los mapas 1:25.000, se elaboró el mapa geológico general de la zona a escala 1:100.000, simplificando los detalles de los mismos.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1 TRABAJOS PREVIOS

BUSHMAN (1965), realiza un estudio del área de Barquisimeto y describe a detalle la geología de la región, realzando su tectónica, su evolución y redefiniendo las unidades geológicas de El Pegón, Los Cristales, Rio Abajo y Barquisimeto, el Gneis de Yaritagua y el Esquisto de Las Brisas. Denominó el Complejo Yaritagua para designar a las rocas metamórficas expuestas al sur de la población de Yaritagua, estado Lara, que consideró equivalentes a la Formación Las Brisas. Consideró esta Unidad como la más antigua y la que se encuentra en la base de las secuencias metamórficas de las regiones de Barquisimeto, Bobare, Duaca, y Yaritagua atribuyéndole una edad pre-Cretácico.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967), Presentaron una guía de excursión a la región de Duaca, Barquisimeto y Bobare en la cual se buscó respuesta a los problemas geológicos que existía en esta zona para la época. A partir de este trabajo Se subdivide la Formación los Cristales (BUSHMAN 1959) en las formaciones Aroa y Mamey, y propone conservar el mismo nombre en caso de que no se pueda separar en estas dos últimas unidades. También designan el nombre de Formación Matatere para definir una espesa secuencia de turbiditas asociadas a varios horizontes de capas de peñones.

BELLIZZIA *et al.* (1968), analizaron la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. Realizan una descripción más completa de las formaciones Nirgua y Aroa ajustadas a las normas estratigráficas del momento. Consideran todos los afloramientos incluidos en la Formación Carorita, como bloques exóticos, deslizados dentro de la Formación Bobare, proponen que estos olistolitos provendrían de un conjunto *in situ* situado hacia el este de la Formación Los Cristales. También mantienen el nombre de Formación Matatere, propuesto en trabajos previos, para la espesa secuencia de sedimentos del Paleoceno-Eoceno en el surco de Barquisimeto. Finalmente presentan el mapa geológico de Barquisimeto-Urachiche-Río Tocuyo estado Lara y Yaracuy a escala 1:100.000,

STAINFORTH (1968), realiza una revisión de las unidades estratigráficas estudiadas en el estado Lara. Apoya lo propuesto por BELLIZZIA *et al.* (1968) sobre las formaciones Nirgua, Aroa, Mamey y Matatere.

BELLIZZIA *et al.* (1969), estudian las quebradas Las Minas, Cumaragua y Carampampa y el río Tupe del distrito Aroa, en los ríos Nirgua, Tirgua y Tucuragua y en la serranía de Nirgua-Tucuragua. Concluyó que las rocas verdes de su formación posiblemente representan rocas básicas metamorfizadas, especialmente tobas y lavas.

BELLIZZIA *et al.* (1976), publican un artículo que explica la geología del estado Yaracuy donde destacan como hecho resaltante de esa investigación el descubrimiento de un complejo de rocas de alto metamorfismo constituido por anortositas, granulitas, gneises y anfibolitas (Complejo de Yumare). También se planteó que la parte superior de la secuencia metamórfica está formada por las formaciones Nirgua y Aroa. A su vez se ubicó un afloramiento aislado de rocas paleocenas de la Formación Matatere al oeste del macizo de Yumare. También destacan la presencia de rocas ultrabásicas (peridotitas serpentinizadas) explicando el desarrollo del metamorfismo regional, la actividad sísmica poco profunda, el desarrollo de grandes fallas longitudinales y una tectónica gravitacional profunda. Entre otros puntos agregan más soporte a las teorías de la evolución de las formaciones que conforman el Grupo Lara. Finalmente realizaron el mapa geológico del estado Yaracuy a escala 1:100.000

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), presentan una síntesis de la evolución geológica del occidente del país, donde se definen rasgos estructurales, estratigráficos y litológicos, regionales y locales, para cada unidad sedimentaria en el surco de Barquisimeto y zonas aledañas.

BLANCO (1980), estudia una zona ubicada al este de Chivacoa, distritos Sucre, Bruzual y Nirgua, edo. Yaracuy. Indica que la zona fue afectada por dos períodos de plegamiento

superimpuestos. Los pliegues de la primera generación son isoclinales con plano axial paralelo o subparalelo a la foliación y contemporáneos con el metamorfismo regional. Los pliegues de la segunda generación deforman la superficie de foliación y la geometría del primer plegamiento.

SCHUBERT (1980), Estudia la morfología neotectónica de una falla de rumbo-deslizante (Falla de Boconó). Considera a los valles centrales de Yaracuy como una cuenca de tracción (pull-apart) Plio-Cuaternario, desarrollado entre las fallas activas dextrales de Boconó y de Morón.

STEPHAN (1982), en su tesis doctoral en el estado Lara definió a las montañas del norte del país, como un “edificio tectónico polifásico”, formado por una superposición de napas que se extiende desde la transversal de Barquisimeto en su región occidental hasta la península de Araya- Paria en su extremo oriental. Propone la división de la Formación Matatere en cuatro subunidades: Matatere I, II, III y Agua Negra.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1986), al estudiar las serranías de Portuguesa, Bobare y la región de Barquisimeto, incluye a la Formación Bobare junto con la Formación Mamey y la Formación Carorita en el Cretácico Temprano. Describe la litología de la formación Bobare. Menciona que la secuencia sedimentaria representada por las formaciones Mamey, Volcancito y Carorita "presenta características petrológicas semejantes y a su vez puede correlacionarse con las formaciones Araure, Agua Blanca, Cojedes, y Mapuey de la región de Acarigua-San Carlos“

MACSOTAY *et al.* (1987), hacen un análisis de la litología, fósiles y paleoambiente de la Formación Bobare. Redefinen el Grupo Lara (constituidos por las formaciones Carorita, Bobare y Barquisimeto), esclareciendo las relaciones estratigráficas, edad y paleoambiente de sedimentación. Concluye también que los afloramientos aislados de la Formación Carorita corresponden en la mayoría de los casos a núcleos de los anticlinales preservados

en el seno de la Formación Bobare. Correlacionan a la Formación Carorita con las formaciones Mamey, Las Mercedes, Carúpano y posiblemente Nirgua.

HACKLEY *et al.* (2006), realizan el Mapa Geológico de Venezuela a escala 1:750.000. Hacen revisiones significativas a la geología de la Cordillera de la Costa, basadas en los mapas de URBANI & RODRIGUEZ (2004).

GOMEZ *et al.* (2006), realizan un estudio geofísico integrado en la zona de Yumare-Aroa, entre los estados Yaracuy y Falcón. Realizan modelos geológicos y estructurales del subsuelo en la zona, ajustado a la respuesta gravimétrica y magnética con el menor error posible. Dichos modelos abarcan los cuerpos ígneometamórficos ubicados al norte de la Colonia Agrícola de Yumare, así como el Graben de Aroa. Presentan un mapa geológico estructural de la zona.

SOLÓRZANO & VARGUILLAS. (2008), Realizaron una caracterización química y radiométrica, por medio de las técnicas fluorescencia de rayos X, espectrometría de rayos gamma y color Munsell a los sedimentos aluviales de la cuenca de Barquisimeto – Cabudare. Mediante la comparación de las unidades geológicas interpretadas mediante las unidades químico-radiométricas generadas, se observó que existieron diversos periodos de actividad tectónica en la Cuenca de Tracción de Cabudare, siendo interpretado un período de gran subsidencia durante el Plioceno (depositación de la Formación Guamacire), uno de menor actividad hace 0,95 Ma (depositación de Q3), con una nueva reactivación hace 0,4 Ma (depositación de Q2), estando en la actualidad en una relativa “calma”. Realizan un Mapa de la Geología general del área en estudio.

URBANI (2008), realiza una revisión de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte del país, adoptando las normas de unidades litodémicas. De esta manera presenta a las anteriores formaciones Yaritagua, Nirgua, Aroa y Mamey, como Gneis de Yaritagua, Complejo Nirgua, Esquisto de Aroa y Esquisto de Mamey.



HERNÁNDEZ (2008), Realiza una caracterización geofísica en la zona Tamaca-Duaca del estado Lara, mediante estudios gravimétricos y de ruido sísmico ambiental. Trazaron cuatro perfiles en Duaca y cinco perfiles en Tamaca que permitieron elaborar los modelos 2D geológicos del área de estudio. Por último, utilizando la información obtenida a través de los modelos 2D, obtuvieron un mapa de espesor de sedimentos para cada localidad, generando así una imagen en planta de la posible distribución de espesores de los sedimentos.

GÓMEZ (2012), realiza la integración geológica de la región Carora-Padre Diego, edo. Lara, cuya región limita al oeste con la estudiada en el presente trabajo.

COELLO (2012), realiza la integración de la cartografía geológica de la región entre Bobare y Farriar, entre los estados Yaracuy y Lara, cuya región limita al norte con la estudiada en el presente trabajo.

## 2.2. TECTONO-ESTRATIGRAFÍA

La zona de estudio se caracteriza por una complejidad tectónica y estratigráfica que ha generado muchas controversias y ha sido objeto de estudio intensivo por diferentes universidades e investigadores. Se trata de la región de convergencia de los sistemas Orogénicos de los Andes y Cordillera de la Costa. Además está ubicado en el borde oriental del llamado Surco de Barquisimeto. El conocimiento de la evolución paleotectónica del Sistema Montañoso del Caribe, borde sur de la Placa Caribe, es indispensable para interpretar la evolución tectónica de la región.

La zona de interacción entre las placas Caribe y Suramérica comprende una amplia zona de deformación de 250 a 500 km de ancho, que se ha subdividida en varias fajas (clasificación no genética) con tendencia Este-Oeste. Éstas fueron reconocidas desde MENÉNDEZ (1966), modificadas y redefinidas por muchos autores posteriores. Según criterios geográficos, la Cordillera de la Costa se subdivide en las serranías del Litoral y del Interior, separadas por una serie de valles intermedios (Valencia, Aragua, Ocumare del Tu

y Barlovento). En esta división de fajas, la denominada “Faja Cordillera de la Costa” abarca toda la Serranía del Litoral. Posteriormente, STEPHAN (1982) la subdivide en: Faja Costera – Margarita y Faja de la Cordillera de la Costa.

URBANI (2002) propone la subdivisión de la “Faja Cordillera de la Costa” en tres fajas bien cartografiadas y distinguibles, las fajas Costera-Margarita, Ávila y Caracas.

Estas subdivisiones dentro de la Cordillera de la Costa son fácilmente cartografiables y bien distinguibles en el campo y laboratorio, formadas en espacio y tiempo diferentes, e igualmente de orígenes y contextos geodinámicos distintos:

- NORTE: Asociación Metamórfica La Costa.(AMLC) Mesozoico
- CENTRO: Asociación Metamórfica Ávila.(AMA) Paleozoico-Precámbrico
- SUR: Asociación Metasedimentaria Caracas. (AMC) Mesozoico

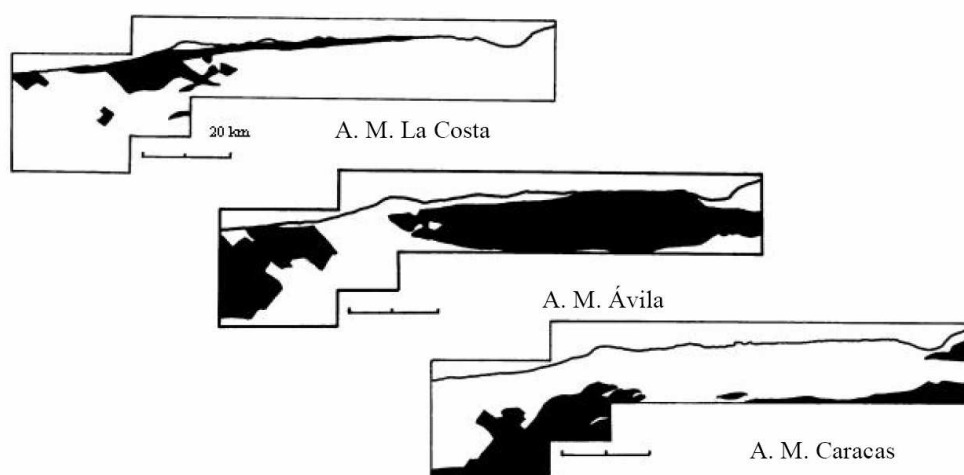


Fig. 6. Distribución de las tres Asociaciones Metamórficas de la Serranía del Litoral. URBANI (2005)

Posteriormente URBANI (2010) amplía dicha división utilizando los conceptos de napas, terrenos y fajas.

URBANI (2011) confirma que la Cordillera de la Costa puede ser dividida en seis fajas tectónica- y geocronológicamente distintas. (Tabla N.1) La Serranía del Litoral en las fajas Costera, Ávila y Caracas. Mientras que en la Serranía del Interior, la faja de Loma de Hierro se integra por dos terrenos: Paracotos y Loma de Hierro (sensu stricto); la faja

Caucagua-El Tinaco a su vez puede clasificarse como un terreno; así mismo, la anteriormente no dividida faja de Villa de Cura la separa en dos terrenos: Villa de Cura (sensu stricto) y San Sebastián. La figura 7 y 8 muestran cómo ha evolucionado esta clasificación.

MENÉNDEZ (1966), fajas	STEPHAN (1982), napas	BECK (1986), napas	URBANI & OSTOS (1989), fajas	Urbani (2011)	
				Fajas	Terrenos y/o Fajas
Cordillera de la Costa	Margarita-Costera	Margarita-Costera	Costera	Costera	Tacagua
	Cordillera de la Costa	Cordillera de la Costa	Ávila	Ávila	Carayaca *
					Ávila
			Caracas	Caracas	Nirgua
					Agua Blanca
Caucagua - El Tinaco	Caucagua-El Tinaco	Caucagua-El Tinaco	Caucagua-El Tinaco	Caucagua -El Tinaco	Las Mercedes
					Las Mercedes (Caucagua)
Paracotos	Paracotos	Loma de Hierro	Loma de Hierro	Loma de Hierro	Paracotos
					Loma de Hierro
Villa de Cura	Villa de Cura	Villa de Cura	Villa de Cura	Villa de Cura	Villa de Cura
					San Sebastián

Tabla N.1 . Evolución de los nombres de las fajas de la Serranía Costera, Venezuela nor-central. Tomado y modificado de URBANI (2011).

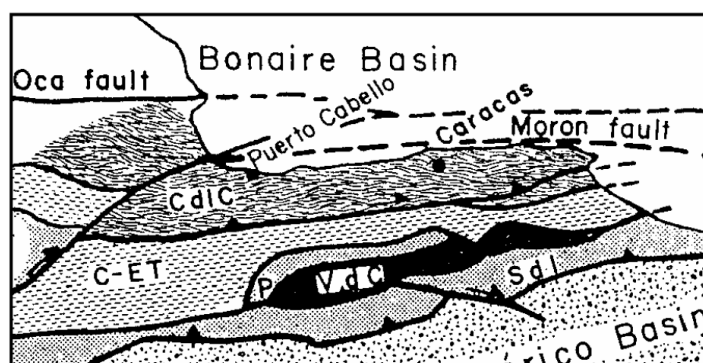


Fig. 7. Fajas geológicas del Norte de Venezuela. (CdlC): Cordillera de la Costa. (C-eT): Cinturón Caucaagua – el Tinaco. (P): Cinturón Paracotos. (VC): Cinturón Villa de Cura. (SI): Serranía del Interior. Tomado de SMITH et al. (1999).

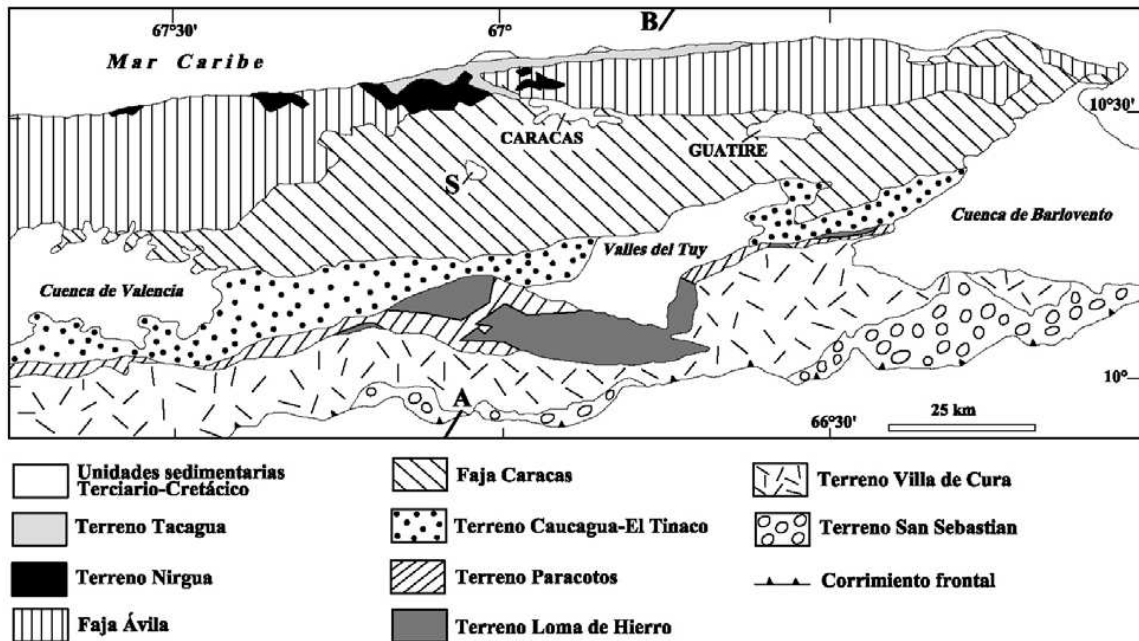


Figura 8. Mapa de la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela  
mapa simplificado a partir de HACKLEY et al. 2006

La evolución tectónica de la Cordillera de la Costa es semejante a las otras cadenas montañosas pre-cenozoicas, caracterizadas por el desarrollo de un metamorfismo regional acompañado de intenso plegamiento e intrusiones graníticas sinorogénicas. En numerosas publicaciones se destaca que lo complejo de su plegamiento es consecuencia de la deformación intensa, la abundancia de micropliegues y la presencia en algunas formaciones de un plegamiento superpuesto co-axial y poliaxial. BELLIZIAS & RODRIGUEZ (1976) describe los pliegues de la región como concéntricos similares, armónicos, inarmónicos, intrafoliares, chevron, de rotación (kink folds) cilíndricos, no-cilíndricos, simétricos y asimétricos, flexurales, casiflexurales y pasivos. Según WILLIAM (1970) el único criterio seguro para establecer la cronología del plegamiento son sus relaciones de superposición ya que durante diferentes períodos de deformación pueden producirse pliegues de igual estilo. Sobre esta base se han podido establecer cuatro periodos de deformación en la Cordillera de la Costa: Los tres primeros tipo compresivo y el último post-metamórfico de tipo dominante vertical en su parte norte y de corrimientos en su parte sur. El estilo de deformación característico de los diferentes dominios estructurales de una

cadena metamórfica depende de muchos factores: a) composición inicial y estructuras sedimentarias; b) contrastes en ductilidad; c) velocidad y tiempo de deformación; d) competencias de las diversas unidades litológicas; e) nivel en donde se produce la deformación.

Según las ideas actualmente aceptadas sobre el metamorfismo de la Cordillera de la Costa BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) resaltan que los sedimentos que forman la región estudiada sufrieron un metamorfismo cuyo grado dependió más de la profundidad de la zona, donde prevalecieron condiciones térmicas anormales durante el Cretácico, que de episodios discontinuos de metamorfismo diastrófico separados por períodos de levantamiento y erosión. Al final de este proceso ocurrieron levantamientos epirogénicos con posible formación de islas al Norte. Estos levantamientos estuvieron acompañados de fallamiento, dando origen a un cuadro paleogeográfico favorables para que se iniciaran los desplazamientos submarinos en el surco de Barquisimeto, en las postrimerías del Cretácico superior y comienzos del Paleógeno (Fig.9). La presencia en el borde oriental del surco, de rocas metamorizadas de la Formación Barquisimeto y Carorita se interpreta como bloques alóctonos y mantos de deslizamientos provenientes de la Serranía de Aroa al este y del “Alto de Siquisique” al norte, donde también afloran rocas cretáceas, volcánicas y metamórficas, La Cordillera de Trujillo al oeste, sería la fuente Natural del suministro del material aloctonoco para la región occidental del surco. Con posterioridad a estos episodios epirogénicos y de transporte por gravedad, las montañas fueron sometidas a compresión cortical desde el noroeste. La edad de esta orogénesis puede situarse entre el Eoceno superior y el Mioceno. Según BUSHMAN (1960), hubo simultaneidad en el fallamiento y el plegamiento, como lo demuestra en pequeña escala el hecho de que la mayoría de las capas competentes ha sido corrida hacia el sur en un modo imbricado.

En la región afloran rocas metamórficas, ígneas y una espesa sección de rocas del Cretáceo, Paleoceno-Eoceno y Neógeno. Las rocas más antiguas de la región de estudio están conformadas por el Complejo San Julián, y el Gneis de Yaritagua ambos edad (Pre-Mesozoico). BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) consideraron al Gneis de Yaritagua como la

unidad más antigua en su cuadro de formaciones de la región de Barquisimeto - Bobare - Duaca - Yaritagua y la atribuyen al pre - Cretácico. Por otro lado, debido a la correlación con las rocas de la Faja Ávila, es preferible asignarle a este Complejo una edad Neoproterozoico-Paleozoico.

Entre el Jurásico e inicios del Cretácico, en los procesos de subducción al oeste de la placa Suramericana, se dió lugar a un terreno compuesto por rocas de corteza continental mezclado con elementos de corteza oceánica, este terreno conforma el protolito del Complejo Nirgua (fig.10) el cual al momento de ocurrir la expulsión de la placa Caribe desde el Pacífico es arrastrado hasta el margen noroeste de la placa Suramericana.

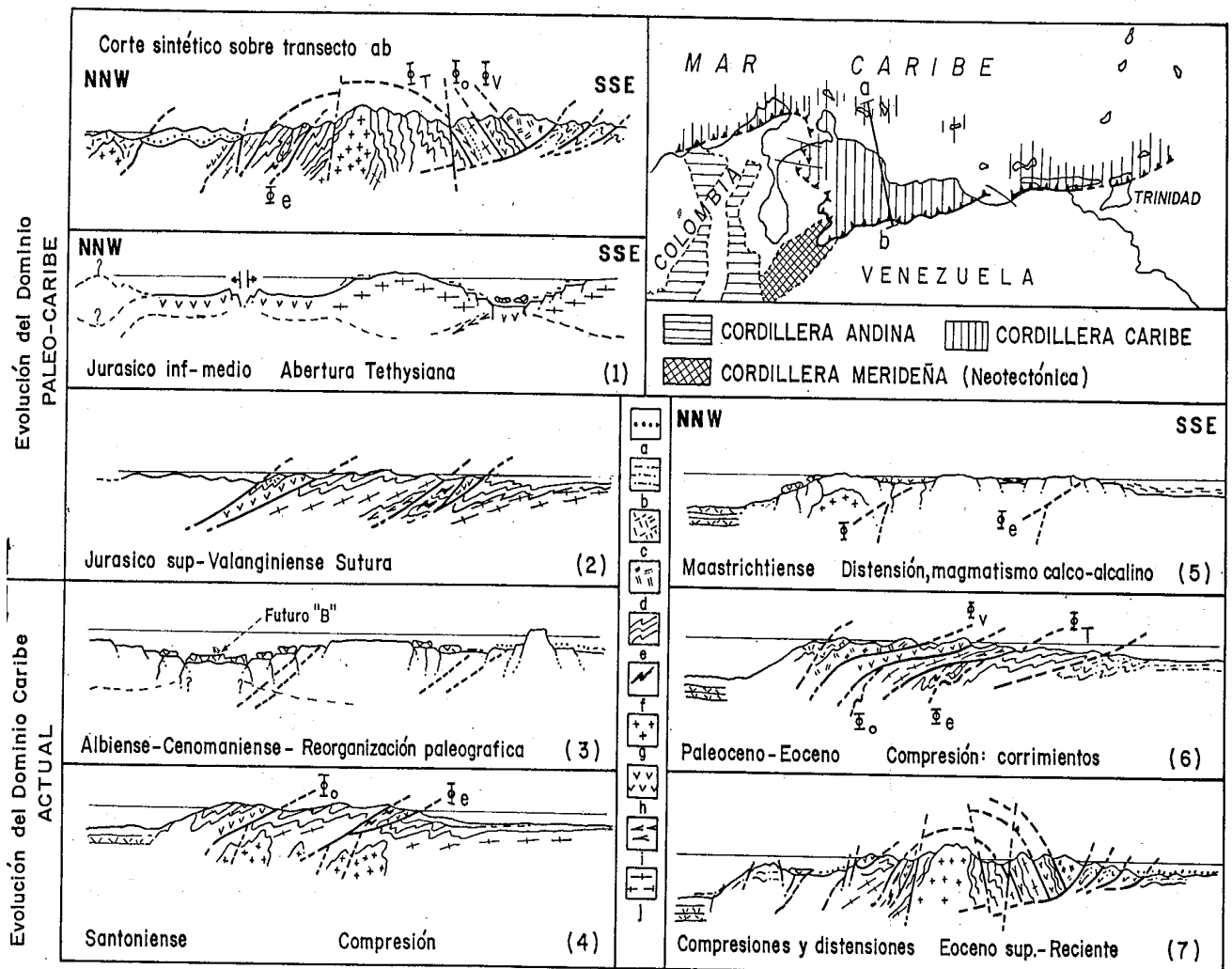


Fig. 9 Esquema estructural del dominio del Caribe Meridional según STEHPAN (1978, 1985) BELLIZZIA *et al.* (1986). Tomada de MACSOTAY *et al* (1987)

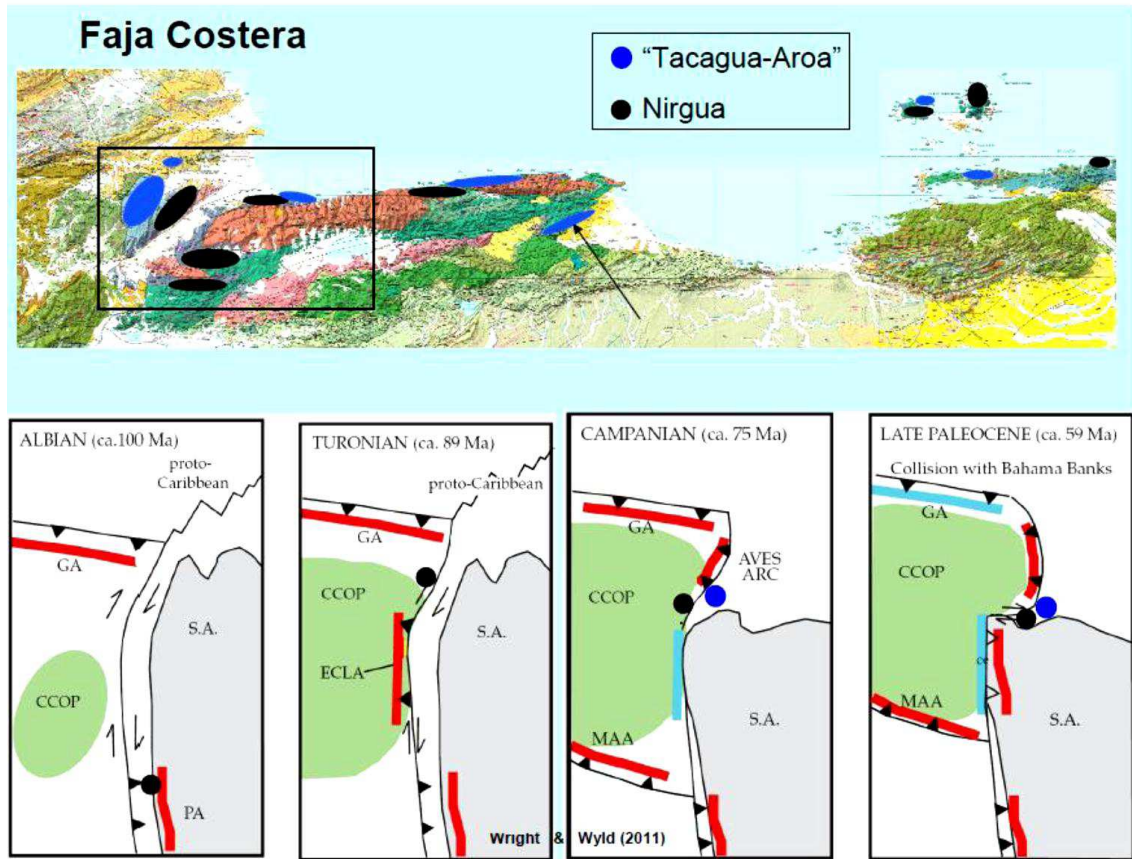


Fig. 10. Ubicación donde fueron depositados los terrenos Aroa y Nirgua de la Cordillera de la Costa y visualización del movimiento de proto-Caribe. Tomado y modificado de URBANI (2012).

En el Cretácico Temprano, al noroeste del límite pasivo de la placa Suramericana se produce la depositación de unidades sedimentarias (secuencias sedimentarias normales) en cuencas oceánicas anóxicas, en un ambiente de margen pasivo, las cuales serán el protolito de las formaciones Carorita, Bobare, Barquisimeto y los protolitos sedimentarios de los esquistos de Aroa y Mamey.

Durante el Cretácico Tardío la placa Caribe empuja diacrónicamente el margen pasivo hacia el sureste y empieza a interactuar de forma oblicua contra la placa Suramericana durante el Paleoceno - Eoceno medio, afectando a las rocas cretácicas depositadas previamente y emplazando parte de la placa Caribe. Esta serie de emplazamientos es

conocida como las Napas de Lara (Fig 11 y 12). Por napas se entiende un manto rocoso que avanza como una sola unidad, siendo el traslado tectónico por gravedad o compresión cortical. VON DER OSTEN & ZOZAYA (1957) informan sobre la presencia de grandes mantos de corrimientos de rocas cretáceas sobre rocas del Paleógeno, en la zona comprendida entre Barquisimeto y Quíbor, que se presentan hoy día fragmentados a causa de la erosión; algunos de estos remanentes alcanzan varios kilómetros de longitud. De esta manera vendrían a ser la primera serie de corrimientos que se producen a partir de la migración en dirección este de la placa Caribe, al norte de Suramérica. Esta serie de corrimientos generaron una cuenca antepaís, la cual es denominada en las bibliografías, como Surco de Barquisimeto, en donde se depositó la secuencia turbidítica tipo flysch de la Formación Matatere. La presencia de olistolitos cretácicos dentro del flysch y de unidades equivalentes en edad al mismo, sugieren que dicha secuencia estuvo envuelta en la deformación ocasionada por la migración de las napas hacia el sur.

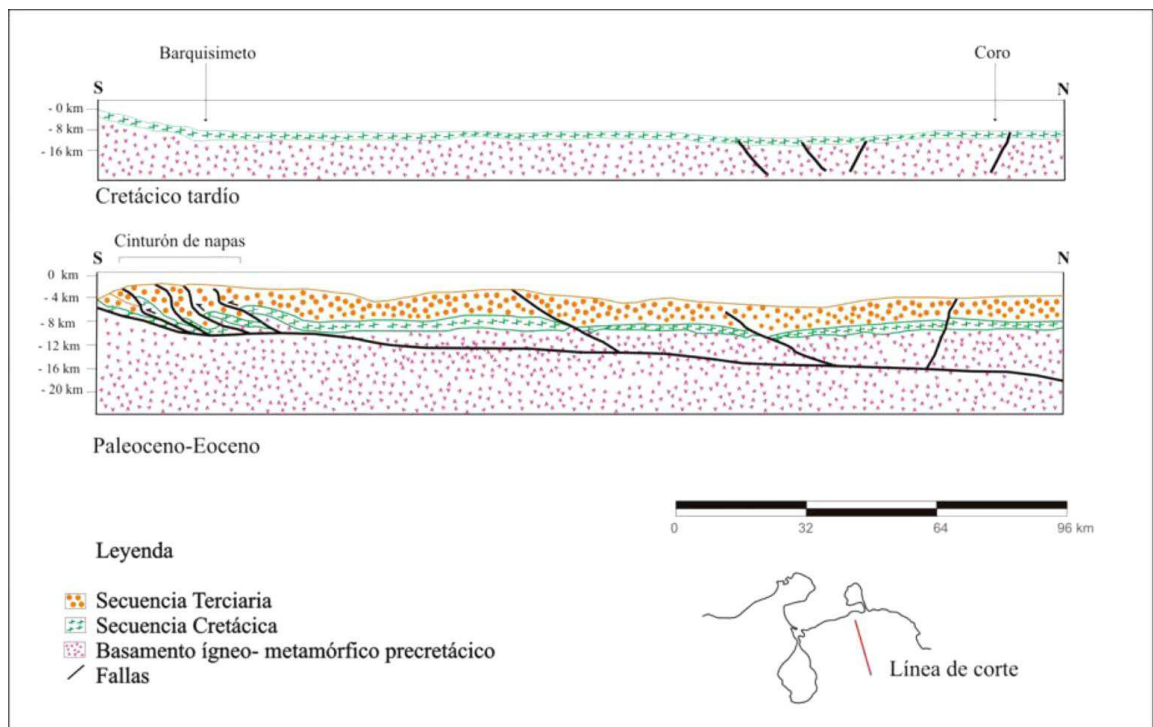


Fig. 11. Secciones geológicas mostrando la formación de corrimientos hacia el norte del estado Lara. Imagen tomada de BAQUERO *et al.* (2009).



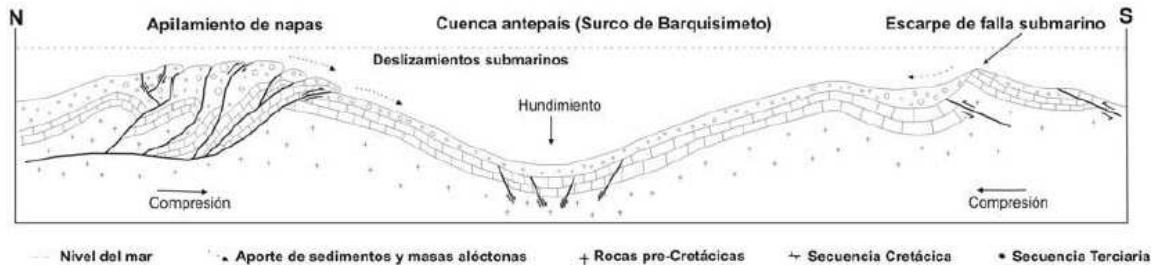


Fig 12. Corte esquemático del Surco de Barquisimeto para el Eoceno medio. Mecanismos de aporte de sedimentos y masas alóctonas. Tomado de BAQUERO (2008).

RENZ *et al.* (1955), en su interesante trabajo sobre deslizamientos submarinos durante el Terciario Inferior en los alrededores de Carora, demarca el llamado "Surco de Barquisimeto" e informa sobre la presencia de grandes deslizamientos submarinos, algunos de más de 1 km de longitud y que fueron separadas por la ruptura de escarpados submarinos, causados por movimientos verticales en los bordes del surco. Las masas y bloques fueron trasladados por gravedad hacia el centro del mismo, habiendo viajado, algunos de ellos, más de 30 kilómetros. Hacia el noro-este de Carora, además de los bloques de rocas del Cretáceo Inferior y Superior, menciona la presencia de olistromas de rocas graníticas y gneísicas.

BUSHMAN (1959, 1960, 1965), refiere la existencia de deslizamientos submarinos durante el Cretáceo Tardío y Paleógeno en el área de Barquisimeto y Carora.

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) interpretan los afloramientos de Carorita, como olistostromas de esa unidad en la Formación Bobare y con respecto a los bloques de la Formación Barquisimeto incluidos en la Formación Bobare, lo interpretan de dos maneras: 1) como mantos caóticos de deslizamiento que incluyen los sedimentos del Terciario inferior y olistromas de unidades más viejas que se movieron por gravedad en períodos sucesivos hacia el este quizás hasta el paralelo de Duaca. Posteriormente durante el plegamiento las masas alóctonas parcialmente erosionadas fueron incorporadas tectónicamente, imprimiéndole a la zona el aspecto caótico hoy observado; 2) la otra

alternativa, sería el considerarlas como remanentes de las formaciones Matatere y Barquisimeto, ya que la mayoría de las masas se presentan con estratificación paralela a la de la Formación Bobare y en los casos cuando estas unidades poseen orientación distinta, se podrían interpretar por fallamiento rotacional o deslizamientos modernos. BUSHMAN (1965) explica por fallamientos estas mismas relaciones en la región de Río Abajo.

STEPHAN (1982) utilizó el término “Complejo Tectono-Sedimentario de Lara” para designar la secuencia sedimentaria de edad Paleógena con olistolitos, comprendida entre el corrimiento de Carora-El Tocuyo, y las rocas sedimentarias de edad Mioceno al norte, en el estado Falcón. El término se propuso para reemplazar el de “Surco de Barquisimeto”, que sugiere la presencia de una fosa y un carácter autóctono. MACSOTAY (1972,1987) describe que el Complejo Tectono-Sedimentario de Lara se presenta imbricado tectónicamente con las unidades cretácicas alóctonas (actuales formaciones Carorita, Bobare y Barquisimeto) estructura adquirida durante el apilamiento progresivo de las napas hacia el sureste durante el Paleoceno-Eoceno. Considera que la Formación Bobare se acumuló en el talud epicontinental no solo para las evidencias de acumulación rápida, sino por las relaciones porcentuales de sus componentes líticos, las estructuras hidrodinámicas, rheotrópicas y biogénicas sugieren según este autor, ambiente de sedimentación batial combinada con sedimentación gravitacional terrígeno-hemipelágico dominante, con sedimentación turbidítica supeditada. Según los conceptos paleoceanográficos, la formación Bobare es un complejo de Falcón epicontinental (talud más abanico submarino) depositado en una cuenca amplia. A nivel general el Cretácico alóctono en el Estado Lara (Formación Carorita, Bobare, y Barquisimeto) fueron depositadas en secuencias sucesivas en la cuenca oceánica del proto-Caribe siendo metamorfizados a filitas durante el Maastrichtiense y obducidos junto con turbiditas, durante el Paleógeno mediante una tectónica compresiva horizontal polifásica.

Mientras se van emplazando las Napas de Lara, se ven involucrados los cuerpos arrastrados por la placa Caribe (protolito del Complejo Nirgua), rocas del anterior margen pasivo suramericano no metamorfizado, rocas del mismo margen pasivo ligeramente

metamorfizadas (protolito de los esquistos de Aroa y Mamey), el proto-Caribe, la Formación La Luna y de la misma Formación Matatere. Esta secuencia de eventos explica que durante el Eoceno medio Matatere y la obducción de un bloque de corteza continental grenvilliana (terreno Falconia, GRANDE 2012) puesto en contacto, mediante fallas de corrimiento, con cuerpos de la Formación La Luna (formado en el margen pasivo suramericano en el Cretácico Tardío) y de la Formación Matatere (depositado en el Eoceno medio en la cuenca antepaís, BAQUERO *et al.* 2009). Luego ocurre el proceso de apilamiento de estos corrimientos, la emersión de estas rocas y su meteorización, lo que produce una peneplanación parcial del relieve.

En el Eoceno medio la corteza llega a su máximo espesor afectando el movimiento de la placa protoCaribe, debido a esto se empieza a generar una subducción tipo “B” en el norte de la región.

Durante el Eoceno tardío y el Mioceno temprano como producto del paso al este del arco de islas, se produce un cese de la compresión y se genera un régimen extensional en la región falconiana, lo que genera un surco debido a la reactivación de fallas pre-existentes, simultáneamente un colapso tectónico y un adelgazamiento de la corteza, lo que genera estructuras tipo graben que da origen a la cuenca Falconiana con orientación OSO-ENE, en el cual en períodos del Oligoceno tardío - Mioceno temprano ocurre una transgresión hacia las tierras adyacentes (DÍAZ DE GAMERO 1976) (Fig. 13), ocasionando una discordancia de gran angularidad y de extensión regional (URBANI & MENDI 2010)

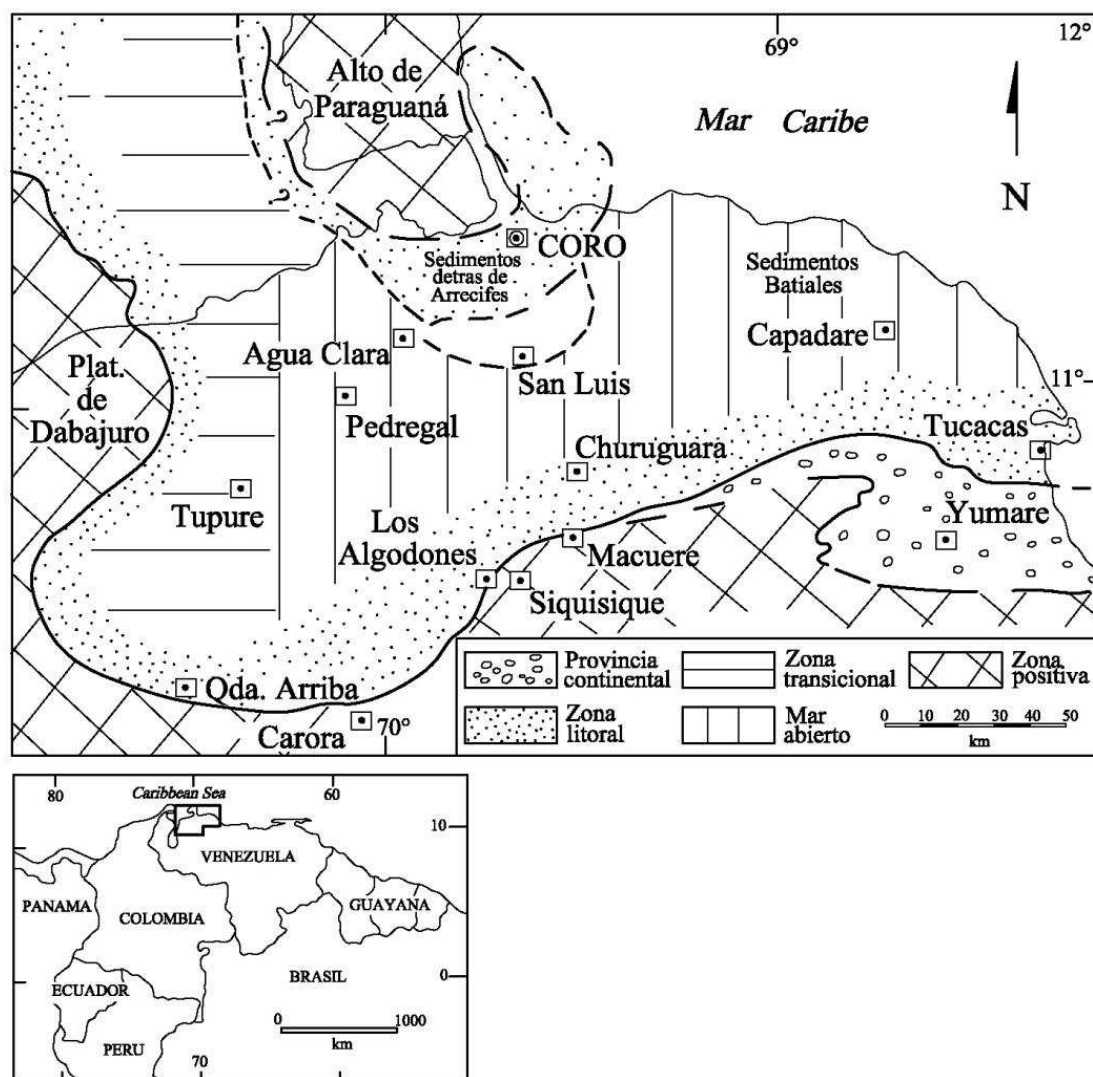


Fig. 13. Mapa donde se muestra la máxima transgresión oligo-miocena en la cuenca de Falcón. Tomado de DÍAZ DE GAMERO (1977).

De acuerdo a BAQUERO et al. (2009) a finales del Mioceno temprano y comienzos del Mioceno medio, y como resultado del desplazamiento de la placa Caribe en el norte, se origina un tercer evento estructural de tipo compresivo caracterizado por la reactivación de fallas preexistentes y la inversión de la cuenca de Falcón. Según BOESI & GODDARD (1991) la posición ocupada por el eje de la cuenca se convierte en el eje del sistema montañoso originado por la inversión de la cuenca, dando origen a la separación del área en dos

provincias sedimentarias, una al norte donde se desarrollarían facies marino costeras y marino profundas, y una al sur donde predominarían facies fluviales y de lagunas. Con el levantamiento de la cuenca se originan una serie de pliegues con orientación este-noreste conocidos como el anticlinorio de Falcón.

Simultáneamente en estos procesos estructurales, GRANDE (2012) explica que al sureste del río Yaracuy, justo en el sistema de fallas de Morón-Boconó, emerge el cerro El Guayabo producto de un relevo transpresivo generado por acción del sistema de fallas del mismo nombre (Fig. 14). Durante el Mioceno la falla de El Guayabo actuó como falla inversa y exhumó el bloque de corteza continental profunda, de carácter granulítico, que hoy en día constituye el Complejo El Guayabo, junto con afloramientos del Complejo San Julián. El Complejo El Guayabo representa el basamento profundo de medio-alto grado metamórfico, posiblemente neoproterozoico, de la corteza continental de la placa Suramericana.

Según CASAS-SAINZ & DIEDERIX (1992), el sector norte de la Falla de Boconó, entre San Felipe y Morón, presenta una curvatura de unos 30°, y pasa de tener dirección NE-SW a E-O al unirse con el sistema de Morón-San Sebastián-El Pilar. Este sector de la falla forma el margen oeste activo durante el Cuaternario de la cuenca de Yaracuy (Fig.12 y 13). A partir de estudios fotogeológicos y de campo de este sector de la falla de Boconó, se han observado dos segmentos con diferentes características: a) el segmento Yaritagua-San Felipe (45 km de longitud) se ha comportado durante el Cuaternario como una falla inversa dextral, produciendo la sedimentación de cuatro niveles de abanicos aluviales; durante este período la actividad tectónica vertical disminuyó en relación a la tasa de sedimentación. b) En el segmento San Felipe, Golfo Triste (55 km), donde el movimiento de la falla se aproxima progresivamente a la dirección E-O, es principalmente lateral derecha.

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 (Fig.15 y 16) 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. CASAS (1995) indica que esta

cuenca 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.

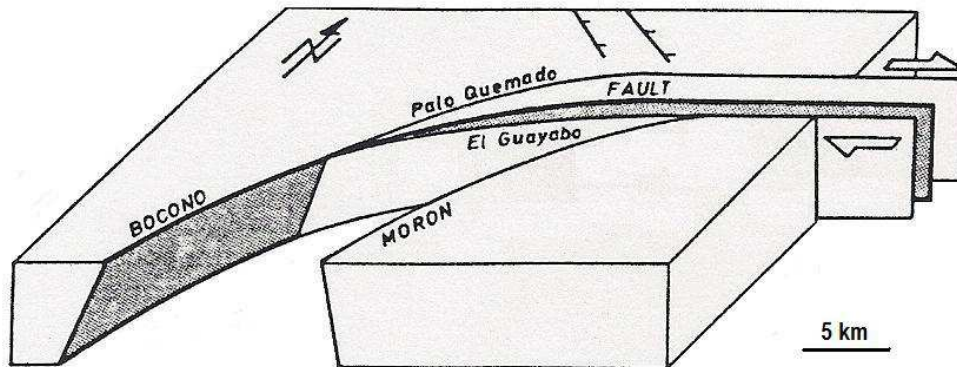


Fig. 14. Modelo neotectónico de la depresión de Yaracuy mostrando la relación entre las fallas dextrales que la limitan y las trazas de las fallas del sistema Morón-Boconó, del cual solo esta última está activa y se muestra sombreada.

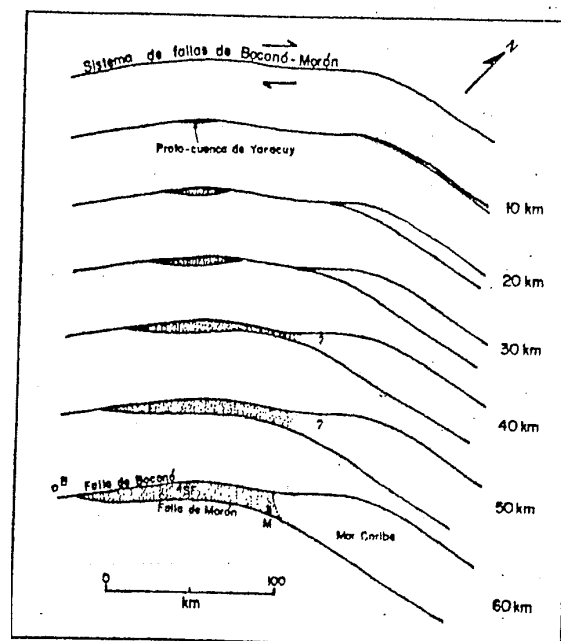


Fig.15 Modelo esquemático de la cuenca de Yaracuy, comenzando con una traza unitaria del sistema de fallas Boconó-Morón, se muestra la apertura de la cuenca de tracción de Yaracuy, a medida que aumenta el desplazamiento rumbo-deslizante hacia la derecha. B: Barquisimeto; M: Morón; SF: San Felipe. SCHUBERT (1983)

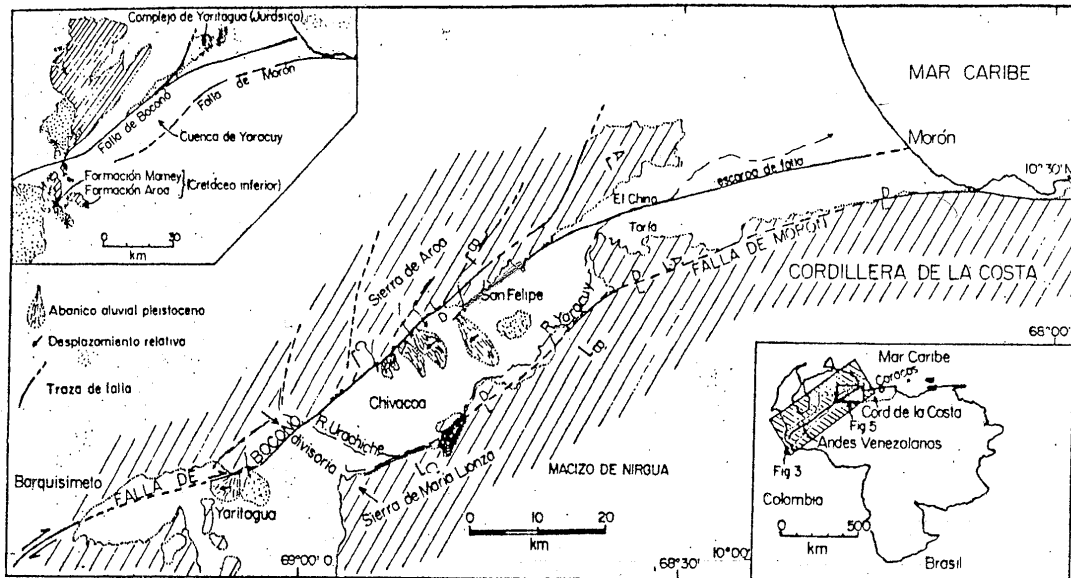


Fig 16. Modelo morfológico-tectónico de la cuenta de Yaracuy. En el Inserto superior izquierdo se muestra la distribución de la formación Mamey y Aroa, y del complejo de Yaritagua, los cuales sugieren un desplazamiento rumbo –deslizante hacia la derecha por la Falla de Boconó. SCHUBERT (1983)

El último evento estructural propuesto por BAQUERO et al. (2009), es la generación de nuevas fallas debido a la acción de la placa Caribe, durante el Mioceno Tardío al Reciente, que cortan a las preexistentes y que coinciden con el levantamiento de los Andes, el cual genera un nuevo nivel de despegue propagado desde el sur. Este nivel de despegue se une al de las fallas en el norte de la región formando una zona triangular. BOESI & GODDARD (1991) por su parte señalan que en este período se generan fallas de componente transcurrente con una orientación aproximada este-oeste como el sistema de fallas Oca-Ancón; también sugieren que existe actividad tectónica durante el Plioceno y el Pleistoceno, responsable de levantamiento del sistema montañoso reciente y de la formación de terrazas aluviales.

### 3. GEOLOGÍA LOCAL

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El área de estudio comprende la región de Bobare-San Felipe, dentro de la cual se encuentran incluidos sectores de las serranías de Bobare, Santa María y de Aroa las cuales son bifurcadas por el valle entre Duaca y Tamaca y el valle entre San Felipe. Este capítulo se centrará en las descripciones de las unidades litológicas que afloran en dicha área, tanto de los trabajos previos realizados por otros autores, como el trabajo de campo realizado por el autor del presente trabajo.

#### 3.2 GENERALIDADES

En la región de estudio afloran rocas de edades que van desde el Paleozoico hasta edades recientes y de diversa litología, en particular dos tipos de roca principales. En la tabla 1 se pueden observar dichas unidades en orden cronológico. En la tabla 2 se enumeran los sedimentos cuaternarios presentes en el área de estudio.

La secuencia sedimentaria comprende rocas cretácicas representadas por el Grupo Lara (formaciones Carorita, Bobare y Barquisimeto), las rocas terciarias por la formación Matatere (Unidad III) y sedimentos cuaternarios, estos últimos van desde el Pleistoceno inferior hasta el Holoceno y están conformadas por, complejo coluvio – aluvional de pie de monte, valle encajado, valle coluvio – aluvional, rampa coluvial, rampa de de explayamiento, abanico de explayamiento, terraza aluvial y lecho mayor. Esta secuencia sedimentaria abarcan un 45% del área de estudio, siendo la formación Bobare la que más aflora seguida de Barquisimeto.

Las rocas metamórficas comprenden rocas de edades paleozoicas a Cretácico Tardío (Campaniense-Cenomaniense); entre las unidades tenemos a las paleozoicas y mesozoicas como son los complejos San Julián, Yaritagua, Nirgua y Carayaca, las serpentinitas del Cretácico, el Esquisto de Aroa de edad Cretácico Tardío (Campaniense-Cenomaniense); y el Esquisto de Mamey de edad Cretácico Temprano (Aptiense-Albiense). Las rocas metamórficas



abarcan la mayor parte del área de estudio con un 55% del área de estudio siendo las unidades más extensas el Complejo Nirgua y los esquistos de Aroa y Mamey.

Las abreviaturas empleadas en el presente trabajo serán expuestas en la tabla 3.

Tabla 2. Unidades geológicas en la región de Bobare – San Felipe.

<b>Unidades Sedimentarias</b>				
<b>Grupo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Edad</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Litología</b>
	<b>Formación Matatere (Unidad III)</b>	Eoceno Medio	e4e6m3	Arenisca, conglomerado y lutita, secuencia Flysch
<b>LARA</b>	<b>Formación Barquisimeto (Unidad San Pablo)</b>	Cretácico Tardío	K2b2	Lutita, limolita, marga compactada, ftanita y caliza
	<b>Formación Bobare</b>	Cretácico Temprano	K1bo	Arenisca cuarzosa y lutita.
	<b>Formación Carorita</b>	Cretácico Temprano (Valanginiense -Albiense)	Kc	Caliza arenácea-feldespática de grano grueso, lutita, marga, conglomerado carbonático

<b>Unidades Metamórficas</b>			
<b>Unidades</b>	<b>Edad</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Litología</b>
<b>Esquistos de Aroa</b>	Cretácico Tardío (Campaniense-Cenomaniense)	K2a	Esquisto carbonático-grafítico, filita y mármol laminado grafítico, esquisto cuarzo-micáceo-grafítico, metarenisca y metaconglomerado, "Rocas Verdes"
<b>Esquisto de Mamey</b>	Cretácico Temprano (Aptiense-Albiense)	K1m	Esquisto carbonático cuarzo-sericítico, esquisto grafítico, caliza cristalina maciza, mármol laminado grafítico; metarenisca y metaconglomerado; filita carbonácea.
<b>Serpentinita</b>	Cretácico?	Ksp	Peridotita y serpentinita

<b>Complejo Carayaca</b>	Mesozoico	MZc	Anfibolita granatífera, eclogitas, esquistos gnéisicos cuarzo-feldespático, esquistos epidóticos, esquistos glaucofánicos y metasedimentos.
<b>Complejo Nirgua</b>	Proterozoico-Mesozoico?	PZMZn	Esquistos cuarzo-micáceos, esquistos carbonáticos, gneis cuarzo-muscovíticos plagioclásicos, esquistos clorítico-epidótico-anfibólicos, mármol, anfibolita; metarenisca.
<b>Complejo San Julián</b>	Paleozoico	PZsj	Esquistos y gneis cuarzo-plagioclásicos - micáceos, mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas metaígneas mayoritariamente máficas (como anfibolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita)
<b>Gneis de Yaritagua</b>	Neoproterozoico -Paleozoico?	NPPZya	Gneis, gneis porfiroblástico, augengneis, cuarcita esquistosa y esquistos no carbonáticos.

Tabla 3. Unidades cuaternarias en la región de Bobare –San Felipe modificado de COPLANAR (1974).

Edad	Simbología	Unidades Geológicas
<b>Holoceno</b>	Q0A3	Abanicos de explayamiento / conos de deyección
	Q0A5	Rampa de explayamiento
	Q0A6	Rampa coluvial
	Q0A9	Complejo coluvio-aluvial de piedemonte
	Q0B9	Valle coluvio-aluvial
	Q0B12	Valle encajado
<b>Pleistoceno Superior</b>	Q1A3	Abanico de explayamiento
	Q1A5	Rampa de explayamiento
	Q1A9	Complejo coluvio-aluvial de piedemonte
	Q1B9	Valle coluvial - aluvional
	Q1B10	Terraza aluvial
	Q1B12	Lecho mayor
<b>Pleistoceno Inferior</b>	Q2A3	Abanico de explayamiento
	Q2A5	Rampa de explayamiento

	Q2A9	Complejo coluvio - aluvional de pie de monte
	Q2B9	Valle coluvio-aluvial
	Q2B10	Terraza aluvial
	Q2B12	Valle encajado

Tabla 4. Abreviaturas empleadas en el presente trabajo.

Mineral	Abreviatura	Mineral	Abreviatura
Actinolita	Act	Hematita	Hem
Albita	Alb	Hornblenda	Hbl
Apatito	Ap	Muscovita	Ms
Anfibol	Amp	Nicoles paralelos	NP
Calcita	Cal	Nicoles cruzados	NC
Carbonato	Cbn	Opacos	Opq
Clinopiroxeno	Cpx	Plagioclasa	Pl
Clinozoisita	Czo	Prehnita	Prh
Clorita	Chl	Pirita	Py
Cuarzo	Qtz	Piroxeno	Px
Dolomita	Dol	Pirofilita	Prl
Epidoto	Ep	Sericita	Ser
Feldespató Potásico	Kfs	Rutilo	Rt
Fragmentos de roca	FR	Zircón	Zrn
Grafito	Gr		

El trabajo de campo se llevó a cabo en varios sectores de interés como Sector de Potrerito, en esencial la vía principal hacia Nirgua en donde se estudiaron las rocas pertenecientes a los complejos San Julián y Nirgua. En las quebradas La Mopera y Agua Buena también se realizó énfasis en el Complejo Nirgua y se estudiaron sedimentos recolectados con alto contenido de sulfuros de hierro. En el río Guama se estudiaron las rocas pertenecientes al Gneis de Yaritagua. En el sector Buenos Aires se estudiaron las rocas pertenecientes al Esquisto de Aroa. La quebradada Nonavana y La Virgen, en las que se estudiaron el Esquisto de Mamey y La formación Barquisimeto. Finalmente en el sector oriental de la región de Bobare se estudiaron las formaciones Carorita, Bobare, Matatere y Barquisimeto.

### 3.3 UNIDADES LITOLÓGICAS

A continuación se describirán las unidades litológicas representadas en los mapas 1:25.000 que afloran en el área de estudio.

#### 3.3.1 Unidades metamórficas

##### 3.3.1.1 Gneis de Yaritagua

###### Consideraciones históricas

BUSHMAN (1959) introduce el nombre de Formación Yaritagua para designar rocas metamórficas expuestas al sur de la población de Yaritagua, 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. Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976, p. 3344) 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 (2000) lo incluye dentro de la Asociación Metamórfica Ávila.

###### Localidad tipo

La localidad tipo se ubica en la colina al sur de Yaritagua, estado Lara, denominada como cerro Yaritagua en el mapa de BUSHMAN (1959), pero que aparece con el topónimo de cerro Capuchinos en la Hoja 6346, escala 1:100.000, Cartografía Nacional.

###### Extensión:

Esta unidad aflora en las montañas del sur de Yaritagua, e igualmente en la Serranía de María Lionza al sureste de Chivacoa, estado Yaracuy. Forma las abruptas montañas del macizo de María Lionza, estado Yaracuy. En el área de estudio se extiende desde el poblado de Campo solo hasta el poblado "Jaime" prolongándose hacia el norte. Este conjunto abarca un área aproximada de 35 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 2% del área total (Fig. 17).

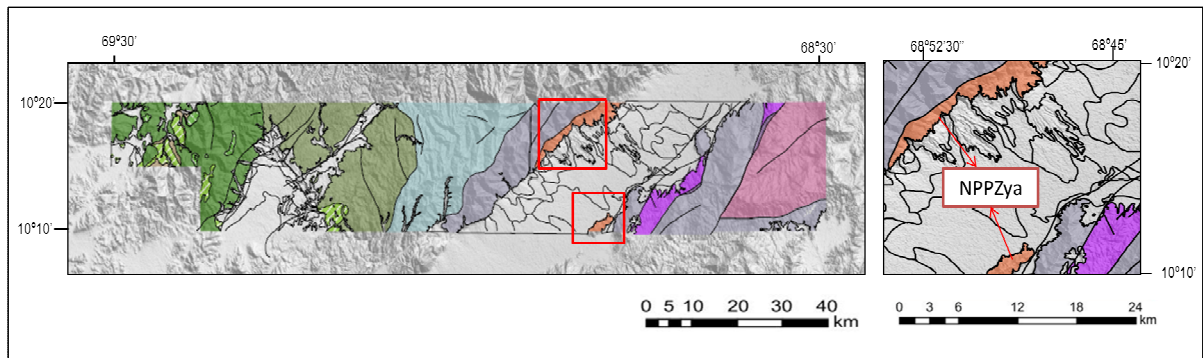


Fig. 17. Extensión del Complejo Yaritagua en la zona de estudio.

### Contactos:

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) todos los contactos de este Complejo con las unidades adyacentes (sus formaciones Las Brisas y Nirgua), son de fallas de ángulo alto. En el área de estudio se encuentra en contacto de falla de corrimiento con el Complejo Nirgua.

### Litología:

BUSHMAN (1959, 1965) describió gneis, gneis porfiroblástico, augengneis, cuarcita esquistosa y esquistos no calcáreos. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) incluyen además en la unidad esquistos cuarzo - micáceo, anfibolita granatífera y escasos afloramientos de esquistos glaucofánico y mármol. Posteriormente BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976, p. 3344) completan la descripción señalando la presencia de gneis porfidoblástico, augengneis, esquistos cuarzo - micáceo, esquistos y gneis cuarzo - feldespático - clorítico, esquistos biotíticos, anfibolita granatífera, cuarcita y una porción menor de esquistos glaucofánico y mármol. El gneis porfidoblástico es la roca que caracteriza a la unidad, aunque la litología dominante del complejo son rocas metasedimentarias como es el esquistos cuarzo - micáceo - feldespático. Es de grano grueso, con "augen" de feldespatos (ortosa, microclino y albita) y a veces de cuarzo, rodeado por bandas de biotita, muscovita, epidoto y clorita. Localmente el tamaño de los porfidoblastos sobrepasa los 4 cm de longitud. La composición mineralógica es variable, pero una composición típica es: cuarzo (40%), microclino (30%), plagioclasa (10%), muscovita y biotita (15%) y clorita, granate, epidoto y clinozoisita como accesorios. En general la plagioclasa está muy alterada, con frecuente cataclasis y abundantes vetas de cuarzo. También son frecuentes los diques de aplita y de pegmatita. El esquistos cuarzo - feldespático - micáceo presenta foliación bien desarrollada y se componen de plagioclasa (35%), cuarzo (25%), muscovita (25%) y microclino (10%), como

minerales accesorios contiene clorita y epidoto. En algunas localidades se asocian a esquisto con biotita y granate. Distribuidas dentro del complejo se observan capas de espesor variable de anfibolita con hornblenda, hornblenda - actinolítica y ocasionalmente glaucofano, con cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, biotita, epidoto y clorita. Adicionalmente aparecen frecuentes capas de cuarcita y pequeños lentes de mármol blanco. La descripción presentada por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), coincide casi exactamente con el Complejo Avila, sin diferenciar separadamente al Augengneis de Peña de Mora y al Esquisto de San Julián (URBANI *et al.*, 1989).

En el area de estudio, durante el recorrido por el río Guama, se observaron afloramientos de esta unidad (Fig 18.). Los mismos estaban parcialmente cubierto y muy meteorizado. El color fresco marrón claro color meteorizado pardo. Se describieron como gneis-cuarzo feldespático-micáceo.

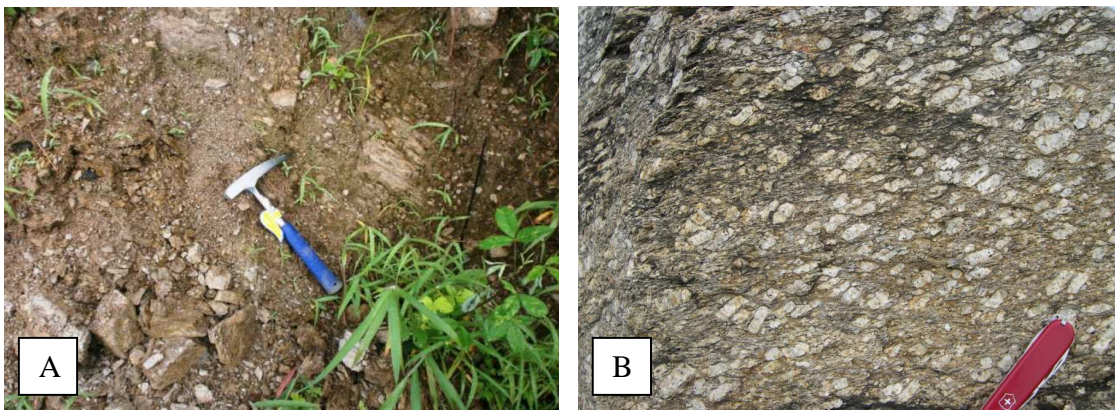


Fig 18. A) Afloramiento del Gneis de Yaritagua localizados en el recorrido del río Guama, Punto Ya13-502.

B) Bloques pertenecientes al Gneis de Yaritagua, cercanos a la Localidad de Yaritagua. Se distinguen un grano grueso y “augen” de feldespato.

### Edad:

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) consideraron esta unidad como la unidad más antigua en su cuadro de formaciones de la región de Barquisimeto - Bobare - Duaca - Yaritagua y la atribuyen al pre - Cretácico. Por otro lado, debido a la correlación con las rocas del Complejo Avila, es preferible asignarle a este Complejo una edad Pre-Mesozoico, en particular Proterozoico-Paleozoico, sin diferenciar, por su semejanza con el Augengneis de Peña de Mora que es Mesoproterozoico.

### **Ambiente de formación**

Los terrenos que se generaron en el Mesoproterozoico probablemente están expuestos a procesos de meteorización, estos generan sedimentos que se depositarán en los márgenes continentales del momento. Posteriormente estos sedimentos son metamorfizados, y sean los que probablemente formen a las rocas metasedimentarias del actual Gneis de Yaritagua Formado por rocas de corteza continental de protolito sedimentario y plutones mayoritariamente félsico. Estas rocas han sufrido una primera fase metamórfica de la anfibolita epidótica a esquistos verdes E.V. (biotita) y posteriormente fueron afectadas por un metamorfismo de la facies de esquistos verde (clorita).

### **3.3.1.2 Complejo San Julián**

#### **Consideraciones históricas**

OSTOS (1981), en un trabajo detallado en el macizo de El Ávila, cartografió al augengneis como una unidad separada a los demás tipos de rocas, que autores anteriores habían adicionalmente incluido dentro de Peña de Mora. Lo mismo ocurrió con los trabajos de la zona de La Sabana - Cabo Codera, Mamo - Puerto Cruz, Puerto Cabello - Valencia (recopilados en URBANI *et al.* 1989a, 1989b) donde igualmente se pudo cartografiar separadamente las zonas de augengneis de los demás tipos de rocas. Por consiguiente URBANI & OSTOS (1989), sugieren volver al nombre original de Augengneis de Peña de Mora para referirse únicamente a los cuerpos dispersos de augengneis y gneis de grano grueso, mientras que proponen el nombre de Esquisto de San Julián para incluir las litologías esquistosas y gnéisicas que los circundan, ambas unidades agrupadas bajo el Complejo Ávila. Para ese mismo año, los autores presentan mapas geológicos desde Puerto Cruz, estado Vargas, hasta Cabo Codera, Miranda, donde se muestra la extensión y continuidad de esta unidad.

#### **Localidad tipo**

URBANI & OSTOS (1989) la ubican en la quebrada de San Julián, que nace en la Silla de Caracas y desemboca en el mar Caribe, en Caraballeda. Proponen además secciones de referencia en el río Chuspa, al sur del pueblo de Guayabal, estado Miranda; carretera Chichiriviche - Colonia Tovar en el tramo de Paso Palomas - Naranjal, estado Vargas, así como en la quebrada Vallecito, Guaremal, estado Carabobo (URBANI 2000).

### Extensión

Desde la localidad tipo el noroeste de Caracas, se ha extendido hacia el oeste, hasta la zona de El Cambur en el estado Carabobo, y hacia el este hasta Cabo Codera en el estado Miranda (URBANI 2000). Según URBANI (2008) las rocas metasedimentarias predominan en los estados Aragua a Yaracuy, mientras que las metaígneas lo hacen en el macizo de El Ávila hasta Cabo Codera, indicando que muestra distintos niveles de exhumación, siendo mayor en el bloque Naiguatá donde aparecen predominantemente rocas metaígneas félsicas en su mayoría sódicas (tonalita), que incluyen migmatitas. Este es un bloque de relevo transpresivo entre las fallas dextrales de San Sebastián y El Ávila.

En la zona de estudio, se encuentra ubicado dentro del estado Yaracuy, específicamente en el sector este que va desde el Norte de Potrerito (bordeando la vía principal e incluyendo la Serranía de Santa María) hasta el sector que pertenece al pueblo de los Pintones, extendiéndose por el norte de la Montaña La Palma. Este conjunto abarca un área aproximada de 182  $\text{Km}^2$ , lo que equivale a un 9% del área total (Fig. 19).

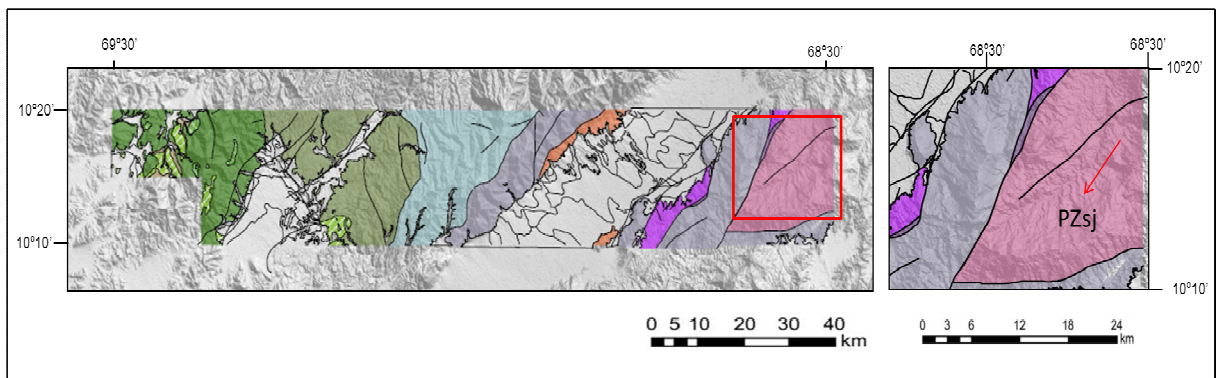


Fig. 19. Extensión del Complejo San Julián en la zona de estudio.

### Contactos

URBANI (1997) señala que en muchos casos los contactos son de fallas de ángulo alto con unidades adyacentes. El contacto con el Augengneis de Peña de Mora, cuando es visible se muestra abrupto y en concordancia estructural, pero en otras ocasiones son gradacionales con intercalaciones de ambos tipos de litologías. Los contactos con las rocas de los terrenos Tacagua y Nirgua son predominantemente de fallas de corrimiento y de ángulo alto (URBANI & OSTOS 1989). En el área de estudio se encuentra en contacto de falla



de corrimiento con los Complejos Nirgua y Carayaca y con un cuerpo de serpentinita ubicado al noreste de la región.

### **Litología**

URBANI & OSTOS 1989 indican que el esquisto es de color gris a gris oscuro con tonalidades verdes, meteoriza a tonos pardos, usualmente se presenta muy bien foliado. A escala centimétrica o plurimétrica pueden encontrarse niveles alternos de esquisto y/o gneis con proporciones variables de los minerales esenciales y accesorios, adquiriendo características diferentes en cuanto a color y desarrollo de foliación. El gneis siempre tiene colores más claros que los esquistos, ya que su textura se debe fundamentalmente a la mayor proporción de feldespatos y menor de filosilicatos. Una característica resaltante de ciertos sectores donde aflora el esquisto cuarzo-plagioclásico-micáceo, es que la plagioclasa (albita-oligoclasa) se desarrolla marcadamente porfidoblástica, y cuando su concentración es alta puede enmascarar a la foliación, impartiendo a la roca un aspecto moteado. Buenos ejemplos de esto pueden verse en la cuenca del río Chichiriviche, Vargas, y en la quebrada Vallecito, Carabobo. Las rocas preponderantes son el esquisto y gneis cuarzo-plagioclásico-micáceo, frecuentemente se nota una rápida gradación desde una textura esquistosa haciéndose la granulometría más gruesa hasta que pasa a rocas de carácter gnéisico (URBANI & OSTOS 1989). Las litologías minoritarias (menos del 5%) son mármol, cuarcita y diversos tipos de rocas metaígneas principalmente máficas (como anfibolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita).

Se realizó un estudio al este de la quebrada la Palma para identificar las litologías y los contactos entre los complejos San Julian y Nirgua (Fig.20). Los afloramientos estaban parcialmente cubiertos de esquisto cuarzo-plagioclásicos y rodados de esquisto grafitoso pertenecientes al Complejo San Julián. El esquisto grafitoso (Fig.21) es de color fresco gris oscuro y color meteorizado pardo. La mineralogía está constituida principalmente por grafito seguido del cuarzo, feldespatos y óxido de hierro en menor proporción. Textura foliada. La muestra presenta intersticios redondeados de 0,1 cm en general producto posiblemente de la disolución de pirita (debido a un proceso de oxidación producto de la inestabilidad de la pirita)

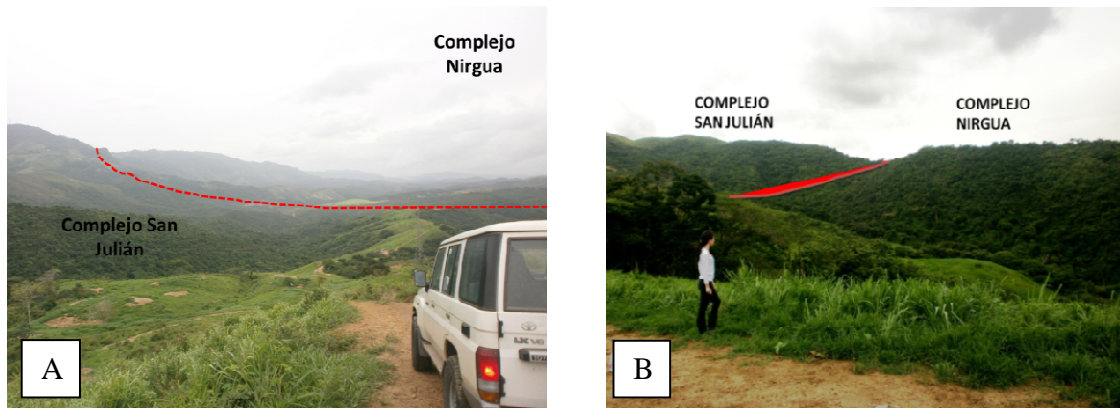


Fig.20. A) Vista general del paisaje. Posible contacto entre los complejos San Julián y Nirgua. Cambios de vegetación y topografía. Punto Ya13-501 B) Contacto entre El Complejo San Julián y Nirgua. Traza marcada por una ensilladura. Punto Ya13-503.



Fig. 21. Canto rodado recolectado en el Complejo San Julián, al este de la quebrada la Palma. Muestra Ya13-501R.

### Edad

KOVACH *et al.* (1979) presenta datos de Rb/Sr de cantos rodados de muestras esquistosas de la quebrada San Julián, que al ser recalculados por URBANI (1982) resulta en una edad de 270 Ma. Estos escasos datos geocronológicos, impide mayor precisión en la asignación de una edad a esta unidad, por tal motivo se ha sugerido una edad genérica de Paleozoico - Precámbrico al Terreno Ávila (URBANI & OSTOS, 1989). Edades recientes apuntan mayormente Paleozoico para San Julián (M. Baquero, com. pers.)

### **Ambiente de formación**

Formado por rocas de corteza continental de protolito sedimentario y plutones mayoritariamente félsicos. El metamorfismo es de grado medio a alto. NOVOA & RODRÍGUEZ (1990) mencionan un metamorfismo de bajo grado, perteneciente a la zona de la biotita de la facie de los esquistos verdes, posiblemente con un régimen de P/T intermedio. Con respecto a las litologías minoritarias como las anfibolitas. CONTRERAS (1988) indica que estas rocas se ven afectadas por un metamorfismo de medio a alto grado, en la facie de transición entre los esquistos verdes y la anfibolita, en la zona del almandino. Estas rocas han sufrido una primera fase metamórfica de la anfibolita epidótica a esquistos verdes E.V. (biotita) y posteriormente fueron afectadas por un metamorfismo de la facie de esquistos verde (clorita).

### **3.3.1.3 Complejo Nirgua**

#### **Consideraciones históricas**

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) introducen este nombre con una descripción somera, que posteriormente amplían (1968) para incluir una secuencia de rocas metamórficas con predominio de rocas anfibolíticas en la parte central al norte del estado Yaracuy, incluyéndola en el Grupo Los Cristales. GONZÁLEZ (1972) y BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) continúan su cartografía y amplían su descripción. OSTOS (1981) en la zona del macizo de El Ávila definió su “Unidad de esquistos anfibólicos y anfibolitas” que luego fue correlacionado con Nirgua. NAVARRO *et al.* (1988) redefinen estas rocas como Fase Nirgua, formando parte de su unidad litodémica de corrimiento, que denomina como Complejo la Costa. Este criterio fue aceptado por URBANI & OSTOS (1989) y URBANI *et al.* (1989a,b) quienes utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Caraballeda y Oritapo a La Sabana, estado Vargas, y El Palito - Morón - Valencia, estado Carabobo (URBANI 2000).

Actualmente, debido a numerosos estudios, se redefine esta unidad a través de sus características descritas en los trabajos previos pero separando la faja septentrional de rocas de AP-BT que constituirán el nuevo Complejo propuesto como “Carayaca”.

### Localidad tipo

Fue señalada en el río Nirgua sin detallar la localización exacta, igualmente se señalan buenas secciones expuestas en los ríos y quebradas que cortan las serranías de Aroa, Santa María, Nirgua - Tucuragua, estado Yaracuy.

### Extensión

Aflora como una extensa franja desde la zona de Chivacoa en el estado Yaracuy, continuando hacia la zona de Morón - Puerto Cabello, estado Carabobo, prolongándose como una estrecha franja casi paralela a la costa, por el estado Aragua y culminando cerca del poblado de La Sabana en el estado Vargas (URBANI 2000).

En la zona de estudio se prolonga desde el Cerro Zazarito hasta la población El Naranjal, por todo el flanco sur de la Sierra de Aroa. Hacia el este del área de estudio aflora adicionalmente en tres sectores: por toda la extensión de la Fila Las Delicias, desde la Fila Carabobal hasta la Montaña El Zapatero (extendiéndose de sur a norte) y desde la Fila Carabobal hasta el poblado La Laguna (extendiéndose de oeste a este). Este conjunto abarca un área aproximada de 312  $\text{Km}^2$ , lo que equivale a un 15,4% del área total (Fig. 22).

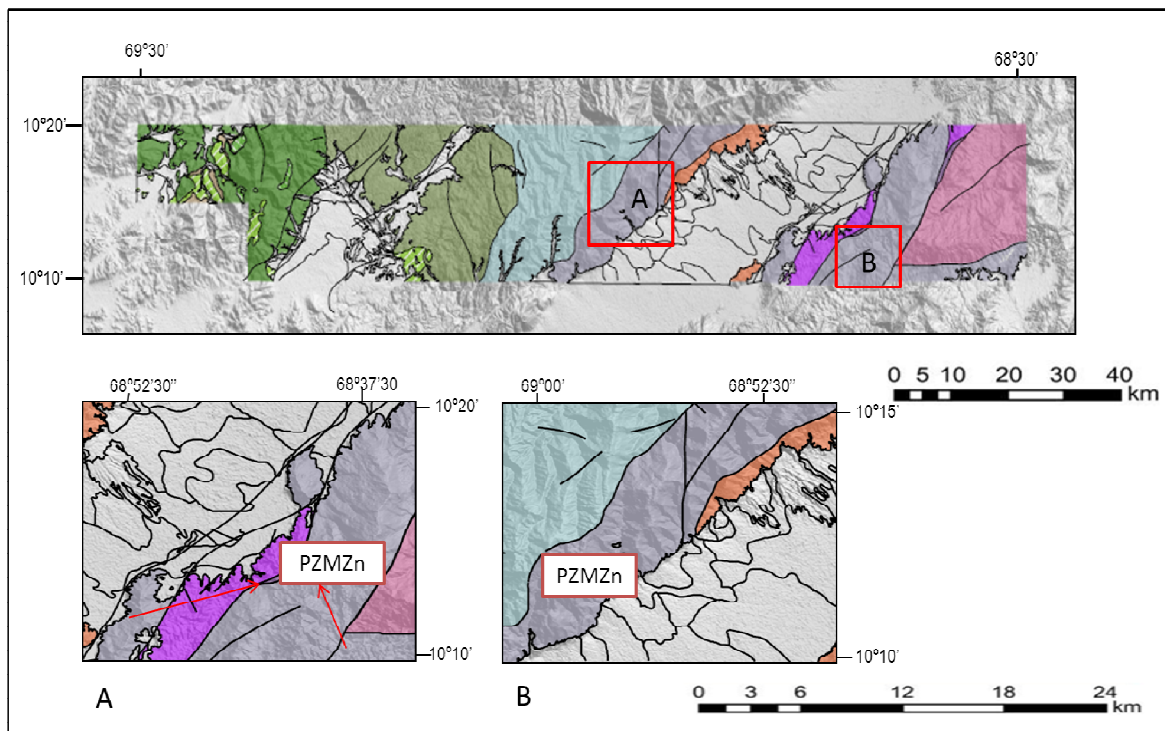


Fig. 22. Extensión del Complejo Nirgua en la zona de estudio.

### Contactos

Al sur de Chichiriviche, estado Vargas, OSTOS (1990) interpreta un contacto de falla de corrimiento con el Augengneis de Peña de Mora. URBANI *et al.* (1989a,b) igualmente interpretan como tectónicos los contactos de esta unidad, con aquellas adyacentes. En la zona de estudio se presenta en contacto de falla de corrimiento con el Esquisto de Aroa al oeste, y al oeste con el Gneis de Yaritagua. Hacia el este del área de estudio El Complejo Nirgua vuelve a aflorar estableciéndose en contacto de falla con el Complejo Carayaca al igual que con los cuerpos de serpentinitas y en contacto de falla de corrimiento con el Complejo San Julián con buzamiento Norte.

### Litología

En la redefinición del Complejo Nirgua se incorporan a todas las rocas descritas anteriormente por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) sin incluir la franja costera de rocas afectadas por un metamorfismo de AP-BT. Los tipos de rocas se pueden dividir en dos grandes grupos: El primer grupo conformado por esquisto-cuarzo-moscovítico, esquistos carbonato, mármol, cuarcita y gneis cuarzo - muscovítico ( $\pm$  biotita) – plagioclasico. El segundo grupo formado por rocas verde de origen volcánico ya sean masivas o que presenten esquistosidad con actinolita, clorita y epidoto (JAIMES 2012). Las Rocas carbonatadas de color gris azulado ya sean esquistos o mármoles masivos están bien expuestas en el Nirgua - Chivacoa carretera.

En el área de estudio, hacia el este de la quebrada la Palma los afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos (Fig 23). Los mismos se presentan como intervalos de mármol y esquisto carbonático. A simple vista la esquistosidad es moderada. La mayoría de los afloramientos se encuentran sometidos a alto grado de meteorización. Debido al clima y a la vegetación. Por la vía principal hacia Nirgua, los afloramientos de esquistos carbonático se presentan con foliación muy bien desarrollada. La foliación es bien desarrollada en estas rocas, las cuales a su vez se encuentran fracturadas por dos sistemas de diaclasas. Se observan vetas de calcita de espesores centimétricos. Se presentan intercalaciones de esquisto carbonático y mármol masivo. Recorriendo el río Guama se distinguen Afloramiento muy meteorizado y parcialmente cubierto del esquisto cuarzo-grafítico. Hacia la quebrada La Mopera se identificó una zona de brecha de falla y se observaron además afloramientos de mármol masivo, de meta-arenisca carbonática y

cantos rodados con litologías variadas (esquisto verde, meta-arenisa, gneis, cuarcita y mármol). Finalmente en la quebrada Agua Buena la litología predominante consistía en meta-areniscas (incrementándose el porcentaje de pirita aguas arriba), Gneis cuarzo plagioclásico y esquistos plagioclásico carbonático muscovítico.

Se recolectaron los diferentes tipos litológicos (Fig.24) presentes en los mejores afloramientos para describirlos y caracterizarlos:

- Esquisto carbonático-cuarzo-muscovítico: color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Esta constituido principalmente por carbonatos, cuarzo, muscovita (aparece en lineaciones) y grafito (ayuda a dar las tonalidades oscuras a la roca); Presencia de óxidos de hierro. Textura foliada. El tamaño promedio de los cristales es de 1 a 3,5mm

- Esquisto carbonático: color fresco gris oscuro y de color meteorizado ocre oscuro. Posee tamaño de cristal medio a grueso. La mineralogía está constituida principalmente por carbonatos y el resto de los constituyentes está conformado por cuarzo, muscovita, plagioclasa, grafito y óxidos (principalmente hematita). Presencia de vetas de calcita dispuestas en las fracturas de la roca.

- Esquisto cuarzo-grafitoso: de color fresco gris claro y de color meteorizado marrón claro. No reacción al ácido clorhídrico. Textura foliada. Posee tamaño de cristal medio a grueso, posee bandeamiento de minerales de color claro (cuarzo y plagioclasas) y de colores oscuros (generalmente grafito y muscovita). La composición mineralógica consiste principalmente en grafito, cuarzo y feldespatos.

- Esquisto plagioclásico-actinolítico: de color fresco verde oscuro y color meteorizado verde claro. Textura foliada. Cristales de tamaño hasta de 0,5 mm aproximadamente. Constituida principalmente por plagioclasa, actinolita, epidoto ,y clorita; Otros minerales de menor abundancia son el cuarzo y moscovita . No reacciona con acido clorhídrico. Presenta vetas de cuarzo plegadas.

- Esquisto cuarzoso. Roca de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Textura foliada. Tamaño de grano medio a grueso. Constituida principalmente por cuarzo y muscovita. No reacciona con ácido clorhídrico.

- Esquisto plagioclásico-carbonático: de color fresco gris oscuro y meteorizado pardo. Efervescencia moderada. Equigranular con tamaño medio a grueso y con una composición mineralógica de plagioclasa, carbonatos, grafito (otorgando el color oscuro de la roca) y clorita (producto de alteración).
- Marmol cuarzoso: de color fresco gris oscuro y de color meteorizado ocre. Posee tamaño de cristal medio a grueso. La mineralogía está constituida principalmente por carbonatos (80%) y el otro 20% esta distribuido entre cuarzo, plagioclasas grafito y óxidos (principalmente hematita). Tamaño de grano medio, entre 0,5 y 1 mm.
- Mármol moscovítico: de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. La muestra se encuentra moderadamente meteorizada. Se presenta ligeramente foliado. El tamaño de de los cristales es menor a 0,5 mm. Está compuesto principalmente de carbonatos, muscovita y otros elementos minoritarios como pirita y óxido de hierro.
- Meta-arenisca cuarzosa: de color fresco gris y color meteorizado pardo. Textura foliada. Tamaño de grano medio. Constituida principalmente por cuarzo, grafito y micas. Presencia de óxido de hierro y pirita. Reacciona con acido clorhídrico.







Fig 23. Afloramientos del Complejo Nirgua. A) Intercalaciones de mármol y esquistos carbonáticos. Camino al este de la quebrada La Palma. Punto ya13-504 B) Afloramiento de esquistos carbonáticos. En la parte izquierda se pueden distinguir las diaclasas dispuestas perpendicular a la foliación. Vía principal a Nirgua. Punto Ya13-505 C) Mármol laminado (en la parte superior) intercalado con el esquisto calcáreo micáceo (parte inferior) del Complejo Nirgua. Punto Ya13-506 D) Vista Panorámica de la quebrada La Mopera. Punto Ya13-510 E) Zona de brecha de falla. Afloramientos meteorizados y plegados. Quebrada La Mopera. Punto Ya13-511 F) Afloramiento de meta-arenisca carbonática. Quebrada Agua Buena. Punto Ya13-512 G) Afloramiento parcialmente cubierto de Gneis perteneciente al Complejo de Nirgua. Quebrada Agua Buena. Punto Ya13-516 H) Cascada. Vista General del afloramiento de esquistos plagioclásicos carbonáticos. Punto Ya13-517 I) afloramiento de la vista anterior. Se denotan dos familias de diaclasas. Punto Ya13-517J) Pliegue isoclinal en una meta-arenisca del complejo Nirgua. Quebrada La Mopera. Punto Ya13-514

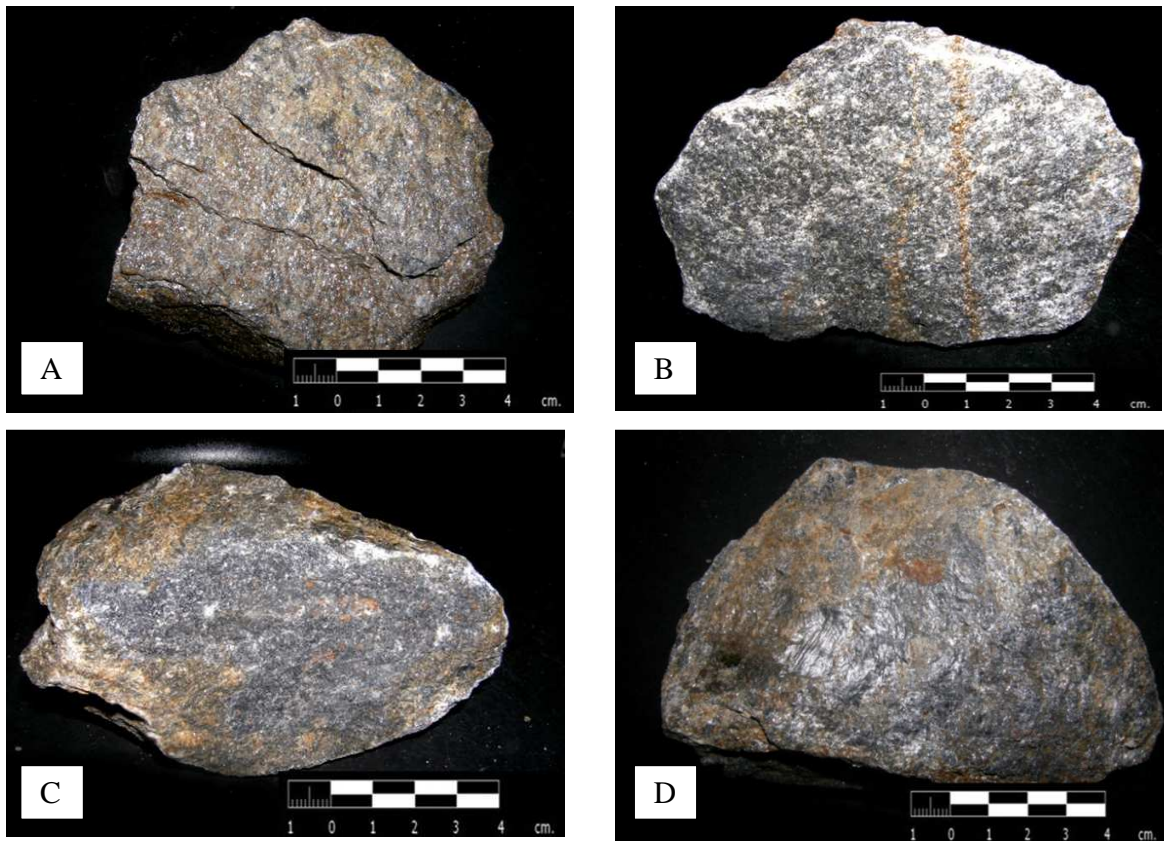






Fig.24. Tipos litológicos en afloramientos del Complejo Nirgua. A) muestra Ya13-502 descrita como Esquisto carbonático-cuarzo-muscovítico. Quebrada La Palma B) muestra Ya13-504 descrita como Mármol cuarzoso. Quebrada La Palma C) Muestra Ya13-505BR descrita como esquisto carbonático. Vía principal a Nirgua D) Muestra Ya13-506 descrita como Marmol muscovítico. Vía principal a Nirgua. E) muestra La13-507 descrita como Esquisto cuarzo-grafitoso. Rio Guama F) Muestra Ya13-511 descrita como Mármol. Quebrada La Mopera G) muestra Ya13-512 descrita como Meta-arenisca. Quebrada La Mopera. H) muestra Ya13-512R descrita como Esquisto plagioclásico actinolítico. Quebrada La Mopera. I) muestra Ya13-514AR descrita como Esquisto cuarzoso. Quebrada Agua Buena. J) Muestra Ya13-514BR: descrita como Mármol cuarzoso. Quebrada Agua Buena. K) Muestra Ya-517 descrita como Esquisto plagioclasico-carbonático. Quebrada Agua Buena.

### **Descripción petrográfica:**

- Mármol muscovítico.

Posee moderada foliación. Tamaño de cristales promedio de 0,25 a 0,45 mm. Conformada principalmente por carbonatos (91%) presentándose en la mayoría de sus cristales bordes irregulares suturados. Se presentan como agregados granoblástico equigranular, con maclado polisintético. En ocasiones, los cristales se presentan alargados en una dirección preferencial. Se encuentra constituida además por otros minerales minoritarios como plagioclasa (2%), la cual es del tipo oligoclasa con alteración a calcita, epidoto y albita. Ocasionalmente macladas. La muscovita (4%) se presenta en cristales alineados y en algunos casos se presenta como inclusiones dentro de las plagioclasa. frecuentemente alteradas debido a la presencia de óxidos y algunos cristales pueden presentarse maclados. Se observan cristales de cuarzo (1%) como agregados aislados y con extinción ondulatoria. Clorita con pleocroismo débil de verde claro a muy claro.

Pobrementemente distribuida. (<1%). Los minerales opacos, los cuales son principalmente pirita son isótopos, subhedrales y euhedrales presentándose como inclusiones en los carbonatos, moscovitas y las plagioclasas. Otros minerales accesorios como el epidoto (<1%) se encuentran como inclusiones dentro de las plagioclasas. (Fig.25)

Tabla 5. Composición mineralógica (%) del mármol muscovítico cuarzosa:

Muestra	Cbn	Pl	Ms	Qtz	Chl	Py	Ep
Ya13-506	91	2	4	1	<1	<1	<1

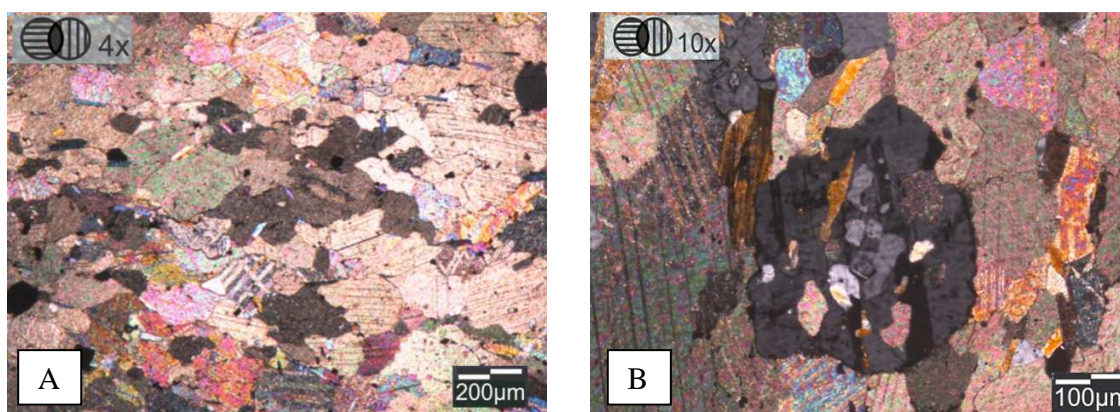


Fig. 25. Fotomicrografías de la muestra Ya13-506A descrita como mármol grafitoso-cuarzítico. A) vista general de la sección NC. B) Cristal de plagioclasa tipo oligoclasa con inclusiones de muscovita y alteraciones a calcita, epidoto y albite.NC.

- Esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico

Presenta como minerales esenciales: plagioclasa, actinolita, clinozoisita, cuarzo, muscovita y clorita. Los accesorios comunes son: rutilo, epidoto y minerales opacos como pirita. El tamaño de cristal promedio es de 0,01 a 0,5 mm, posee textura foliada y la actinolita le concede la foliación nematoblástica. Las plagioclasas (40%) son principalmente albita-oligoclasa, siendo la primera más abundante. Por lo general se encuentran sin presentar maclado. Con inclusiones de actinolita, clinozoisita, epidoto y zircón. La actinolita (29%) se presenta con hábito tabular y extinción paralela u oblicua de acuerdo al corte. Estos cristales definen la textura nematoblástica del esquisto (Fig 26). La clinozoisita (15%) se observa en granos subhedrales alargados, de bordes irregulares y con orientación preferencial paralela a la foliación. Frecuentemente fracturada y alterada. Se

puede encontrar también como inclusión dentro de las plagioclasas. La clorita pseudomorfa (7%) se presenta posiblemente como producto de la alteración de la actinolita. Color de interferencia marrón. El cuarzo (7%) se presenta en forma de bandas plegadas principalmente. Incoloro y con extinción ondulatoria. Presenta diminutas inclusiones no identificables. La muscovita (3%) se presenta como anhedral y hábito tabular. Otros minerales accesorios (<1%) son pequeños cristales de epidoto que se encuentran como inclusiones en las plagioclasas y en la clinozoisita y minerales opaco (pirita).

Tabla 6. Composición mineralógica (%) del esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico:

Muestra	Pl	Act	Czo	Chl	Qtz	Ms	Ser	Ep	Py
Ya13-512R	40	29	15	7	7	3	<1	<1	<1

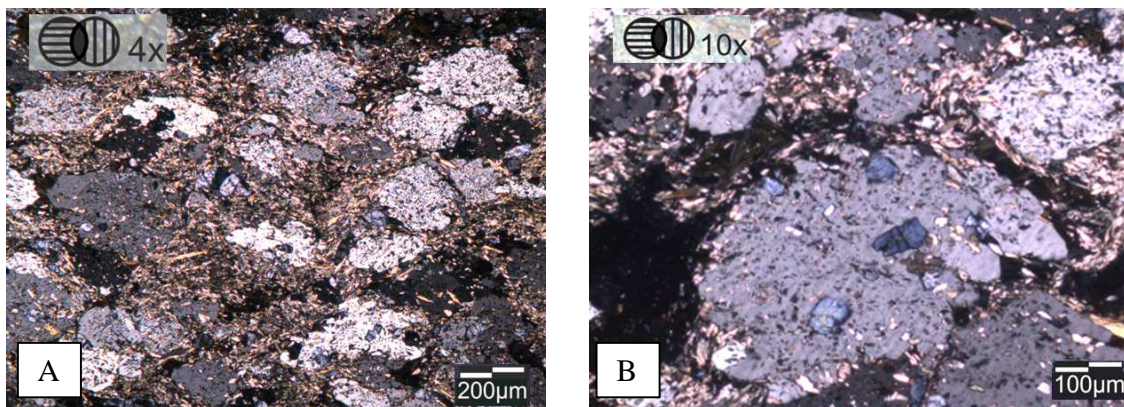


Fig. 26. Fotomicrografías de la muestra Ya13-512R descrita como esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico A) Vista general de la muestra. Orientación nematoblástica otorgada por la actinolita..NC. B) Plagioclasas con inclusiones de clinozoisita (de color azul), epidoto y pequeños cristales de muscovita. NC.

- Esquisto cuarzo-moscovítico-plagioclásico.

El tamaño promedio de los cristales es de 0,01 a 0,3 mm, posee textura foliada y la muscovita le concede la foliación lepidoblástica. El cuarzo (30%) se presenta en bandas granoblásticas, con hábito anhedral a subhedral, extinción ondulatoria y con bordes suturados. Se determinaron puntos triples entre cristales de cuarzo que indican que no sufrieron deformación. La muscovita (27%) se presenta levemente pleocroica. Forma

bandas lepidoblásticas que definen la foliación metamórfica y refleja el grado de deformación a que está sometida la roca (Fig 27). Bordes rectos astillosos. Ocasionalmente rojiza y marrón, debido a que son manchadas por la alteración de los óxidos presentes resultados de la meteorización. La plagioclasa (23%) es de tipo albita, subhedral, con bordes irregulares y con alteraciones de calcita, minerales opacos (pirita principalmente) que se presentan con habito desde euhedral hasta diminutos cristales anhedral y finalmente moscovita. Por lo general, se presenta no maclada Los carbonatos (5%) se presenta como cristales recrystalizados, incoloros, anhedral y ocasionalmente poligonales. Los opacos (2%) suelen ser pirita y hematita. Se consigue epidoto y sericita como inclusiones dentro de las plagioclasas (<1%).

Tabla 7. Composición mineralógica (%) del esquistu cuarzo muscovítico plagioclásico:

Muestra	Pl	Cal	Qtz	Ms	Ep	Py	Mgt	Ser	Hem
Ya13-514AR	23	5	30	27	<1	1	<1	<1	<1

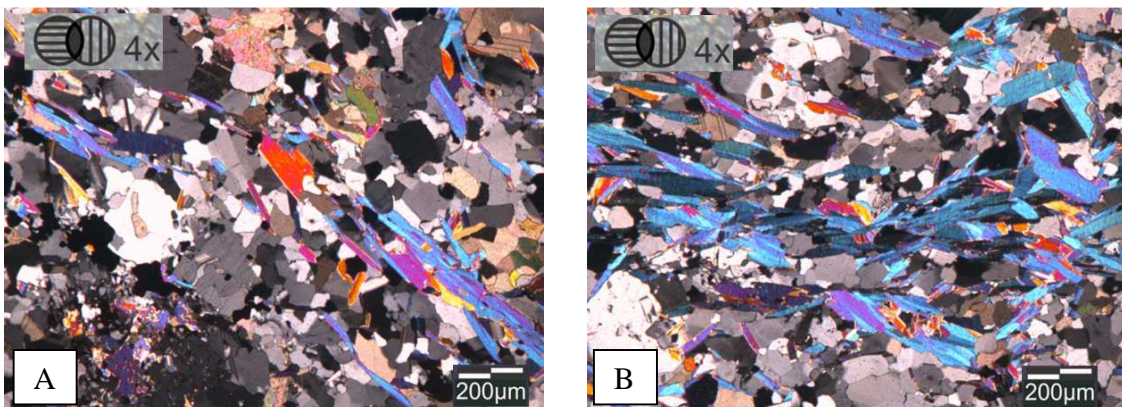


Fig. 27. Fotomicrografías de la muestra Ya13-514AR descrita como esquistu muscovítico plagioclásico. A)

Vista general de la muestra. NC. B) Moscovita con sus característicos colores de alta birrefringencia.

Crecimiento en bandas lepidoblásticas que definen la foliación metamórfica NC.

- Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso.

El tamaño de los cristales promedio es de 0,5 a 0,075mm. Los carbonatos (90%). presenta en la mayoría de sus cristales bordes irregulares suturados. Esta constituido principalmente por calcita (24,9% dolomita; 75,1% de calcita) según análisis de DRX posteriores. Se presentan como agregados granoblástico equigranular, con maclado

polisintético. En ocasiones, los cristales se presentan alargados en una dirección preferencial. El cuarzo (4%) es de anhedral a subhedral formando un mosaico de cuerpos suturados y algunas veces se encuentra en cristales aislados. Presenta diminutas inclusiones. Extinción ondulatoria. La muscovita (3%), de hábito subhedral, se encuentra orientada en dirección de la foliación y luego plegada. El grafito (2%), es opaco y anhedral. Está asociado a la muscovita en bandas plegadas. Se distribuye heterogéneamente entre la calcita y/o dolomita. Otros minerales opacos (1%) están constituidos por hematita y la pirita de forma euhedral (cristales cúbicos) además de presentarse cristales muy pequeños anhedrales. (Fig.28)

Tabla 8. Composición mineralógica (%) del Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso:

Muestra	Cal	Dol	Qtz	Ms	Gr	Hem	Py
Ya13-514BR	68	22	4	3	2	<1	<1

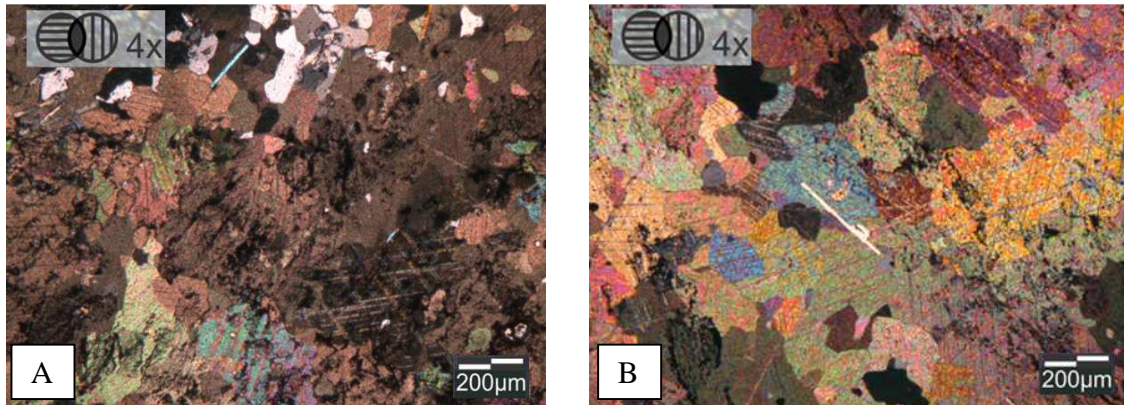


Fig. 28. Fotomicrografías de la muestra Ya13-514BR descrita como Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso

A) Vista general de la muestra. NC. B) En todo el centro, cristal de muscovita con hábito tabular. Los carbonatos presentan maclado polisintético. NC.

- Esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico.

El tamaño de los cristales promedio es de 0,25 a 0,75 mm. Textura foliada. Constituido principalmente por plagioclasas (40%) que se presentan como albita y oligoclasa en

crisales desde 0,4 a 0,75 mm de tamaño. Son comunes las inclusiones de rutilo, muscovita y apatito que permiten definir la textura poikiloblástica, otras veces textura helicítica (Fig 29) debido a inclusiones de grafito dentro de las plagioclasas en forma de “espiral” que se orientan en direcciones diferente a la foliación de la roca. Los carbonatos (22%) se presenta en agregados subhedrales en algunos casos alargados que junto a la muscovita definen la foliación evidenciando orientación paralela. en ocasiones se presenta cubriendo los cristales de cuarzo. La muscovita (20%) forma bandas lepidoblásticas junto con la clorita y minerales opacos y define la foliación. El cuarzo (13%) es incoloro con Bordes irregulares, Hábito granular. Y Extinción ondulatoria. La clorita (2%) se asocia a la muscovita en las bandas lepidoblásticas. El grafito (1%): asociado a bandas lepidoblásticas y como inclusiones helicíticas en plagioclasa. Los minerales accesorios (1%) comunes son el epidoto, en inclusiones, y algunos minerales opacos como piritita.

Tabla 9. Composición mineralógica (%) del esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico.:

Muestra	Pl	Cbn	Qtz	Ms	Chl	Gr	Ep	Py
Ya13-517	40	22	13	20	2	1	<1	<1

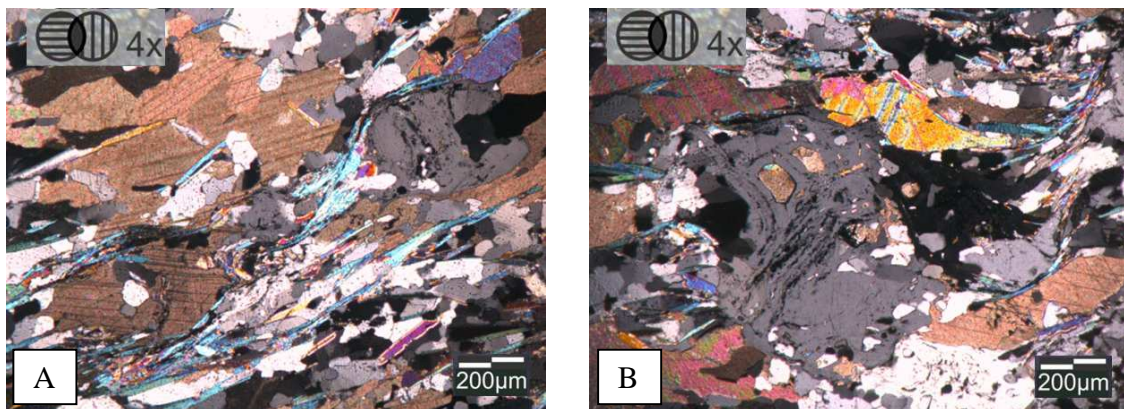


Fig. 29. Fotomicrografías de la muestra Ya13-517 descrita como esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico. A) Vista general de la muestra. . Orientación dada por la muscovitas y clorita que rodean los cristales de plagioclasa y calcita NC. B) Textura poikiloblástica en las plagioclasas y textura helicítica debido a inclusiones de grafito dentro de las plagioclasas que se orientan en direcciones diferente a la foliación de la roca. NC.



### Análisis por difracción de Rayos X:

- Mármol cuarzoso:

La caracterización por XRD de la muestra Ya13-511 se pueden resumir como la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: calcita y cuarzo principalmente. La calcita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio representando un 99,5% de la fracción carbonática, estando la dolomita presente sólo en trazas. El cuarzo es el segundo mineral más abundante. (Fig 30)

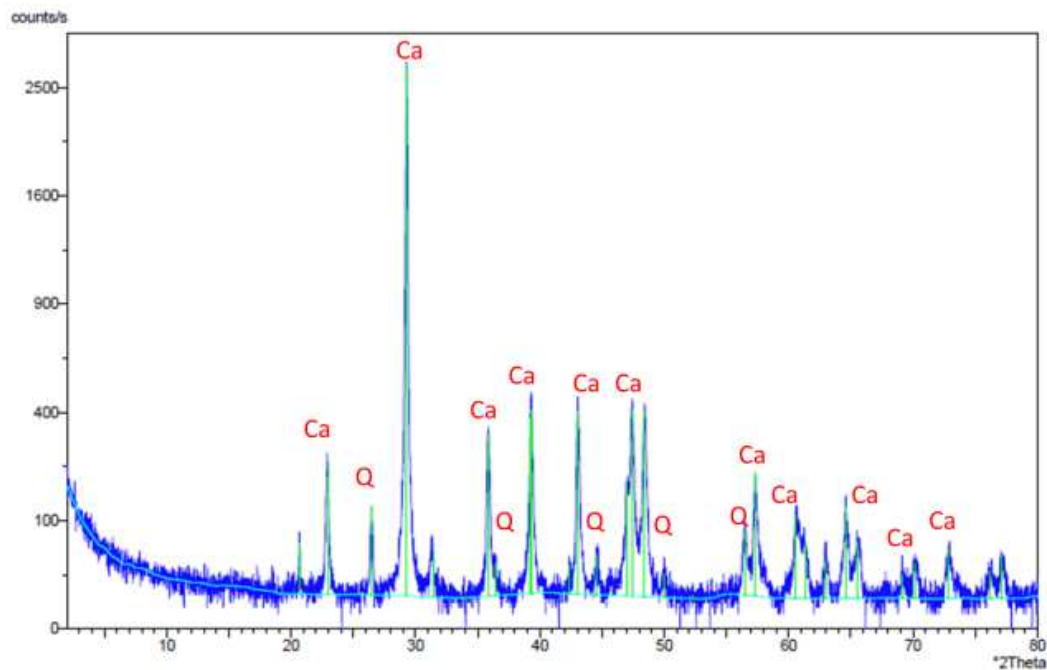


Fig 30. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-511. (Abreviaturas: Ca= Calcita; Q=Cuarzo)

Tabla 10. Registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514

d-spacing (Å)	% Intensidad	(°2Theta)	Mineral correspondiente
3,06	100	29,30	Calcita
2,50	11,62	35,91	Calcita
2,29	13,64	39,23	Calcita
2,10	14,56	43,01	Calcita

1,914	14,87	47,66	Calcita
1,88	14,98	48,39	Calcita

- Mármol cuarzo muscovítico grafitoso:

La caracterización por XRD de la muestra Ya13-514BR se pueden resumir como la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: calcita, dolomita y cuarzo principalmente. La calcita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio sobre la dolomita (24,9% dolomita; 75,1% de calcita). La dolomita representa un 20,4% de la fracción carbonática total (82%) de la roca. Los resultados mostrados en petrografía semejan los registrados en el diagrama en el cual no se determina ni grafito ni muscovita por presentarse en cantidades menores a 5% tomando en consideración adicional que el grafito se solapa con los picos del cuarzo. (Fig 31)

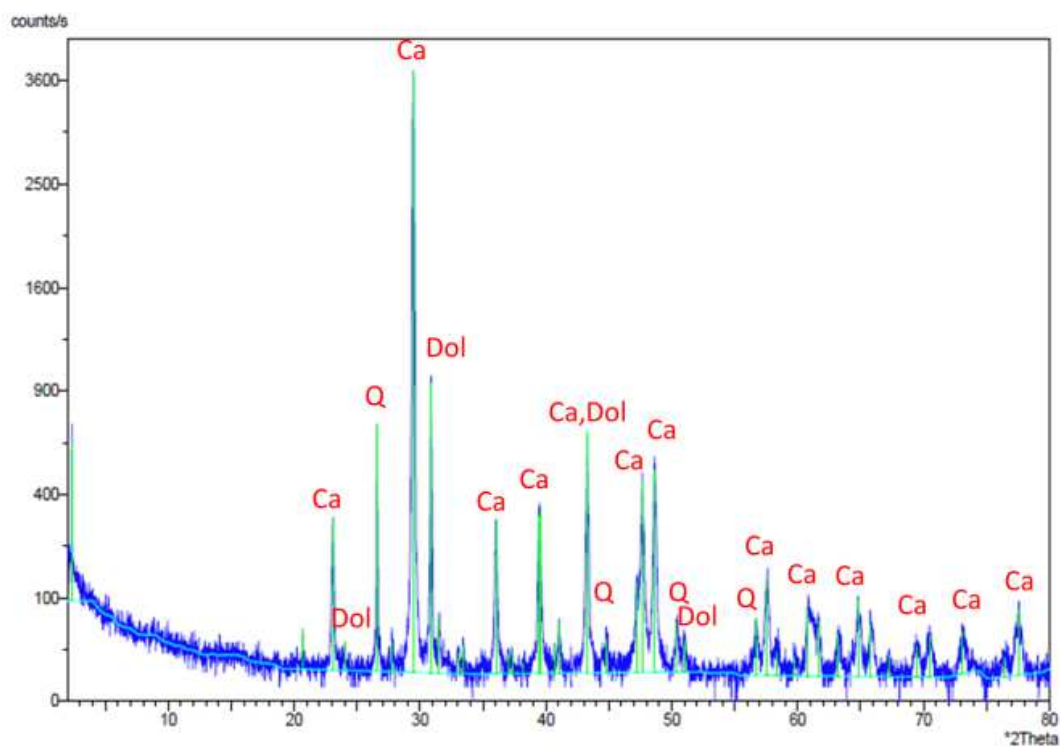


Fig 31. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-514BR. (Abreviaturas: Cal= Calcita; Dol= Dolomita; Q=Cuarzo). Muestra Ya13-515

Tabla N. 11 registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514

d-spacing (Å)	% Intensidad	( $2\theta$ )	Mineral correspondiente
3,35	19,14	26,56	Cuarzo
3,03	100	29,50	Calcita
2,90	25,09	30,85	Dolomita
2,09	18	43,28573	Calcita-Dolomita
1,91	11,99	47,66	Calcita
1,87	13,34	48,61	Calcita

### Caracterización y análisis de sedimentos pertenecientes del Complejo Nirgua:

Durante el recorrido de la quebrada La Mopera se localizaron Manantiales ricos en sulfuros. Se denota el cambio de color entre pequeños riachuelos con aguas cristalinas (incoloras) y otros de color anaranjado y pardo. Posiblemente presencia de azufre debido al olor amargo. (Fig32)



Fig 32. Manantiales con depósitos de material coloidal rojizo. Punto Ya13-510

La quebrada Mopera se conecta con la quebrada Agua Buena en las cuales se localizaron porciones agrupadas de arenas de colores anaranjados y pardos cuya mineralogía posiblemente esta denotada por sulfuros (esencialmente pirita) y denotando una estrecha relación con los manantiales encontrados aguas abajo en la quebrada la Mopera. (Fig. 33)



Fig.33. Arenas con cristales de sulfuros (pirita). Punto Ya13-515

Se realizaron una serie de estudios para caracterizar dichos sedimentos y determinar el tipo de mineralogía presente:

- Los estudios granulométricos indican que los sedimentos abarcan desde arenas finas a muy finas de acuerdo al tamaño de grano existiendo en mayor proporción arenas finas.

Tabla 12. Datos obtenidos a través del método de tamizado para determinar las fracciones retenidas de la muestra Ya13-515

Material total que pasa la malla N°	Cantidad total de la muestra (g)	Cantidad obtenido (g)	Tamaño de los granos (mm)	%
35	147	52.954	0,25	36,2
60	147	40.543	0,21	27,7
80	147	41.103	0,15	28,1
120	147	8.819	0,1	6,0
170	147	0.911	0,085	0,6
200	147	2.881	0,062	2,0

- Los estudios de microscopía electrónica indica que los granos presentan una morfología variada de tamaños entre 0,25 mm y 0,075mm aproximadamente. De acuerdo con el histograma espectral, los picos más elevados son el azufre (S) y el hierro (Fe) el oxígeno (O) y el Silicio (Si). Los primeros evidencian la gran proporción de pirita. Los segundos denotan la presencia de sílice. Otros picos notables en el histograma permiten inferir e interpretar la presencia de carbonato. Elevaciones de menores intensidades que no

registraron el elemento pueden pertenecer a elementos como el Zr dando evidencia posibles circones dentro de los granos (Se determina debido a que en el eje x, perteneciente a las unidades de energía, Kiloelectrovolts, el 2,04 pertenece a dicho elemento en donde se muestra una ligera elevación). Otros picos generados en zonas más específicas registran Mg y Al pertenecientes posiblemente a filosilicatos. (Fig 34)

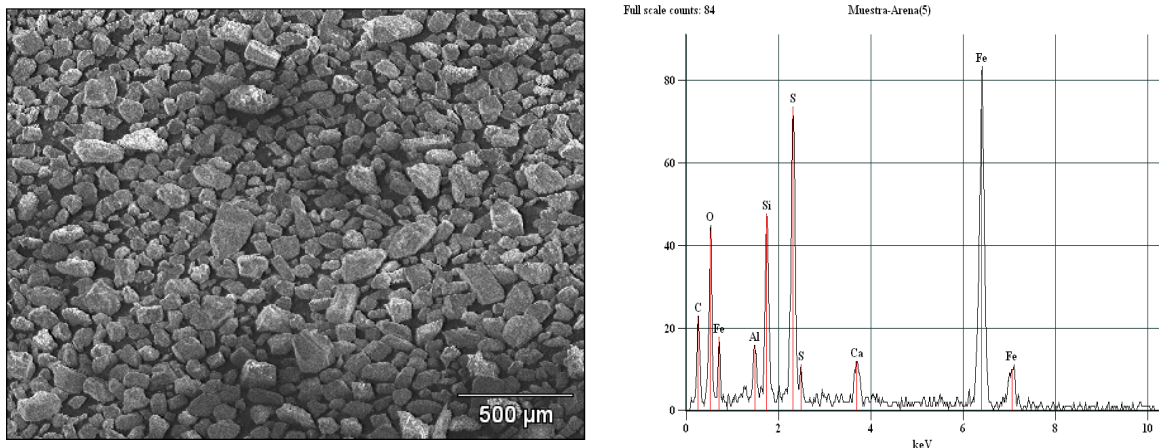


Fig 34. Vista general e histograma espectral de la muestra general tomada en un área determinada. Muestra Ya13-515

- **Separación de minerales magnéticos:**

Para determinar el contenido de pirita y otros posibles minerales magnéticos, tras una separación manual con un imán para eliminar los posibles relictos de minerales ferromagnéticos presentes, en la cual no hubo ninguna fracción obtenida con este mecanismo, se procedió a la separación de las fracciones paramagnética y diamagnética con un separador isodinámico Franz. Con la configuración adecuada se consiguieron concentrados en casi 95% de pirita, reconociendo por medio del uso de lupa sus características morfológicas. Se presentan en esas mismas condiciones otros minerales con morfología diferentes pero que requieren un mayor análisis para su determinación. (Fig 35)



Fig 35. Porción retenida en el tamiz 170 y pasada por el separador isodinámico tipo Frantz a 1,2A. Se registra un 98% de pirita y un 2% de otros minerales. Muestra Ya13-515

- Los estudios realizados por difracción de rayos X indican la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: la pirita, calcita y cuarzo principalmente (Fig 36) La pirita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio incluso por encima del cuarzo. Se denotó la presencia de carbonato de calcio que explica la alta reacción con ácido clorhídrico sin embargo no se descarta la presencia de materia orgánica que también hace que esfervezca la porción de arena. El carbonato de calcio presente en la roca es de calcita. Debido a las altas reflexiones del cuarzo y la pirita, minerales que se encuentran en menor porcentaje no se logran distinguir claramente, sin embargo se denota un pico de  $10 \text{ \AA}$  cuyo ángulo  $2\theta$  es  $8,77$  que puede manifestar algún mineral micáceo (esto se corrobora en los histogramas espectrales de microscopía electrónica en donde aparece Mg y Al adicional a todos los elementos mencionados)

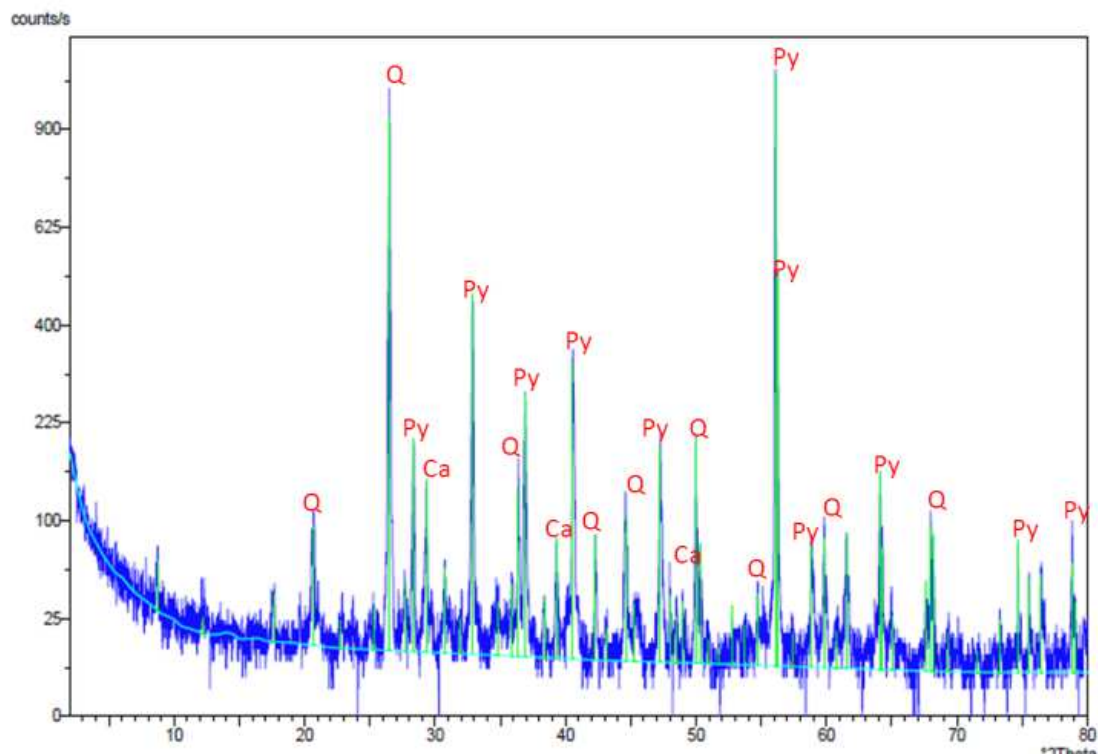


Fig 36. Diagrama de difracción de rayos X de la muestra de arenas. Py=Pirita;Q=Cuarzo;Ca= Calcita.

Muestra Ya13-515

Tabla 13. Resumen de las muestras recolectadas dentro del Complejo Nirgua y caracterizadas petrográficamente:

Muestra	Cbn	Cal	Dol	Qtz	Pl	Ms	Act	Chl	Gr	Ep	Hem	Czo	Py	Ser	Litología
Ya13-506	91	-	-	1	2	4	0	<1	0	<1	0	0	<1	0	mármol grafitoso-cuarcítico.
Ya13-514AR	5	-	-	30	23	27	0	0	0	<1	<1	0	1	<1	esquisto muscovítico plagioclásico
Ya13-514BR	90	68	22	4	0	3	0	0	2	0	<1	0	<1	0	Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso
Ya13-512R	0	-	-	7	40	3	29	7	0	<1	0	15	<1	<1	esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico
Ya13-517	22	-	-	13	40	20		2	1	<1	0	<1	<1	0	esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico



**Espesor**

No se ha determinado, si bien al igual que en las demás unidades metamórficas muy deformadas, el espesor que pueda medirse no es más que una cifra aparente.

**Edad**

Todos los autores que la han estudiado la ubican como de probable edad Mesozoica (URBANI 2000). Debido a la falta total de determinaciones de edades se le asigna una edad Paleozoico-Mesozoico sin diferenciar.

**Ambiente de formación:**

El protolito de estas rocas consiste en sedimentos siliciclásticos y carbonáticos además de raras intercalaciones de volcánicas máficas. Las rocas sufrieron un metamorfismo de bajo grado a medio con minerales índice como biotita. Muestra los efectos retrógrados a facies de esquistos verdes (clorita).

**3.3.1.4 Complejo Carayaca****Consideraciones históricas:**

El conjunto de rocas que definen esta unidad fueron descritas a lo largo de varios años dentro de la anterior Formación Nirgua:

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967), introducen por primera vez una descripción que posteriormente amplían (1968-1976) en donde incluyen 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. BLANCO (1980) cartografía la unidad en una zona entre Chivacoa y Nirgua en la cual hace referencia a una subunidad de esquistos glaucofánico. Morgan (1970) describe eclogitas y anfibolitas granatíferas en Puerto Cabello definiendo la composición química como basalto toleitico. Abundantes afloramientos de anfibolita y eclogita se determinan en la isla de Margarita y se ha reportado en base a perfiles de zonación de granates en eclogitas denominando estas rocas como “polimetamórficas” (NAVARRO 1971, NAVARRO 1974, BLACKBURN & NAVARRO 1977).

SISSON *et al.* 1997 presenta estudios geotermobarométricos en la región de Puerto Cabello con esquistos pelíticos glaucofánicos indicando una profundidad de subducción equivalente a unos 75 km (condiciones mínimas de  $P \sim 2000$  MPa a  $T > 600$  C). URBANI (2000) considera que toda la “Formación Nirgua” se trataba de un complejo de subducción. URBANI (2008) indica que esta unidad es heterogénea, reúne rocas con protolito de muy diversa naturaleza, que comprenden desde sedimentos cercanos al arco, incluyendo piroclásticas, elementos máficos y ultramáficos de la litosfera oceánica e inclusive rocas de corteza continental, donde toda la unidad estuvo involucrada en un proceso de subducción.

Con la revisión de estos trabajos previos, nuevas discusiones y diversos estudios petrográficos, se consideró separar la gran área asignada previamente como Formación Nirgua en dos unidades: El Complejo Nirgua (no subducido) y El Complejo Carayaca (Nuevo Nombre) que se definiría como un complejo de subducción que fue sometido a un metamorfismo (M) de AP-BT, alcanzando profundidades a hasta  $\sim 75$  km.

STEPHAN *et al.* (1982) y BECK (1986) reconocieron esta franja de AP-BT y la denominaron “Franja Tectónica Costera - Margarita” nombre informal, que es equivalente al actual redefinido Complejo Carayaca.

#### **Extensión geográfica:**

Se trata de una franja costera que se extiende desde Caracas a través de Puerto Cabello y Chivacoa. En el área de estudio la unidad aflora en dos regiones. Al Noreste, entre las cercanías del Asentamiento de las Delicias hasta las cercanías del poblado “El Aguacatal” (De sur a Norte). Al Sureste de la región de estudio Aflora en un pedazo del flanco sur de la montaña la Palma. Abarca un área aproximada de 60,75, km<sup>2</sup> lo que representa un 3% de las unidades que afloran en esta área (Fig. 37). Esta parte meridional se continúa con la subunidad de esquistos glaucofánicos de BLANCO (1980) que aflora apenas un poco más al sur de nuestro límite de zona, que confirma el terreno de metamorfismo de alta presión-baja temperatura. La franja septentrional que comprende a esta unidad se puede observar en la figura 37A y la extensión dentro del área de estudio en la figura 37B.

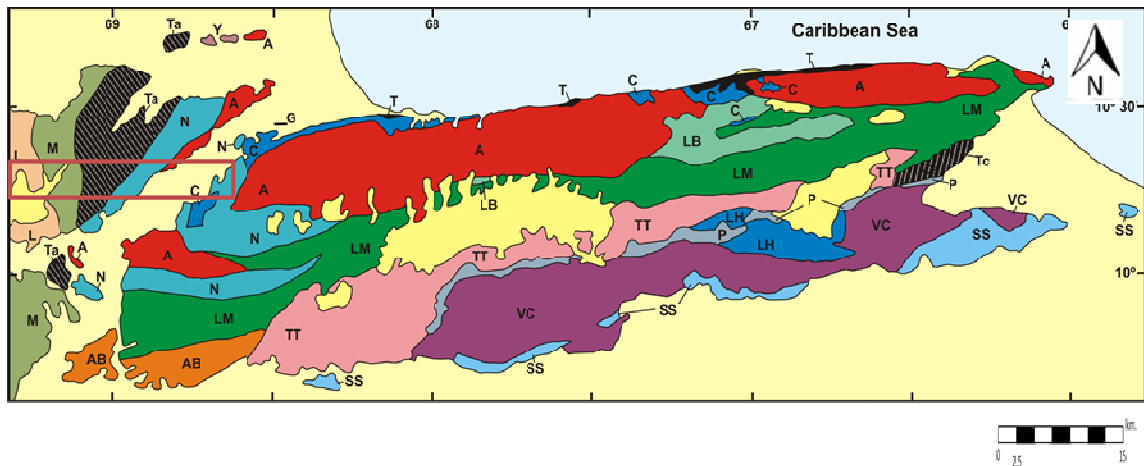


Fig 37.A) Zona de estudio denotada en el recuadro rojo. Distribucion de terrenos de la Cordillera de la Costa. Se denota la Faja septentrional de rocas conformadas por el complejo Carayaca. Simplificado de HACKLEY *et al.* (2006). Abreviaciones: A: Ávila. AB: Agua Blanca. C: Carayaca. L: Lara nappes. LB: Las Brisas. LH: Loma de Hierro. LM: Las Mercedes. M: Mamey. N: Nirgua. P: Paracotos. SS: San Sebastián. T: Tacagua. Ta: Tacagua (Aroa). Tc: Tacagua (Caucagua). TT: El Tinaco-Tucutunemo. VC: Villa de Cura.

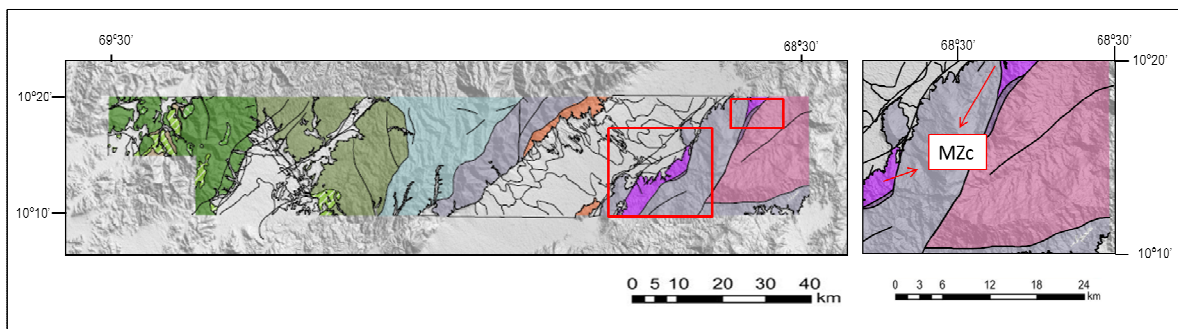


Fig 37. B) Extensión del Complejo Carayaca en la zona de estudio.

### Litología:

Inicialmente las descripciones litológicas fueron expuestas dentro del Complejo Nirgua. Se incluye dentro de esta nueva unidad meta-sedimentos (con protolitos pelíticos y carbonatos) rodeando cuerpos máficos entre ellos anfibolita, eclogita y metagabros (MORGAN 1970). Estas rocas están asociadas a minerales de AP–BT. Se trata de una mezcla de elementos oceánicos y continentales oceánicas que se asemejan a la unidad de Juan Griego MARESCH *et al.* (2009, 2012). Los autores originales (RODRÍGUEZ & BELLIZZIA 1968, 1976; MORGAN 1966, 1968, 1969, 1970, 1971), describen en los afloramientos anfibolita epidótica y granatífera. Las rocas carbonáticas se presentan en forma de lentes o

capas bastante continuas, bien expuestas en la carretera Nirgua - Chivacoa, estado Yaracuy. Pequeños cuerpos de mármol dolomítico se presentan asociados a bandas de esquistos cuarzo - tremolítico, cuarzo - muscovítico - clorítico - granatífero y anfibolita.

OSTOS (1981) en el macizo de El Ávila, menciona la presencia de anfibolita granatífera, esquistos actinolíticos, anfibolita epidótica, anfibolita feldespática, epidocita, mármol cuarcífero, esquistos feldespáticos - muscovíticos y gneis feldespáticos.

En la zona de Oricao - Chichiriviche - Puerto Cruz, estado Vargas y estado Aragua, TALUKDAR & LOUREIRO (1982) y OSTOS (1990, p. 53) mencionan anfibolitas y esquistos con porfiroblastos de granate de hasta 1 cm de diámetro.

Otra unidad formal de este terreno es el mármol Antímano asignado en el área de Caracas y que se caracteriza por un mármol masivo asociado con cuerpos concordantes de rocas anfibolíticas, algunas con estructura de "boudinage".

### **Edad**

Todos los autores que la han estudiado la ubican como de probable edad Mesozoica URBANI (2000). Debido a la falta total de determinaciones de edades se le asigna una edad Mesozoica sin diferenciar.

### **Ambiente de formación:**

OSTOS (1992) la definió como melange de subducción. Se trata de un complejo de subducción intraoceánico cuyo protolito fue formado a partir de la mezcla de elementos de corteza oceánica (probablemente proto-Caribe) y su cubierta sedimentaria. Estas rocas sufrieron un metamorfismo de AP-BT (Eclogitas). Durante el proceso de exhumación de las eclogitas se pueden producir reacciones retrogradantes, que, forma glaucofano, lo cual indica facies de esquistos azules. Se evidencia de esta forma el metamorfismo retrógrado de eclogitas a la facie de esquistos azules e incluso a facie de esquistos verdes (clorita).

Un proceso de exhumación de tres etapas de las rocas AP- BT ha sido propuesto por AVE- LALLEMANT & SISSON ( 2005 ) : en primer lugar las eclogitas viajaron de ~ 75 a ~ 25 km ( ca. 120-90 Ma ) , una segunda etapa de ~ 25 a ~ 10 Km ( ca. 90-60 Ma ) y una tercera etapa durante el tiempo de Oligo - Mioceno en la que la unidad fue incorporada a la placa sudamericana, mientras que la erosión fue responsable de exhumación final.

### 3.3.1.5 Serpentinita

#### Extensión

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) las ubican en la Cordillera de La Costa estableciendo la existencia de varios cinturones de rocas ultrabásicas asociadas a la secuencia metamórfica. También indican que dentro de su zona de estudio existen estos cuerpos pequeños y medianos de serpentinita y peridotita serpentinizada en afloramientos al sur del macizo de Tarana (flanco sur de Cerro Misión) y en las serranías de Aroa, Nirgua y Santa María-Puerto Cabello. En la zona de estudio, específicamente al sureste, se observan dos cuerpos alargados, el primero al norte de la Montaña el Zapatero y el segundo al noroeste de la población La Paula. Este conjunto abarca un área aproximada de 10 km<sup>2</sup>, lo que equivale a menos del 1% del área total (Fig. 38).

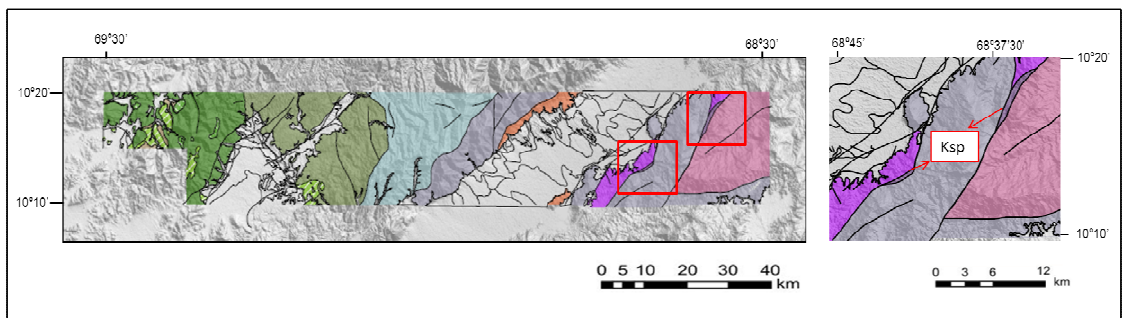


Fig 38. Extensión de las serpentinitas en la zona de estudio.

#### Contacto

El primer cuerpo alargado de serpentinitas ubicado al norte de la montaña El Zapatero se encuentra en contacto de falla con el Complejo Nirgua y el Complejo Carayaca y en contacto de corrimiento con el Complejo San Julian. El segundo ubicado al noroeste de la población La Paula se encuentra en contacto de falla con los complejos Nirgua y Carayaca.

#### Litología

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) señalan que cuerpos pequeños y medianos de serpentinita y peridotita serpentinizada afloran al sur del macizo de Tarana, en las Serranías de Aroa, Nirgua y Santa María-Puerto Cabello y mencionan que estas rocas pueden agruparse en tres tipos principales:

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

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

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

### 3.3.1.6 Esquisto de Mamey

#### Consideraciones históricas

Este término fue introducido por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) para designar la unidad superior de las dos en que dividieron a la Formación Los Cristales, definida por BUSHMAN (1959). VON DER OSTEN (1967) recomendó el rechazo del nombre por considerar que la unidad no se distingue adecuadamente de otras. Posteriormente, los autores originales (1968) reconocieron tres unidades formacionales en el intervalo de la Formación Los Cristales, en la serranía de Nirgua - Tucuragua, de las cuales, la superior es la Formación Mamey. En general con esta formación existe gran confusión en la literatura, ya que las descripciones son vagas y las relaciones con las unidades adyacentes no han sido bien estudiadas. SKERLEC (1979) estudia esta unidad y la considera perteneciente al “Grupo Los Cristales o Grupo Caracas”. URBANI (2008) en una revisión de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela, sugiere el nombre de esta

unidad de Formación Mamey a Esquisto de Mamey perteneciente a la Asociación Metamórfica Los Cristales.

### Localidad tipo

No se ha definido una sección tipo específica, pero el nombre proviene de una de las mejores secciones que aflora en la quebrada Mamey, afluente de la quebrada Nonavana, al este de Duaca, estado Lara; hay secciones representativas en el curso inferior del río Bobare y en las quebradas Las Palmas, Palmarito, La Peña, Cogollal y Pisaje en la Serranía de Bobare.

### Extensión

Desde el valle del río Moroturo al norte hasta las cercanía de Sarare, estado Lara. SKERLEC (1979) observa la unidad en la zona montañosa entre las poblaciones de Cabudare - Río Claro y Sarare. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) identifican esta unidad en el flanco este de la serranía de Agua Fría. El área de estudio abarca un área aproximada de 273 km<sup>2</sup>, lo que representa un 13,5% de las unidades que afloran en esta área (Fig. 39).

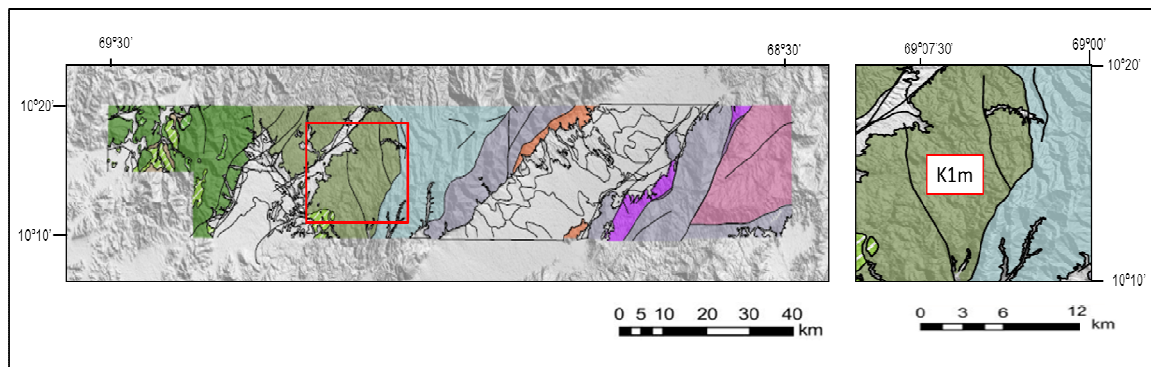


Fig. 39. Extensión del Esquisto de Mamey en la zona de estudio.

### Contactos

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967,1968) postulan relaciones transicionales con el Esquisto de Aroa infrayacente y relaciones transicionales hacia arriba y lateralmente a la Formación Bobare. GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980) opina que las relaciones entre las unidades Bobare y Mamey deben ser redefinidas al igual que el Esquisto de Mamey. En la zona de estudio la unidad se encuentra en contacto de falla de corrimiento, con buzamiento suroeste, con la Formación Bobare al oeste, en contacto de falla de corrimiento igualmente

buzando noroeste con el Esquisto de Aroa hacia el este y hacia el sur en contacto de falla de corrimiento con Barquisimeto.

### **Litología**

Según los autores originales, la unidad consiste esencialmente de esquisto cuarzo - sericítico con colores gris, naranja y marrón, en capas generalmente lenticulares, de espesores variables, entre pocos centímetros y 5 m, meta-conglomerado de colores crema a gris claro, intercalados con los primeros, algunos son polimixtos intraformacionales, con fragmentos que alcanzan dimensiones de guijarros, peñas y peñones de mármol, filita y menos frecuentemente de arenisca; meta-conglomerado calcáreo feldespático y mármol cuarzoso conglomerático feldespático; meta-renisca generalmente calcárea y feldespática, de grano grueso a medio, y color gris oscuro a crema, que meteorizan en pardo rojizos con manchas blancas, y filita negra grafitosa, localmente carbonática (URBANI 2000).

En un recorrido por la quebrada Nonavana se observaron afloramientos del Esquisto de Mamey (Fig. 40) en los que se identificaron una variedad de litotipos de orden metamórfico (Fig41). Se observan los siguientes tipos litológicos:

- Meta-arenisca cuarzosa de color fresco gris oscuro y color meteorizado marrón. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1 mm (medio a fino), con un escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo y feldespato. Se identificaron fragmentos de chert. Reacciona con el ácido clorhídrico con un nivel de efervescencia moderado. Se observan vetas de calcita.

- Meta-arenisca cuarzosa de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, feldespato, moscovita y minerales de arcillas. Se identificaron fragmentos de chert.

- Marmol masivo, de color fresco gris oscuro y meteorizado gris claro. Se observan vetas de calcita relleno de fracturas. No se observan fósiles macroscópicos.



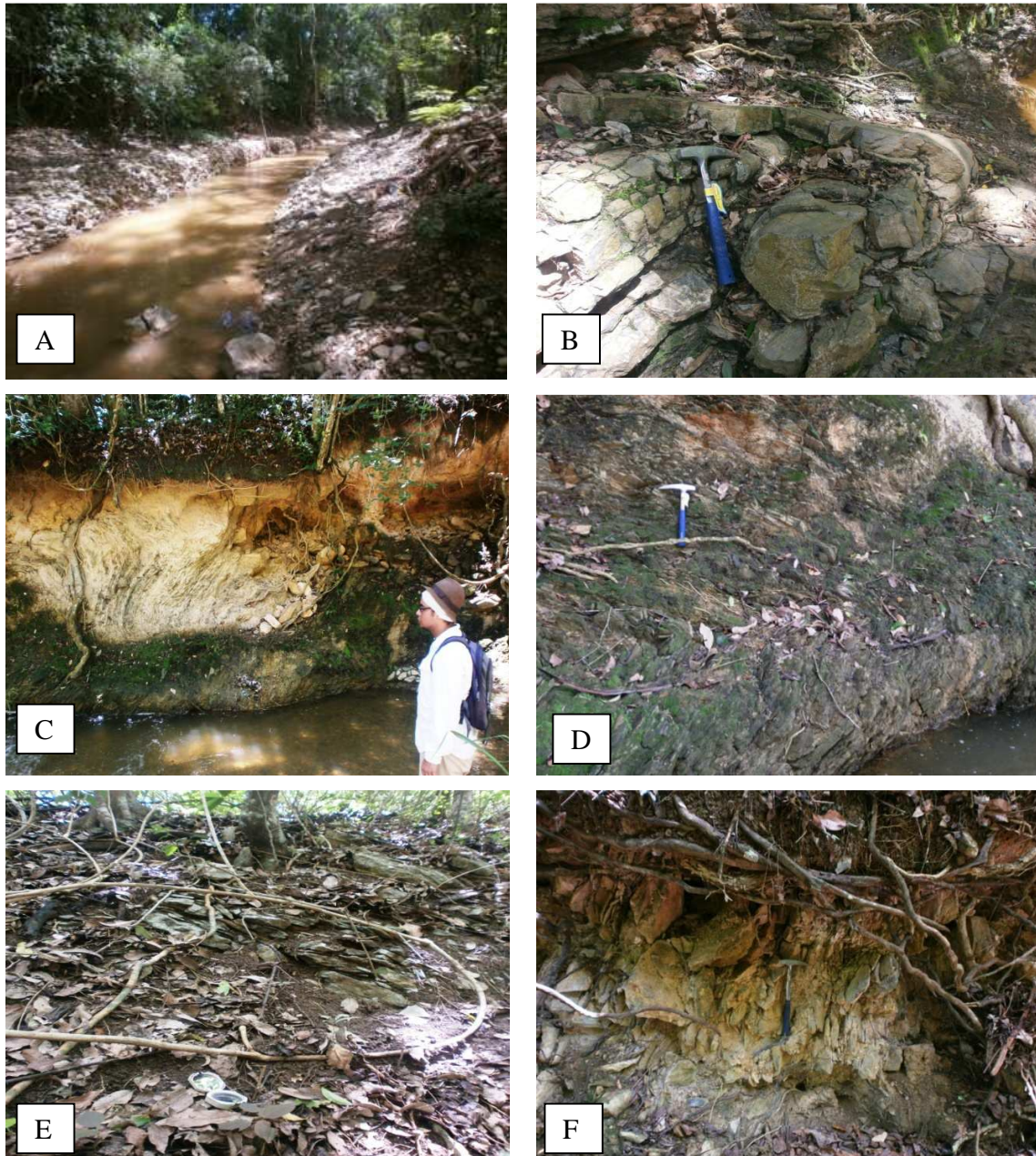


Fig.40. A) Vista general de la quebrada Nonavana. Punto Ya13-519 B) Afloramiento de de meta-arenisca en la quebrada Nonavana. Formación de un pliege isoclinal. Punto Ya13-519 C) Afloramiento de meta-arenisca parcialmente cubierto en la quebrada Nonavana. Punto Ya13-520 D) Pliegue simétrico e isoclinal producto de la deformación de la meta-arenisca. Punto Ya13-520 E) Rodados de marmol masivo en la quebrada la Virgen. Punto Ya13-521 F) Afloramiento parcialmente cubierto de meta-areniscas ubicado en la Quebrada La Virgen. Punto Ya13-522



Fig41. Tipos litológicos en afloramientos del Esquisto de Mamey A) Muestra La13-519<sup>a</sup> recolectada en la quebrada Nonavana y descrita como meta-arenisca cuarzosa B) Muestra La13-519B recolectada en la quebrada Nonavana y descrita como meta-arenisca cuarzosa C) Muestra La13-521 recolectada en la quebrada La Virgen y descrita como mármol masivo.

#### Descripción petrográfica:

- Metarenisca cuarzosa.

Roca compuesta por un tamaño de grano de 0,05 a 0,5 mm, con escogimiento pobre, esfericidad media-baja y redondez subangular. El contacto entre los granos es en su mayoría grano-matriz. Está compuesta principalmente por cuarzo (29%), en su mayoría monocristalino plutónico y policristalino plutónico. Presenta inclusiones de rutilo acicular. La plagioclasa (18%) se encuentra alterada y no posee maclado. Ocasionalmente se muestran zonadas. Fragmentos de roca (1%) sedimentaria, metamorfica y chert. Otros minerales (2%) son muscovita detrítica, calcita, circón y rutilo. Se denotan granos de feldespato y moscovita alterados (Fig 42). La presencia de clorita indica el leve metamorfismo que sufrió la roca. La matriz es de minerales de cuarzo, arcilla, material

carbonática y óxido de hierro lo que representa un 10% del total de la muestra. El cemento (30%) está compuesto de cuarzo, también hay cemento de arcilla relleno de poros y mineral calcáreo. Se observa alineación de los granos, deformación de mica. Presencia de óxido de hierro (limonita y hematina).

Tabla 14. Composición mineralógica (%) de la meta-arenisca cuarzosa:

Muestra	Granos							Matriz	Cemento
	Qtz	Pl	Ms	Cbn	Zrn	Rt	Chl		
La-519B	29	18	1	<1	<1	<1	<1	10	30

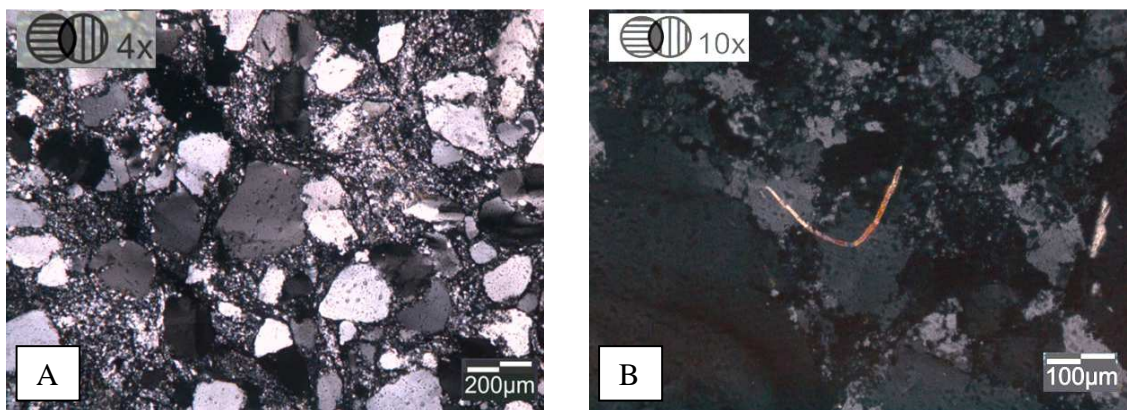


Fig. 42. Fotomicrografías de la muestra La13-519A descrita como mármol grafitoso-cuarzítico. A) vista general de la sección NC. B) Deformación de grano dúctil (muscovita) indicando la alta compactación de la roca.. NC

- Marmol cuarzoso-grafitoso:

Roca conformada principalmente por carbonato de calcio, de tamaño promedio de cristales 0,005mm a 0,1 mm. El cuarzo (4%) es policristalino de 0,05 mm, en promedio subredondeados y de esfericidad media. Este mineral primario en otras oportunidades se presenta como secundario, en forma de vetas, que miden hasta 0,5mm de espesor. Otros constituyentes minoritarios son la Plagioclasa tipo albita (1%) y fragmentos de roca, en especial chert (2%). La moscovita aparece como mineral accesorios. En algunos sectores se aprecia óxido de hierro y microestilolitas de amplitud máxima 0,2 mm (Fig 43) y

presencia de materia orgánica lo cual permite observar el alineamiento que posee la roca. Se conservan componentes aloquímicos (3%) compuestos principalmente por fragmentos irregulares de fósiles fuertemente micritizados y deformados. Presencia de cemento carbonático.

Tabla 15. Composición mineralógica (%) del mármol cuarzoso:

Muestra	Cbn	Qtz	Ms	Pl	Frag. de roca	Aloquímicos
La-521	90	4	<1	1	2	3

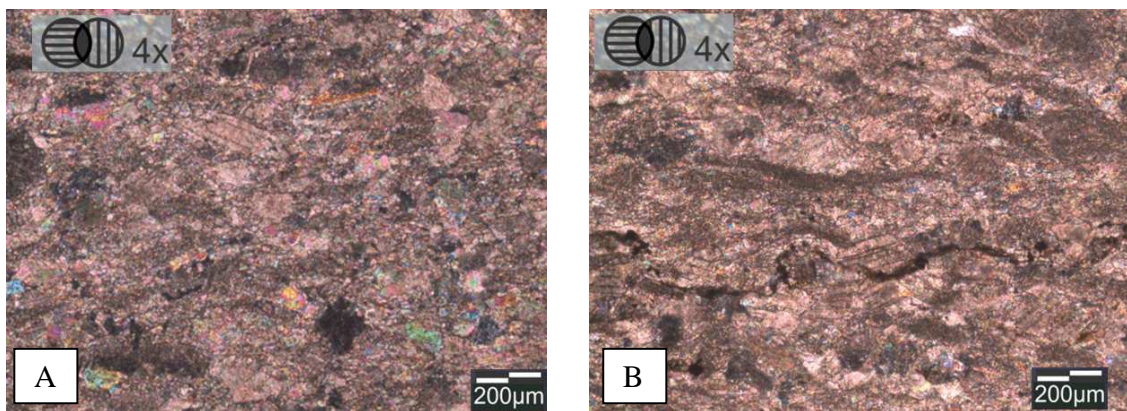


Fig. 43. Fotomicrografías de la muestra La13-520 descrita como mármol cuarzoso. A) vista general de la sección NC. B) Estilolitas. Precepitados insolubles (óxidos de hierro), que quedan como residuo del sedimento disuelto.NC

#### **Fosiles:**

BELLIZZIA & RODRIGUEZ (1968) indican que en algunas localidades se observan fragmentos de amonites, muy semejantes a los descritos en la Formación Carorita por BUSHMAN (1967); algunas calizas contienen pelecípodos, espinas de equinoideos y corales.

#### **Ambiente de Formación:**

Sedimentos depositados en ambiente de aguas poco profundas en el margen pasivo del norte de la Placa sudamericana. Las rocas sufrieron un metamorfismo de muy bajo grado, Facies Esquisto verde (zona clorita).

### 3.3.1.7 Esquisto de Aroa

El término Formación Aroa fue introducido por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966) para designar una espesa secuencia de rocas metamórficas, expuesta en la serranía de Aroa, estado Yaracuy, en el distrito minero de Aroa, con la cual se asocia la mena de piritas cupríferas. Los mismos autores (1968) describieron posteriormente la unidad en detalle, indicando secciones de referencia y su extensión geográfica. MAC LAREN (1933, en BELLIZZIA & RODRÍGUEZ, 1969) realizó la primera descripción general del distrito en un informe privado para la South American Cooper Company. LÓPEZ *et al.* (1944) publicaron el primer informe geológico-económico sobre el distrito minero. Desde los siglos XVII hasta mediados del siglo XIX, las minas de Aroa o de Cocorote fueron las más importantes de Venezuela y llegaron a ser propiedad de la familia del Libertador Simón Bolívar. Fueron descubiertas en 1612 por don Alonso Sánchez de Oviedo, y de ahí en adelante sigue una intrincada red de puestas en explotación y abandono, problemas jurídicos, terminando en 1974 cuando se decreta la creación de un parque recreativo en los antiguos terrenos de las minas y bajo la jurisdicción del Instituto Nacional de Parques (URBANI, 1992).

URBANI (2008) en una revisión de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela, sugiere el nombre de esta unidad de Formación Aroa a Esquisto de Aroa. Recientemente URBANI *et al.* (2012) interpretan que el Esquisto de Aroa probablemente corresponde a una edad Cretácico Tardío (Cenomaniense-Campaniense), lo cual no contradice los escasos hallazgos paleontológicos previos.

#### **Localidad tipo**

Toma su nombre del distrito minero de Aroa, ubicado en la falda de la serranía del mismo nombre. La serranía de Aroa, en el estado Yaracuy, es considerada como la localidad tipo. BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) proponen buenas secciones de referencia en el río Tupe y las quebradas Las Minas, Cumeragua y Carampampa ubicadas en el estado Yaracuy.

#### **Extensión**

Serranías de Aroa y de Nirgua-Tucuragua, estados Lara, Yaracuy y Cojedes. Los afloramientos se pueden ubicar en el sector central del área de estudio, prolongándose desde las cercanías del pueblo de Guaremal (Al sur) hasta el cerro Las Plantas (Al norte). El área de estudio abarca un área aproximada de 243 km<sup>2</sup>, lo que representa un 12% de las unidades que afloran en esta área (Fig. 43).

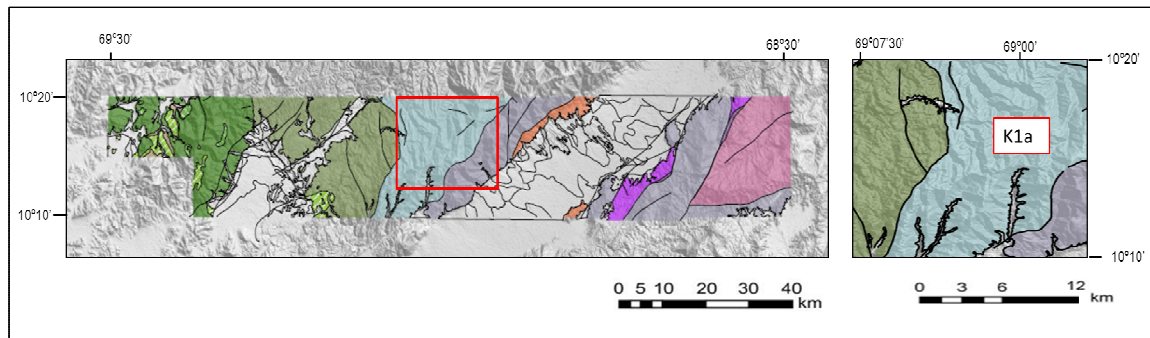


Fig. 44. Extensión del Esquisto de Aroa en la zona de estudio.

### Contactos

BELLIZZIA & RODRIGUEZ (1968) interpretan que la unidad es concordante y transicional sobre el Complejo Nirgua y por debajo del Esquisto de Mamey. En la zona de estudio la unidad se encuentra en contacto de falla de corrimiento, con buzamiento suroeste, con el esquisto Mamey al oeste y en contacto de falla de corrimiento igualmente buzando noroeste con el Complejo Nirgua hacia el este.

### Litología

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968) describe la unidad como una secuencia de esquisto carbonático grafitoso, filita grafitosa, esquisto cuarzo-micáceo grafitoso, mármol laminado, mármol macizo y horizontes de esquisto verde, estos últimos compuestos por zoisita, clinozoisita, epidoto, feldespato, actinolita, clorita, calcita y cuarzo. El esquisto carbonático-grafitoso, micáceo-grafitoso y la filita grafitosa constituyen alrededor del 60% de la unidad y están compuestos por: calcita, grafito, sericita, cuarzo, feldespato, zoisita, pirita y clorita. En la parte inferior de la unidad predominan esquistos micáceos; en la parte superior, zona de transición al esquisto Mamey suprayacente, aparecen meta-areniscas y meta-conglomerados muy similares a los de éste último. Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968), el Esquisto de Aroa fue afectado por metamorfismo regional de la subfacies de cuarzo-albita-muscovita-clorita de la facies de esquistos verdes.

En el área de estudio los afloramiento de esquisto carbonatico ubicados en el sector Buenos Aires posee una foliación bien desarrollada (Fig 45). Las rocas son de color fresco marrón y color meteorizado pardo. Abundante vegetación y clima nublado. Se encuentran parcialmente cubiertos. Se recolectó una muestra de dicho afloramiento (Fig46) para su descripción detallada:

- Esquisto de color gris claro y color meteorizado pardo. Equigranular, de grano fino a medio. Textura foliada-esquistosa. La mineralogía consiste principalmente en carbonatos, cuarzo, muscovita y grafito. Precipitación de calcita en fracturas.



Fig 45. Afloramiento del esquisto de Aroa, en el Sector Buenos Aires. PuntoYa13-518



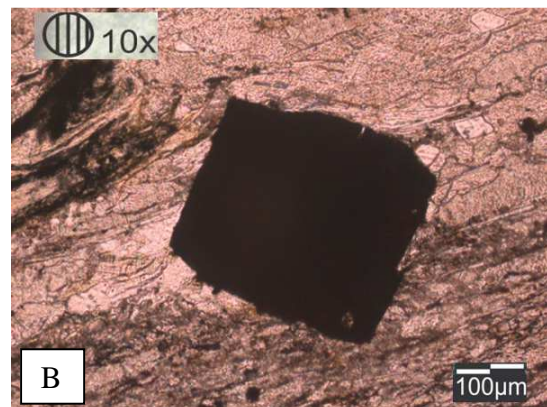
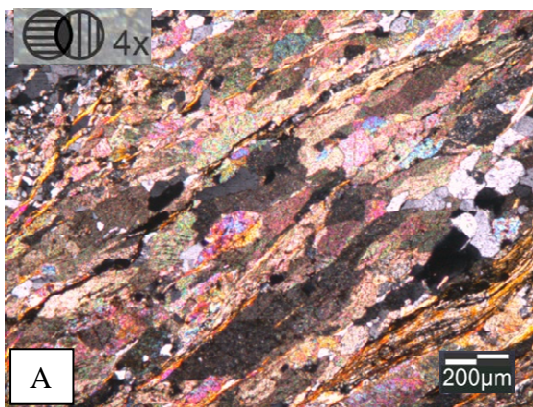
Fig46. Tipos litológicos en afloramientos del Esquisto de Aroa. Muestra La13-518 recolectada en el Sector Buenos Aires y descrita como esquisto carbonático.

**Descripcion petrográfica:**

• Esquisto carbonático cuarzo-muscovítico. El tamaño de los cristal promedio es de 0,075 a 0,25 mm. Textura foliada. Los minerales más abundantes son los carbonatos (40%) incoloros, anhedral. bordes irregulares y suturados; frecuentemente exhiben el maclado polisintético y se presentan formando una orientación preferencia. El cuarzo (22%) es incoloro, anhedral a subhedral, bordes irregulares y suturados. Los cristales frecuentemente se encuentran asociados a carbonatos y ocasionalmente a la muscovita. Extinción ondulatoria. Por lo general se presentan en bandas plegadas. La clorita (20%) posee pleocroísmo débil de verde claro a muy claro. De bordes rectos y astillosos. Se presenta en bandas asociadas a la muscovita y al grafito. La muscovita (14%) es de anhedral a subhedral, con bordes rectos y astillosos. Se presenta en delgadas bandas lepidoblásticas, plegadas y asociadas a los carbonatos y al grafito. Definen, junto con la clorita y el grafito, la foliación de la roca y el grado de deformación. El grafito (2%) es anhedral y asociado a la muscovita en bandas plegadas. La plagioclasa (2%) por lo general se presenta sin maclado y con alteraciones a sericita. Asociada a los carbonatos. Los minerales accesorios son opacos, el más común es la pirita (Fig 47), con bordes rectos y habito euhedral y algunas veces anhedral.

Tabla 16. Composición mineralógica (%) del esquisto carbonático cuarzo-muscovítico:

Muestra	Cbn	Qtz	Chl	Ms	Gr	Pl	Opq
La13-518	40	22	20	14	2	2	<1





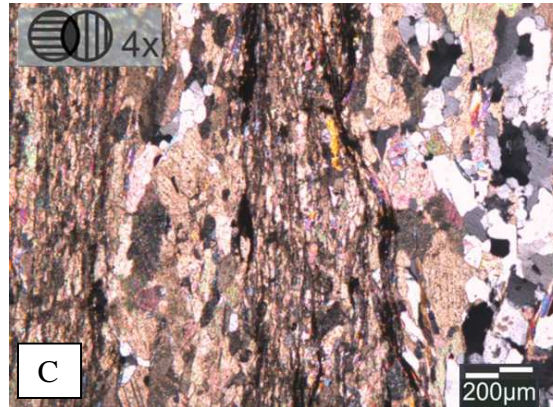


Fig. 47. Fotomicrografías de la muestra La13-518 descrita como esquistos carbonáticos cuarzo muscovítico. A) vista general de la sección NC. B) pirita con su hábito cúbico y disseminada a lo largo de la muestra NP. C) Carbonatos distribuidos y con orientación preferencial asociados a las bandas de muscovita, grafito y clorita que definen la foliación de la roca. A la derecha se observan las bandas de cuarzo también orientadas y ligeramente plegadas.

### Edad

Según el COMITÉ INTERFILIALES DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA (1997) a estas rocas se le asigna una edad Cretácico Temprano, por su presunta posición infrayacente al Esquisto Mamey del Aptiense-Albiense.

URBANI *et al.* (2012), realizan análisis químicos de los esquistos de Las Mercedes y Chuspita obteniendo como consecuencia, la interpretación que el Esquisto de Las Mercedes probablemente corresponde a una edad Cretácico Tardío (Cenomaniense-Campaniense), lo cual no contradice los escasos hallazgos paleontológicos previos. En consonancia con esta inferencia de edad para el Esquisto de Las Mercedes, junto con la edad paleontológica disponible para el Esquisto de Chuspita, elaboraron una tabla de correlación tentativa para unidades de diversas localidades de los estados norteños del país proponiendo preliminarmente que el Esquisto de Aroa tenga la misma edad que el Esquisto de Las Mercedes.

### Ambiente de formación

Sedimentos depositados en cuencas oceánicas anóxicas al noroeste de la zona de estudio, en un ambiente de margen. Contiene depósitos de sulfuros de fondo de cuenca oceánica. Las rocas sufrieron un metamorfismo de muy bajo grado, Facies Esquistos verdes (zona clorita).

### 3.3.2 Unidades Sedimentarias

#### 3.3.2.1. Grupo Lara

Está conformado por un conjunto de rocas sedimentarias cretácicas alóctonas del estado Lara oriental y central: las formaciones Carorita, Barquisimeto y Bobare. MACSOTAY *et al.* (1987), Redefine el Grupo Lara, esclareciendo las relaciones estratigráficas, edad y paleoambiente de sedimentación. Carácteres como el color de meteorización en colores claros, topografía de carácter abrupto, la monotonía de las secuencias con repetición de los tipos litológicos en forma monótona, y la escasez relativa de fósiles son criterios que se aplican para distinguir las unidades que conforman este grupo. A continuación se describen cada una de las formaciones pertenecientes a este grupo:

##### 3.3.2.1.1 Formación Carorita

###### Consideraciones históricas

Este nombre fue empleado por BUSHMAN (1959), para designar una secuencia de lutitas, calizas, areniscas, cuarzosas y margas alteradas por metamorfismo de bajo grado, expuestas al norte de Barquisimeto. Según CORONEL & RENZ (1960) la Formación Carorita perteneciente al Grupo Lara, de Bushman incluye unidades heterogéneas cuyas edades se extienden desde el Cretácico Temprano hasta el Eoceno-Paleoceno, heterogeneidad debida al problema de masas alóctonas del Cretácico y Terciario más antiguo, embebidas en lutitas del Terciario inferior. Estos autores separaron las siguientes unidades litológicas en el intervalo de la Formación Carorita original de Bushman, en orden descendente: Caliza Azul, Caliza de Carorita, Formación La Osa, Lutitas Caoliníticas y Areniscas Cuarcíticas, Lutitas y Terciario no diferenciado en Facies "Flysch". VON DER OSTEN (1966) con base en informes inéditos de otros autores, publicó una descripción y mapa de la sección tipo designada por estos para la unidad, inclusive GONZALEZ DE JUANA *et al.* (1980), apoyan las nociones de estos autores. MACSOTAY *et al.* (1987) indica que la Formación Carorita comienza en su base con una capa de caliza espesa gris-rosada en la parte superior de la ladera meridional del cerro de Las Minas, y termina con las calizas macizas esparitizadas que preceden los primeros lentes diamictíticos de la Formación La Osa, en el extremo septentrional de la ladera del mismo cerro.

### Localidad tipo

Al norte de Barquisimeto la sección comienza en el caserío Carorita Arriba y continúa hacia el sur hasta el cerro Las Minas.

### Extensión

Se presenta en forma de una gran masa de unos 8 km de longitud máxima en sentido este-oeste y 3,5 km de anchura, situada al suroeste de Carorita Arriba y unos 3 km al norte de Barquisimeto. En la sección de estudio esta formación se encuentra en el sector oeste y aflora en cuerpos separados cercanos entre sí, con un área aproximada total de 12 km<sup>2</sup>, lo que representa un 0,6 % del área total de estudio. Constituyen 6 cuerpos: Dos de estos cuerpos litológicos están ubicados en las cercanías de las poblaciones de Potrero Boraue, Uno cerca del Pueblo de los Cochinos y los otros tres cerca del Cerro Garrapatero. Otro por (Fig. 48).

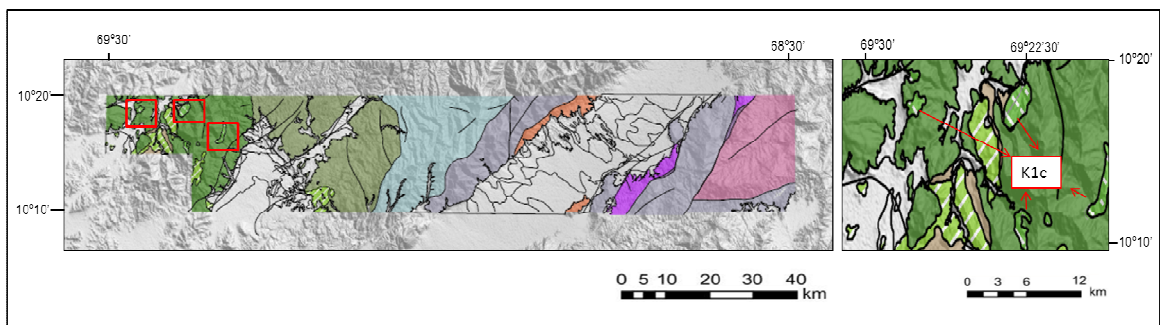


Fig. 48. Extensión de la formación Carorita en la zona de estudio.

### Contactos

Según MACSOTAY *et al.* (1987) su contacto inferior en el área tipo es una falla de corrimiento con respecto a las formaciones Barquisimeto y Matatere y el contacto superior es de discordancia angular y erosional con la Formación La Osa. Hacia el oeste este mismo contacto es con la Formación Barquisimeto inferior. Hacia el norte en el área de Carorita Abajo, el contacto de la Formación Carorita es transicional con la suprayacente Formación Bobare. Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967), hacia el este, la Formación Carorita pasa gradualmente al Esquisto de Mamey.

En la zona de estudio los contactos de esta Formación son de falla de corrimiento con la Formación Bobare. Cercano a la población de los Cochinos, la Formación Carorita se encuentra en contacto de falla de corrimiento con la Formación Matatere. Los tres cuerpos ubicados cerca del Cerro Garrapatero marcan un contacto transicional con la suprayacente Formación Bobare.

### **Litología**

Está formada, fundamentalmente, de caliza cuarzo-feldespática de grano grueso en capas macizas, lutita, marga, conglomerado carbonático a veces guijarroso y en algunas localidades conglomerado de peñon en los cuales se presentan fósiles del Cretáceo Inferior (BELLIZZIA, 1986).

MACSOTAY *et al.* (1987), indica que se trata esencialmente de alternancias carbonático-lutíticas de carácter oceánico, ocasionalmente interrumpidos por flujos de material terrígeno. Alternancias monótonas de marlita, lutita pizarrosa microlaminar a maciza. Caliza Gruesa interstratificada con lutita filítica y caliza laminar. Para las areniscas son cuazosa, subarcosica y muy arcillosa, localmente carbonática y de carácter lenticular.

En el área de estudio, cerca del pueblo de los Cochinos se describieron principalmente rodados de dicha formación (Fig 49). Se trata de una Caliza laminada, de color fresco gris oscuro y meteorizado gris claro. Grano grueso y masiva. Se observan vetas de calcita rellenando fracturas. No se observan fósiles macroscópicos. Fragmentos de cuarzo de hasta 5 mm de tamaño. Se identificaron fragmentos de chert. (Fig 50)



Fig 49. Vista general de afloramiento de la Formación Matatere parcialmente cubierto y derrumbado. Se denotan bloques de la Formación Carorita provenientes de la parte alta del cerro. Punto La13-525.

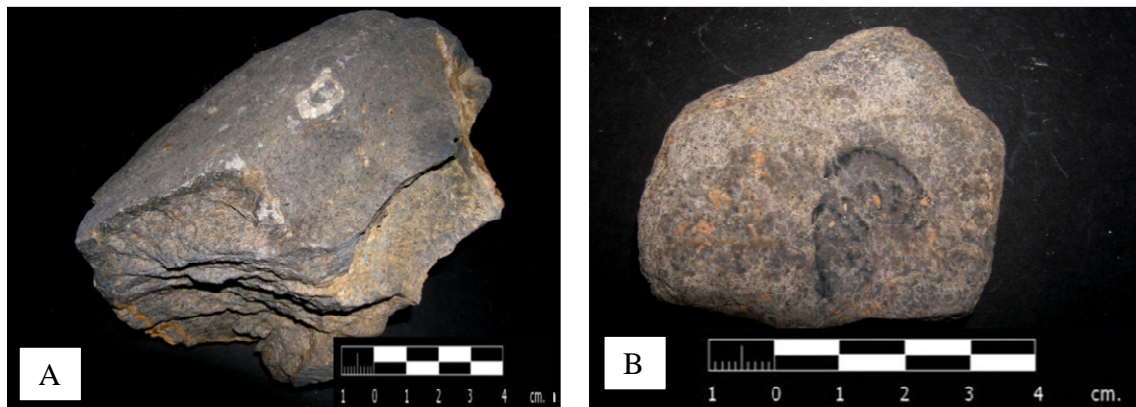


Fig 50. Tipos litológico de la Formación Carorita, A) Muestra La13-525 recolectada al sureste de Los Cochinos y definida como caliza laminada. B) Muestra La13-525B recolectada Al sureste de Los Cochinos y definida como caliza masiva.

#### Descripción petrográfica:

- Wakstone (DUHMAN), Bioesparita (FOLK), Caliza aloquímica lodosa según MOUNT (1985): Roca conformada principalmente por componentes ortoquímicos, matriz (25%) y cemento (30%) constituido principalmente por microspato. El tamaño promedio de

cristales es de 0,01 a 0,5 m. Presencia de pequeñas vetas de calcita. El componente extraclasto está constituido por cristales de cuarzo (9 %) policristalino metamórfico de 0,05 mm, en promedio subredondeados y de esfericidad media. Fragmentos de roca (chert y metamórficos). Epidoto como mineral accesorio. En algunos sectores se aprecia óxido de hierro. Se observan fragmentos posiblemente de amonites los cuales constituyen el componente aloquímico de la muestra (30%) y se encuentran fuertemente micritizados. (Fig 51)

Tabla 17. Composición mineralógica (%) del Wakstone:

Muestra	Granos				Componentes Ortoquímicos		Componentes Aloquímicos
	Qtz	Opq	Ep	FR	Matriz	Cemento	Frag. Fósiles
La-525	9	2	<1	4	25	30	30

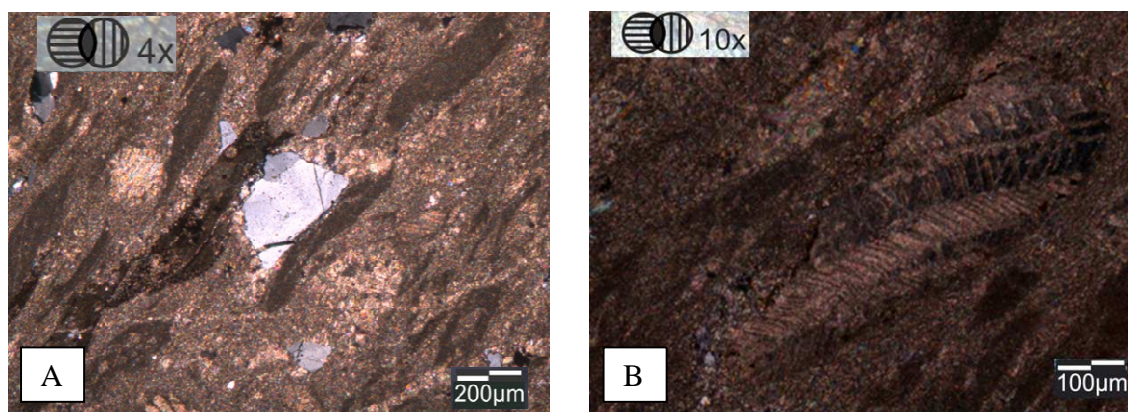


Fig. 51 Fotomicrografías de la muestra La13-525 descrita como Wakstone. A) vista general de la sección, NC. B) Restos de aloquímicos fuertemente micritizados y deformados.

### Espesor

BUSHMAN (1959, 1965), & BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) concuerdan en la cifra de 500 m de espesor para esta unidad. CORONEL & RENZ (1960) midieron 760 m aunque admiten que la cifra es dudosa por los pliegues volcados, especialmente frecuentes en los afloramientos septentrionales de la formación.

### Fósiles

BUSHMAN (1965), VON DER OSTEN (1967), BELLIZZIA (1986), MACSOTAY *et al.* (1987), citan faunas de foraminíferos y amonites principalmente entre las que sobresalen:

*Neotrocholina valdensis* y *Leptoceras* sp. En la fauna foraminifera y *Olcostephanus* (O.) c.f. *asterianus*, *Ancyloceras* sp., *Hamites*, *Idiohamites* y *Pseudohelicoceras* además de *Hemiptyloceras* cf. *gaultinum* mencionado por MACSOTAY (1972) dentro de la fauna de amonites.

En la muestra estudiada los fósiles no se logran distinguir fácilmente, ya que se encuentran muy mal preservados y deformados. El *Ancyloceras* sp. mencionado por MACSOTAY (1987) es un amonites desenrollados o enrollamiento evolutivo como el cuya forma inicial de enrollamiento es abierta, para pasar a un tramo rectilíneo y terminar en una estructura tipo anzuelo. La muestra puede tener restos de este fósil, junto con conchas y algas mencionadas por CORONEL & RENZ (1960) totalmente deformadas producto del metamorfismo de bajo grado que sufrió la roca.

#### **Edad**

El conjunto faunal mencionado anteriormente sugiere que la Formación Carorita cubre la mayor parte del Cretácico Temprano: Valanginiense-Albiense (MACSOTAY *et al.* 1987).

#### **Paleoambiente**

CORONEL & RENZ (1960) opinaron que la Formación Carorita se sedimentó en ambiente de poca profundidad y en aguas claras. El carácter de la litología, la fauna y la icnofauna sugieren un origen hemipelágico de ambiente batial o abisal (MACSOTAY *et al.* 1987).

### **3.3.2.1.2 Formación Bobare**

#### **Consideraciones históricas**

Este nombre fue introducido por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966), para designar una espesa sección de arenisca y lutita expuesta en la serranía de Bobare posteriormente, los mismos autores (1968) la describieron en detalle, señalando su zona de afloramientos, y secciones de referencia y analizando el problema de su edad. BELLIZZIA (1986) al estudiar las serranías de Portuguesa, Bobare y región de Barquisimeto, incluye esta formación junto con la Formación Mamey y la Formación Carorita en el Cretácico temprano. MACSOTAY *et al.* (1987) hacen un análisis de la litología, fósiles y paleoambiente de la Formación Bobare.

### Localidad tipo

Carretera Bobare-Churuguara, donde los afloramientos son casi continuos, desde algunos kilómetros al norte del poblado de Bobare hasta las cercanías del puente sobre la quebrada Urama, estado Lara.

### Extensión

La Formación aflora al norte de Barquisimeto, estado Lara, donde ocupa un área de 800 km<sup>2</sup> aproximadamente. En la región de estudio se encuentra en el extremo oeste y va desde las cercanías de la población de Bobare hasta Tacariguita (De este a oeste); abarca un área aproximada de 241 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 12% de la zona de estudio (Fig.52).

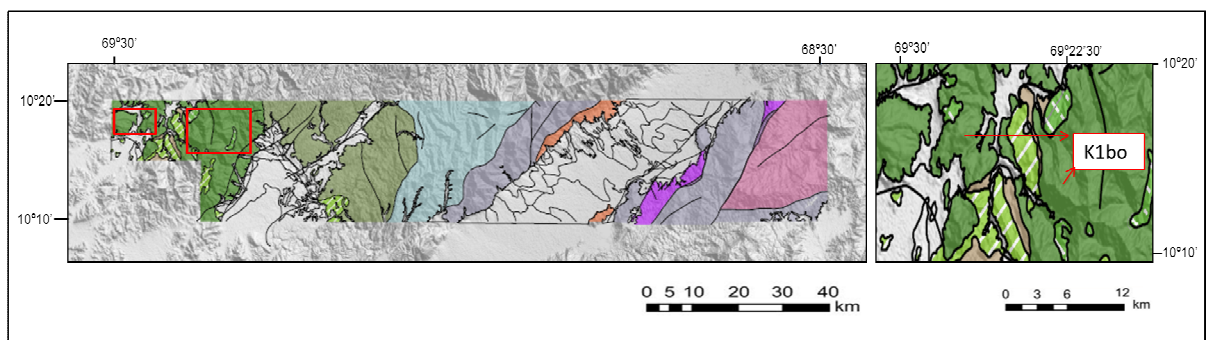


Fig. 52. Extensión de la formación Bobare en la zona de estudio.

### Contactos

MACSOTAY *et al.* (1987), indica que aparentemente la unidad pasa transicionalmente hacia el este al Esquisto de Mamey. Indica además que la Formación Bobare cubre a la Formación Carorita y no a la Formación Barquisimeto, con aparente concordancia, con carácter transgresivo tal como lo sugirió CORONEL (1963). Sugiere que localmente, a lo largo de este contacto se localiza la Formación La Osa, de carácter lenticular. La Formación Barquisimeto sí suprayace a la Formación Bobare, pero este contacto sí se considera necesariamente discordante. La Formación Bobare suprayace concordantemente a la Formación Barquisimeto al norte y a la Formación Carorita al sur.

En el área de estudio se encuentra en contacto de falla de corrimiento con el Esquisto de Mamey al igual que con los cuerpos encontrados hacia el oeste correspondientes con la formación Barquisimeto, Matatere y Carorita.



### Litología

La unidad consiste esencialmente de arenisca cuarzosa y lutita; las primeras son de color gris oscuro, gris claro o crema cuando están frescas y meteorizan en rojizo, marrón amarillento y crema, de grano variable desde muy grueso o conglomerático hasta fino con predominio de grano medio; los granos son angulares y subredondeados, de cuarzo, micas y feldespatos en pequeñas cantidades, cementadas por material silíceo, carbonático o ferruginoso; son frecuentes las láminas o escamas de lutitas y perdigones de arcilla; las areniscas afloran en capas delgadas y macizas de más de 2 m de espesor, con superficies de estratificación generalmente onduladas; algunas exhiben marcas de base bien desarrolladas, gradación y pliegues en voluta, sin observarse marcas de oleaje, estratificación de corrientes o estratificación cruzada. La lutita y limolita son oscuras en estado fresco y meteorizan a gris claro, amarillento, marrón, verdoso y purpurino; son frecuentes las lentes delgadas y concreciones de material ferruginoso. Las llamadas lutitas blancas de la formación fueron denominadas "lutitas caoliníticas" por Bushman (1959, 1965) y CORONEL & RENZ (1960); las lutitas son blandas, untuosas, de color crema, blanco crema o gris azulado. BELLIZZIA (1986) describe la Formación Bobare formada por arenisca cuarzosa masiva a veces conglomerática, filita y limolita; según este autor, es característica la presencia de lutita y arcilla blanca pirofílica. Localmente ocurren lentes de caliza y olistolito de caliza, con faunas correspondientes a las unidades de la Formación Carorita y el Esquisto de Mamey.

MACSOTAY *et al.* (1987), indican que el componente dominante consiste de lutitas y limolitas laminadas de color negro o gris oscuro, los cuales en la mayoría de los niveles contiene porcentajes elevados de arena y mica detrítica, lo que conlleva a que las rocas entren en la categoría de lodolita, el cual, es un término empleado para sedimentitas pelíticas que son una mezcla de varios minerales en fracción arcilla, limo y arena, cuyas proporciones mutuas varían de lugar a lugar sin regularidad. Plantea además la existencia de diamicrotas carbonáticas, cuyo término se aplicó en campo para lo que se planteaba anteriormente como horizontes de olistolitos u "olistostromos", los cuales son términos interpretativos. El término diamicrota incluía rocas sedimentarias terrígenas que contienen mal escogimiento y con una matriz lodolítica impura. Estas rocas de material caótico, se observaban en flujos lo cual tenían en común las

litologías de las formaciones La Osa y Barquisimeto y que además las diferenciaba de la Formación Carorita donde no se observaban estas diamictitas carbonáticas.

En el área de estudio los afloramientos estudiados y descritos están ubicados 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos” (Fig 53). La litología presente en estos afloramientos se describe como meta-arenisca cuarzosa de color fresco gris claro y color meteorizado marrón. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1mm (medio a fino), con escojimiento medio, esfericidad media-alta y angulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo y feldespatos potásico en menor proporción.

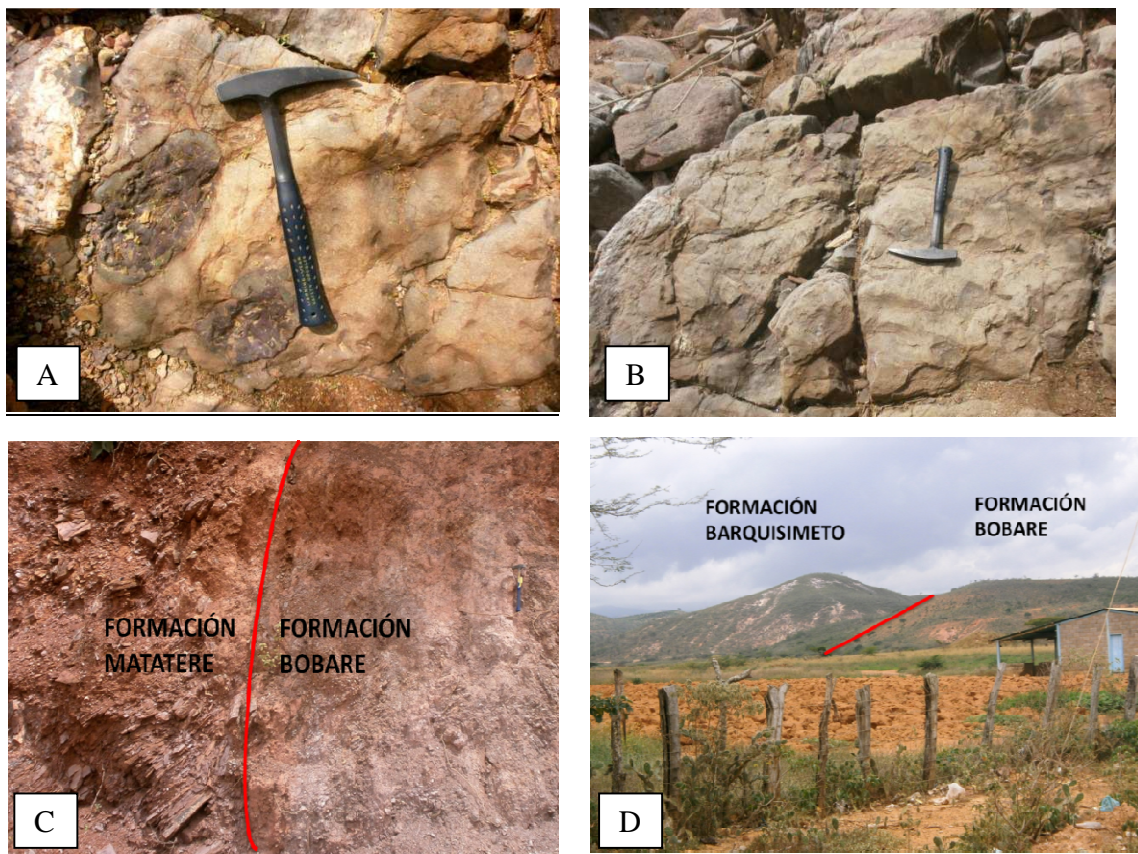


Fig53. Afloramientos de la formación Bobare ubicados 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”. A) Clastos de lutita embebidos en arenisca cuarzosa B) Familias de diaclasas en el afloramiento. C) Contacto de falla entre las formaciones Matatere y Bobare. D) Contacto entre la Formación Barquisimeto y Bobare. Vista general del paisaje



Fig 54. Tipos litológico de la Formación Bobare ubicada al sureste de Los Cochinos y caracterizada como meta-arenisca cuarzosa. Muestra La13-524

### Descripción petrográfica:

- Metarenisca cuarzosa

Roca compuesta por un tamaño de grano de 1,5 a 0,25 mm, con escogimiento medio, esfericidad media-alta y redondez sub-angular. El contacto entre los granos es en su mayoría concavo convexo. Está compuesta principalmente por cuarzo, en su mayoría monocristalino plutónico, feldespato, principalmente ortosa, fragmentos de roca sedimentaria, volcánica y chert y minerales accesorios como, moscovita y epidoto y zircón y turmalina. Presencia de clorita pseudomórfica de la alteración de la matriz (3%) la cual es de minerales de cuarzo, micas, material arcilloso El cemento (4%) está compuesto principalmente de óxido de hierro y minerales de arcilla. Se denotaron cristales de pirofilita en hábito radial, en granos anhedrales, extinción paralela. (Fig 55)

Tabla 18. Composición mineralógica (%) de la Meta-arenisca cuarzosa:

Muestra	Granos						Cemento	Matriz	Porosidad
	Qtz	Kfs	Ms	Zrn	Prl	FR			
La13524	80	8	2	<1	2	1	4	3	<1

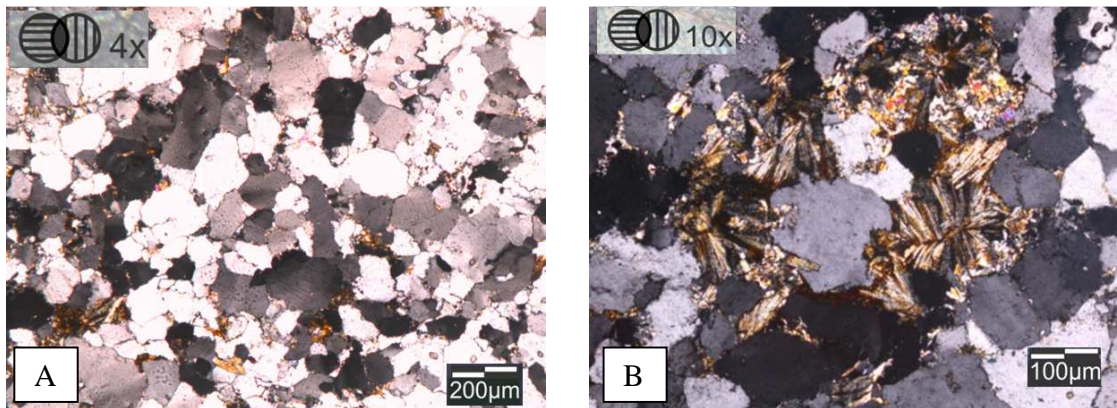


Fig 55. Fotomicrografías de la muestra La13-524 descrita como Meta-arenisca cuarzosa. A) vista general de la sección, NC. B) Cristales de pirofilita.

### Fósiles

MACSOTAY *et al.* (1987) presenta un cuadro con base a icnofósiles, de las huellas problemáticas observadas en las formaciones Bobare y Morán. Las formas *Cylindrites* sp., y *Palaeophycus* sp., presentes en la primera, pero ausentes en la segunda, son icnogéneos del mesozoico que no subsisten en el terciario, además publica una amplia lista de icnofósiles, entre otros: *Asterosoma* icnosp., *Diplodomorpha* icnosp., *Fucusopsis* icnosp., *Gordia* icnosp., *Helminthoidea* icnosp., *Planolites* icnosp., *Zoophycos* icnosp., los autores señalan la presencia de amonites como *Hamitoides*, *Hamites*, *Prohisteroceres* y de gasterópodos.

### Edad

El conjunto faunal mencionado por MACSOTAY *et al.* (1987) indica que la Formación Bobare, es de edad Cretácico Temprano, posiblemente Barremiense-Albiense.

### Paleoambiente

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967) sugieren ambientes de plataforma inestable con transportes esporádicos por corrientes de turbidez, deducido por la ausencia de fósiles y de marcas de oleaje, además de la presencia de gradación y marcas de base.

MACSOTAY *et al.* (1987) considera que la Formación Bobare se acumuló en el talud epicontinental no solo para las evidencias de acumulación rápida, sino por las relaciones porcentuales de sus componentes líticos, las estructuras hidrodinámicas, rheotrópicas y biogénicas sugieren según este autor, ambiente de sedimentación batial combinada con sedimentación gravitacional terrígeno-hemipelágico dominante, con sedimentación

turbidítica supeditada. Considera además que según los conceptos paleogeográficos que se manejaban para la época, la Formación Bobare es un complejo de Falcón epicontinental, (talud + abanico submarino) depositado en una cuenca amplia, y no en una fosa, no solo por las evidencias de acumulación rápida, sino por las relaciones porcentuales de sus componentes líticos.

### 3.3.2.1.3 Formación Barquisimeto

#### Consideraciones históricas

BUSHMAN (1959), usa nombre de Formación Barquisimeto para designar rocas de la secuencia cretácica que aflora en la región de Barquisimeto, estado Lara. El autor hizo poca referencia al estudio de la región adyacente realizado por VON DER OSTEN Y ZOZAYA (1957) y utiliza nombres diferentes para las rocas de la secuencia cretácica. Posteriormente, BUSHMAN (1965) en la parte no metamorfizada de la secuencia del Cretácico tardío (Cenomaniense-Campaniense), describe una unidad inferior de capas argiláceas con ftanitas y calizas, (Formación Barquisimeto) y una secuencia suprayacente, predominantemente lutítica: (Formación Barure) y observa que la primera se asemeja en muchos aspectos a la secuencia Capacho-La Luna de Lara occidental.

#### Localidad tipo

BUSHMAN (1959, 1965) no especificó una sección tipo para la formación, mencionando solo las colinas que circundan a la ciudad de Barquisimeto como buenas secciones de referencia. CORONEL & RENZ (1960) señalan como localidad tipo el cerro Volador al noroeste de la ciudad de Barquisimeto. MACSOTAY *et al.* (1987) señala como la mejor sección, la expuesta en los cerros al sur de la carretera Lara - Zulia, entre la quebrada La Ruesca y el caserío llamado Mamón.

#### Extensión

Esta formación posee amplia distribución en Lara occidental, central y meridional, extendiéndose a la serranía de Portuguesa. En la región de estudio se encuentra ubicada en el sector noroeste, distribuidos en las cercanías de los poblados de Nonavana y Los Quemados, en los cerros La Mujercita y al sur del cerro Garrapatero. Abarca un área aproximada de 34 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 2 % del área total de estudio (Fig. 56).

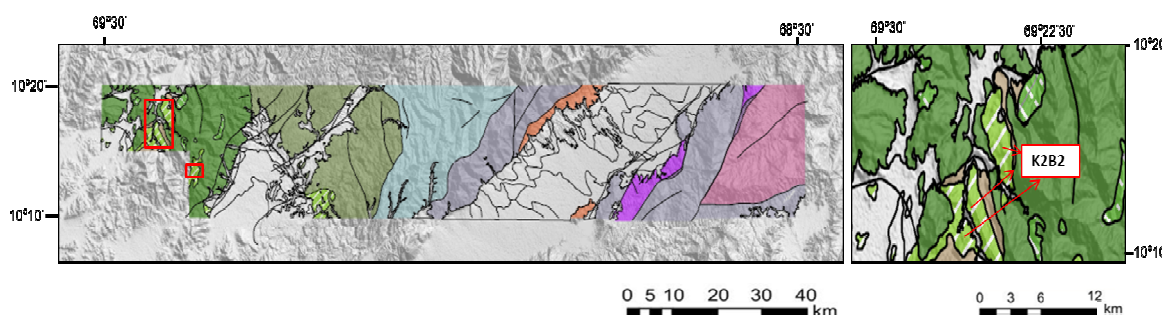


Fig. 56. Extensión de la Formación Barquisimeto en la zona de estudio.

### Contactos

Según BUSHMAN (1959) la unidad es gradacional sobre caliza arenosa de la Formación Carorita, e infrayace gradacionalmente a las capas de peñones de la Formación Morán. según MACSOTAY *et al.* (1987), la Formación Barquisimeto se depositó en hiatus y discordancia leve local, sobre la Formación Bobare y en ausencia de esta, sobre la Formación Carorita, y se halla cubierta en discordancia angular y erosional por la Formación Matatere. En la región de estudio la Formación Barquisimeto se encuentra en contacto de falla de corrimiento con la Formación Mamey en las cercanías de la población Nonavana. Hacia la localidad de Bobare diversos cuerpos aflorantes se encuentran en contacto de falla de corrimiento con Matatere y Bobare.

### Litología

BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968), indican que el miembro superior consiste en una alternancia monótona de lutita silíceo y fanita negra que meteorizan en colores gris claro y crema; son finamente laminares. Intercaladas se hallan margas y lutitas carbonáticas gris oscuras que meteorizan en tonos rojizos, amarillentos, lavanda, blanquecinos y púrpura; también indican que es característica la presencia de porfidoblastos de pumpelita, y el carácter filítico de algunos horizontes lutíticos que indican un metamorfismo de bajo grado. Los colores en fresco, son negros, pero al meteorizarse adquieren un tono general rosado, aunque las capas pelíticas en detalle son de tonalidades polícromas, claras.

Según MACSOTAY *et al.* (1987), de base a tope, la secuencia presenta la siguiente sucesión litológica: el tramo inferior, consiste en lutita filítica, limolita, marga, con lentes de caliza espesa, laminada y con alto contenido de arcilla y limo. La marga se presenta en

capas delgadas, lenticulares. Se observan “concreciones” carbonáticas, las cuales, al igual que las de las formaciones La Luna y Querecual, consisten mayormente en estructuras de almohadilla y bola, y de capas estiradas. El tramo superior consiste en una alternancia monótona de lutita silíceas y ftanita negra, intercalada con marga y lutita carbonática.

De la Formación Barquisimeto se recolectaron dos muestras en rocas aflorantes (Fig 57), de dos puntos de observación cercanos entre sí, ubicados , el primero, en las cercanías del poblado de Nonavana específicamente en la quebrada La Virgen y el segundo, en el cerro La Mujercita. A cada una de estas muestras de mano (Fig. 58) se les realizó análisis petrográfico (Fig. 59 y 60).

- Meta-arenisca conglomerática: color fresco gris y color meteorizado rojizo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5mm a 2cm (medio a gruesa), con escogimiento bajo, esfericidad baja a media y sub-angulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, plagioclasa y moscovita y minerales de arcilla. Se identificaron fragmentos de chert. No reacciona con el ácido clorhídrico. La muestra está ligeramente meteorizada presentando abundante contenido de óxidos de color rojo (hematita).

- Caliza: color fresco gris claro y color meteorizado pardo. La composición mineralógica está conformada principalmente por carbonatos y en porcentaje minoritario cuarzo. Ausencia de fósiles a simple vista.

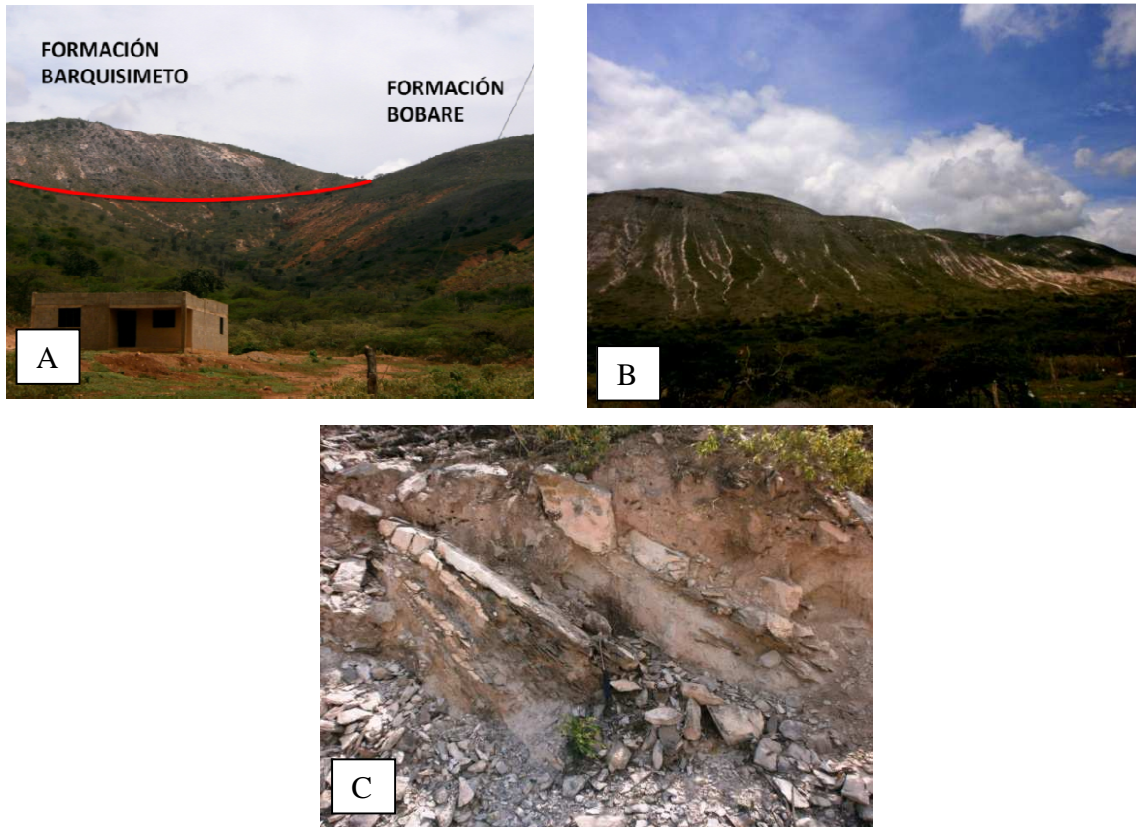


Fig 57. A) Contacto entre la Formación Barquisimeto y la Formación Bobare. Notable contraste de colores entre la formación Barquisimeto (Color crema a blanco) y Formación Bobare (Color marron claro). Orientación de la Fotografía: N75S. Cerro el Cartero. Punto La13-529 B) Vista panorámica. Notable contraste de colores claros (blancos y crema) en donde Se aprecian los diferentes tonos de meteorización de la Formación Barquisimeto. Vía a “El Sancho” 500 metros al sur del poblado. Punto La13-530 C) Afloramientos de la Formación Barquisimeto. Se puede observar pliegue isoclinal. Orientación de la fotografía: N48W. Cerro La Mujercita. Punto La13-533

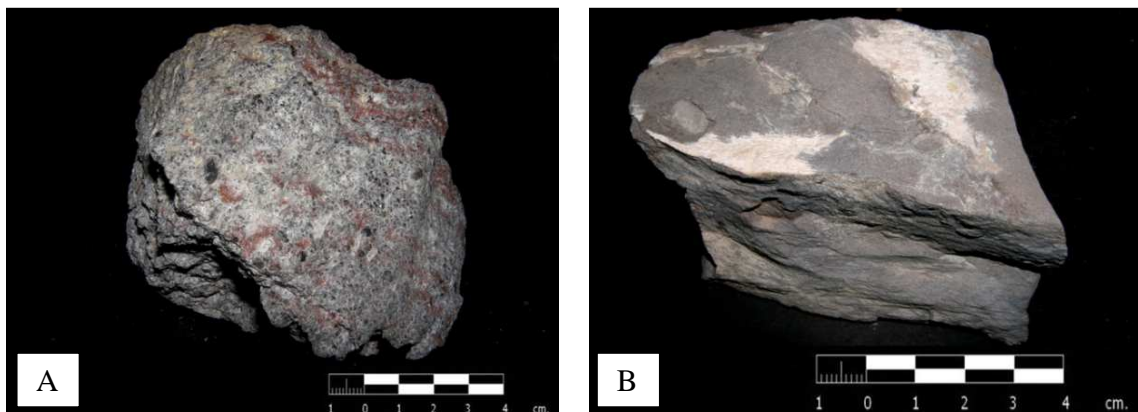




Fig 58 Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Qda La Virgen. Muestra La13-519A.

B) Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Cerro la Mujercita. Muestra La13-533

### Descipción petrográfica:

- Arenisca conglomerática. Roca sedimentaria, de componentes principales: 40% de clastos, 30% de matriz, 20% de cemento y 10% de porosidad. La roca presenta un escogimiento muy pobre, los granos son de sub-redondeados a redondeados y con una esfericidad media, el contacto entre ellos es principalmente grano-matriz, aunque hay casos de contactos cóncavo-convexo. El tamaño promedio de los clastos es de 0.5 mm, siendo el tamaño mínimo de 0,01 mm y el máximo 2 mm, teniendo en mayor proporción clastos tamaño arena y en menor cantidad tamaño gránulo; los clastos presentan orientación isotrópica. De 40% de clastos aproximadamente de cuarzo (25%) cuyos cristales se presentan en diversos tamaños y presenta frecuentemente inclusiones de rutilo acicular, plagioclasa (5%) sin maclado, y otros minerales como moscovita y sericita. Se identificaron fragmentos metamórficos y de Chert (1%). La matriz es de cuarzo y minerales de arcilla principalmente.

Tabla 19. Composición mineralógica (%) de la Meta-arenisca cuarzosa:

Muestra	Granos							Cemento	Matriz	Porosidad
	Qtz	Pl	Ms	Ep	Ser	Zrn	FR			
La13-523	25	5	<1	<1	<1	<1	1	20	30	10

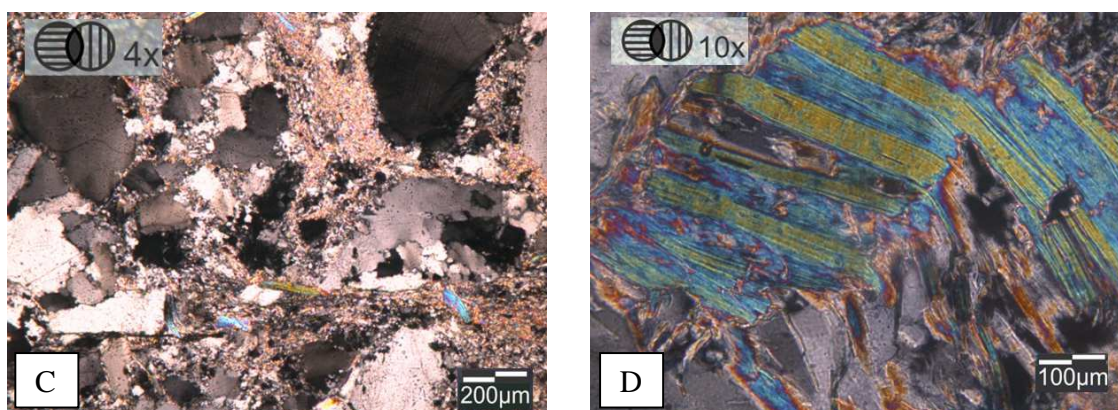


Fig 59. Fotomicrografías de la muestra La13-523 descrita como Arenisca conglomerática. A) Vista General de la sección. NC. B) Alteración y deformación de la muscovita. NC

- Mudstone (DUHMAN) Micrita (FOLK) y Micrita lodosa MOUNT (1985). Roca conformada compuesta por un 5% de fragmentos extraclásticos y un 95% de ortoquímicos. Tamaño promedio de cristales 0,01 a 0,25 mm. Los extraclastos comprenden principalmente fragmentos subangulares y de baja esfericidad de cuarzo, tanto monocristalino de 0,05mm en promedio. Se distinguen cristales de minerales opaco posiblemente de magnetita. El componente ortoquímico viene dado por matriz micrítica (45%) y cemento tipo pseudoespato principalmente.

Tabla 20. Composición mineralógica (%) del Mudstone

Muestra	Granos				Componentes Ortoquímicos	
	Q	Opa	Ep	Kfs	Matriz	Cemento
La-519B	9	2	<1	<1	45	50

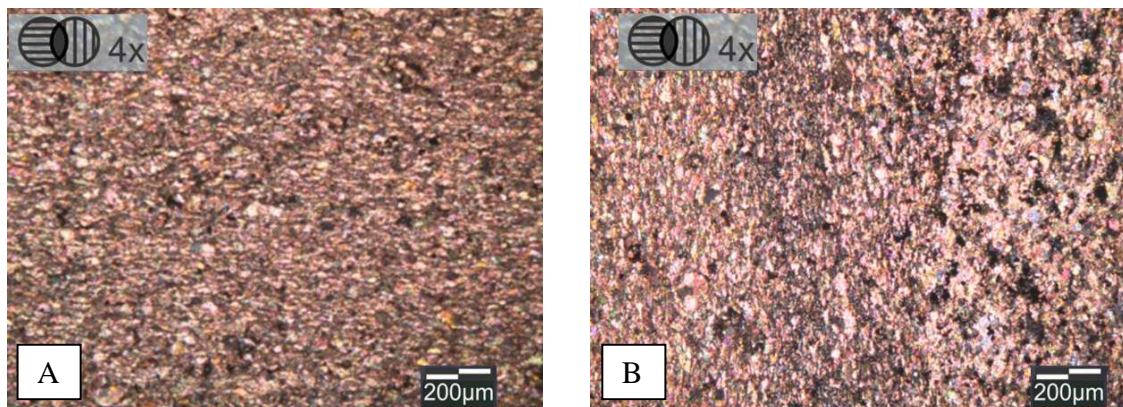


Fig 60. Fotomicrografías de la muestra La13-533 descrita como Mudstone (DUHMAN) Micrita (FOLK) y Micrita lodosa MOUNT (1985).

### Espesor

Las complicaciones estructurales impidieron mediciones precisas. CORONEL & RENZ (1960) mencionaron 1700 m en su sección del cerro Volador.

### Fósiles

BUSHMAN (1959, 1965), CORONEL & RENZ (1960), BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968), BELLIZZIA (1986) & MACSOTAY *et al.* (1987), mencionan conjuntos faunísticos entre los

cuales destacan foraminíferos como: *Gumbelina globulosa*, *G. cretácea*, *Mammnites sp.*, *Globigerina sp.*, *Globotruncana sp.*, y rudistas.

### **Edad**

Analizando el contenido faunístico y sus relaciones de campo, la unidad se considera de edad Cenomaniense-Maastrichtiense.

### **Paleoambiente**

MACSOTAY *et al.* (1987) indica que hace 95 a 105 Ma (Albiense-Cenomaniense), el límite de compensación de los carbonatos estaba por debajo de los valores actuales, lo que indica que la sedimentación pelágica se hallaba entre 2,3 y 3,0 km de profundidad en los océanos Índico y Pacífico, y que en el Caribe lo que sugiere es que la sedimentación pelítico-carbonática dominante en la Formación Barquisimeto inferior, así como en la Formación Carorita, tuvo que efectuarse a una profundidad menor de 2,3 km y mayor de los 0,5 km que se sugieren como cifra mínima para los conjuntos dominados por ammonites heteromorfos. Esta sedimentación arcilloso carbonática sugiere que la cuenca se hallaba en equilibrio relativo con la sedimentación durante el Cretaceo Inferior y Medio quedando interrumpido sólo localmente, por la emersión de pilares tectónicos durante el Albiense-Cenomaniense. Con respecto al metamorfismo, esta unidad presenta evidencias de haber sufrido metamorfismo de muy bajo grado (facies de prehnita-pumpellita) BUSHMAN (1965). En consecuencia la nomenclatura usada es de rocas sedimentarias ya que no se pierde el orden de sucesión de estratos, donde la estratificación a veces esta cruzada por un notable clivaje.

### **3.3.2.2. Formación Matatere**

#### **Consideraciones históricas**

Originalmente en informes de las empresas petroleras esta formación fue agrupada con la suprayacente Formación Misoa dándose a conocer como Formación Misoa/Trujillo, luego el nombre Trujillo fue restringido sólo a la sección inferior de predominancia lutítica (SUTTON 1946).

El nombre por el cual se le conoce actualmente fue introducido por BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1966) para designar una espesa secuencia de turbiditas, asociados con varios

horizontes de capas de peñones. Posteriormente (1968) presentan una descripción más detallada de esta formación.

STEPHAN (1982), Divide a la Formación Matatere en subconjuntos: Matatere I: serie esencialmente lutítica del Paleoceno temprano, en la parte superior es intercalado con olistolitos del Cretácico; Matatere II: dominada por intercalaciones pelíticas con paquetes de areniscas de mayor espesor (correspondiente al Paleoceno tardío hasta el Eoceno temprano), los olistolitos se presentan en todos los niveles, más abundantes en la base y en la parte superior. Es discordante con los alóctonos cretácicos subyacentes (unidades de las napas de la Cordillera de la Costa); Matatere III: cuya litología aparece en la zona de estudio, es una sucesión caracterizada por areniscas y conglomerados, a menudo turbidíticas semejante a una secuencia tipo flysch. Los olistolitos son relativamente menos abundantes que en Matatere II y están también concentrados en la base y la parte superior de la secuencia, posee una edad del Eoceno temprano al Eoceno tardío y reposa discordante en el Cretácico alóctono (napa de la Cordillera de la Costa); Agua Negra: corresponde a la parte alta del Eoceno tardío, y consta de una secuencia de facies que varía desde conglomerados calcáreos a areniscas glauconíticas y lutitas negras fosilíferas, los olistolitos son más raros, acompañan a los “slumps”, reposa discordante en la unidad de Siquisique-Río Tocuyo (napa de Tinaco-Tinaquillo).

#### **Localidad tipo**

Su localidad tipo reside en las quebradas que cortan a las serranías de Matatere y Parupano, ubicadas en el norte del estado Lara (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1967).

#### **Extensión**

La Formación Matatere aflora en todo el estado Lara abarcando una superficie de 6.600 km<sup>2</sup>. En el área de estudio esta Formación aflora en el Cerro Chata, en el flanco sur del Cerro Amarillo y en las cercanías del pueblo de Los Cochinos, estado Lara; abarca un área de aproximadamente 10 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 0,5% del área total de unidades que afloran en la zona (Fig. 61).

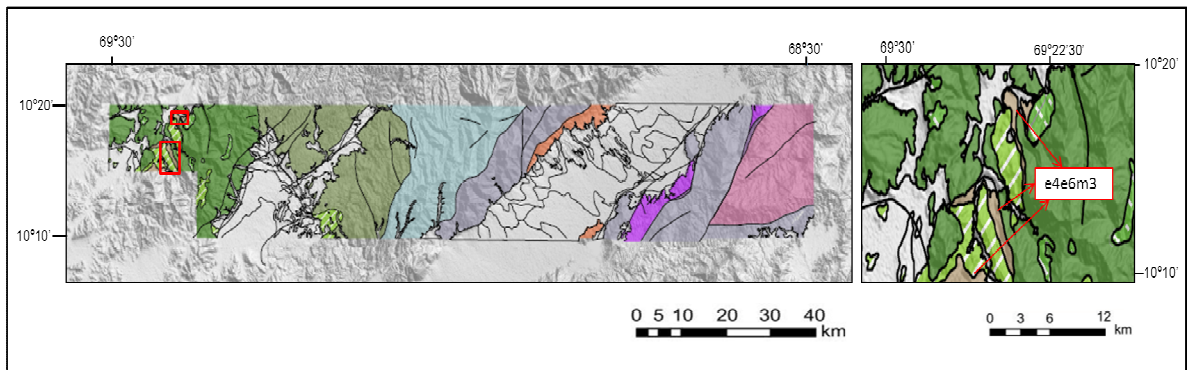


Fig. 61. Extensión de la Formación Matatere en la zona de estudio.

### Contactos

En la zona de estudio esta unidad se encuentra en contacto de falla de corrimiento con la formación Bobare y Carorita.

### Litología

NATERA (1957) la define como Eoceno sin diferenciar y describe tres tramos diferentes que fueron cartografiados como uno solo, debido a que los afloramientos se encontraban muy deformados y no permitieron establecer la relación entre ellos, ni el espesor de cada uno. La parte inferior consiste en capas de conglomerado mal escogido que pasan transicionalmente a capas de arenisca de grano fino a grueso con cherts negros, intercaladas con lutita laminada de color gris oscuro a rojizo claro. La relación entre esta unidad y la segunda, no está claramente definida debido a lo plegadas y falladas que se encuentran las secuencias.

El tramo medio lo describió como una secuencia monótona, compuesta por arenisca de grano muy fino, ausente de fósiles y ferruginosa de color marrón oscuro a un gris verdoso con aspecto "lutítico". Señala además que encontró cuerpos de caliza limosa no fosilífera y de color gris embebidos en la roca.

La parte superior fue descrita como una secuencia de arenisca intercalada con lutita de color gris oscuro algo carbonática. Esta secuencia se le asemeja a la primera unidad, pero reitera que estratigráficamente se encuentra por encima de esta.

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) la Formación Matatere consiste en una gruesa secuencia de turbiditas con muchas características de "flysch" europeo, y está conformada por una monótona alternancia de arenisca y lutita, caracterizándose por el desarrollo de

gradación y marcas de base, y la presencia de horizontes de capas de peñas y peñones y de grandes bloques alóctonos.

Según STEPHAN (1982), Matatere III, cuya litología es la aflorante en la región de estudio, es una sucesión caracterizada por areniscas y conglomerados, a menudo turbidíticas semejante a una secuencia tipo flysch.

En el area de estudio, en la intersección de la quebrada Simatra con la carretera, se localizaron secuencias monótona de arenisca de grano fino y lutita con grandes plegamientos..La arenisca poseen un espesor promedio de 18 cm y las lutitas de 4 cm. Dichas arenisca es de color fresco marrón y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,05 a 0,5 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, feldspatos, moscovita y fragmentos líticos. No reacciona con el ácido clorhídrico.

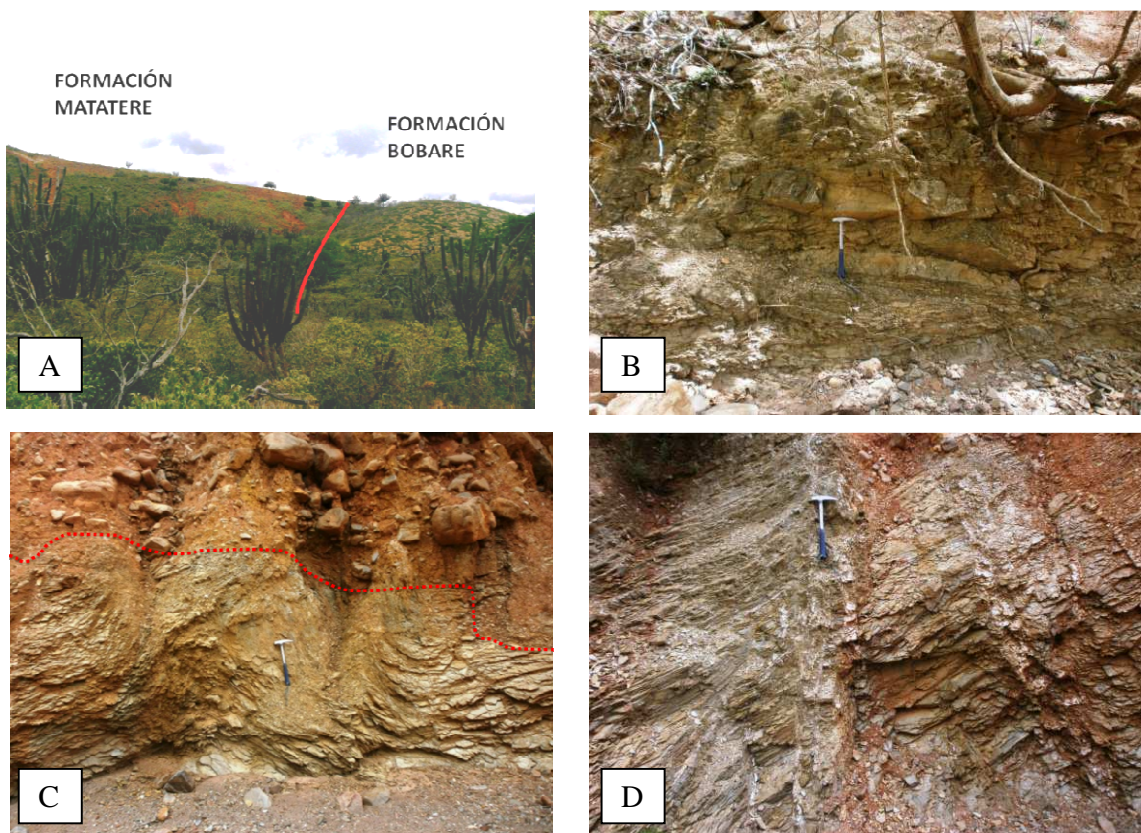


Fig62. A) Contacto de falla entre la Formación Matatere y la Formación Bobare. Notable contraste de colores y vegetación entre la formación Bobare (color marron claro y mayor vegetación) y Formación Matatere (color marron con tonalidades mas rojizas). Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”. Punto La13-530 B) Secuencia monótona de Arenisca y Lutitas. Se observan plegamientos suave (ángulo interlimbar 165°). Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532 C) Secuencias plegadas. Contacto con Cuaternario. Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532 D) Secuencia interrumpida por falla normal (deslizamiento de 2 cm) Interseccion de la quebrada Simatra con la carretera. Punto La13-532



Fig 63. Tipos litológico de la Formación Matatere, recolectada en la intersección de la quebrada Simatra con la carretera y definida como arenisca cuarzosa. Muestra La13-525

#### **Descripción petrográfica:**

Grauvaca feldespática: Roca compuesta por un tamaño de grano de 0,001 a 0,25 mm, con escogimiento medio, esfericidad media y redondez redondeado. El contacto entre los granos es en su mayoría grano-matriz. Está compuesta principalmente por feldespato, cuarzo, en su mayoría monocristalino plutónico, fragmentos de roca metamórfica, y chert y minerales accesorios como, moscovita, epidoto, zircón. Las plagioclasas se presentan muy alteradas, sin maclado y con gran cantidad de inclusiones principalmente de epidoto. Matriz (25%) compuesta de minerales de arcilla, óxidos de hierro y cuarzo. El cemento (5%) está compuesto principalmente de óxido de hierro y minerales de arcilla. Se distingue clorita pseudomorfa posiblemente de biotita en el cemento.

Tabla 21. Composición mineralógica (%) de la Meta-arenisca cuarzosa:

Muestra	Granos							Cemento	Matriz	Porosidad
	Qtz	Kfs	Ms	Ep	Ap	Zrn	FR			
La13525	15	50	2	<1	<1	<1	3	4	25	<1

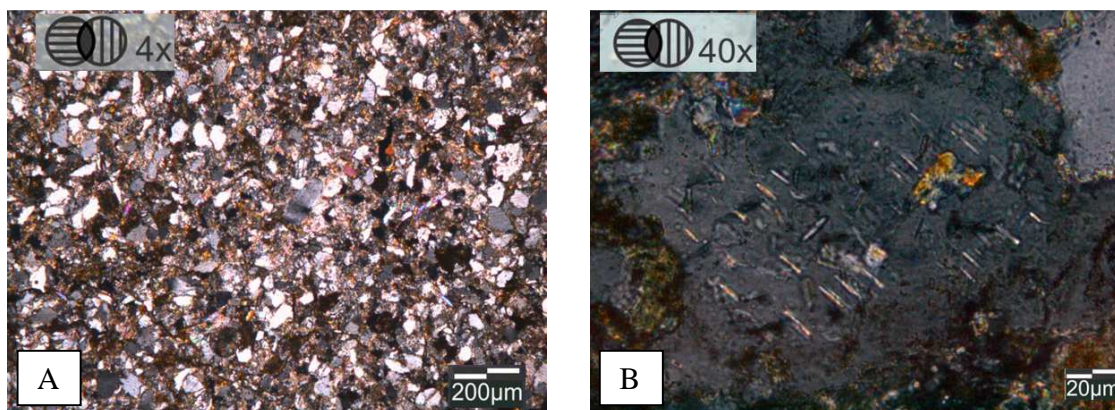


Fig 64. Fotomicrografías de la muestra La13-525 descrita como Meta-arenisca cuarzosa. A) vista general de la sección, NC. B) Plagioclasa con inclusiones de apatito y zircón

### Espesor

Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) estiman que en la sección de la quebrada La Pluma la unidad tiene unos 1600 m de espesor.

### Fósiles

Aunque sus lutitas son poco fosilíferas se lograron identificar *Cribrostomoides trinitatensis*, *Cyclammia elegans*, *Glomospira* sp., y *Haplophragweides excavata* de edad Paleoceno y en la región de El Tocuyo – Bobare se identificaron foraminíferos de edad Eoceno (VON DE OSTEN & ZOZAYA 1957).

### Edad

De acuerdo a los fósiles reportados por VON DE OSTEN & ZOZAYA (1957), la Formación Matatere se estima que es de edad Paleoceno-Eoceno. Por su parte STEPHAN (1982) al dividir la Formación en tres unidades informales (Matatere I, II y III) determina edades variables de Paleoceno, Eoceno temprano y Eoceno medio respectivamente. NOGUERA *et al.* (2008), determina la edad de la unidad informal Matatere III mediante el estudio de cristales detríticos de zircón a través del método U-Pb, por donde el grano más joven es de  $39,4 \pm 1,5$  Ma (Eoceno medio, Bartoniano).



### Paleoambiente

La Formación Matatere se depositó en un ambiente turbidítico (BELLIZZIA & RODRÍGUEZ 1967).

#### 3.3.2.3 Unidades cuaternarias

Estas unidades representan los sedimentos, aún no consolidados, que se encuentran distribuidas por toda el área de estudio, principalmente en 4 zonas: en el valle amplio generado entre San Felipe y Chivacoa (Valle del río Aroa), El valle de Bobare, el valle generado entre Duaca y Tamaca y una pequeña área de complejo coluvial-aluvial de pie de monte ubicado al sur de la Serranía Santa María (Fig. 65). Adicionalmente se disponen los valles que interdigitan el sector norte de Bobare en donde se encuentran las poblaciones de Mulas y El Alambre. Se encuentran también hacia el extremo sureste del mapa entre las poblaciones de Potrero y la Laguna. Abarcan un aproximado de 600 km<sup>2</sup>, y Representan un 30% del área total de estudio.

Las unidades cuaternarias que se encuentran dentro de la zona de estudio fueron subdivididas, tomando como base el mapa geomorfológico base de la Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (COPLANARH 1974), el cual sintetiza en un sistema de clasificación tanto, la morfología de la unidad cuaternaria como el medio depositacional.

Estas unidades están compuestas por sedimentos de granulometría media a gruesa, predominando el tamaño de arena media, pero inclusive pueden contener algunos guijarros y bloques. Por su naturaleza estos sedimentos se encuentran en contacto estratigráfico discordante con las demás unidades (Fig. 65).

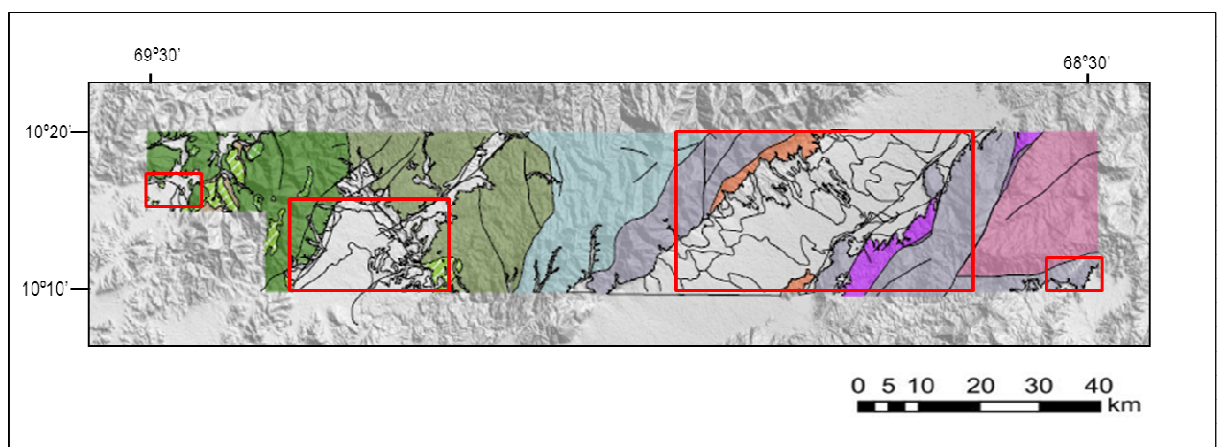


Fig. 65. Extensión de las Unidades cuaternarias.

### 3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

En los alrededores de la región de Bobare-San Felipe existe una compleja conjunción de sistemas orogénicos como lo son la Cordillera de los Andes de Mérida y la Cordillera de la Costa además de tener al norte la cuenca invertida de Falcón y pertenecer al extremo oriental de las Napas de Lara. La zona de estudio está afectada por numerosas estructuras, de las cuales existen 2 tipos principales: fallas de corrimiento y fallas de ángulo alto. Los plegamientos se presentan en zonas muy locales que no abarcan grandes extensiones.

#### 3.3.1. Fallas de corrimiento

Estas se encuentran distribuidas en toda el área de estudio y consisten en fallas de gran extensión que van de 5 a 25 km de longitud, con una orientación predominantemente de noreste y el corrimiento se presenta con sentido norte en la mayoría de estas falla existiendo algunas pocas excepciones con buzamiento sur.

En lo que se refiere al área perteneciente al estado Lara, específicamente al oeste de la región de estudio, al sur del pueblo de Los Cochinos se encuentra un conjunto de corrimientos de contornos lobulares y con buzamiento norte que ponen en contacto a la Formación Bobare suprayacente a la Formación Carorita. También ponen en contacto a la Formación Matatere con la Formación Carorita.

Hacia el sureste del pueblo de Las Mulas, entre el Cerro Cartero y el Cerro Charrasco existe un corrimiento de mayor extensión y con contornos lobulares que va de norte a sur con una tendencia de buzamiento norte y varia hacia el noreste del pueblo el Sancho con un nuevo sentido de buzamiento hacia el sur. Pone en contacto a la Formación Bobare suprayacente a la Formación Barquisimeto. Paralelos hacia el este se encuentran dos corrimientos adicionales: a 1,5 km La Formación Barquisimeto sobrecorre a la Formación Matatere y está cubierta por sedimentos cuaternarios hacia el extremo norte hasta poner en contacto a la Formación Matatere con la Formación Bobare cerca del pueblo el Cardón ; a 500m de este segundo corrimiento, la Formación Matatere sobrecorre a la Formación Bobare. Esta última está cubierta por sedimentos cuaternarios hacia la parte norte y tiene forma de “u” en donde el extremo oeste de esta morfología tiene una tendencia de buzamiento hacia el sur y la parte oeste tiene una tendencia de buzamiento hacia el norte.

Entre el cerro Suspiral y el cerro La Mujercita existe una falla de corrimiento que, hacia el este del poblado El Suspiral buza en sentido Sur y hacia el noreste del cerro Amarillo buza en sentido norte. Forma lóbulos en forma de “U”. Esta falla se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios en su extremo norte.

Entre el Cerro Suspiral y el Cerro Colorado se interpreta un corrimiento cubierto que pone en contacto a la formación Bobare con la Formación Barquisimeto. Dicho corrimiento posee forma lobular y buzamiento hacia el norte.

Hacia el sur del cerro Amarillo la falla de corrimiento presente posee forma lobular y buzamiento hacia el norte. Pone en contacto a la Formación Barquisimeto con la Formación Bobare. En las cercanías de la población Simara Seca el corrimiento está cubierto por sedimentos cuaternarios.

Entre el cerro González y el cerro La Mujercita se presentan dos fallas de corrimientos paralelas y distantes entre sí 500 metros las cuales se prolongan hasta el cerro Chata tomando una morfología en forma de “u” y en ambos extremos con buzamiento hacia el Norte. Las fallas se presentan cubiertas en el valle elongado en donde reposa parte del poblado El Sancho.

La parte este de la zona de estudio dentro del estado Lara contiene dos fallas ampliamente extensas y ligeramente curvadas en relación a su morfología. El corrimiento que pone en contacto (en la parte norte) a la Formación Bobare con el esquisto de Mamey posee un buzamiento con sentido sur y va desde el norte del pueblo Agua Santa extendiéndose hacia el sur en las cercanías del pueblo Lagunitas en donde se pone en contacto la formación Barquisimeto con el esquisto de Mamey. Gran parte de la falla se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios ya que atraviesa aproximadamente 15km del valle de Duaca. Adicionalmente el corrimiento está cortada tres veces por fallas de alto ángulo más recientes con un movimiento lateral dextral. El corrimiento que va desde el Noroeste de las Cocuizas hasta la fila Morrocoy posee una tendencia de buzamiento hacia el sur que cambia por el sector de Tumaque. Pone en contacto al Esquisto de Mamey con el Esquisto de Aroa.

En lo que se refiere al área perteneciente al estado Yaracuy, específicamente al este de la región de estudio En lo que se refiere al área de la región de estudio, perteneciente al estado Lara, específicamente al oeste, cercano a las poblaciones de Mucuragua y Agua Dulce

existe un conjunto de corrimientos con sentido norte que ponen en contacto cuerpos de la Formación Barquisimeto suprayacente a la Formación Bobare, generando ciertos lóbulos en forma de “U” y debido a la erosión diferencial existente en la zona se generan klippen de menor extensión.

Al sur de las poblaciones de El Curari y Agua Dulce se encuentra un conjunto de corrimientos de contornos lobulares con variación de buzamiento norte a este que ponen en contacto cuerpos de la Formación Carorita con la Formación Bobare. También ponen en contacto un pequeño cuerpo de la Formación Matatere con la Formación Carorita.

Existe un corrimiento de mayor extensión que va de norte a sur con una tendencia de buzamiento norte y varia en las cercanías de Mucuragua a buzarse con sentido oeste. El mismo se presenta con contorno linear al norte y forma lóbulos en forma de “U” cercano al valle donde fluye la quebrada Bobare, donde cambia a buzarse con sentido oeste y pone en contacto la Formación Bobare que sobrecorre al Esquisto de Mamey.

Paralela a esta falla de corrimiento y conservando características morfológicas se presenta otra de mayor longitud que pone en contacto las unidades del Esquisto de Mamey con el Esquisto de Aroa, al norte de la población de El Guarapo se observa esta misma falla pero cubierta por sedimentos cuaternarios y en su extremo sur cercano a las poblaciones de Agua Salada, La Quinta y La Danta, esta varia su buzamiento con sentido sur.

En lo que se refiere al área de la región de estudio, perteneciente al estado Yaracuy, específicamente al este, Existe una falla de corrimiento que va de norte a sur desde el Cerro La Cumbre hasta el Cerro. Buza hacia el norte y tiene una morfología ligeramente curvada. Pone en contacto al Esquisto de Aroa y al Complejo Nirgua Hacia el extremo sur se encuentra en algunas zonas cubiertas por sedimentos cuaternarios. Paralela a esta pero de menor extensión y conservando las características morfológicas se encuentra otra falla de corrimiento que va (de norte a sur) desde el pueblo del Naranjal hasta las cercanías de Palo Grande. La misma buza hacia el norte y pone en contacto al Complejo Nirgua con el Gneis de Yaritagua.

Hacia el oeste de la región de estudio, se localiza una falla de corrimiento con morfología rectilínea que va de norte a sur, desde la Montaña La Palma hasta la ladera este del cerro Papelón. El buzamiento es hacia el norte y pone en contacto al Complejo San Julian con diferentes unidades a lo largo de su extensión: En el extremo norte con el

Complejo Carayaca y con la Unidad de Serpentina. Hacia el extremo sur está en contacto con el Complejo Nirgua.

Finalmente se extiende de este a oeste una falla de corrimiento que recorre toda la ladera sur de la Serranía Santa María pasando por las cercanías del pueblo Guayabalito. Buza hacia el Norte y pone en contacto al complejo San Julián y al Complejo Nirgua. (Fig 66)

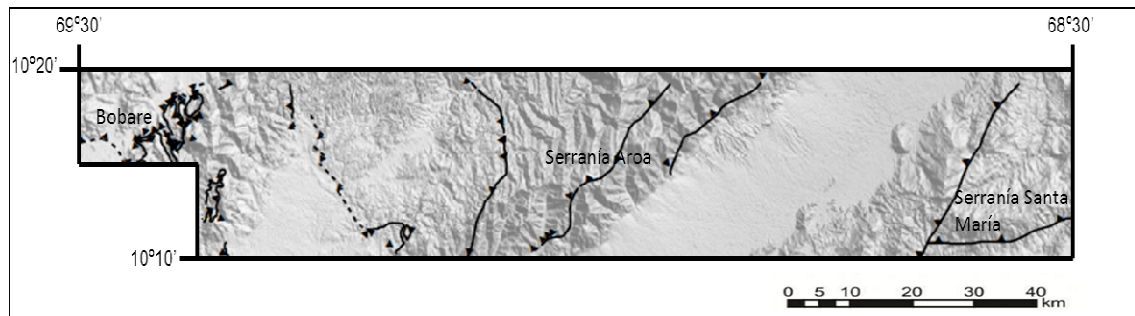


Fig. 66. Fallas de corrimiento existentes en la zona de estudio.

### 3.3.2. Fallas de alto ángulo

Existen tres sistemas de falla de alto ángulo, uno con fallas de extensión media con fallas agrupadas y pseudoparalelas con orientación noreste, otro con fallas de poca extensión fallas agrupadas y pseudoparalelas con orientación suroeste y el último de mayor extensión con orientación noreste, presentando algunas un movimiento lateral dextral. La figura 66 muestra las fallas de alto ángulo en la zona de estudio.

Hacia el sector de Bobare se encuentran dos fallas aisladas: La primera pasa por la ladera norte del cerro alambre y tiene una orientación noreste. Se puede notar como la quebrada la Lagunita que va de este a oeste, cambia de sentido al atravesar la falla y haciéndose paralela a la misma. Hacia el este del poblado El Cardón se infiere una falla de alto ángulo por donde se entalla la quebrada Morrocroy. Tiene una extensión aproximada de 8Km.

El primer sistema de falla contiene fallas de 10 a 25 km de longitud, pseudoparalelas entre sí, con un rumbo aproximado de N45W, destaca la Falla de Duaca, que se dispone por todo el valle en donde quebradas como las Veras y Nonavana han cambiado su orientación

al interceptarse con dicha estructura. Otra de las fallas destacables y de gran extensión es aquella que pasa de norte a sur por el esquisto de Mamey y por la Formación Bobare. Ambas junto con dos fallas más, poseen un movimiento lateral dextral cuyo desplazamiento es aproximadamente 800 metros afectando a la falla de corrimiento perpendicular a las mismas. Todas las fallas son lineales a ligeramente curvadas exceptuando tres fallas que se encuentran en la parte amplia del valle que son más curvadas, dos de ellas manteniendo el sentido de orientación noreste y una, en las cercanías de La Chivera, que posee orientación suroeste.

El segundo sistema de fallas se encuentra cerca de la zona de contacto entre el Esquisto de Mamey y el Esquisto de Aroa. Esta compuesto de tres fallas de poca extensión y paralelas entre sí con una morfología lineal y con una orientación aproximada de N50.

El tercer sistema está asociado a la Serranía de Aroa, contiene fallas de 10 a 35 km de longitud y se subdividen en las que presentan un contorno lineal donde destaca la mega Falla de Boconó de movimiento lateral dextral, que atraviesa el sector este de la región de estudio, de norte a sur con una orientación noreste y con un rumbo aproximado de N70W, y las que presentan una morfología curvada, donde destacan la falla que va desde el cerro La Cumbre hasta al norte del poblado el Samán. Entre los poblados Las Casitas y Durute se encuentra una falla con orientación Suroeste (distinta a las demás). Entre Las poblaciones de Santa María y La Paula las fallas de alto ángulo que pertenecen a este sistema ponen en contacto a la Unidad de serpentinita con el Complejo Carayaca y con el Complejo Nirgua. Estos dos contactos se repiten en una nueva falla generada entre la montaña Zapatero cerca de la quebrada el Pauji (Fig. 67).

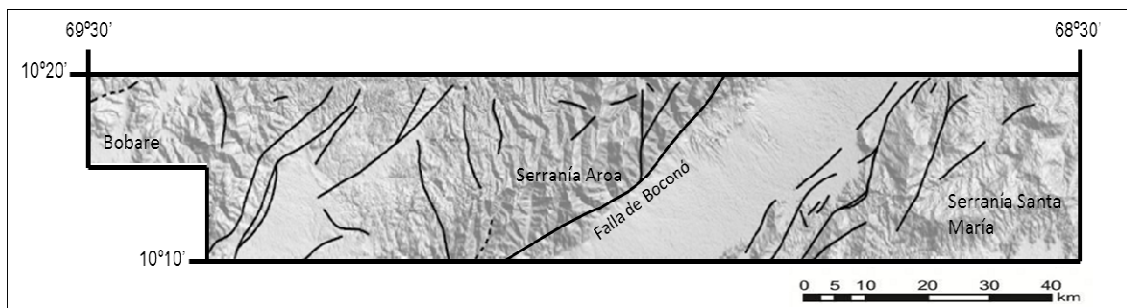


Fig. 67. Fallas de alto ángulo existentes en la zona de estudio.

## 4. INTERPRETACIONES Y DISCUSIONES

En este capítulo se incluirán las interpretaciones que surgen a partir del análisis petrográfico de las muestras recolectadas y la recopilación cartográfica de la región de Bobare – San Felipe; Además se presenta un modelo evolutivo que explique la configuración geológica allí presente.

### 4.1 PETROGRAFÍA

#### 4.1.1. Complejo Nirgua

El Complejo Nirgua presenta cinco tipos litológicos aflorando en las quebradas La Palma, La Mopera, Agua Buena y en los afloramientos observados en la Vía principal a Nirgua, estado Yaracuy:

- Mármol muscovítico: Carbonatos + muscovita + plagioclasa + cuarzo ± clorita ± ± rutilo + epidoto + opacos.
- Esquisto plagioclásico-actinolítico-clinozoisítico: Plagioclasa + actinolita + clinozoisita + clorita + cuarzo + muscovita ± epidoto ± opacos.
- Esquisto cuarzo-muscovítico-plagioclásico: Cuarzo + muscovita + plagioclasa + clorita + opacos ± epidoto.
- Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso: Carbonatos + Cuarzo + Muscovita + Grafito + Opacos.
- Esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico: Plagioclasa+ carbonatos+ cuarzo+ muscovita+ clorita+grafito ± epidoto ± opacos.

Dentro de la redefinición de Nirgua, estas rocas se integran correctamente dentro del primero de los dos grupos establecidos en esta la unidad. Sin embargo, el esquisto plagioclásico-actinolítico-clinozoisítico por el contrario se ubicaría dentro del segundo grupo de rocas metavolcánicas.

Globalmente en esta unidad se incluyen como protolitos sedimentos siliciclásticos y carbonáticos y raras intercalaciones de volcánicas máficas. Se interpreta al protolito del

Esquisto cuarzo-moscovítico-plagioclásico como sedimentos pelíticos ricos en materia orgánica. El protolito del esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico consiste en material volcánico e implican actividad ígnea.

Los mármoles analizados indican un protolito de sedimentos carbonáticos con material carbonoso. El contenido de grafito indica condiciones reductoras y por lo menos una circulación restringida de aguas. BELLIZZIA & RODRIGUEZ (1976) indican que estas rocas de estratificación delgada y ricas en grafito y algunas veces pirita indican sedimentación en aguas profundas.

El esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico muestra características texturales importantes que evidencian las deformaciones durante el proceso de metamorfismo como la textura helicítica de las plagioclasas y dos posibles periodos de deformación, indicado por la presencia de texturas de crenulación asociadas al grafito. El metamorfismo retrogrado se refleja, en este caso, por la sustitución total de la biotita por agregados de clorita epidoto y opacos. La plagioclasa se reajusta a sericita y a clinozoisita. De forma general, las rocas sufrieron un metamorfismo de bajo grado a medio con minerales índice como biotita y posteriormente un metamorfismo retrógrado a la facies de esquistos verdes (clorita).

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.

#### **4.1.2. Esquisto de Mamey**

El Esquisto de Mamey presenta dos tipos litológicos aflorando en las quebradas La Virgen y Nonavana, estado Lara:

- Metarenisca cuarzosa: Cuarzo + plagioclasa+ muscovita ± calcita ±rutilo ±clorita+ +fragmentos de roca+ matriz y cemento con minerales de arcilla + cuarzo y material carbonático. Nunca pongas calcareo, pon carbonatico
- Marmol cuarzoso-grafitoso: Carbonatos + cuarzo ± muscovita + plagioclasa + fragmentos de roca + componentes aloquimicos.



La meta-arenisca cuarzosa posee tamaño de grano que va desde areniscas muy finas a muy gruesas por lo cual en base al escogimiento pobre, esfericidad media-baja y redondez subangular la metaarenisca posee un estado submaduro. La textura crenulada de las micas es un aspecto importante para señalar que la roca sufrió deformación, aunque los fragmentos que la componen no se encuentran cizallados. La extinción ondulatoria es indicativa del aumento de presión y temperatura que fue sufriendo la roca y también puede denotarse este aumento en los contactos entre la matriz arcillosa son longitudinal y cóncavo convexo, aunque todavía conserve la textura reliquia de su roca original. La clorita ocurre como una alteración primaria de las micas y es común en este tipo de rocas inmaduras en la cual se ha reemplazado a otros minerales de arcilla en el momento en que la diagénesis se pone en límite con el metamorfismo.

El mármol de esta unidad indica un metamorfismo de grado muy bajo en donde se conservan estructuras sedimentarias como las estilolitas (por efectos de la presión-solución) y componentes aloquímicos.

Los sedimentos de la cuenca fueron metamorfizados posteriormente a los distintos tipos litológicos encontrados. El metamorfismo regional corresponde a la facies de esquisto verde (zona de la clorita). Se considera que esta unidad es producto de una sedimentación nerítica de margen pasivo durante el Cretácico Temprano.

#### **4.1.3. Esquisto de Aroa:**

El Esquisto de Aroa presenta un tipo litológico aflorando en el sector Buenos Aires:

- Esquisto carbonático cuarzo-muscovítico: Carbonatos+ cuarzo+ clorita+ muscovita +grafito +plagioclasa ±opacos.

La existencia de grafito y pirita indica un ambiente sedimentario reductor en aguas de circulación restringida, es decir, ambientes poco profundos de borde de plataforma continental con condiciones restringidas o lagunares que hayan permitido la acumulación de la materia orgánica, ahora grafito, y por la cercanía del continente explicaría la presencia de arcilla illítica ahora transformada a moscovita y la presencia de cuarzo.

El esquisto presenta bandeamiento, granos dúctiles deformados, debido a efectos de la presión-solución.

Los sedimentos de la cuenca fueron metamorfizados posteriormente a esquisto grafitoso carbonático, filita grafitosa carbonática y mármol laminado. El metamorfismo regional corresponde a la facies del esquisto verde (zona de la clorita)

#### **4.1.4. Formación Carorita:**

La Formación Carorita presenta un tipo litológico aflorando Al sureste de Los Cochinos:

- Wakstone (DUHMAN), Bioesparita (FOLK): Cuarzo + fragmentos de roca+ opacos ± epidoto+ matriz y cemento de minerales de arcilla +componentes aloquímicos.

La textura y la composición de la roca se apega a las descripciones de MACSOTAY (1987) en la cual se define a las calizas de Carorita con textura wakestone a packstone, donde los bioclastos son fragmentos de bivalvos, microalgas, braquiópodos y escasos equinodermos. Dentro de la composición los cuarzos se encuentran por lo general de forma dispersa y sustentados por la matriz además de ser angulosos.

Los componentes aloquimicos (la mayoría posee forma alargada) que se encuentran fuertemente micritizados. Aunque no se logren distinguir fácilmente, CORONEL & RENZ (1960) menciona fragmentos alargados de conchas y algas en las Calizas de Carorita. MACSOTAY (1987) Menciona amonites desenrollados o enrollamiento evolutivo como el *Ancyloceras* sp. Cuya forma inicial de enrollamiento es abierta, para pasar a un tramo rectilíneo y terminar en una estructura tipo anzuelo. Por lo general se encuentran mal preservados. También incluye bioclastos esparitizados y deformados por la diagénesis. Esto último podría explicar dichos cuerpos alargados y fuertemente micritizados encontrados en la muestra analizada incluyendo que estas rocas sufrieron un metamorfismo de muy bajo grado que pudieron contribuir con la deformación.

Los sedimentos de la cuenca fueron depositados en secuencias sucesivas del margen pasivo del norte de Sur America en la cuenca oceánica del Paleo-Caribe y finalmente sufrieron un metamorfismo de muy grado bajo (pre-esquisto verde) y junto con otras rocas,

se vieron involucradas en el apilamiento de napas durante el paleógeno mediante tectónica compresiva horizontal polifásica.

#### **4.1.5. Formación Bobare:**

La Formación Bobare presenta un tipo litológico aflorando al sureste de Los Cochinos:

- Metarenisca cuarzosa: cuarzo+ feldespato K+ muscovita+ pirofilita+ fragmentos de roca+ Cemento y matriz con minerales de arcilla, cuarzo y otros.

La meta-arenisca cuarzosa posee un buen escogimiento y contactos cóncavo-convexos y suturados, sugiriendo un soterramiento profundo de alta presión y temperatura, lo que indica que se encuentran en un estadio diagenético tardío. La extinción ondulatoria también es un indicativa del aumento de presión y temperatura que fue sufriendo la roca.

La presencia de pirofilita se debió a la recristalización metamórfica a muy bajo grado de la matriz arcillosa rica en aluminio (caolinítica) de dicha arenisca. La muscovita es mayoritariamente detrítica, y en parte constituye pseudomatriz deformada entre los granos de cuarzo; además de estar ligeramente cloritizada.

Las características mineralógicas corresponden a lo que propone MACSOTAY *et al.* (1987), por ser una secuencia pelítica-psammitica, depositados en paleoambientes de talud y faldón epi-insular. Todas estas características coinciden también con las descritas por BELLIZIA & RODRÍGUEZ, 1967, 1968), acerca de la composición y variedad de litologías descritas en el presente trabajo.

El protolito de esta formación se vio afectado por un metamorfismo de muy bajo grado (facies pre-esquisto verde).

#### **4.1.6. Formación Barquisimeto:**

La Formación Barquisimeto presenta dos tipos litológicos aflorando en las cercanías del poblado de Nonavana específicamente en la quebrada La Virgen y el segundo, en el cerro La Mujercita:

- Arenisca conglomerática: Cuarzo+ plagioclasa± muscovita± epidoto± sericita ± zircón ± Fragmentos de roca + cemento y matriz arcillosa

- Caliza: Cuarzo+ opacos ± epidoto± feldespato K± cemento y matriz arcillosa.

La caliza presenta granos de cuarzo embebidos en la matriz carbonática con una gran cantidad de material orgánico esto indica que se depositó en un ambiente somero con intercalación de lutitas sometido luego a metamorfismo de bajo grado, esta descripción se apega a lo que BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1968).

La arenisca conglomerática se caracteriza por el contacto entre los granos que es en su mayoría cóncavo-convexo, suturado y longitudinal indicativos de una compactación media-alta, compuesta principalmente por cuarzo y fragmentos de roca de tipo sedimentaria se apega a la descripción de sedimentos terrígenos hechos MACSOTAY *et al.* (1987).

El protolito de esta formación se vio afectado por un metamorfismo de muy bajo grado (facies prehnita-pumpellita).

#### **4.1.7. Formación Matatere:**

La Formación Barquisimeto presenta un tipo litológico aflorando en la intersección de la quebrada simatra con la carretera.

- Arenisca cuarzosa: cuarzo+ feldespato+ muscovita± epidoto± apatito± zircon± fragmentos de roca.

La arenisca cuarzosa posee un escogimiento medio y contactos cóncavo-convexos y suturados, sugiriendo un soterramiento profundo de alta presión y temperatura, lo que indica que se encuentran en un estadio diagenético tardío. La extinción ondulatoria también es una indicativa del aumento de presión y temperatura que fue sufriendo la roca. La presencia de clorita en el cemento es indicativo del metamorfismo de bajo grado al cual se sometió la roca.

Con respecto a la composición, las características mineralógicas corresponden a lo que proponen Bellizzia & Rodriguez *et al.* (1976) referente a areniscas compuestas esencialmente de cuarzo, con proporciones menores de feldespato, micas, pirita, circón y fragmentos líticos. La matriz se compone de arcillas con algo de calcita y clorita.

El protolito de esta formación se vio afectado por un metamorfismo de muy bajo grado (facies pre-esquistos verde)

En resumen las unidades metamórficas que integran el área de estudio presentan las siguientes facies metamórficas descritas en la tabla 43.

Tabla 22 Facies metamórficas en las unidades estudiadas.

<b>Unidades Metamórficas</b>		
<b>Unidades</b>	<b>Mineralogía</b>	<b>Facies metamórficas</b>
<b>Esquistos de Aroa</b>	Calcita, cuarzo, clorita, muscovita, grafito, plagioclasa, pirita.	Esquisto verde, zona de la clorita.
<b>Esquisto de Mamey</b>	Cuarzo, plagioclasa, muscovita, clorita, calcita, glauconita, rutilo, clorita, fragmentos de roca, calcita.	Esquisto verde, zona de la clorita.
<b>Serpentinita</b>	Ortopiroxeno, talco, calcita, óxido de hierro	Esquisto verde, zona de la clorita.
<b>Complejo Nirgua</b>	Calcita, muscovita, plagioclasa, cuarzo, clorita, rutilo, biotita, epidoto, actinolita, clinozoisita, grafito, magnetita.	Facies más antigua: Esquisto verde (biotita). Facies más joven: Esquisto verde, zona de la clorita.
<b>Complejo Carayaca</b>	Granate, clinopiroxeno, glaucofano, paragonita, granate, cianita, talco, muscovita, plagioclasa, epidoto, calcita.	Facies más antigua : eclogita y esquistos azules. AP-BT ~75 km Facies más joven: Esquistos verdes, zona de la clorita.
<b>Gneis de Yaritagua</b>	plagioclasa , cuarzo, feldespato, muscovita, microclino, clorita, epidoto, biotita, granate, hornblenda, hornblenda - actinolítica y ocasionalmente glaucofano,	Facies más antigua: anfíbolita epidótica a esquisto verde E.V. (biotita) Facies más joven: Esquistos verdes, zona de la clorita.
<b>Complejo San Julián</b>	Cuarzo, feldespato, plagioclasa, epidoto, clorita, calcita, anfíbol, biotita, muscovita, granate, actinolita, hornblenda.	Facies más antigua: anfíbolita epidótica a esquistos verdes E.V. (biotita) Facies más joven: Esquistos verdes, zona de la clorita.

## 4.2. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

En la zona de estudio destaca una diversidad de unidades que afloran, las cuales se separan en unidades sedimentarias y metamórficas que son las que ocupan un mayor porcentaje del área total. La relación estratigráfica entre ellas y la variedad de edades que presentan, evidencian la complejidad estructural de la zona de estudio. La cartografía generada en cada uno de los mapas incluidos en el presente trabajo, muestra el presente geológico del área, y está construida con base en las interpretaciones realizadas por diversos autores y el trabajo de campo realizado en este proyecto.

STEPHAN (1982) describe un “complejo tectónico-sedimentario de Lara” que consiste en una asociación de afloramientos paleocenos-eocenos con olistolitos asociados sedimentariamente, y tectónicamente cabalgados hacia el SSE por las napas. Según URBANI & MENDI (2010) este concepto hace referencia al “surco de Barquisimeto” que no es más que la cuenca ante-país en la cual se rellenarían los sedimentos que conforman la Formación Matatere. Esta última, junto con rocas del mismo margen pasivo ligeramente metamorfizadas (pre-esquistos verdes) se ven involucrada en el apilamiento de las napas. En el área de estudio las unidades cartográficas que afloran en el este, muestran el efecto de este apilamiento denotándose fallas de corrimiento con sentido de buzamiento noroeste mayoritariamente que es la orientación de deformación originada por la interacción de la placa Caribe con la Sudamericana que empuja el margen pasivo hacia el sureste interactuando con la placa sudamericana.

La disposición de las formaciones del área de estudio es producto de los eventos de emplazamientos que dieron origen a las Napas de Lara, que al formarse estas se sobrecorrieron unas con otras quedando invertidas en su relación cronoestratigráfica.

El Esquisto de Mamey está en contacto de falla con la provincia de las Napas de Lara que a su vez está afectada por un metamorfismo incipiente en facies pre-esquistos verdes. En el área de estudio el Esquisto de Mamey se pone en contacto de falla de corrimiento con la Formación Bobare. La yuxtaposición de las rocas metamórficas con las unidades

sedimentarias del Cretácico-Paleógeno, corresponde al evento de apilación de las Napas de Lara en tiempos del Eoceno medio - Oligoceno.

En base a un control morfo-litológico, el Esquisto de Mamey se diferencia del esquisto de Aroa por presentar mayor rugosidad y ser más pizarroso que el Esquisto de Aroa. También se puede evidenciar en la densidad del drenaje. En la zona se encuentran en contacto de falla de corrimiento con orientación noreste y buzamiento del corrimiento este. URBANI *et al.* (2012) considera que el Esquisto de Las Mercedes pueden ser correlacionado con la unidad del Esquisto de Aroa.

Los cuerpos de serpentinita son de formas elongadas y están delimitados por fallas de alto ángulo.

El Gneis de Yaritagua a su vez está en contacto de corrimiento con el Complejo Nirgua y a nivel cartográfico se puede distinguir un cambio de pendiente (observado también en el campo) que puede estar controlado por la diferencia litológica entre unidades.

El Complejo San Julián se encuentra en contacto de falla de corrimiento con los complejos Nirgua y Carayaca y con un cuerpo de serpentinita ubicado al noreste de la región. En el campo se interpretó la traza del contacto entre los complejos San Julián y Nirgua reflejado a partir de una ensilladura localizada camino al este de la quebrada La Palma (Punto Ya13-503).

Las nuevas unidades propuestas con el nombre de Complejo Carayaca y la nueva Nirgua muestran diferencias litológicas marcadas por un evento metamórfico de alta presión y bajas temperaturas. El contacto de falla entre estas dos unidades ha sido interpretado como de corrimiento. En algunas áreas se puede distinguir por relaciones geométricas espaciales marcadas en una mayor rugosidad en los terrenos que conforman al Complejo Carayaca con respecto a Nirgua.

De forma generalizada, en la región de estudio existen dos tipos de estructuras principales: fallas de corrimiento y fallas de ángulo alto. Las fallas de corrimiento en los contactos de las unidades sedimentarias con las metamórficas, y de las unidades metamórficas con otras del mismo tipo, están asociadas con el emplazamiento de las mismas en la zona continental por los mismos eventos que produjeron las Napas de Lara.

Las fallas de alto ángulo que presentan orientación este-noreste en su mayoría, afectan a las unidades del Mioceno y Plioceno, estas están asociadas con el proceso de inversión de la cuenca de Falcón a partir del Mioceno medio (BOESI & GODDARD 1991, BAQUERO *et al.* 2009). AUDEMARD *et al.* (1998) reportan la presencia de fallas neotectónicas de corrimiento, en el valle de Aroa, los cuales sobrecorren a las unidades más antiguas sobre los sedimentos cuaternarios; también se menciona fallas de alto ángulo que cortan hoy en día a toda la secuencia depositada. Las fallas encontradas en la parte centro-este de la región de estudio generan la bifurcación de las unidades metamórficas presentes entre esta destacan las fallas de Boconó de movimiento lateral dextral que atraviesa el sector este de la región de estudio, de norte a sur con una orientación noreste y con un rumbo aproximado de N70W. Este conjunto de fallas asociadas generaron un valle amplió en forma de “U” donde se depositan los sedimentos de los tributarios y del mismo río Yaracuy. La Falla de Boconó Se une a la falla de San Sebastián al norte. El movimiento a lo largo de esta falla podría explicar el cambio de las directrices tectónicas en la Serranía de Aroa con respecto a las de la Cordillera de la Costa. 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.

#### 4.3. HISTORIA GEOLÓGICA

Se propone la siguiente secuencia de eventos que intente explicar la configuración actual que presentan las rocas en la región entre Bobare y San Felipe.

##### **Precámbrico (Proterozoico)**

Los terrenos que se generaron en el Mesoproterozoico probablemente están expuestos a procesos de meteorización, estos generan sedimentos que se depositarán en los márgenes continentales del momento. Posteriormente estos sedimentos son metamorfizados, y sean los que probablemente formen a las rocas metasedimentarias del actual Gneis de Yaritagua y probablemente parte el Complejo San Julián.



### **Paleozoico**

Para este tiempo, se genera lo que vendría a ser el protolito del futuro Complejo San Julián y probablemente parte del Complejo Nirgua (rocas consiste en sedimentos siliciclásticos y carbonáticos además de raras intercalaciones de volcánicas máficas.)

### **Cretácico**

En este período las rocas protolito de las unidades metamórficas de bajo grado de la Cordillera de la Costa (esquistos de Aroa y Mamey) fueron depositados en cuencas oceánicas anóxicas al noroeste de la zona de estudio, en un ambiente de margen pasivo, y que guardan estrecha relación con las unidades que se depositan en este período en las cuencas del occidente del país.

También Se produce la depositación de unidades sedimentarias que serán el protolito de del Grupo Lara (las formaciones Carorita Bobare, Barquisimeto; La primera y la última con alto contenido de materia orgánica) las cuales fueron depositadas en el margen pasivo del norte de suramerica, algunas más allá de la profundidad de compensación de carbonatos, máxima alcanzada durante este periodo.

Las rocas del actual Complejo Carayaca, constituyen un melange del complejo de subducción del Gran Arco del Caribe, llegando a profundidades de hasta 75 km, lo cual generaría un metamorfismo de alta presión y baja temperatura (AP-BT) que afectarían a estas rocas. A finales del Cretácico Tardío comienza su exhumación de tres etapas.

### **Paleoceno-Eoceno**

La placa Caribe comienza a interactuar de manera oblicua con la placa Sudamericana durante el Paleoceno-Eoceno Medio a partir del empuje ejercido por el arco insular proveniente del Pacífico justo en el borde norte de la placa Suramericana. Como efecto de este choque provoca una serie de emplazamientos comenzando por las Napas de Lara y seguidamente adosa todos los demás terrenos que la placa Caribe arrastra desde su migración desde el Pacífico, apilando todo el conjunto de rocas pertenecientes a la Cordillera de la Costa y parte de las rocas Precámbricas pertenecientes al terreno Falconia. Este conjunto de napas están conformadas, entre otras, por rocas pertenecientes al Esquisto de Aroa y Mamey y a los Complejos Nirgua y Carayaca.

Al principio de este proceso de apilamiento de napas produce una cuenca antepaís en la cual se depositan las turbiditas que componen la Formación Matatere, sobre rocas del proto-Caribe y protolitos de otras unidades del margen pasivo. Esta secuencia de matatere contiene olistolitos métricos a decamétricos de las rocas que se originaron durante el Cretácico. Todos estos emplazamientos de napas terminan para el Oligoceno temprano ya que se produce un cese de la compresión producto del paso al este del arco de islas.

Desde el comienzo del avance del arco del Caribe, el proto-Caribe comienza a ser desplazado y consumido por la placa Caribe con su movimiento este-oeste, además esta última empieza a generar una subducción hacia el sur de bajo ángulo con la placa Suramericana (PINDELL *et al.* 2005, BAQUERO *et al.* 2009) (Fig. 75).

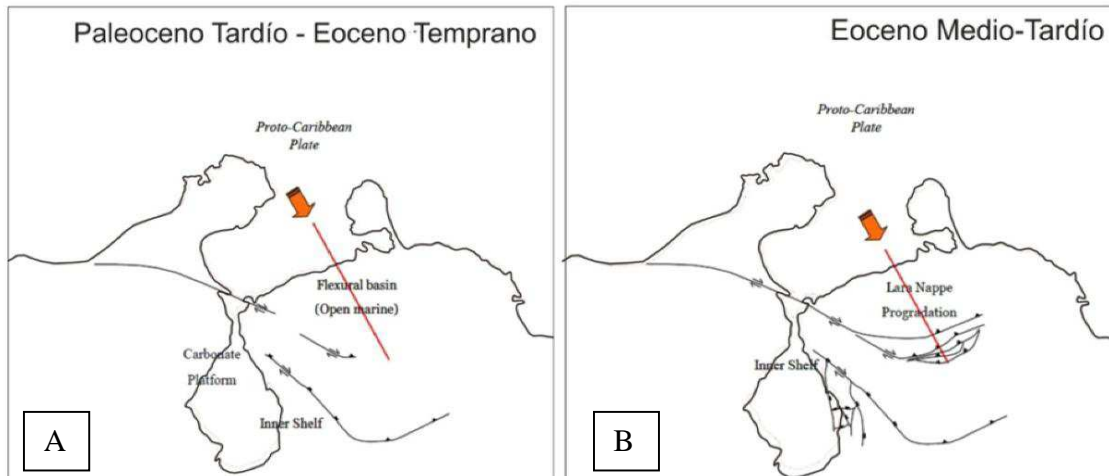


Fig. 68. A) Paleoceno Tardío – Eoceno Temprano, se genera una cuenca antepaís donde se deposita la Formación Matatere. B) Eoceno Medio – Eoceno Tardío, culmina el emplazamiento de las napas de Lara. Imagen tomada de BAQUERO *et al.* (2009).

### Oligoceno medio – Mioceno medio

Como producto del paso al este del arco de islas, se produce un cese de la compresión y se genera un régimen extensional en la región falconiana, lo que genera un surco debido a la reactivación de fallas pre-existentes, simultáneamente un colapso tectónico y un adelgazamiento de la corteza, lo que genera estructuras tipo graben que da origen a la cuenca falconiana con orientación OSO-ENE, en el cual en períodos del Oligoceno tardío - Mioceno temprano ocurre una transgresión hacia las tierras adyacentes (DÍAZ DE GAMERO

1976), ocasionando una discordancia de gran angularidad y de extensión regional (URBANI& MENDI 2010) (Fig. 12).

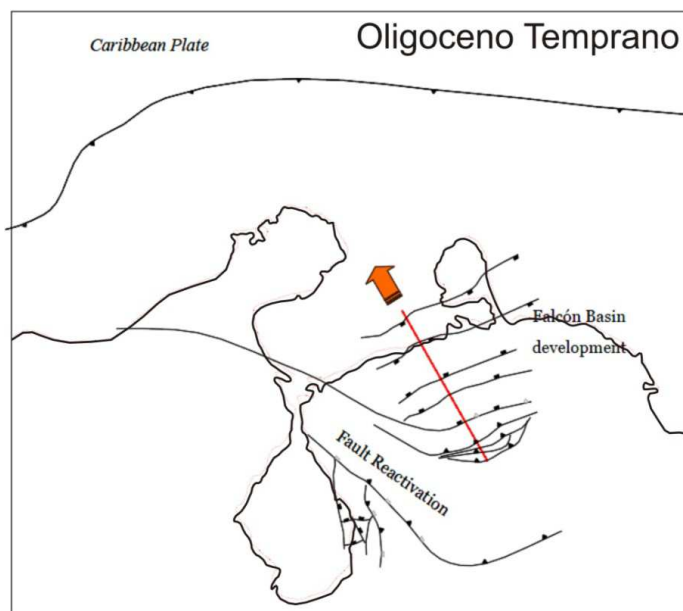


Fig. 69. Oligoceno Temprano. Generación de la cuenca de Falcón por un régimen distensivo. Tomado de BAQUERO *et al.* (2009).

El último evento estructural propuesto por BAQUERO *et al.* (2009), es la generación de nuevas fallas debido a la acción de la placa Caribe, durante el Mioceno Tardío al Reciente, que cortan a las preexistentes y que coinciden con el levantamiento de los Andes, el cual genera un nuevo nivel de despegue propagado desde el sur. Se trata de fallas de alto ángulo de gran extensión con componente transcurrente dextral y orientación suroeste-noreste que podrían asociarse al sistema de fallas de Boconó ubicada al sureste de la región de estudio. Luego de la generación de este sistema de fallas, se forma otro sistema de fallas de componente transcurrente pero con orientación este-noreste y este-oeste que podrían asociarse al sistema de fallas Oca-Ancón, que según AUDEMARD *et al.* (1998) en los límites del valle de Aroa existen fallas “neotectónicas” que van desde el Mioceno hasta el reciente, que sobrecorren las secuencias más antiguas depositadas sobre las unidades cuaternarias a manera de cierre de estos valles por actividad tectónica y de esta manera se logra obtener la configuración actual de la zona.

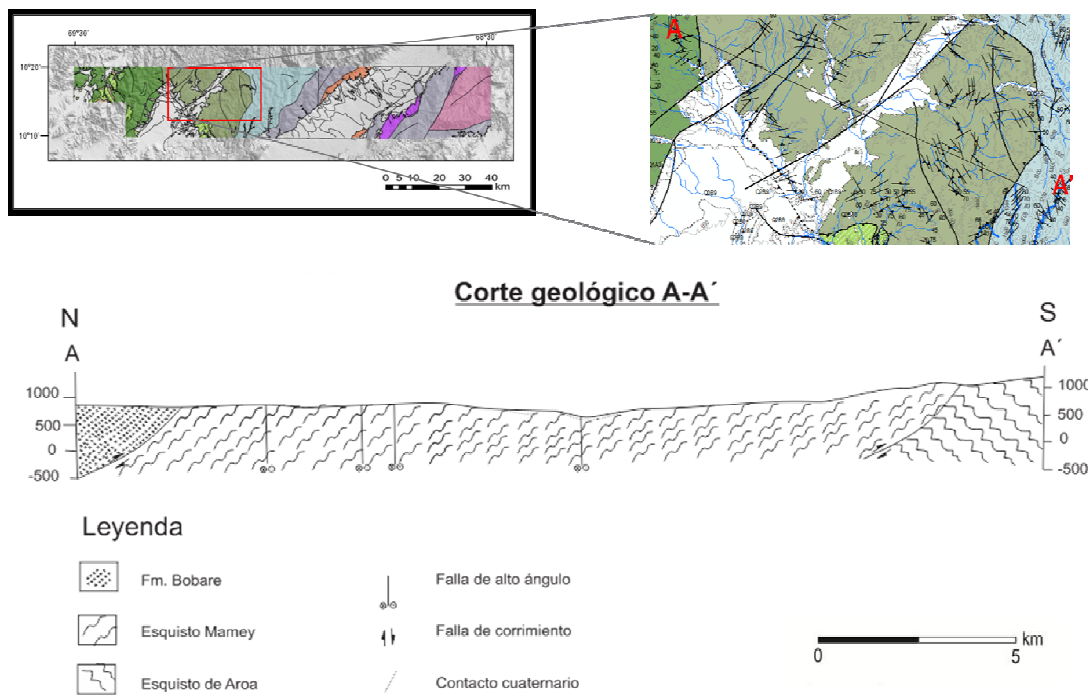


Fig. 70A. Corte geológico A-A' del área de estudio.

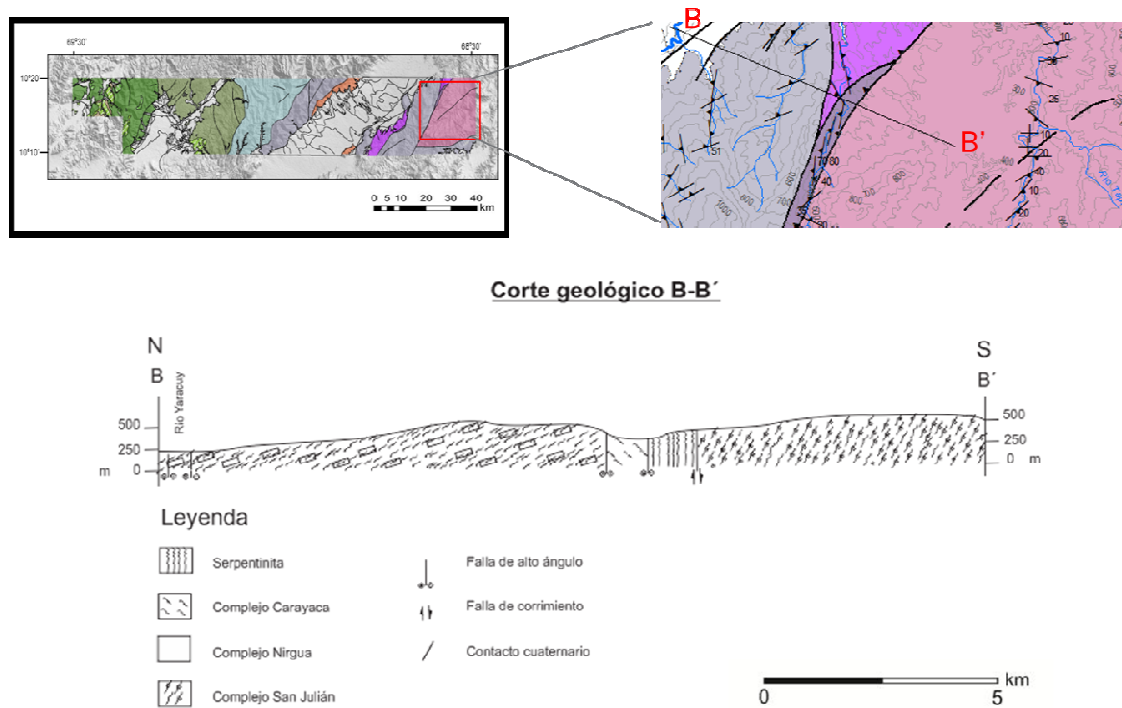


Fig. 70B. Corte geológico B-B' del área de estudio.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La región comprendida entre las poblaciones de Bobare y San Felipe ubicada entre los estados Lara y Yaracuy afloran rocas sedimentarias y metamórficas con un rango de edades amplio, que va desde el Proterozoico hasta el Reciente. En el área existe una gran diversidad de litologías que le agrega, un componente adicional de complejidad a la historia geológica del área de estudio.

Las rocas que se generaron en el Proterozoico están conformadas por la unidad ígneo-metamórfica, perteneciente al Complejos San Julián. Entre el Neoproterozoico al Paleozoico surgió el Gneis de Yaritagua y finalmente entre el Paleozoico al Mesozoico se generaron las rocas que conforman al Complejo Nirgua.

Las rocas que se generaron en el Mesozoico están representadas por las rocas metamórficas del Complejo Carayaca (un complejo de subducción), los esquistos de Mamey y Aroa y las rocas sedimentarias del Grupo Lara (Las Formaciones Carorita, Bobare y Barquisimeto). Estas rocas, a excepción de las pertenecientes al Grupo Lara, se encuentran incluidas en la secuencia de terrenos de la Cordillera de la Costa que fueron emplazadas durante el Paleoceno-Eoceno Medio. Las rocas del Grupo Lara se depositaron en cuencas oceánicas anóxicas, en un ambiente de margen pasivo, a medida que se acentuaba la transgresión cretácica.

La secuencia terciaria se encuentra representada principalmente por la Formación Matatere, en el Eoceno medio la cual se deposita como una secuencia turbidítica tipo flysch, en una cuenca antepaís generada por la interacción del arco de islas del Caribe con la Placa Sudamericana. La depositación fue sincrónica con el inicio del emplazamiento de las napas de la Cordillera de la Costa lo cual produjo que parte de estos sedimentos quedaran incluidos dentro de las napas como grandes lentes.

El apilamiento de las napas produjo que los esquistos de Mamey y Aroa se acomodaran de manera invertida en la probable secuencia cronológica, aunado a estos apilamientos, la Formación Barquisimeto sobre Bobare y que a su vez esta última sobrecorre al Esquisto de Mamey.

En el Cuaternario, se depositaron una serie de unidades aluvionales entre las cuales se destacan los abanicos de explayamiento ubicados entre San Felipe y Chivacoa. También es

notable la presencia de sedimentos cuaternarios con cantos semi-redondeados, que se encuentran principalmente en las laderas de muchas colinas.

Con respecto a los estudios petrográficos:

Dentro de la redefinición del Complejo Nirgua, se plantean dos grupos fundamentales: El primer grupo conformado por esquisto-cuarzo-moscovítico, esquistos carbonato, mármol, cuarcita y gneis cuarzo - muscovítico ( $\pm$  biotita) – plagioclásico. El segundo grupo formado por rocas verde de origen volcánico ya sean masivas o que presenten esquistosidad con actinolita, clorita y epidoto. Las rocas obtenidas en los cortes presentes en la vía principal hacia Nirgua y los obtenidos en el río Guama concuerdan con esta gama litológica propuesta. Dentro de la zona fueron recolectadas muestras del primer grupo mientras que otros autores tuvieron evidencias de rocas identificadas dentro del segundo grupo. La muestra Ya13-517 que corresponde a un esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico muestra evidencias de los efectos del metamorfismo a través de las características texturales como lo es la textura helicítica. El metamorfismo retrogrado se refleja, en este caso, por la sustitución total de la biotita por agregados de clorita, epidoto y opacos. La plagioclasa se reajusta a sericita y a clinzoisita. De forma general las rocas sufrieron un metamorfismo de bajo grado a medio con minerales índice como biotita y posteriormente un metamorfismo retrógrado a la facies de esquistos verdes (clorita).

Los esquistos de Aroa y Mamey sufrieron un metamorfismo de grado muy bajo (facies de esquistos verdes, zona clorita). La muestra La13-520 ubicada dentro de las litologías correspondientes al Esquisto de Mamey y correspondiente a mármol cuarzo indica en donde se conservan estructuras sedimentarias como las estilolitas y componentes aloquímicos. La muestra La13-518 ubicada dentro de las litologías correspondientes al Esquisto de Aroa presenta bandeamiento, granos dúctiles alterados, por efectos de la presión-solución, indicando parte de este proceso de deformación.

Las formaciones del área de estudio referentes al Grupo Lara (Carorita, Bobare y Barquisimeto) se vieron afectadas por un metamorfismo de muy bajo grado (facies pre-esquistos verde para Carorita y Bobare y facies prehnita-pumpellita para Barquisimeto.). La muestra La13-524 muestra cristales de pirofilita cuyo origen se debe a la

recristalización metamórfica a muy bajo grado de la matriz arcillosa rica en aluminio (caolinítica) de la roca.

Con respecto a los estudios tectono-estratigráficos:

Las unidades sedimentarias y metamórficas cretácicas que se encuentran dentro de la zona de estudio, están limitadas por fallas de corrimiento con orientación suroeste-noreste, generadas durante el emplazamiento de las napas de la Cordillera de la Costa, durante el Paleoceno-Eoceno. Respecto a las fallas de ángulo alto presentes en la zona son de edad Mioceno medio a Reciente y forman tres sistemas: El primer sistema de falla contiene fallas de 10 a 25 km de longitud, pseudoparalelas entre sí, con un rumbo aproximado de N45W, destaca la Falla de Duaca; El segundo sistema de fallas se encuentra cerca de la zona de contacto entre los Esquistos de Mamey y Aroa. Está compuesto de tres fallas de poca extensión y paralelas entre sí con una morfología líneal y con una orientación aproximada de N50. Finalmente el tercer sistema está asociado a la Serranía de Aroa, contiene fallas de 10 a 35 km de longitud y se subdividen en las que presentan un contorno líneal donde destaca la mega Falla de Boconó de movimiento lateral dextral, que atraviesa el sector este de la región de estudio, de norte a sur con una orientación noreste y con un rumbo aproximado de N70W.



Del proyecto realizado, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Continuar la investigación del Proyecto Lara-Yaracuy hacia el Sur de la zona de estudio, para estudiar el Gneis de Yaritagua y enfatizar los estudios del Complejo Carayaca propuesto para precisar con mayor exactitud los contactos con sus unidades adyacentes.
- Incluir al Complejo Carayaca dentro del *Léxico Estratigráfico de Venezuela* y *redefinir* al Complejo Nirgua en base a la separación de litologías planteada del antiguo Complejo Nirgua.
- Tomando en cuenta la importancia minera que recae en los estados Yaracuy y Lara y considerando los porcentajes importantes de sulfuros que se describieron en las áreas que abarcan al Complejo Nirgua se propone enfatizar la cartografía geológica y de los recursos minerales que fue publicada por primera vez por BELLIZZIA & RODRIGUEZ (1976)

## 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.

- AGUERREVER S. E. & G. ZULOAGA. 1937. Observaciones geológicas en la parte central de la Cordillera de la Costa. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 1(2-4):3-22 10
- AUDEMARD F. A., A. SINGER & J. A. RODRÍGUEZ. 1998. *Estudio de neotectónica y geología de fallas activas del triángulo de fallas de Boconó, Oca-Ancón y Valera*. FUNVISIS, informe inédito para INTEVEP, 138 p. + mapa 1:250.000.
- BAQUERO M., ACOSTA J., KASSABJI E., ZAMORA J., SOUSA J., RODRÍGUEZ J., GROBAS J., MELO L., & SHNEIDER F., 2009. Polyphase development of the Falcón basin in northwestern Venezuela, implications for oil generation. *In The origin and evolution of the Caribbean plate*, from JAMES, K. H., LORENTE, M. A., & PINDELL J.L. (eds.) *Geological Society, London, Special Publications 328*: 587-612.
- BLANCO G., 1980. *Geología de una zona ubicada al este de Chivacoa, Distrito Sucre, Bruzual y Nirgua, Estado Yaracuy* UCV-G, 177 p.
- BECK C., 1985. La chaîne Caraïbe au merideien de Caracas: geologie, tectogenese, place dans l'evolution geodynamique Mesozoique-Cenozoique des Caraïbes Meridionales. L'Universite des Sciences et Techniques de Lille, *Tesis de doctorado de estado*, 462 p.
- BECK C., 1986. Geologie de la chaîne Caraïbe su meridien de Caracas (Venezuela). *Soc. Geol. de Nord*, Villeneuve s'Ascq, Francia, Public. no. 14, 462 p.
- BELLIZZIA A., 1986. Sistema montañoso del Caribe: Una Cordillera alóctona en la parte norte de América del Sur. *Mem. VI Cong. Geol. Venez.*, 10: 6657-6836
- BELLIZZIA A. & D. RODRÍGUEZ G. 1966. Guía de excursión a la región de Duaca-Barquisimeto-Bobare. *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petrol.*, Guía N° 4, 23 p.
- BELLIZZIA & RODRÍGUEZ. 1967. Guía de la excursión a la región de Duaca - Barquisimeto-Bobare. *Bol. Geol.*, Caracas, 8(16), p. 289-309.
- BELLIZZIA & RODRÍGUEZ. 1968. Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. *Bol. Geol.*, Caracas,, 9(18), p. 515-547.
- BELLIZZIA & RODRÍGUEZ. 1976. Geología del estado Yaracuy. *Bol. Geol.*, Caracas, Public. esp. 5, (6), p. 3317-3417.
- BOESI, T. GODDARD, D. 1991. A new geologic model related to the distribution of hydrocarbon source rocks in the Falcon Basin, northwestern Venezuela. *AAPG Memoir*, 52, p.303-319.
- BUSHMAN J. R. 1959. Geology of the Barquisimeto area – A summary report. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol.*, Bol. Inform., 2(4): 65-84.

- BUSHMAN J. R., 1965. Geología del área de Barquisimeto, Venezuela. *Bol. Geol.*, Caracas, 6(11), p. 311-336.
- CARABALLO E. 2006. Mineralogía y geoquímica de diversas unidades de mármol de la Serranía del Litoral, Cordillera de la Costa. *Geos* 38 (2005): 17-19 + cartel en CD (Carpeta 9)
- CIEN– COMITÉ INTERFILIALES DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA. 1997. *Código Geológico de Venezuela*. <http://www.pdvsa.com/lexico>.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION. (1960) *Mapa de Geología de Superficie, Hojas 5-D y 6-D*. Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, Caracas. Escala 1:100000
- COELLO R. 2012. *Integración geológica de la región Bobare – Farriar entre los estados Lara y Yaracuy, Venezuela*. UCV-G, 176 p.
- CORONEL G. & O. RENZ, 1960. Deslizamientos submarinos al noroeste de Barquisimeto, Estado Lara. *Mem. III Cong. Geol. Venez.*, Caracas, 1959, 2: 743-759.
- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1976. Estratigrafía y micropaleontología del Oligoceno, y Mioceno inferior del centro de la cuenca de Falcón, Venezuela. *Geos* (UCV, Caracas), 22:3-60.
- DÍAZ DE GAMERO M. L. 1985. Estratigrafía de Falcón nororiental. *Memorias del VI Congr. Geol. Venez.* 1: 454-502.
- DROOGER C. W. 1956. Transatlantic correlation of the Oligo-Miocene by means of foraminifera. *Micropaleontology*, vol. 2, no. 2, pp. 183-192.
- FOLK R.J. 1969. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Pub. Co. Austin Texas. 182 p.
- GOMEZ R . 2012. *Integración geológica de la región Carora Padre Diego, edo. Lara, con énfasis en la formación Matatere y sus contactos* UCV-G, 128 p.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. M. ITURRALDE DE AROZENA & X. PICARD CADILLAT. 1980. *Geología de Venezuela y sus cuencas petrolíferas*. Caracas: Ed. Foninves, 1031 p.
- GONZÁLEZ SILVA Luís A. 1972. Geología de la Cordillera de la Costa, zona centro-occidental. *IV Cong. Geol. Venez.*, Caracas, 1969.
- GRANDE S. 2012. El Terreno Falconia. *I Congreso Venezolano de Geociencias*, UCV, Caracas, diciembre 2011. *Geos*, UCV, Caracas, (42): 56 - 59.
- HACKLEY P., F. URBANI, A. KARLSEN & C. GARRITY. 2006. *Mapa geológico de Venezuela*. U.S. Geological Survey. Escala 1:750.000. Open File Report 2005-1038. <Http://pubs.usgs.gov/of/2005/1038>
- HALLSWORTH C. R. & KNOX, R. (1999) (PDF). *BGS Rock Classification Scheme. Volume 3. Classification of sediments and sedimentary rocks. Research Report, RR 99-03*. British Geological Survey. Retrieved 2008-07-17.
- KRUMBEIN W. C. & PETTIJOHN FJ. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century-Crofts: New York.
- MACSOTAY O.; J. F., STEPHAN, y E. ALVAREZ, 1987. Grupo Lara: Sedimentitas oceánicas y peninsulares en el Cretáceo alóctono de Venezuela occidental. *Bol. Geol.*, (28): 3-78.

- MARTÍNEZ J. & G. VALLETA. 2008. *Petrografía de las facies gruesas de la Formación Matatere y otras unidades del centro-occidente de Venezuela*. UCV-G, 298 p.
- MENÉNDEZ A. 1966. Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. *Bol. Geol., MMH*. Caracas. 8(15): 116-139.
- NATERA B. R. 1957. *Geology of the lower río Tocuyo basin*. Creole Petroleum Corp., Caracas. Reproducido en *Geos* (UCV, Caracas) 40[2009]: 108 + 159 p. en DVD, 2010.
- NAVARRO E., M. OSTOS & F. YORIS, 1988. Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte Norte-central de Venezuela durante el Jurásico medio - Paleogeno. *Acta Científica Venezolana*, 39: 427-436.
- OSTOS M., 1990. Evolución tectónica del margen Sur-Central del caribe basado en datos geoquímicos. *Geos*, Caracas, (30): 1-294.
- PETTIJHON F. J., P. E. POTTER, & R. SIEVER. 1972. *Sand and sandstones*. New York: Springer Verlag eds., 618 p
- PETTIJHON F. J. 1975. *Sedimentary rocks*. New York: Harper and Brothers, 628 p.
- PINDELL J., L. KENNAN, W. V. MARESCH, K. P. STANEK, G. DRAPER, & R. HIGGS. 2005. Plate-kinematics and crystal dynamics of Circum-Caribbean arc-continent interactions: tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins, in H.G. AVÉ LALLEMENT and V.B. SISSON, eds., Caribbean-South American Plate Interactions, Venezuela. *Geol. Soc. America, Spec. Pap.* 394, p. 7-52.
- PORRAS L. 2000. Evolución tectónica y estilos estructurales de la región costa afuera de las cuencas de Falcón y Bonaire. *Memorias VII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera de las Cuencas Subandinas*, p. 279-292.
- RENZ H. 1955. Some Upper Cretaceous and Lower Tertiary foraminífera from Aragua and Guárico, Venezuela. *Micropaleontology*, 1: 52-71.
- RENZ H. H. 1956. Casupal Beds. En CVET-COMISIÓN VENEZOLANA DE ESTRATIGRAFÍA Y TERMINOLOGÍA (ed.), *Léxico estratigráfico de Venezuela*. <http://www.pdvsa.com/lexico/1edic/c66ii.htm>. Consulta 25 mayo 2012.
- RENZ O. 1959. Estratigrafía del Cretáceo en Venezuela occidental. *Bol. Geol.*, Caracas, 5(10): 3-48.
- SISSON Virginia B. & Avé Lallemand Hans G. 2008. Tectonic evolution of the Caribbean mountain system, northern Venezuela: evidence for an atypical origin for a fold and thrust belt. *Geos* (UCV, Caracas), 39:210.
- STAINFORTH R. M., 1968. El desarrollo de la terminología estratigráfica en el estado Lara. *Bol. Inf., Asoc. Venez. Geol. Min. Petrol.*, 11(9): 243-253.
- STEPHAN J. F. 1982. *Evolution Géodynamique du Domine Caraïbe Andes et Chaîne Caraïbe sur la Transversale de Barquisiméto. (Vénézuéla)*. Univ. Pierre et Marie Curie, Thèse Doct. Etat., inédito, 512 p. (Publicado en *Geos*, UCV, Caracas, (42): 142 - 145, 2012).

- SUEIRO A. Raiza M. & URBINA D. Liliana E. 2010. Petrografía y geoquímica de las rocas de la Serranía del Litoral, Cordillera de La Costa. *Geos* 40 (2009): 72-74 + 525 p. en DVD (Carpeta 45).
- SUTTON F. A. 1946. Geology of Maracaibo basin, Venezuela. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.* 30(10):1621-1741.
- URBANI F. 1982. Comentarios sobre algunas edades de las rocas de la parte central de la Cordillera de la Costa. *Geos*, UCV, Caracas, (27): 77 - 85.
- URBANI F. 2000. Revisión de las unidades ígneas y metamórficas de la cordillera de la costa, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, (33): 1-170.
- URBANI, F. 2008 Revisión de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela. *Bol. Acad. C. Fís., Mat., y Nat. Vol. LXVIII Nos. 3*: 27-43.
- URBANI F. 2008b. Revisión de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas del norte de Venezuela. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat. Vol. 68(3)*: 27-43.
- URBANI F. 2010a. Las capas de peñones de la Formación Matatere, estado Lara, Venezuela. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat. Vol. 70(1)*: 9-37.
- URBANI F. 2011. Fajas, terrenos y napas de la cordillera de La Costa, Venezuela norcentral *Geos*, UCV, Caracas, (41): 81 - 85.
- URBANI F. 2012. Conversaciones sobre la geología de la Cordillera de La Costa. ¿Dónde y cuándo se formaron las distintas unidades que conforman la Cordillera?. *Geos*, UCV, Caracas, (42): 148 - 150.
- URBANI F. & M. OSTOS, 1989. El Complejo Ávila, Cordillera de La Costa, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, (29): 205-217.
- URBANI F., O. CONTRERAS, L. GARCÍA DE LOS SALMONES, I. SABINO, A. ARANGUREN, R. UZCÁTEGUI Y J. BAENA, 1997. Cartografía geológica de flanco sur del macizo de El Ávila desde Maripérez hasta Izcaragua, Cordillera de la Costa, D.F. y estado Miranda, Venezuela. Mem. VIII Congr. *Geol. Venezolano*, Caracas, en prensa.
- URBANI F. & MENDI D. 2010b. Notas sobre la discordancia del margen sur de la cuenca oligo-mioceno de Falcón, estado Lara, Falcón y Yaracuy, Venezuela. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat. Vol. 70(4)*: 9-25.
- URBANI F., S. GRANDE, M. LUCARELLI, L. GONZÁLEZ & L. MELO. 2012a. Notas sobre los esquistos de Las Mercedes y Chuspita, estado Miranda. I Congreso Venezolano de Geociencias, UCV, Caracas, diciembre. Publicado en *Geos*, UCV, Caracas, (42): 15 - 29, año 2012.
- VON DER OSTEN E. 1957. Lower Cretaceous Barranquín Formation of northeastern Venezuela. *AAPG Bul.* 41(4):79-708.
- WHEELER C. B. 1958. Geology of south central Falcón and northwestern Lara and the regional stratigraphy and oil possibilities of Oligocene and Lower Miocene sediments in the Falcón basin. Creole Petroleum Corp., Caracas. Reproducido en *Geos* (UCV, Caracas) 40[2009]: 110 + 149 p. en DVD, 2010.

## APÉNDICE A

### GEOGRAFÍA FÍSICA

---

#### A.1 FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGÍA

La fisiografía es la base de la caracterización geomorfológica, y por ello las formas de tierra se agrupan en conjuntos morfológicos sencillos muy generales. La descripción fisiográfica del área de estudio incide en los aspectos externos (pendiente, elevaciones, estribaciones, rugosidad, etc.) como en los aspectos internos que son de gran importancia para las particularidades del trabajo (la litología, las estructuras etc). A continuación se describe la fisiografía y los relieves del área de estudio:

Paisaje I de Relieves altos: Abarca el 70% del área total de la zona de estudio. La alturas oscilan entre los 1500 y 200m. Está constituida principalmente por una serie de cerros alineados con numerosas estribaciones y escarpes. Las pendientes son de moderadas a abruptas en su mayoría y las laderas son irregulares. Entre estos relieves los más importantes son:

- Cerros al norte de Bobare: Constituidos principalmente por el cerro El Tacal y Piedras Azules los cuales tiene alturas que oscilan entre los 650 y 950 m.s.n.m. y son asimétricos. Están representados por la formación Bobare principalmente. Cerro El Tacal, está ubicado específicamente al noreste de Bobare, posee una orientación N75E, sus laderas son asimétricas y su cresta es curvada. El cerro es moderadamente empinado y el mismo da nacimiento a la quebrada La Lagunita y Caño de Agua. El Cerro Piedras Azules está ubicado entre las quebradas Alambre y Bobare cuyo cauce es paralelo a la orientación del cerro que es N40E. Es asimétrico siendo la ladera norte la más abrupta mientras que la ladera sur es más suave y presenta mayores estribaciones.

- Serranía de Bobare están constituido por una serie de cerros que alineados confeccionan una orientación N30E. Está representada por la formación Bobare

principalmente y algunos pequeños cerros que contemplan a las formaciones Barquisimeto, Matatere y Carorita. Se trata de rocas sedimentarias con leve metamorfismo. Entre los cerros más importantes están: Cerro La Mujercita, Suspiral, Gonzalez, Amarillo, Corazon, Rojas, Garrapatero, Catacarrao, Las Animas y La Fila Morrocoy.

- Cerros al este de Bobare: Conformado por los cerros La Mujercita, Suspiral Gonzalez y Amarillo los cuales tienen una orientación N30E. Se presentan con crestas curvadas y laderas asimétricas en donde la ladera Norte es más suave y con mayores estribaciones. El Cerro Amarillo es ligeramente más simétrico y alineado. Las quebradas las Zorras y El Suspiral nacen de estos cerros y son perpendiculares a la orientación de los mismos. Las alturas oscilan entre 500 y 650 m.s.n.m.

- Cerro Corazón y Cerro Rojas: Ubicados entre las quebradas Cartero y Agua viva, que fluyen paralelamente a la alineación de estos relieves altos cuya orientación es N35O. Las laderas norte son más suaves mientras que las del sur son más abruptas. Las alturas oscilan entre 850 y 1110 m.s.n.m. Las crestas son ligeramente rectas y empinadas.

- Fila Morrocoy: Entre la quebrada Morrocoy y Charco Largo cuyo cause es paralelo a la orientación de la fila que corresponde a N15O. Las laderas norte son más suaves mientras que las del sur son más abruptas. Las alturas oscilan entre 850 y 1110 m.s.n.m. Las crestas son ligeramente rectas y empinadas.

- Cerro Garrapatero: Es un cerro irregular que da nacimiento a las quebradas Morrocoy, Los Pilonos y Potrerito. Presenta un gran número de estribaciones y la pendiente es moderada siendo la altura máxima de 1250 m.s.n.m

- Cerros al oeste de la depresión de Duaca: Constituidos principalmente por los Cerros Catacarrao y las Ánimas. Las crestas son curvadas y empinadas. Las laderas son asimétricas siendo la ladera Sur la más abrupta

- Cerros al Noreste de la depresión de Duaca: Se caracterizan por poseer mayores estribaciones lo que le da un aspecto de alta rugosidad en comparación con el resto de las unidades. Está representado principalmente por el esquisto de Mamey. Sus alturas oscilan entre los 900 y 700 m.s.n.m. Los Cerros más importantes son los Cerro el Pulgatorí, Cerro la fundación y Cerro Caiyarito, los cuales tienen una orientación N40E y se encuentran al norte mientras que los cerros que se encuentran hacia el este, por ejemplo, Mijagua y La Parrilla poseen una orientación N40E. De ellos nacen quebradas importantes como Nonavanada y La Virgen

- Serranía de Aroa: Posee una orientación N45E y está representada por las unidades del Esquisto de Aroa al este, el Complejo Nírgua en la zona central y el complejo de San Julián al oeste. Hacia el Noreste se reflejan mayor número de estribaciones y hacia el sur la configuración permite el nacimiento de quebradas de gran importancia en la zona: Iboa, Tibana, Río Guama, Río Tejas, Río Alto, y Río Cocorote. Las alturas oscilan entre los 650 y 1500 m.s.n.m. El relieve de esta serranía se puede jerarquizar a partir de las delimitaciones que dan las diferentes unidades litológicas. En lo que respecta al sector delimitado por el Esquisto de Aroa al oeste, se observa que la pendiente de las estribaciones varía de norte a sur de moderadamente abrupto a abrupto. Sus alturas oscilan entre 1200 y 1500 m.s.n.m. siendo el sector de mayor altura en todo el área de estudio. En el sector central dominado por la unidad del Complejo Nírgua, se observa que la pendiente de las estribaciones varía de norte a sur de moderadamente abrupto a abrupto en la zona central y luego cambia de abrupto a moderadamente abrupto. Sus alturas oscilan entre 1400 y 800 m.s.n.m. Por último las pendientes del área dominada por la unidad del Complejo Yaritagua al este, poseen una variación de pendiente de las estribaciones de moderado a abrupto en dirección norte sur. Las alturas oscilan entre 800 y 550 m.s.n.m

En general, la geometría de los tipos topográficos respecto las laderas y pendientes de las estribaciones de la serranía, son asimétricos en los sectores este y oeste, y ponderadamente simétricos en el centro de la misma, se observan filas ininterrumpidas de geometría irregular y sinuosa con quiebre notorio, gargantas estrechas y amplias en varios sectores conservando paralelismo entre ellas.



- Filas al este de Chivacoa: La orientación aproximada de estas filas es de N30E. Entre las más importantes esta: fila de los Horcones, Las Delicias y Jaiguao. Sus orientaciones son paralelas al Río Yaracuy.

- Fila los Horcones: Posee una orientación N45E, es ligeramente simétrica y moderadamente empinada. Está constituida litológicamente por el Gneis de Yaritagua. La altura máxima es de 350 metros.

- Fila Las Delicias: Posee una orientación N20E y una altura máxima de 590. Su cresta es curvada, moderadamente empinada y con laderas ligeramente simétricas. Hacia el norte su orientación se torna N-S debido a su curvamiento. Está constituida litológicamente por el Complejo Nirgua.

- Fila Jaiguao: Posee una orientación N30E paralelas al río Yaracuy y Guaratao. La pendiente es abrupta y las elevaciones constan de alturas que pueden llegar a los 1500. Está constituida litológicamente por el Complejo Nirgua.

- Serranía Santa María: Ubicado al norte de Potrerito. Posee una orientación N70 E, su cresta está ligeramente curvada y fuertemente empinada. La ladera sur se presentan abrupta mientras que la ladera norte es más suave y con mayores estribaciones. La altura máxima es de 1300 m.s.n.m. Está representado por el Complejo San Julián.

- Montaña El Zapatero: Ubicada al oeste de Los Pintones. Posee una orientación N45E, es ligeramente asimétrica con una altura máxima de 800 m.s.n.m. La cresta es curvada y la pendiente de moderada a abrupta.

Paisaje de Relieves Bajos: Ocupa el 30% del área total de la zona de estudio. Son superficies llanas que se hallan principalmente en los márgenes de los ríos principales, habiéndose formado por la acumulación reciente de estos ríos. El relieve es ligeramente plano a plano cóncavo con pendientes entre 0-5%. Presentan un drenaje paralelo y encharcamientos. Debido a la horizontalidad del relieve, apenas modificado por pequeñas ondulaciones y disecciones locales, las planicies prácticamente no tienen procesos erosivos sensibles, excepto en las riberas fluviales que pueden ser atacadas por socavamiento de los

ríos, o en sus superficies cuando eventualmente las terrazas son cubiertas por las aguas de inundación. En el área de estudio se pueden diferenciar 3 sectores que corresponden con las características de este tipo de relieve; dos en el Estado Lara y uno en el Estado Yaracuy:

- Entre las poblaciones de San Felipe y Chivacoa, al este de la zona de estudio, se genera un valle amplio con un área aproximada de 300 km<sup>2</sup> con orientación noreste, aturas hasta 200 m.s.n.m y con una pendiente entre 0 y 5°. El ancho en el sector norte y el sector sur es de aproximadamente 15 km. la longitud del mismo dentro de la zona de estudio es de 28 km. El contacto con las zonas de pendiente alta se manifiesta de la siguiente forma: limita al oeste con las zonas de piedemonte con la serranía de Aroa y Complejo Yaritagua (contacto transicional) mientras que al este con un conjunto de cerros y colinas, ambos límites representados por el Complejo Nírgua, el Complejo Carayaca y el Complejo Yaritagua (contacto abrupto). El río Yaracuy, atraviesa el valle por la zona más baja (al oeste), de norte a Sur con una orientación noreste alineado al conjunto de cerros y colinas de las unidades altas al oeste de la región.

- La Serranía de Bobare está separada de la Serranía de Aroa por la depresión de Barquisimeto-Duaca-San José. Esta depresión genera en el área de estudio, un valle estrecho y alargado delimitado por el conjunto de cerros y colinas que constituyen litológicamente la formación Bobare (al oeste) y El esquisto de Mamey (Al este). Su área es aproximada de 145Km, con una orientación noreste y con una pendiente entre 0 y 3°. El ancho en el sector norte y el sector sur es de aproximadamente 12 km. la longitud del mismo dentro de la zona de estudio es de 28 km. Hacia el norte, se vuelve más estrecho pero se amplifica hacia el norte. Las alturas llegan a los 700 m.s.n.m

- Al oeste de la región de estudio se localiza dos pequeño valles estrechos limitado por los cerros y colinas que conforman la formación Bobare. Alineados en dirección Noroeste y con una longitud de 6 metros y 4 metros cada uno. Las alturas llegan a los 700m.s.n.m

En la zona hay evidencia de levantamientos recientes como son los abanicos aluvionales disectados y la presencia de sedimentos cuaternarios con cantos semi-redondeados, que se encuentran tanto en la cima como en las laderas de muchas colinas.

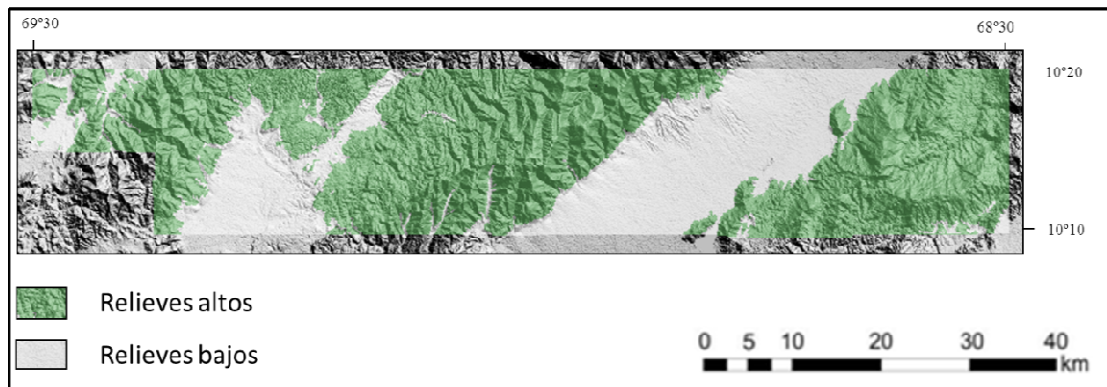


Figura A.1: Paisajes de relieves altos y bajos en la zona de estudio.

## A.2 EL DRENAJE

Para abordar la descripción hidrográfica, la zona se divide en cinco cuencas hídricas principales, la primera cuenca (C1), cuyo drenaje principal está representado por el Río Yaracuy, la segunda cuenca (C2) está representada por la quebrada Nonavana, la tercera cuenca (C3) representada por la quebrada Tacariguita, la cuarta cuenta (C4) representa el Río Tapia y la quinta cuenca (C5) está representada por la quebrada Bobare. El drenaje, en forma general, presenta un patrón de tipo dendrítico y sub-paralelo de oeste a este, en donde numerosos tributarios se encargan de alimentar a los drenajes principales. A continuación se describen las quebradas más importantes del área de estudio:

Quebrada Bobare (C5): atraviesa el sector occidental de la zona de estudio de norte a sur con una orientación noreste, al este del pueblo de Bobare. Su comportamiento es variable y la geometría de su curso es ligeramente regular al norte y al sur se ramifica. Su vertiente es encajada en la topografía con un contacto suave. La densidad es media. Sus afluentes principales son las quebradas Cartero, La muerta, Las Zorras, Caño de agua y El Alambre. Estas redes tributarias que alimentan al drenaje principal presentan diferentes patrones a lo largo del trayecto siendo el más común el dendrítico. Al Norte está quebrada principal se

abre en forma de abanico ramificándose en varios afluentes.

Quebrada Nonavana (C2) atraviesa la zona centro-occidental del área de estudio de norte a sur con una orientación aproximada N15O. Cercana a la población de Nonava y El Toro. Su comportamiento es variable y la geometría de su curso es irregular al sur y regular al norte. Su vertiente se encaja en la topografía con un contacto moderadamente abrupto y en algunas zonas al norte, suave. La densidad es media. Sus afluentes principales son las quebradas El Mamey, El Cedral, La Fundación y Agua Salada. Estas redes tributarias que alimentan al drenaje principal presentan diferentes patrones a lo largo del trayecto siendo el más común el dendrítico. Además, estas ramificaciones tienen mayor crecimiento hacia las áreas del este.

Quebrada Tacariguite (C3) atraviesa, junto con la quebrada Nonavana, la zona centro-occidental del área de estudio de norte a sur con una orientación aproximada N45O. Cercana a las poblaciones de Las Veras y las Palmitas. Su comportamiento es variable y la geometría de su curso es irregular de norte a sur. Su vertiente se encaja en la topografía con un contacto suave. La densidad es media. Sus afluentes principales son las quebradas La Luz, Las Veras, El Guay, Agua Santa y Tucuragua. Estas redes tributarias que alimentan al drenaje principal presentan diferentes patrones a lo largo del trayecto siendo el más común el dendrítico y el paralelo.

Río Yaracuy (C1) atraviesa la zona centro-oriental del área de estudio de norte a sur con una orientación aproximada N45E. Pasa por todo el este de la depresión entre San Felipe y Chivacoa, cercano su cauce a los pueblos de Santa Mari, La Peñita y Falticriquera. Su comportamiento es variable y la geometría de su curso es irregular de norte a sur. Su vertiente se encaja en la topografía con un moderadamente suave. La densidad es alta. Sus afluentes principales al oeste son el Río Yurubi, Cocorote, Guama, Iboa y Tibana mientras que al este, las quebradas Leona, Durute, Lindero y La Soñadora. Estas redes tributarias que alimentan al drenaje principal presentando un patrón subparalelo principalmente en donde la corriente principal corre en sentido oblicuo a las secundarias.

Río Tapia (C5) atraviesa la zona oriental del área de estudio de sur a norte con una orientación aproximada N60E y en las áreas más bajas, al norte, su orientación cambia a N10E. Pasa alineada a la Serranía de Santa María al Sur y al norte cercano al pueblo de los Pintones. Su comportamiento es variable y la geometría de su curso es medianamente irregular. Su vertiente se encaja en la topografía con un contacto moderadamente abrupto y abrupto. La densidad es media. Una de sus afluentes principales es la quebrada Alegría. Sus redes tributarias secundarias presentan un patrón subparalelo principalmente en donde la corriente principal corre en sentido oblicuo a las secundarias.

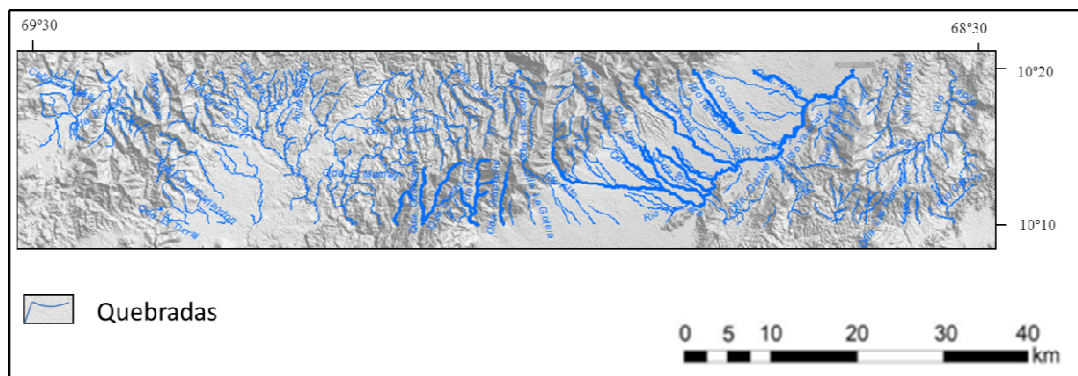


Figura A.2: Drenajes

### A.3 CLIMA

Para el estado Lara predominan dos tipos de clima: el tropical seco y muy seco, y el premontano, también seco y muy seco, seguidos por el premontano húmedo. Según BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1967), en el área la precipitación anual de la región de Barquisimeto es de unos 750 mm anuales, en los valles de Quíbor y Bobare de unos 580 mm anuales. En el Municipio Iribarren la Precipitación media anual: 624 mm, la Temperatura media anual es de 24,5 °C y la clasificación climática indica un clima semiárido templado cálido.

Para el estado Yaracuy en el área que abarcan los valles de Yaracuy y Aroa, BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976), señalan que en la zona predomina un clima tropical lluvioso y calido de sabanas y bosques tropófitos, una lluviosa caracterizada por dos

estaciones muy bien diferenciadas: una lluviosa (1000-1400 mm de precipitación anual) y otra de relativa sequía entre febrero, marzo y abril.

#### A.4 VEGETACIÓN

La zona de estudio está justo en el límite que separa los estados Lara y Yaracuy, por lo tanto para el sector oeste correspondiente al estado Lara, predomina la vegetación xerófila representada por cujies, tunas, espinares y cardonales y al sur la variedad va de matorrales y arbustos hasta bosques siempre verdes, con bosques en zonas montañosas como la serranía de Bobare y la terminación sur de la serranía de Agua Fría específicamente en el sector ubicado entre Bobare al oeste, Moroturo al norte y Duaca al sur. Los bosques que se encuentran ubicados hacia las zonas montañosas cumplen una función protectora. Entre las especies vegetales representativas se mencionan: *Opuntia caribaea* "Guasábara"; *Bulnesia arborea*, Eng. "Vera"; *Prosopis juliflora*, "Cuji"; *Cercidium praecox* Harma. "Yabo"; *Spondias mombin* L. "Jobo"; *Cereus deficiens*, "Cardón de lefaria"; *Lemaireocereus riseus* "Cardón de dato".

Para el sector este de la zona de estudio correspondiente al estado Yaracuy, BELLIZZIA & RODRÍGUEZ (1976) señalan que en la región predomina la vegetación de herbazales o bosques tropófitos, según la precipitación regional.

En la Serranía de Aroa se observa la selva nublada a una altitud de 800 m s.n.m y en las laderas de esta última existen selvas tropicales con imponentes árboles de gran altitud, como ceibas, caobos, cedros, jabillos, samanes, apamates, mijaos, bucares, entre otros. Existen también selvas y bosques de galería en las márgenes de los ríos Yaracuy y Aroa y vegetación xerófila, de cujies, cardones y tunas, cerca de los límites con el estado Lara específicamente en las cercanías de las poblaciones de San Mateo al norte y Batacal al sur.

### A.3 GEOMORFOLOGÍA

La interacción de los procesos endodinámicos con los agentes exogénicos dan como producto los tipos topográficos presentes en el área de estudio los cuales se caracterizan principalmente por un control litológico y en segundo plano a un control estructuras. Las diferentes topoformas están asociadas a la variedad de litologías aflorantes: rocas metamórficas (en mayor proporción), metasedimentarias y sedimentarias. Los diferentes procesos morfodinámicos actuales modelan el referido relieve en respuesta a las acciones de los agentes geomorfológicos externos.

Teniendo en cuenta parámetros morfogenéticos, morfoestructurales y morfodinámicos se identificaron las siguientes topoformas a nivel de cada paisaje dominante:

I. Relieves altos: : Estas topoformas están asociadas por litologías metamórficas como el Esquisto de Mamey, el Esquisto de Aroa, El complejo Nirgua, EL Complejo Carayaca, El Complejo San Julian y El Gneis de Yaritagua; así como también de litologías meta-sedimentarias y sedimentarias como La Formación Bobare, Carorita, Barquisimeto y Matatere. Abarca el 70% del área total de la zona de estudio. La alturas oscilan entre los 1500 y 200m.

- Filas elongadas: abarca un 50% y está conformado por filas pseudoalineadas con una orientación Noreste con excepciones como algunas filas que se encuentran al este de Bobare que tiene orientación noroeste. La mayoría son asimétricas con crestas pronunciadas, empinadas y curvadas. Poseen numerosas estribaciones producto producto de la interacción de los procesos endodinámicos con los agentes exogénicos de mayor influencia. Este conjunto de topoformas están conformados en su mayoría por litologías metamórficas, como el Esquisto de Aroa, el Complejo Nirgua, Gneis de Yaritagua, el Complejo San Julián y de unidades metasedimentarias y sedimentarias como lo son las formaciones Bobare, Matatere, Barquisimeto y Carorita de edades cretácicas. Hacia el oriente como hacia el occidente estas topoformas se encuentran interdigitadas por valles angostos dispuestos de forma pseudoparalela con dirección noroeste, rellenos de sedimentos cuaternarios de tipo aluvión. Hacia la parte central, es la Serranía de Aroa están en contacto abrupto con valles estrechos y terrazas aluviales. Las alturas pueden

llegar a 1500 m.s.n.m

- Colinas altas: Abarcan un 15% del total del área de estudio. Pueden llegar a 900 m. de altura. se presentan agrupadas dando un aspecto de mayor rugosidad a diferencia de otras unidades. Se encuentra en contacto transicional a suave con las filas elongadas y en contacto abrupto con los valles amplios. Está representado por litológicamente por el Esquisto de Mamey, es decir, rocas metamórficas y metasedimentarias.

- Colinas bajas: Abarcan un 15% del total del área de estudio. Se ubica al este del valle formado entre Chivacoa y San Felipe. Las alturas oscilan entre 200 y 400 m.s.n.m. Está representado por el esquisto de Mamey. Posee gran cantidad de estribaciones a diferencia de las unidades con las cuales se encuentra en contacto. La litología se encuentra representada por el Complejo Carayaca.

II. Relieves bajos: Abarcan el 30% del área total. Se trata de medios morfogénicamente activos con problemas de erosión locales o generalizados. La litología consiste en suelos de arenas y arcillas. La topografía es ligeramente plana.

- Valles amplios: representan un 20% del área de estudio. Se ubican en tres zonas distribuidas de forma regular en el mapa: En la localidad de Bobare, entre Duaca y Tamaca y el último, entre San Felipe y Chivacoa. Poseen una orientación Noreste. Los drenajes principales se encuentran desarrollados en esta subunidad. Los tres tienen forma de U por ser amplios y angostos. La litología consiste en sedimentos cuaternarios de tipo aluvión.

- Valles estrechos: representan el 3% del área de estudio. Se encuentran principalmente en contacto abrupto con las filas elongadas. Al este de Duaca se encuentra un valle estrecho que es perpendicular con respecto a las alineaciones de las filas que se encuentran en contacto con esta topografía. Los valles que están al sur de la Serranía de Aroa y al este de Urachiche se encuentran alineados paralelamente a las unidades adyacentes. En contacto con la unidad de colinas bajas se encuentran valles estrechos que poseen orientación similar a esta subunidad. Finalmente hacia el norte de Bobare se encuentran dos valles adicionales, uno de ellos paralelo a las orientaciones de las unidades adyacentes y otro se manifiesta de forma más irregular sin seguir ningún patrón de



orientación en particular. Los drenajes que se desarrollan en los valles estrechos son paralelos a la orientación de los mismos en la mayoría de los casos.

- Pie de Monte Aluvial: representa el 6% del área de estudio. Permite un contacto transicional con la unidad de relieves altos.
- Terrazas aluviales: constituyen el 1% del área de estudio. Son superficies levemente inclinadas limitado por declives pronunciados. Una de ellas se encuentra cercana al pueblo de Nonavana y se encuentra en contacto abrupto con la unidad de relieves altos. Al este de Boraure encontramos 3 terrazas aluviales en contacto suave con el valle amplio generado entre San Felipe y Chivacoa.

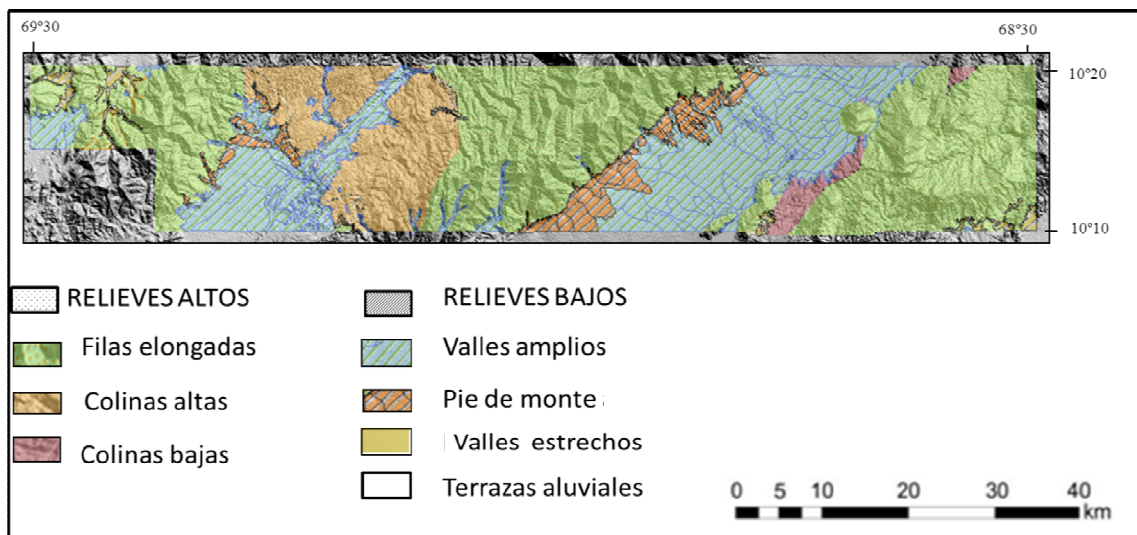


Figura A.3.1: Geomorfología

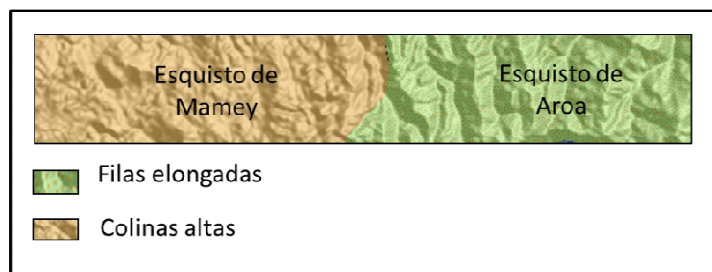


Figura A.3.1: Control litológico. La unidad conformada por el Esquisto de Mamey presenta mayor rugosidad

## APÉNDICE B

### CLASIFICACIONES UTILIZADAS DE ROCAS

En base al tipo de roca definido, se utilizaron diversos tipos de clasificaciones con la finalidad de otorgarle un nombre definitivo.

#### B.1. CLASIFICACIONES PARA ROCAS SEDIMENTARIAS

La clasificación de las rocas sedimentarias estuvo sujeta al tipo de roca según su génesis y componentes: roca clástica, roca carbonática o roca híbrida.

##### B.1.1. Rocas sedimentarias clásticas: arenisca y conglomerado

A continuación se presentan las tablas visuales y clasificaciones utilizadas en el campo y el estudio petrográfico de las rocas sedimentarias clásticas (Figs. B1, B2, B3, B4 y B5).

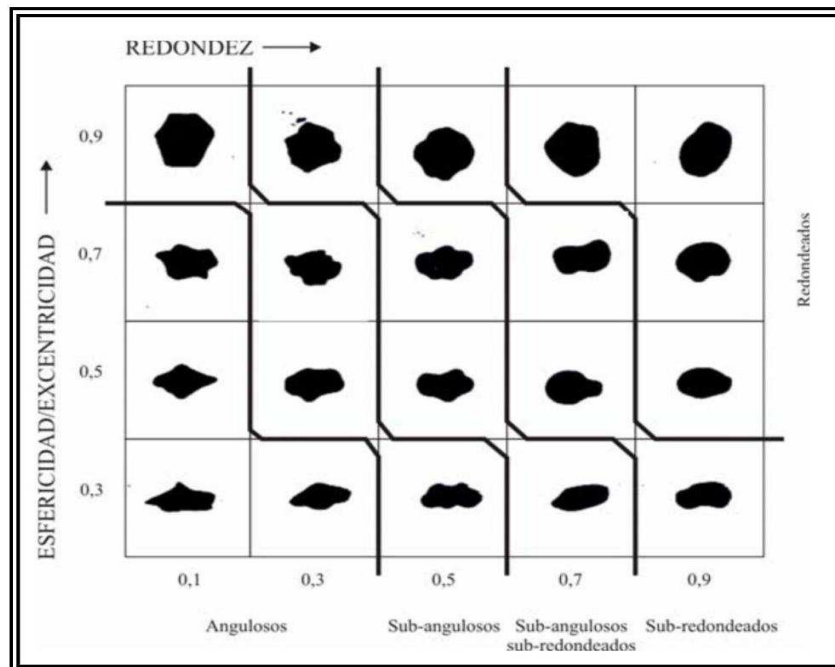


Fig. B.1. Tabla visual de esfericidad y redondez de granos. Según KRUMBEIN & PETTJHON (1938)

Tamaño de clastos (mm)	Clastos sedimentarios	
256	Bloque	GRAVA
	Canto	
	Guijarro	
	Gránulo	
1	Arena muy gruesa	ARENA
	Arena gruesa	
	Arena media	
	Arena fina	
	Arena muy fina	
0,004	Limo	ARCILLA
	Arcillita	

Fig. B.2. Clasificación de tamaño de grano según HALLSWORTH & KNOX (1999)

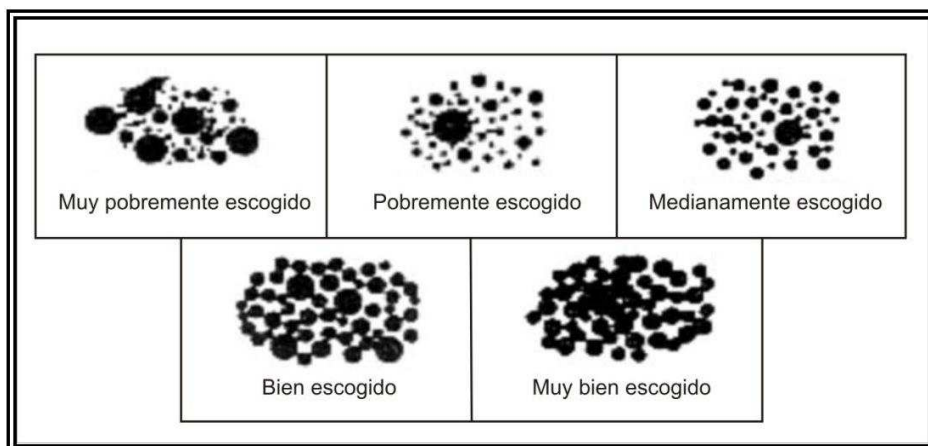


Fig. B.3. Tabla visual de escogimiento de los granos propuesta por FOLK (1969).

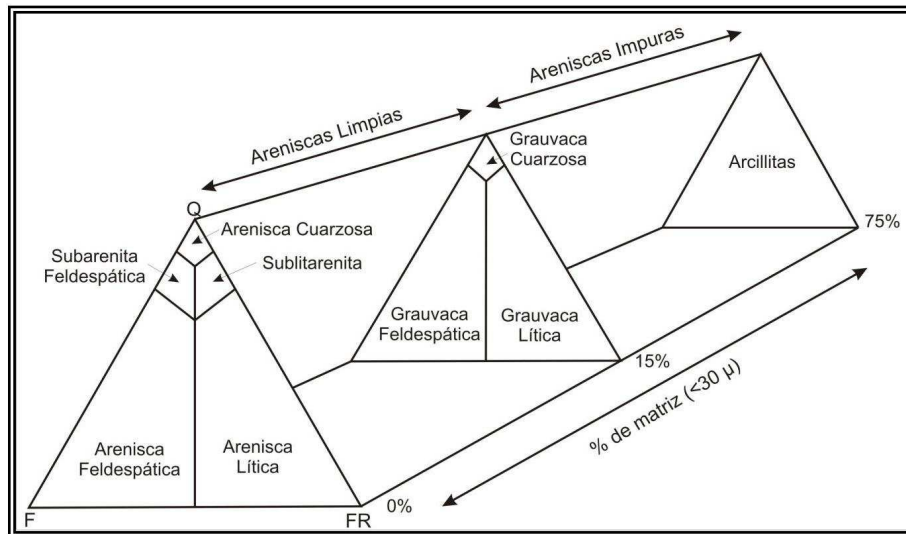


Fig. B.4. Clasificación de areniscas. Imagen tomada y modificada de PETTIJHON *et al.* (1972).

Q=cuarzo, F= feldespato y FR=fragmento de roca.

Clasificación de conglomerados	
Según porcentaje de matriz	
Nombre	% Matriz
Ortoconglomerado	<15%
Paraconglomerado	<15%
Según tipo de clasto presente	
Nombre	Tipo de clastos
Conglomerado monomítico	Un solo tipo
Conglomerado polimítico	Varios tipos

Fig B.5. Clasificación de conglomerados según porcentaje de matriz y tipo de clastos.

Según PETTIJHON (1975)

### B.1.2. Rocas sedimentarias carbonáticas.

Para rocas sedimentarias carbonáticas se utilizaron dos clasificaciones, por lo tanto, se le otorgaron dos nombres a cada roca analizada.

#### B.1.2.1. Clasificación según FOLK (1962)

Esta clasificación se basa en el porcentaje y tipo de componente aloquímico (fósiles, ooides, pellets o intraclastos) y ortoquímico (espato o micrita) presente en la muestra (Fig.

B.6). En el caso de que los componentes aloquímicos superen el 10% de volumen en la roca, el nombre de la roca será compuesto y tendrá como prefijo la abreviatura.

correspondiente del aloquímico predominante y como sufijo el nombre del ortoquímico predominante terminado con el sufijo “ita”.

En los casos en que el porcentaje del aloquímico se encuentra entre 1 y 10%, la roca se considerará como caliza micrítica o caliza espática (de acuerdo al ortoquímico predominante) y se le agrega el nombre del grano carbonático más abundante.

Si el porcentaje de aloquímico es menor a 1%, la roca tendrá solamente el nombre del ortoquímico abundante terminado con el sufijo “ita”, si ambos ortoquímicos presentan un porcentaje similar, la roca es llamada dismicrita. En caso de que la roca presente una estructura esquelética formada junto con la depositación, la roca es llamada biolitita.

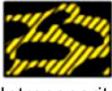









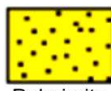

		Rocas Aloquímicas (> 10% aloquímicos)		Rocas Ortoquímicas
<b>Composición Aloquímicos</b>	Intraclastos	Cemento Carbonático  Intraesparita	Matriz Carbonática  Intramicrita	 Micrita Matriz carbonática (<1% aloquímicos)
	Ooides	 Ooesparita	 Oomicrita	 Esparita Cemento carbonático (<1% aloquímicos)
	Fósiles	 Bioesparita	 Biomicrita	 Dismicrita cemento y matriz carbonático
	Pellets	 Pelesparita	 Pelmicrita	Rocas arrecifales (autóctonas)  Biolitita

Fig B.6 Clasificación de rocas carbonáticas, imagen tomada y modificada de FOLK (1962).

**B.1.2.2. Clasificación según DUNHAM (1962)**

Esta clasificación se basa en la textura depositacional de la roca y si el enlace de los componentes tuvo lugar durante o posterior a la depositación. La figura B7 muestra un gráfico sencillo de esta clasificación.

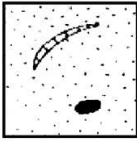
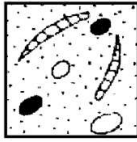
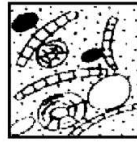
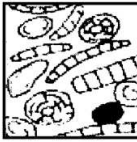
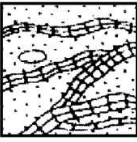
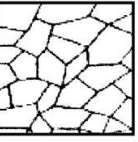
Textura depositacional reconocible					Textura depositacional reconocible
Componentes originales no enlazados durante la depositación			Los componentes originales se encuentran juntos durante la depositación		
Contiene lodo (arcilla y limo fino de carbonato)			Sin lodo soportada por granos	Boundstone	Subdivididos por clasificaciones relacionadas con la textura física o diagénesis
Soportada por lodo		Soportada por granos			
Granos: <10%	Granos: >10%				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone		Carbonato cristalino
					

Fig. B.7. Clasificación de rocas carbonáticas según DUNHAM (1962).

**B.1.3. Rocas sedimentarias híbrida**

Este tipo de rocas presentan una composición mixta, contienen tanto componentes clásticos como carbonáticos. Su clasificación fue propuesta por MOUNT (1985) y se aplica para rocas carbonáticas que presentan más de 10% de componentes siliciclásticos. La clasificación consiste en un tetraedro en donde se toma en cuenta los porcentajes de aloquímicos, micrita, componentes siliciclásticos tamaño arena y componentes siliciclásticos tamaño limo (Fig. B8). El autor para simplificar la clasificación de este tipo de rocas, diseñó un sistema de preguntas que llevan directamente al nombre de la roca, representado en la figura B9.

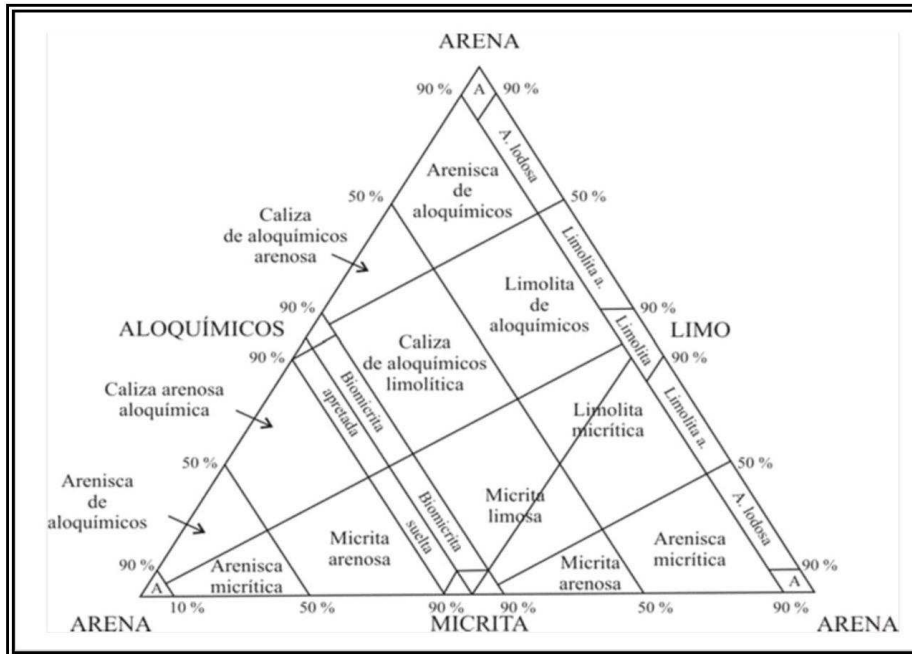


Fig. B.8. Tetraedro para clasificación de rocas sedimentarias híbridas según MOUNT (1985).

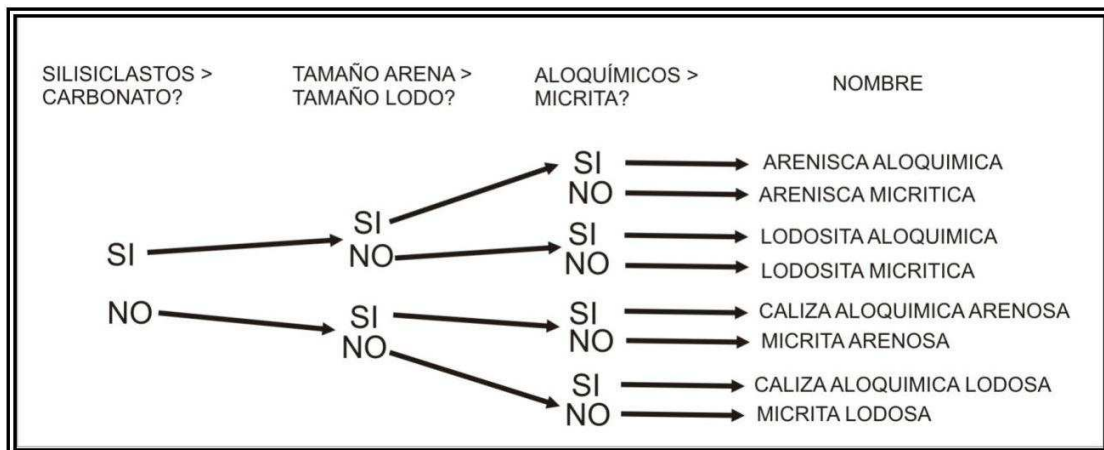


Fig. B.9. Esquema propuesto por MOUNT (1985) para clasificación de rocas híbridas.

## B.2. CLASIFICACIONES PARA ROCAS METAMORFICAS

La clasificación de las rocas metamórficas se basa en la textura, mineralogía y composición química. Generalmente los nombres que se utilizan se adoptan con el objeto de facilitar la descripción general. La fig B.10 es un esquema para la clasificación de este

tipo de roca tomando en cuenta la textura y la mineralogía según la subcomisión de La IUGS en La Sistemática De Rocas Metamórficas SCMR

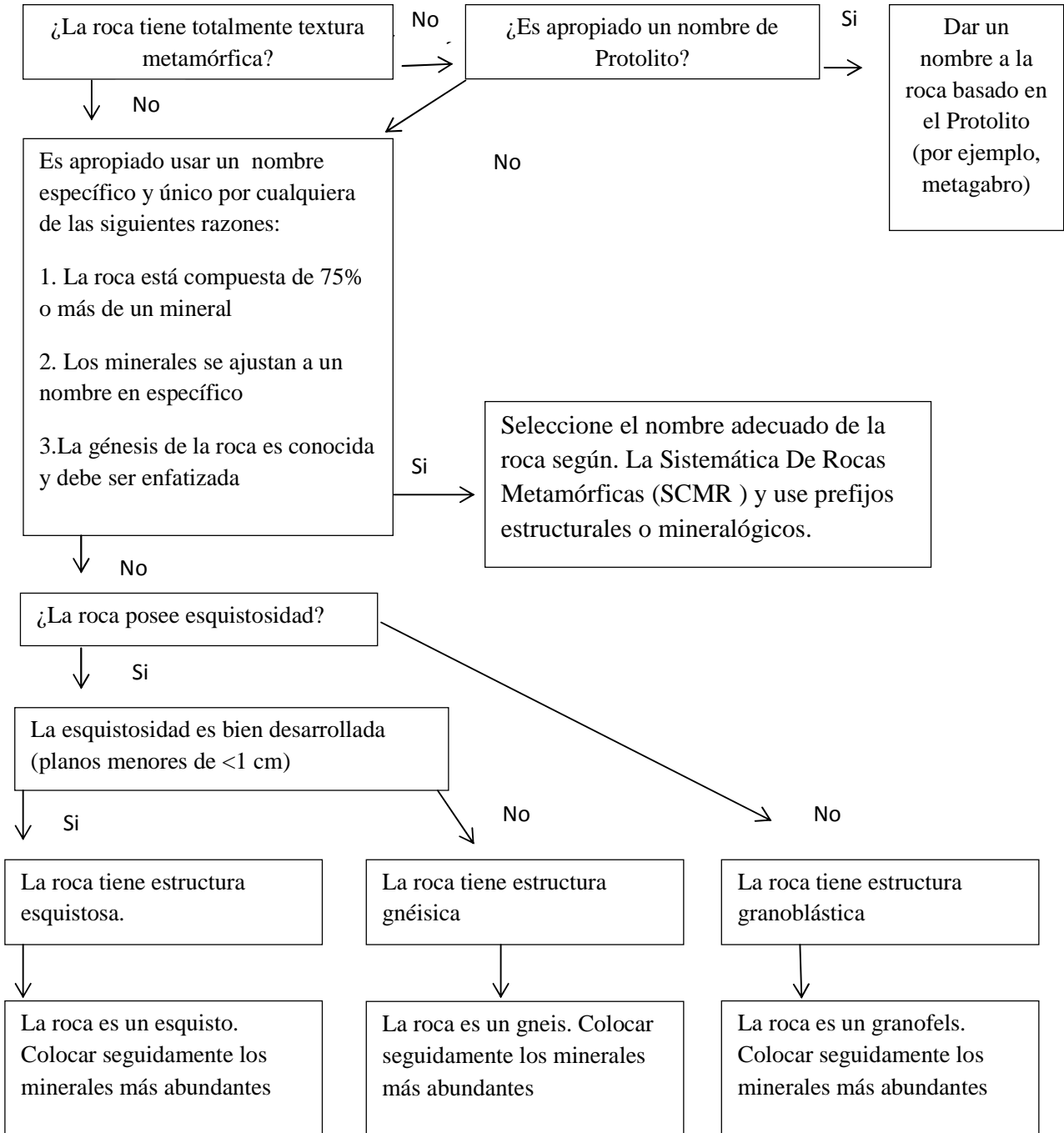


Fig B10. Clasificación de rocas metamórficas, según la subcomisión de La IUGS en La Sistemática De Rocas Metamórficas SCMR. Modificado de Schmid *et al* (2007)



## B.2.1 Rocas Metasedimentarias

Protolito	Características metamórficas	Nombre de la roca
Sedimentario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foliación</li> <li>• Textura cataclástica</li> <li>• Mineralogía</li> </ul>	Prefijo “Meta”+ Nombre según clasificación de roca sedimentaria

Fig. B11. Clasificación para rocas metasedimentarias según su protolito sedimentario (HALLSWORTH *et al.* 1999, en ROBERTSON 1999).

## B.3. CLASIFICACIONES PARA ROCAS ÍGNEAS

Para clasificar las rocas ígneas se utilizó la clasificación de STRECKEINSEN (1972) de acuerdo a la Subcomisión de Sistematización de Rocas Ígneas de la IUGS (Unión Internacional de Ciencias Geológicas). Dicho sistema requiere la determinación cuantitativa de los minerales componentes y su proyección en un diagrama triangular particular, lo que permite establecer el nombre de la roca. Además de la mineralogía modal, toma en cuenta las textura, dividiendo a las rocas ígneas en dos grandes grupos: las rocas con cristales visibles y reconocibles a simple vista (faneríticas) y las rocas en la que los minerales forman una matriz y no se pueden diferenciar a simple vista (afaníticas).

Para la clasificación rige el siguiente procedimiento: Se reconoce la textura para ubicar en cuál de los dos grandes grupos se encuentra la roca. Posteriormente, determinar la moda (porcentaje en volumen de cada mineral presente). A partir de la moda determinada, establecer en porcentaje en volumen de cada uno de los minerales que representen los vértices de los diagramas los cuales a su vez constituyen el 100%. Como es muy probable que la suma de los parámetros de los vértices de cada triángulo no llegue al 100%, debido al contenido de minerales máficos (Índice de color) y accesorios, los mismos deben de ser recalculados para tal fin.

## B.3.1. Rocas faneríticas

Para la clasificación de las rocas faneríticas o plutónicas y pórfidos hipoabisales se utilizaron los triángulos: Q-A-P, Pl-Px-Hb para rocas gabroides sin olivino y con hornblenda; Pl-Cpx-Opx para rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda (Figs. B12, B13 y B14).

En el caso particular del triángulo Q-A-P para rocas plutónicas y pórfidos hipoabisales, se

toma en cuenta el “índice de color” de la roca, indicado su valor normal por los números entre paréntesis en cada campo del triángulo, en el caso de que este parámetro se encuentre por debajo de dichos números se le agrega el prefijo “Leuco” al nombre de la roca y si se encuentra por encima el prefijo “Melano”. El índice de color está representado por la suma de los porcentajes modales de los minerales máficos y otros, tales como: micas, anfíboles, piroxenos, olivino, minerales opacos, epidoto, minerales accesorios, etc.

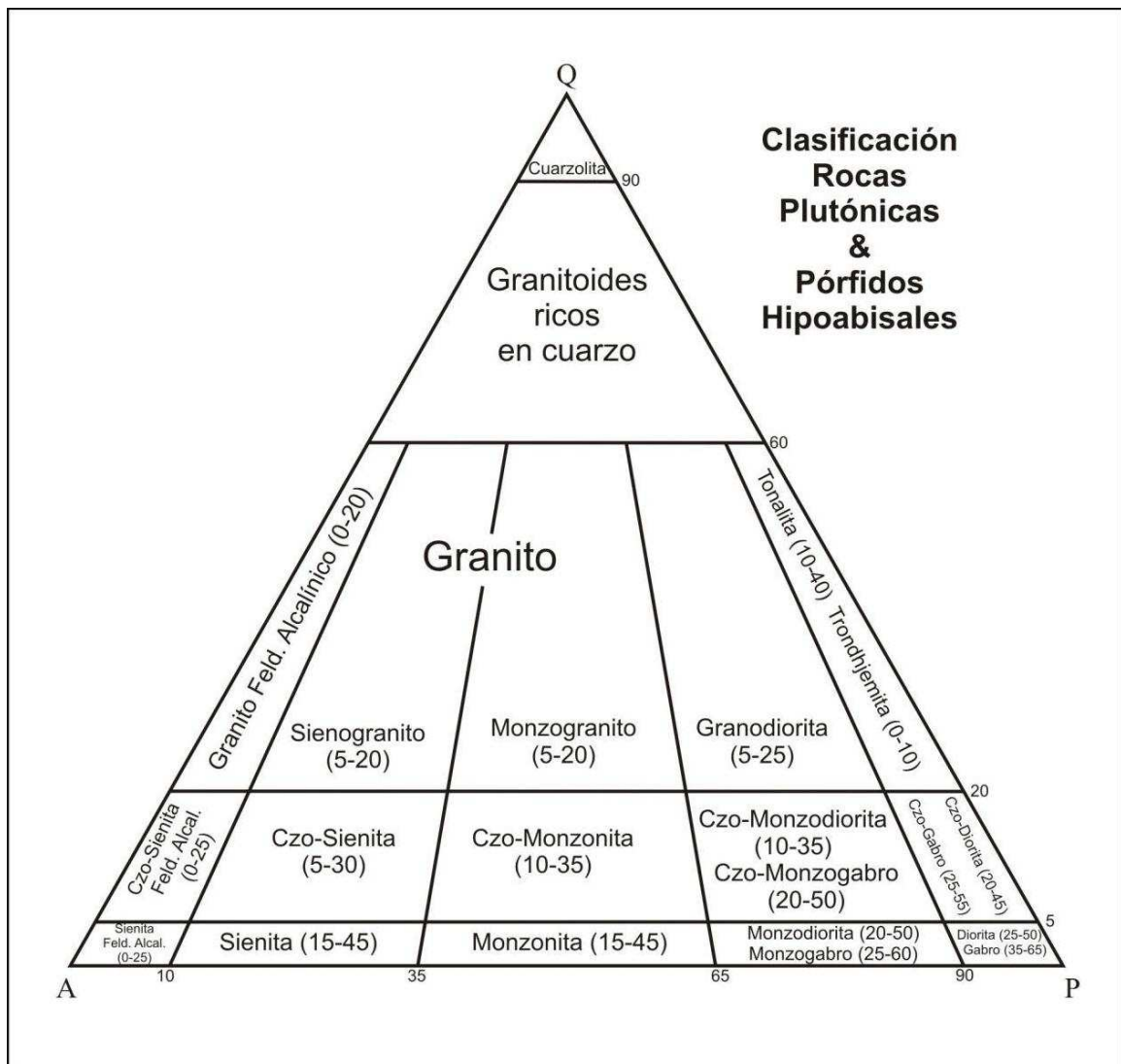


Fig. B12. Triángulo Q-A-P para rocas plutónicas y pórfidos hipoabisales, tomado y modificado de STRECKEINSEN (1972). Q = cuarzo, A = feldespato y P = plagioclasa.

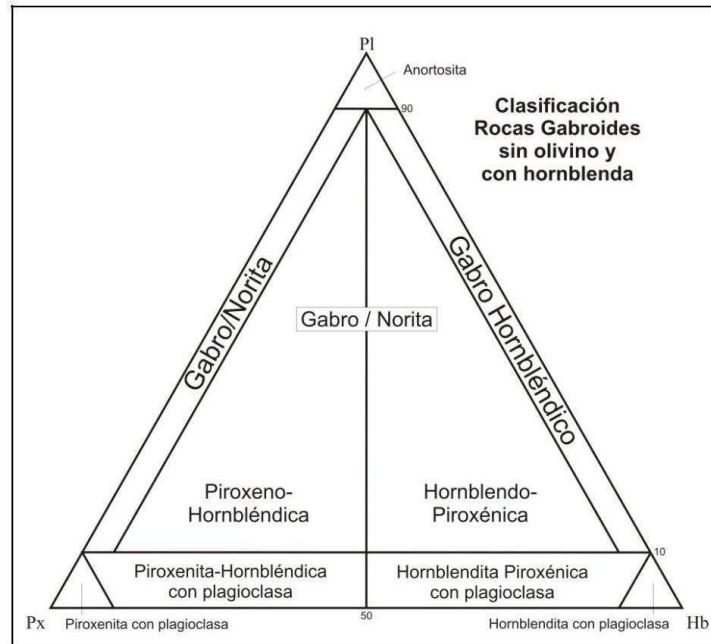


Fig. B13. Triángulo Pl-Px-Hb para rocas gabroides sin olivino y con hornblenda, tomado y modificado de STRECKEINSEN (1972). Pl = plagioclasa, Px = piroxeno y Hb = hornblenda.

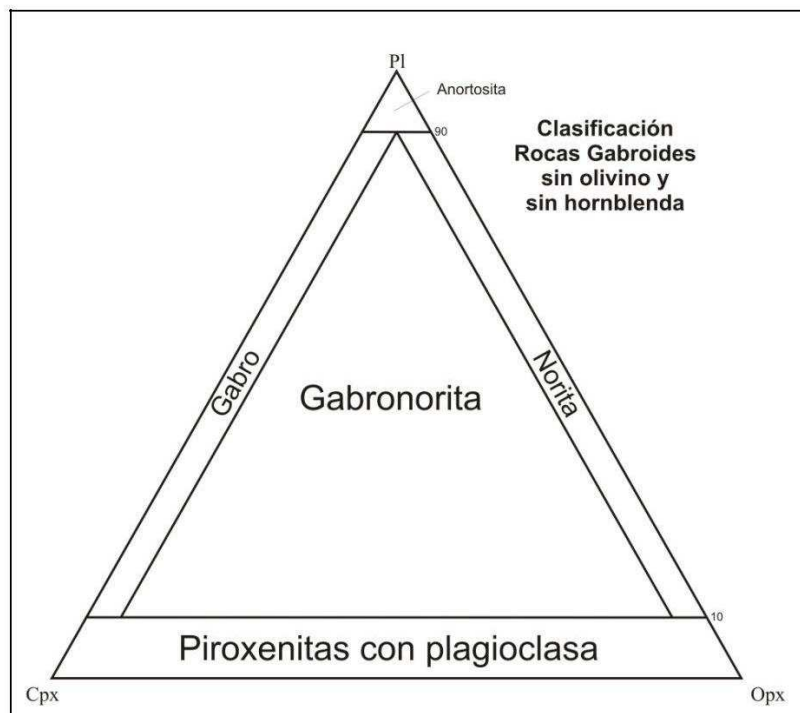


Fig. B14. Triángulo Pl-Cpx-Opx para rocas gabroides sin olivino y sin hornblenda, tomado y modificado de STRECKEINSEN (1972). Pl = plagioclasa, Cpx = clinopiroxeno y Opx = ortopiroxeno

**B.4. PLANILLAS PETROGRÁFICAS UTILIZADAS**

Se utilizaron distintas planillas petrográficas en base al tipo de roca analizada en microscopio; en cada una de ellas se contemplan las características y parámetros más importantes de la roca, y que además ayuden en su clasificación. Las planillas se muestran en las figuras B15, B16, B17 y B18.

<b>Planilla para petrografía de ARENISCA (Lab.330)</b>			
<b>No. Muestra:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Petrografía por:</b>			
Características texturales			
<b>Tam. Grano:</b> ( - ) mm		<b>Clasificación:</b>	
<b>Orientación:</b> Anisotrópica Isotrópica			
Escogimiento (%)	Redondez (%)	Esféricidad (%)	Contactos (%)
Muy bueno	Bien redond	Alta	Grano-matriz
Bueno	Redondeado	Media- alta	Grano- cemento
Medio	Sub- redond	Media	Puntual
Pobre	Sub- angular	Media- baja	Longitudinal
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
Componentes principales (%)			
<b>Granos:</b>		<b>Matriz:</b>	
<b>Cemento:</b>		<b>Porosidad:</b>	
Granos %			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
Epidoto			
Matriz %	Cemento %	Porosidad %	
Minerales de arcilla	Cuarzo	Interpartícula	
Oxidos Fe	Oxido de Fe	Intrapartícula	
Cuarzo	Caolinita	Disolución	
Caolinita	Mineral calcáreo	Fractura	
Material carbonático	Minerales de arcilla	Móldica	
Otros	Otros		
Efectos diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles	Tipo de Cemento predominante	
Media	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución		Alteración
Granos	Contacto long y conc- conv		Feldespatos
Matriz	Contactos suturados		Moscovita
Cemento	Estilolitas		Biotita
FR			
Otros			
Porcentajes originales		Recálculo	
Cuarzo			
Feld			
FR			
Matriz			
<b>Clasificación según</b>			
<b>Nombre de roca</b>			
Usar clasificaciones de: <a href="http://www.bgs.ac.uk/bgsrscs/download.html">http://www.bgs.ac.uk/bgsrscs/download.html</a>			

B15. Planilla petrográfica utilizada para Arenisca. (URBANI *et al.* 2010)

<b>Planilla para petrografía de CARBONATOS (Lab. 330)</b>			
No. Muestra:	Fecha:	Petrografía por:	
<b>Componentes principales (%)</b>			
Extraclásticos:	Aloquímicos:	Ortoquímicos:	Porosidad:
<b>Extraclastos %</b>			
<b>Cuarzo %</b>	<b>Feldespatos %</b>	<b>Fr. de Roca %</b>	<b>Accesorios %</b>
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
			Glauconita
<b>Aloquímicos %</b>			<b>Porosidad %</b>
<b>Intraclastos %</b>		<b>Fósiles %</b>	
Fragmentos de Braquiopodos		Foraminíferos béticos	Interpartícula
Fragmentos de Equinodermos		Miliólidos	Intrapartícula
Fragmentos de Ostracodos		Nummulites	Disolución
Fragmentos de Moluscos		Amphistegina	Fractura
Fragmentos de Algas		Ostrácodos	Móldica
Fragmentos de Corales		Otros	<b>Matriz (micrita) %</b>
Fragmentos de Calizas		<b>Pelets %</b>	<b>Cemento %</b>
Agregados o Grappes		<b>Ooides %</b>	Espato
Otros			Microespato
			Pseudoespato
<b>Efectos diagenéticos</b>			
<b>Procesos orgánicos</b>			
Micritización de partículas esqueléticas		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
<b>Cementación</b>			
Cemento predominante:			
<b>Forma en que se presenta</b>		<b>Textura</b>	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
		Isópaco	Equigranular
		Menisco	Otros
<b>Neomorfismo</b>		<b>Reemplazamiento</b>	
N. Inversión Homoaxil de Fr. de Moluscos		Glauconitización	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. de Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros	
<b>Disolución</b>		<b>Presión / Solución</b>	
Granos	Estilolitas	Nombre de roca según: Dunhan: Folk: Mount:	
Matriz	Otros		
Cemento			
Fr. Fósiles			

Usar clasificaciones de: <http://www.bgs.ac.uk/bgsrscs/download.html>

B16. Planilla petrográfica utilizada para carbonatos. (URBANI *et al.* 2010)

Planilla para petrografía de CONGLOMERADO (Lab.330)

No. Muestra:	Fecha:	Petrografía por:
<b>Clasificación según:</b>		
<b>Contenido de matriz</b>	<b>Estabilidad de los clastos</b>	<b>Tipo de clastos</b>
Paraconglomerado	Ortomictico o cuarzoso	Monomictico
Ortoconglomerado	Petromictico	Polimictico
<b>Componentes principales (%)</b>		
<b>Clastos</b>	<b>Matriz</b>	<b>Cemento</b>
<b>Porosidad</b>		
<b>Características texturales de los clastos</b>		
<b>Tam. Grano (mm)</b>	<b>Clasificación (%)</b>	<b>Orientación</b>
Máx	Arena (1/16-2) mm	Isotrópica
Mín	Gránulo (2-4) mm	Anisotrópica
Promedio	Guijarro (4-64) mm	
Tamaños mayores ver muestra de mano		
<b>Escogimiento (%)</b>	<b>Redondez (%)</b>	<b>Esfericidad (%)</b>
Muy bueno	Bien redond	Alta
Bueno	Redondeado	Media- alta
Medio	Sub- redond	Media
Pobre	Sub- angular	Media- baja
Muy pobre	Angular	Baja
<b>Contactos (%)</b>		
Suturado		
<b>Composición de los clastos %</b>		
<b>Cuarzo %</b>	<b>Feldspatos %</b>	<b>Fr. de Roca %</b>
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico
Volcánico	Microclino	Sediment.
Mc Metamórfico		Volcánica
Pc Metamórfico		Plutónica
<b>Tipos de fragmentos de roca</b>		
Sedimentario		
Ígneo Plutónico		
Ígneo Volcánico		
Metamórfico		

<b>Cemento %</b>	
Cuarzo	
Oxido de Fe	
Caolinita	
Mineral calcáreo	
Minerales de arcilla	
Otro	
<b>Características texturales de la matriz</b>	

<b>Tam. Grano:</b> ( - ) mm	<b>Clasificación:</b>	<b>Orientación:</b> Anisotropica Isotropica	
<b>Escogimiento (%)</b>	<b>Redondez (%)</b>	<b>Esfericidad (%)</b>	<b>Contactos (%)</b>
Muy bueno	Bien redond	Alta	Grano-matriz
Bueno	Redondeado	Media- alta	Grano- cemento
Medio	Sub- redond	Media	Puntual
Pobre	Sub- angular	Media- baja	Longitudinal
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
<b>Composición de los granos de la matriz %</b>			
<b>Cuarzo %</b>	<b>Feldspatos %</b>	<b>Fr. de Roca %</b>	<b>Accesorios %</b>
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
<b>Otros %</b>	Epidoto		
Minerales de arcilla	Clasificación de roca para la matriz		
Oxidos de Fe	según ( )		
Caolinita			
Material carbonático			

Mas detalles seguir al reverso.

Usar las clasificaciones de rocas de: <http://www.bgs.ac.uk/bgsrscs/download.html>

B17.Planilla petrográfica utilizada para Conglomerado. (URBANI *et al.* 2010)

Planilla para petrografía de rocas IGNEAS Y METAMÓRFICAS (Lab.330)																															
No. Muestra: _____		Fecha: _____	Petrografía por: _____																												
ROCA METAMÓRFICA: _____		ROCA ÍGNEA: _____																													
<b>FÁBRICA</b> <input type="checkbox"/> Idioblástica (euهدral) <input type="checkbox"/> Hipidioblástica (subهدral) <input type="checkbox"/> Xenoblástica (anhedral)  <input type="checkbox"/> Porfidoblástica <input type="checkbox"/> Porfidoclástica	<b>FOLIADA</b> <input type="checkbox"/> Pizarra <input type="checkbox"/> Filita <input type="checkbox"/> Esquisto <input type="checkbox"/> Gneis  <b>NO FOLIADA</b> <input type="checkbox"/> Granofel <input type="checkbox"/> Hornfel	<b>CRISTALINIDAD</b> <input type="checkbox"/> Holocristalina <input type="checkbox"/> Hipocristalina <input type="checkbox"/> Holohialina  <b>GRANULARIDAD</b> <input type="checkbox"/> Fanerítica <input type="checkbox"/> Afanítica <input type="checkbox"/> Criptocristalino	<b>FÁBR. EQUIGRANULAR</b> <input type="checkbox"/> Idiomórfica (euه.) <input type="checkbox"/> Hipidiomórfica (subه.) <input type="checkbox"/> Alotriomórfica (anh.)  <b>FÁBR. INEQUIGRANULAR</b> <input type="checkbox"/> Seriada <input type="checkbox"/> Porfídítica																												
<b>ROTAS MECANICAMENTE Y RECONSTITUIDAS</b> 1- No Foliadas <b>CATACLÁSTICAS</b> % fragmentos >50 Protocatacl.: _____ 10-50 Catacl.: _____ <10 Ultracatacl.: _____  2- Foliadas <b>MILONÍTICAS</b> % Porfiroclastos >50 Protomil.: _____ 10-50 Milonita: _____ <10 Ultramil.: _____ Blastomilonita: _____	<b>Texturas ígneas y metamórficas:</b> Flujo: _____ Intersertal: _____ Subofítica: _____ Afiltrada: _____ Eutaxítica: _____ Ofítica: _____ Esferulítica: _____ Vitrofídica: _____ Gráfica: _____ Trauítica: _____ Bordes re.: _____ Zonación: _____ Pertítica: _____ Meso.: _____ Anti.: _____ (Tipo: _____, %Plag: _____) Transformaciones: Ol->Sp _____ Px->Sp _____ Px->Anf _____ Anf->Cl _____ Gr->Bi _____ Gr->Cl _____ Bi->Cl _____		Foliación: Lepidoblástica: _____ Nematoblástica: _____ Foliación: Fuerte _____ Mediana _____ Pobre _____ Muy pobre _____ Halos pleo.: _____ Reliquias: _____ Helicítica: _____ Red (web): _____ Sagenítica: _____ Simplectit.: _____ Poiquilítica: _____ Reabsorc.: _____ Mirmequit.: _____ Decusada: _____ Augen: _____ Augenesquis.: _____ Sombras P.: _____ Glomeroporfídítica: _____																												
<b>TAMAÑOS</b> General ( - ) _____ Porfidoblastos ( - ) _____ Porfidoclastos ( - ) _____ Megacristales ( - ) _____ Fenocristales ( - ) _____ Matriz ( - ) _____	Promedio (de mm - a mm) _____ _____ _____ _____ _____ _____	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">TRIÁNGULO A-P-Q</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">%</th> <th style="width: 50%;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Feldespató alcalino: _____</td> <td>A: _____</td> </tr> <tr> <td>Plagioclasa (&gt;5An): _____</td> <td>P: _____</td> </tr> <tr> <td>Cuarzo: _____</td> <td>Q: _____</td> </tr> <tr> <td>I.C. = _____</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>		TRIÁNGULO A-P-Q		%	%	Feldespató alcalino: _____	A: _____	Plagioclasa (>5An): _____	P: _____	Cuarzo: _____	Q: _____	I.C. = _____	100%																
TRIÁNGULO A-P-Q																															
%	%																														
Feldespató alcalino: _____	A: _____																														
Plagioclasa (>5An): _____	P: _____																														
Cuarzo: _____	Q: _____																														
I.C. = _____	100%																														
<b>Transparencia:</b> [desde clara (1) a oscura(5)]: _____																															
<b>MINERALOGÍA</b> (+- en orden de abundancia) [En volcánicas separar fenocristales de constituyentes de la matriz]																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Nombre</th> <th style="width: 20%;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1-</td><td></td></tr> <tr><td>2-</td><td></td></tr> <tr><td>3-</td><td></td></tr> <tr><td>4-</td><td></td></tr> <tr><td>5-</td><td></td></tr> <tr><td>6-</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Nombre	%	1-		2-		3-		4-		5-		6-		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Nombre</th> <th style="width: 20%;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7-</td><td></td></tr> <tr><td>8-</td><td></td></tr> <tr><td>9-</td><td></td></tr> <tr><td>10-</td><td></td></tr> <tr><td>11-</td><td></td></tr> <tr><td>12-</td><td></td></tr> </tbody> </table> Tz: trazas		Nombre	%	7-		8-		9-		10-		11-		12-	
Nombre	%																														
1-																															
2-																															
3-																															
4-																															
5-																															
6-																															
Nombre	%																														
7-																															
8-																															
9-																															
10-																															
11-																															
12-																															
<b>Plagioclasa:</b> Composición: _____ %An (Nombre: _____). Alterada: Mucho: _____ Mediano: _____ Poco: _____ Nada: _____ (muy importante) En orden de abundancia (4->0) a: Sericita: _____ Epidoto: _____ Calcita: _____ Albita: _____ Otro: _____																															
<b>Nota:</b> Al reverso hacer lo mismo para otros minerales alterados (biotita, anfíbol, piroxeno, olivino, etc.)																															
<b>CLASIFICACIÓN GENERAL</b> Plutónica: _____ Hipoabisal: _____ Volcánica (lava): _____ Volcánica (piroclástica: _____ híbrida: _____) Metaplutónica: _____ Metahipoabisal: _____ Metalava: _____ Metatoba: _____ (Metatoba híbrida: _____) Metasedimentaria: _____ (Metapelita: _____ Meta-psamita: _____ Meta-psefita: _____ Meta-carbonática: _____)																															
<b>NOMBRE DE CAMPO:</b> _____																															
<b>NOMBRES PETROGRÁFICOS:</b> _____																															
<b>NOMBRES PROTOLÍTICOS</b> (si es posible): _____																															
<b>Facies (subfacies) metamórfica:</b> _____																															
<b>DESCRIPCIONES DE LOS MINERALES:</b> <i>Hacerlas al reverso</i> , hacer gráficos, marcar sitios para fotomicrografías, etc. No indicar propiedades obvias de los minerales, ejm.: Muscovita: extinción paralela... Pero siempre indicar los colores de pleocroismo... En casos como clorita indicar siempre los colores de interferencia, dado que pueden ser distintos si proviene de biotita o anfíbol.																															
<b>Indicar:</b> Minerales pico de metamorfismo, minerales retrógrados, reacciones, interpretaciones de la historia de la roca. Si bien arriba hay una casilla de texturas, aquí señalar cuales minerales están involucrados en ellas y detalles adicionales.																															
<b>Formas de minerales:</b> acicular, columnar, fibroso, equidimensional, hojoso, tabular, alotriomorfo, hipidiomorfo, idiomorfo.																															
<b>Visualizar texturas y minerales ígneos en:</b> <a href="http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc221/igneous/igttextur.html">http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc221/igneous/igttextur.html</a>																															
Minerales metamórficos <a href="http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology/met_minerals.htm">http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology/met_minerals.htm</a>																															
Minerales ígneos <a href="http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology/ig_minerals.htm">http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology/ig_minerals.htm</a>																															
Petrología en general <a href="http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology">http://www.union.edu/PUBLIC/GEODEPT/COURSES/geo/petrology</a>																															
<b>Usar las clasificaciones de rocas ígneas y metamórficas de:</b> <a href="http://www.bgs.ac.uk/bgsracs/download.html">http://www.bgs.ac.uk/bgsracs/download.html</a>																															

B18. Planilla petrográfica utilizada para rocas ígneas y metamórficas. (URBANI *et al.* 2010)

## APÉNDICE C

### APÉNDICE DE SÍNTESIS DE OBSERVACIONES DE CAMPO, DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS DE MANO Y PETROGRAFÍA

**Reconocimiento del área Potrerito – Qda. La Palma y vía principal (7/06/2013).**

**Punto de observación: Ya13-501**

**Ubicación:** Camino al este de la quebrada La Palma.

**Unidad:** Complejo San Julián

**Coordenadas UTM:** 543.002/1.125.630

**Observaciones de campo:** Afloramientos parcialmente cubiertos de esquistos cuarzo-plagioclasicos y rodados de esquistos grafitosos. El camino es estrecho, la topografía es moderadamente abrupta y junto con la vegetación evidencian el posible contacto entre los Complejos Nirgua y San Julián.

**Fotografías:**



Vista general del paisaje. Posible contacto entre los complejos San Julián y Nirgua. Cambios de vegetación y topografía.

**Descripción de muestra de mano:**

**La13-501:** Esquisto cuarzo-plagioclasico de color fresco blanquesino y color meteorizado de pardo claro a pardo oscuro. La mineralogía está constituida principalmente por cuarzo, plagioclasa y micas (notable las láminas de biotita distribuida por toda la roca y paralela a la foliación). Esquistosidad prominente y un tamaño de grano variable entre (0,5-1,5) mm. La roca se encuentra altamente meteorizada. No reacción con ácido clorhídrico.



Tipos litológico en afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-501

**La13-501R:** Esquisto grafitoso, de color fresco gris oscuro y color meteorizado pardo. La mineralogía está constituida principalmente por grafito seguido del cuarzo y óxido de hierro en menor proporción. Textura foliada. La muestra presenta intersticios redondeados de 0,1 cm en general producto posiblemente de la disolución de pirita.



Tipos litológico en afloramientos del Complejo San Julián. Muestra Ya13-501R

**Punto de observación: Ya13-502**

**Ubicación:** Camino al este de la quebrada La Palma.

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 542.830/ 1.125.561

**Observaciones de campo:** Afloramientos de esquisto carbonático. Los afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos y muy meteorizados.



**Fotografías:**

Afloramiento parcialmente cubierto del esquisto carbonático

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-502:** Esquisto carbonático-cuarzo-muscovítico, de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Esta constituida principalmente por carbonatos, cuarzo, muscovita (aparece en lineaciones) y grafito (ayuda a dar las tonalidades oscuras a la roca); Presencia de óxidos de hierro debido a la alta meteorización. Textura foliada. El tamaño promedio de los cristales es de 1 a 3,5mm



Tipos litológico en afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-502

**Punto de observación: Ya13-503**

**Ubicación:** Camino al este de la quebrada La Palma.

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 542.793 / 1.125.500

**Observaciones de campo:** Contacto entre el Complejo de Nirgua y el Complejo de San Julián. La traza esta marcada por una ensilladura. Cambio en la vegetación entre dicho contacto y topografía.

**Fotografías:**

Contacto entre El Complejo San Julián y Nirgua. Traza marcada por una ensilladura.



Vegetación en el Complejo Nirgua. Hacia el Norte, El complejo de San Julián está determinado por la ausencia de palmeras lo cual indica cambio en la vegetación.

**Punto de observación: Ya13-504**

**Ubicación:** Camino al este de la quebrada La Palma.

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 542.793 / 1125344

**Observaciones de campo:** Afloramientos parcialmente cubiertos del Complejo Nirgua. Los mismos se presentan como intervalos de mármol y esquisto carbonático. A simple vista la esquistosidad es moderada. La mayoría de los afloramientos se encuentran sometidos a alto grado de meteorización. Debido al clima y a la vegetación.

**Mediciones:** Foliación N45W42S

**Fotografías:**



Afloramiento del Complejo Nirgua. Intercalaciones de mármol y esquistos carbonáticos.

#### Descripción de muestra de mano:

**Ya13-504:** Mármol masivo de color fresco gris oscuro y de color meteorizado ocre. Efervescencia al ácido clorhídrico alta. Posee tamaño de cristal medio a grueso. La mineralogía está constituida principalmente por carbonatos (80%) y el otro 20% esta distribuido entre cuarzo, plagioclasas grafito y óxidos (principalmente hematita). Tamaño de grano medio, entre 0,5 y 1 mm



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-504

**Punto de observación:** Ya13-505

**Ubicación:** Vía principal a Nirgua

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 540.6464 / 1.125400

**Observaciones de campo:** Afloramiento de esquistos carbonáticos con foliación muy bien desarrollada. La foliación es bien desarrollada en estas rocas, las cuales a su vez se encuentran fracturadas por dos sistemas de diaclasas. Se observan vetas de calcita de espesores centimétricos.

**Mediciones:** Foliación N75W15S

**Fotografías:**



Afloramiento del esquistos carbonáticos. En la parte izquierda se pueden distinguir las diaclasas dispuestas perpendicular a la foliación.

#### Descripción de muestra de mano:

**Ya13-505BR:** Esquistos carbonáticos de color fresco gris oscuro y de color meteorizado ocre oscuro. Efervescencia al ácido clorhídrico alta. Posee tamaño de cristal medio a grueso. La mineralogía está constituida principalmente por carbonatos (75%) y el resto de los constituyente está conformado por cuarzo, muscovita, plagioclasa, grafito y óxidos (principalmente hematita). Presencia de vetas de calcita dispuestas en las fracturas de la roca.



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-505R

**Punto de observación:** La13-506

**Ubicación:** Continuación vía principal a Nirgua.

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 532.502/1.122.941

**Observaciones de campo:** Intercalaciones de esquistos carbonáticos y mármol masivo.

**Mediciones:** Foliación N15W30

**Fotografías:**



Mármol laminado (en la parte superior) intercalado con el esquistó carbonático micáceo (parte inferior) del Complejo Nirgua.

#### Descripción de muestra de mano:

**Ya13-506:** Mármol masivo, de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. La muestra se encuentra moderadamente meteorizada. Se presenta ligeramente foliado. El tamaño de los cristales es menor a 0,5 mm. Está compuesto principalmente de carbonatos, muscovita y otros elementos minoritarios como piritita y óxido de hierro.

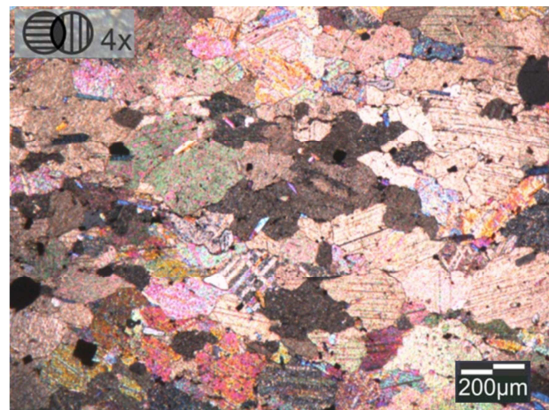


Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-506

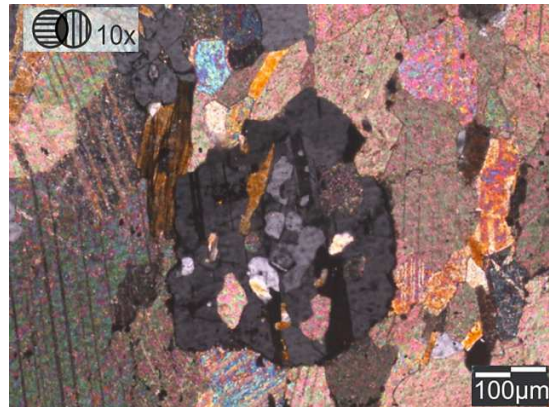
#### Descripción petrográfica:

**Ya13-506:** Mármol moscovítico. Posee moderada foliación. Tamaño de cristales promedio de 0,25 a 0,45 mm. Conformada principalmente por carbonatos (91%) la cual presenta en la mayoría de sus cristales bordes irregulares suturados. Se presentan como agregados granoblástico equigranular, con maclado polisintético. En ocasiones, los cristales se presentan alargados en una dirección preferencial. Se encuentra constituida además por otros minerales minoritarios como plagioclasa (2%), la cual es del tipo oligoclasa con alteración a calcita, epidoto y albita. Ocasionalmente macladas. La muscovita (4%) se presenta en cristales alineados y en algunos casos se presenta como

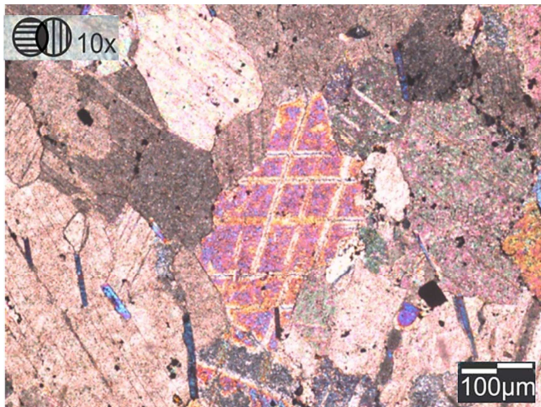
inclusiones dentro de las plagioclasa. frecuentemente alteradas debido a la presencia de óxidos y algunos cristales pueden presentarse maclados. Se observan cristales de cuarzo (1%) como agregados aislados y con extinción ondulatoria. Clorita con pleocroísmo débil de verde claro a muyclaro. Pobremente distribuida. (<1%). Los minerales opacos, los cuales son principalmente piritita (1%) son isótropos, subhedrales y euhedrales presentándose como inclusiones en los carbonatos, muscovitas y las plagioclasas. Otros minerales accesorios como el epidoto (<1%) se encuentran como inclusiones dentro de las plagioclasas.



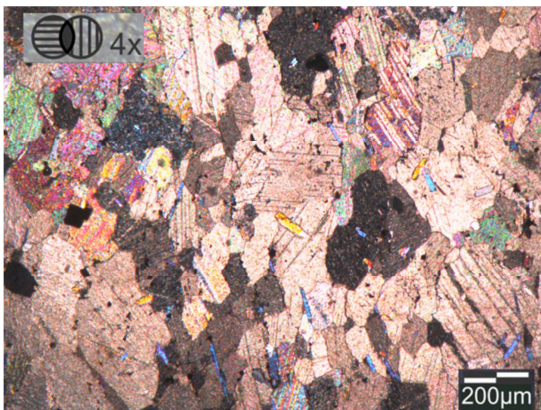
Ya13-506: Vista general de la muestra.



Ya13-506: Cristal de plagioclasa tipo oligoclasa con inclusiones de muscovita y alteraciones a calcita, epidoto y albita.



Ya13-506: Cristal de calcita con bordes irregulares suturados y con maclado polisintético.



Ya13-506: Cristales de muscovita de 0,2mm alineados.

**Reconocimiento del Sector Buenos Aires y de las quebradas: La Mopera, Agua Buena y Río Guama. (8/06/2013).**

**Punto de observación:** La13-507

**Ubicación:** Río Guama

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 515.265 / 1.139.770

**Observaciones de campo:** Afloramiento de esquisto cuarzo-grafitoso afectado altamente por la meteorización.

Se distinguen rodados de gneis y rodados de esquistos carbonaticos y grafitosos posiblemente por la cercanía entre el contacto del Gneis de Yaritagua y el Complejo Nirgua.

La vegetación cubre totalmente el area y ocasionalmente se exhiben afloramientos muy meteorizados y parcialmente cubiertos.

**Fotografías:**



Afloramiento muy meteorizado y parcialmente cubierto del esquisto cuarzo- grafitoso del Complejo Nirgua.

**Descripción de muestra de mano:**

**La13-507:** Esquisto cuarzo-grafitoso de color fresco gris claro y de color meteorizado marrón claro. No reacción al ácido clorhídrico. Textura foliada. Posee tamaño de cristal medio a grueso, posee bandeamiento de minerales de color claro (cuarzo y plagioclasas) y de colores oscuros (generalmente grafito y muscovita). La composición mineralógica consiste principalmente en grafito, cuarzo feldespatos y oxidos.



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-507

**Punto de observación:** Ya13-508

**Ubicación:** Río Guama

**Unidad:** Complejo Nirgua - Complejo Yaritagua

**Coordenadas UTM:** 530.285 / 1.140.100

**Observaciones de campo:** Contacto inferido entre el Complejo Nirgua y el Complejo Yaritagua debido al cambio de pendiente y vegetación. La pendiente aumenta en el Complejo Nirgua mientras que en Yaritagua la pendiente es más suave.

**Fotografías:**



Contacto inferido entre el Complejo Nirgua y el Complejo Yaritagua.

**Punto de observación: Ya13-509**

**Ubicación:** Río Guama

**Unidad:**

**Coordenadas UTM:** 515.522/1.139519

**Observaciones de campo:** Afloramiento del Gneis de Yaritagua. Color Fresco marrón claro color meteorizado pardo. El afloramiento se encuentra parcialmente cubierto y muy meteorizado.

**Mediciones:** Foliación N80W30S

**Fotografías:**



Afloramiento del Gneis de Yaritagua.

**Punto de observación: La13-510**

**Ubicación:** Qda. La Mopera

**Unidad:** Complejo Nirgua.

**Coordenadas UTM:** 511.448/ 1.135749

**Observaciones de campo:** Manantiales ricos en sulfuros. Se denota el cambio de color entre pequeños riachuelos con aguas cristalinas (incoloras) y otros de color anaranjado y pardo. Posiblemente presencia de azufre debido al olor amargo.

**Fotografías:**



Vista panorámica de la quebrada.



Manantiales con depósitos de material coloidal rojizo.



Cambio de color entre pequeños riachuelos con aguas cristalinas (incoloras) y otros de color anaranjado y pardo



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-511

**Análisis por difracción de Rayos X:** La caracterización por XRD de la muestra Ya13-511 se pueden resumir como la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: calcita y cuarzo principalmente. La calcita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio representando un 99,5% de la fracción carbonática, estando la dolomita presente sólo en trazas. El cuarzo es el segundo mineral más abundante.

**Punto de observación: Ya13-511**

**Ubicación:** Qda. La Mopera

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 511.440/ 1.135760

**Observaciones de campo:** Zona de brecha de falla. Contacto entre gneis cuarzo micáceo de color blanquesino y esquistos grafitoso cuarzo micáceo hacia el norte aflora mármol masivo.

**Fotografías**



Zona de brecha de falla. Afloramientos meteorizados y plegados.

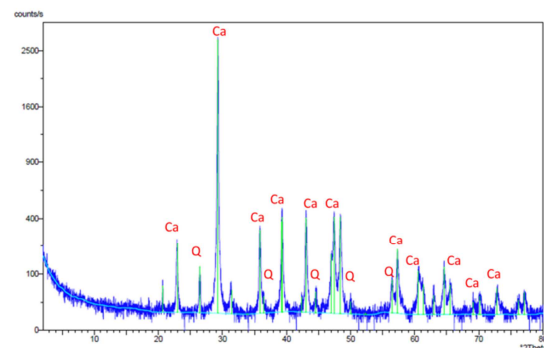


Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-511

d-spacing (Å)	% Intensidad	(°2Theta)	Mineral correspondiente
3,06	100	29,30	Calcita
2,50	11,62	35,91	Calcita
2,29	13,64	39,23	Calcita
2,10	14,56	43,01	Calcita
1,914	14,87	47,66	Calcita
1,88	14,98	48,39	Calcita

Tabla de registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-511:** Marmol color fresco gris y color meteorizado pardo. Textura foliada. Tamaño de grano medio a fino. Reacciona con acido clorhídrico. Se denotan vetas de calcitas.

**Punto de observación: La13-512****Ubicación:** Qda. La Mopera**Unidad:** Complejo Nirgua**Coordenadas UTM:** 511.447/1.135.734**Observaciones de campo:** Afloramientos de meta-arenisca carbonática. Presencia de cantos rodados con litologías variadas (esquisto verde, meta-arenisca, gneis, cuarcita y mármol).**Fotografías:**

Afloramiento de meta-arenisca carbonática. Se denotan dos familias de diaclasas.

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-512:** Meta-arenisca de color fresco gris y color meteorizado pardo. Textura foliada. Tamaño de grano medio. Constituida principalmente por cuarzo, grafito y micas. Presencia de óxido de hierro y pirita. Reacciona con ácido clorhídrico.



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-512

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-512R:** Esquisto de color fresco verde oscuro y color meteorizado verde claro. Textura foliada. Cristales de tamaño hasta de 0,5 mm aproximadamente. Constituida principalmente por plagioclasa, epidoto, actinolita, y clorita; Otros minerales de menor abundancia son el cuarzo y

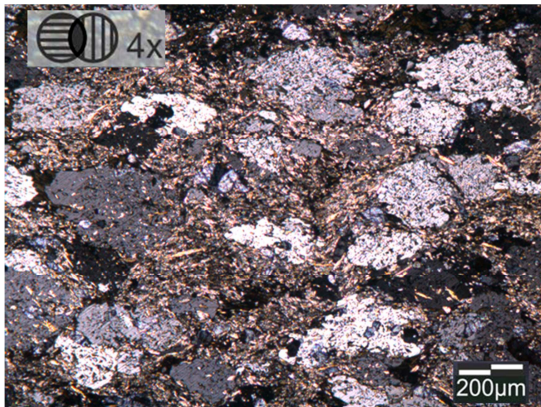
moscovita. No reacciona con ácido clorhídrico. Presenta vetas de cuarzo plegadas.



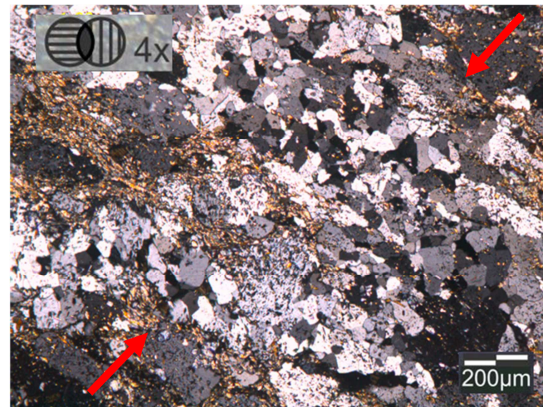
Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-512R

**Descripción de muestra de mano:**

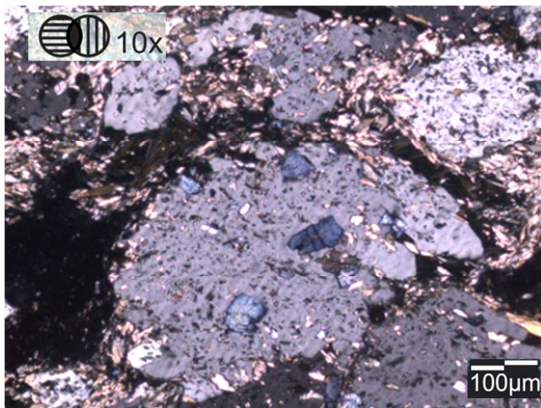
**Ya13-512R:** Esquisto plagioclásico actinolítico clinozoisítico. Presenta como minerales esenciales: plagioclasa, actinolita, clinozoisita, cuarzo, muscovita, y clorita. Los accesorios comunes son: rutilo, epidoto y minerales opacos como pirita. El tamaño de cristal promedio es de 0,01 a 0,5 mm, posee textura foliada y la actinolita le concede la foliación nematoblástica. Las plagioclasas (40%) son principalmente albita-oligoclasa, siendo la primera más abundante. Por lo general se encuentran sin presentar maclado. Con inclusiones de actinolita, clinozoisita, epidoto y zircón. La actinolita (29%) se presenta con hábito tabular y extinción paralela u oblicua de acuerdo al corte. Estos cristales definen la textura nematoblástica del esquisto. La clinozoisita (15%) se observa en granos subhedrales alargados, de bordes irregulares y con orientación preferencial paralela a la foliación. Frecuentemente fracturada y alterada. Se puede encontrar también como inclusión dentro de las plagioclasas. La clorita pseudomorfa (7%) se presenta posiblemente como producto de la alteración de la actinolita. Color de interferencia marrón. El cuarzo (7%) se presenta en forma de bandas plegadas principalmente. Incoloro y con extinción ondulatoria. Presenta diminutas inclusiones no identificables. La muscovita (3%) se presenta como anhedral y hábito tabular. Otros minerales accesorios (<1%) son pequeños cristales de epidoto que se encuentran como inclusiones en las plagioclasas y en la clinozoisita y minerales opaco (pirita).



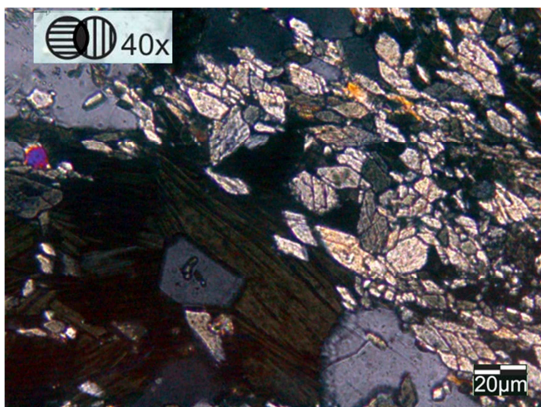
Ya13-512R: Vista general de la muestra. Orientación nematoblástica otorgada por la actinolita.



Ya13-512R: Banda de cuarzo presentando plegamiento. Se indica la dirección de los esfuerzos en rojo.



Ya13-512R: Plagioclasas con inclusiones de clinozoisita (de color azul), epidoto y pequeños cristales de moscovita.



Ya13-512R: Clorita pseudomorfa producto del anfíbol. Se puede apreciar el corte transversal de los cristales de actinolita mostrándose las dos direcciones de clivaje.

**Punto de observación: La13-513**

**Ubicación:** Qda. Agua Buena

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 511.405/1.135.840

**Observaciones de campo:** Plegamiento de un afloramiento de meta-arenisca carbonática. Las vetas de calcita también se encuentran plegadas.

**Mediciones:**

Plano Axial N30W45N

**Fotografías:**



Pliegue isoclinal. Complejo Nirgua

**Punto de observación: La13-514**

**Ubicación:** Qda. Agua Buena

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 511.975/1.136.115

**Observaciones de campo:** Pliegues parásitos en afloramientos del Complejo Nirgua. La litología



sigue consistiendo en meta-arenisca pero incrementa la cantidad de pirita.

**Fotografías:**



Pliegues parásitos en afloramientos del Complejo Nirgua.



Cantos rodados de la quebrada. Se observa entre ellos mármol y cuarcita.



Plegamientos en cantos rodados.



Formación de terrazas fluviales

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-514AR:** Esquisto cuarzoso. Roca de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Textura foliada. Tamaño de grano medio a grueso. Constituida principalmente por muscovita y cuarzo. Presencia de óxido de hierro. No reacciona con ácido clorhídrico.

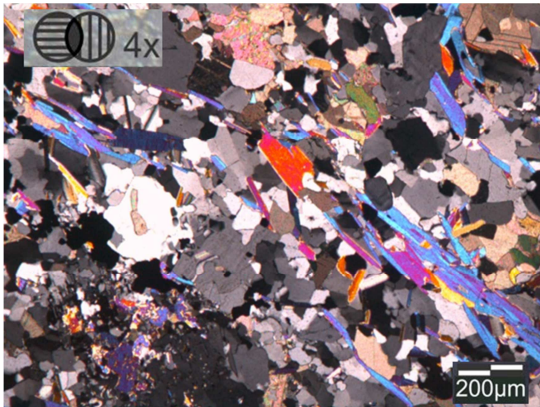


Muestra Ya13-514AR

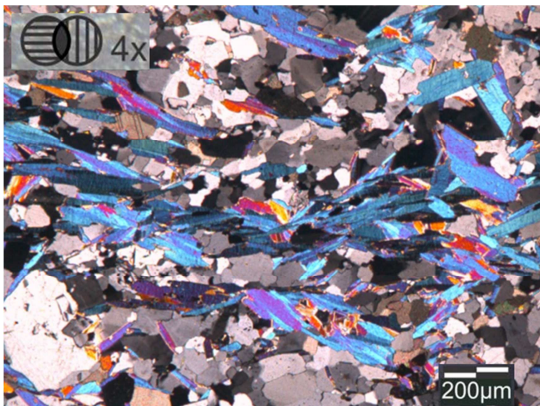
**Descripción petrográfica:**

**Ya13-514AR:** Esquisto cuarzo-moscovítico-plagioclásico. El tamaño promedio de los cristales es de 0,01 a 0,3 mm, posee textura foliada y la muscovita le concede la foliación lepidoblástica. El cuarzo (30%) se presenta en bandas granoblásticas, con hábito anhedral a subhedral, extinción ondulatoria y con bordes suturados. Se determinaron puntos triples entre cristales de cuarzo que indican que no sufrieron deformación. La muscovita (27%) se presenta levemente pleocroica. Forma bandas lepidoblásticas que definen la foliación metamórfica y refleja el grado de deformación a que está sometida la roca. Bordes rectos astillosos. Ocasionalmente rojiza y marrón, debido a que son manchadas por la alteración de los óxidos presentes resultados de la

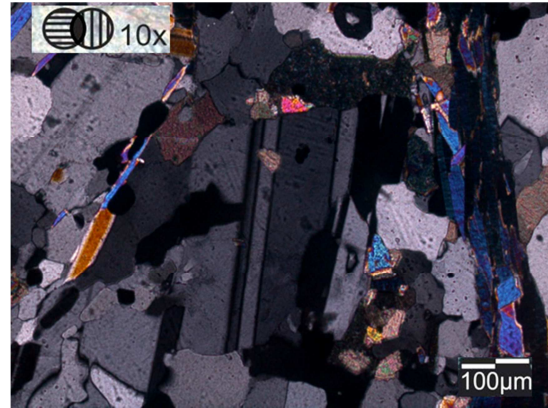
meteorización. La plagioclasa (23%) es de tipo albita, subhedral, con bordes irregulares y con alteraciones de calcita, minerales opacos (pirita principalmente) que se presentan con hábito desde euhedral hasta diminutos cristales anhedral y finalmente moscovita. Por lo general, se presenta no maclada. Los carbonatos (5%) se presenta como cristales recristalizados, incoloros, anhedral y ocasionalmente poligonales. Los opacos (2%) suelen ser pirita y hematita. Se consigue epidoto y sericita como inclusiones dentro de las plagioclasas (<1%).



Ya13-514AR. Vista general de la sección



Ya13-514AR: Muscovita con sus característicos colores de alta birrefringencia. Crecimiento en bandas lepidoblásticas que definen la foliación metamórfica



Ya13-514AR: Plagioclasa tipo albita con alteraciones de calcita y minerales opacos. Nótese los bordes irregulares. A la izquierda se puede denotar la moscovita con tonalidades marrones debido a la alteración de los óxidos.

**Ya13-514BR:** Mármol de color fresco gris oscuro y color meteorizado gris claro. Textura porfidoblástica. Tamaño de grano medio. Constituida principalmente por carbonatos y cuarzo en menor proporción. Se denotan vetas de calcita. Reacción con ácido clorhídrico altamente.

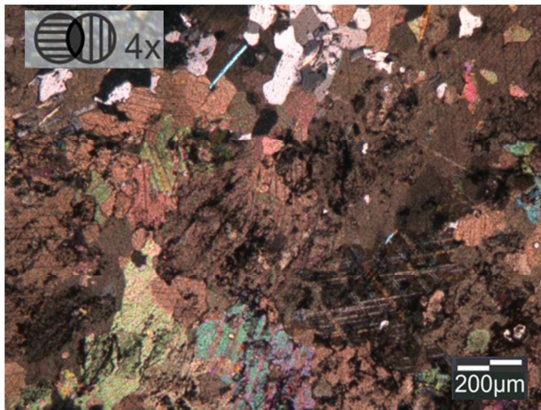


Muestra Ya13-514AB

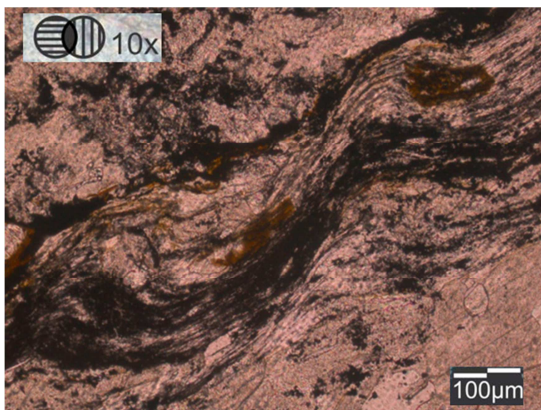
#### Descripción petrográfica:

**Ya13-514BR:** Mármol cuarzo-muscovítico-grafitoso. El tamaño de los cristales promedio es de 0,5 a 0,075mm. Los carbonatos (90%) presenta en la mayoría de sus cristales bordes irregulares suturados. Esta constituido principalmente por calcita (24,9% dolomita; 75,1% de calcita) según análisis de DRX posteriores. Se presentan como agregados granoblástico equigranular, con maclado polisintético. En ocasiones, los cristales se presentan alargados en una dirección preferencial. El cuarzo (4%) es de anhedral a subhedral formando un mosaico de cuerpos suturados y algunas veces se encuentra en cristales aislados. Presenta diminutas inclusiones. Extinción ondulatoria. La muscovita (3%), de hábito subhedral, se encuentra orientada en dirección de la foliación y luego plegada. El grafito

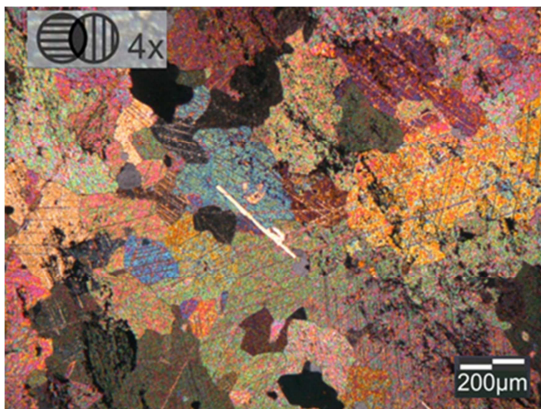
(2%), es opaco y anhedral. Está asociado a la moscovita en bandas plegadas. Se distribuye heterogéneamente entre la calcita y/o dolomita. Otros minerales opacos (1%) están constituidos por hematita y la pirita de forma euhedral (cristales cúbicos) además de presentarse cristales muy pequeños anhedrales.



Ya13-506: Vista General de la sección.



Ya13-506: Blandas plegadas de muscovita y grafito.



Ya13-506: En todo el centro cristal de muscovita con habito tabular. Los carbonatos presentan maclado polisintético.

**Análisis por difracción de Rayos X:** La caracterización por XRD de la muestra Ya13-514BR se pueden resumir como la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: Calcita, dolomita y cuarzo principalmente. La calcita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio sobre la dolomita (24,9% dolomita; 75,1% de calcita). La dolomita representa un 20,4% de la fracción carbonática total (82%) de la roca. Los resultados mostrados en petrografía semejan los registrados en el diagrama en el cual no se determina ni grafito ni muscovita por presentarse en cantidades menores a 5% y el grafito además se solapa con los picos del cuarzo. Se registró a 38 Å un pico muy elevado que probablemente sea un error de la maquina al iniciar los registros.

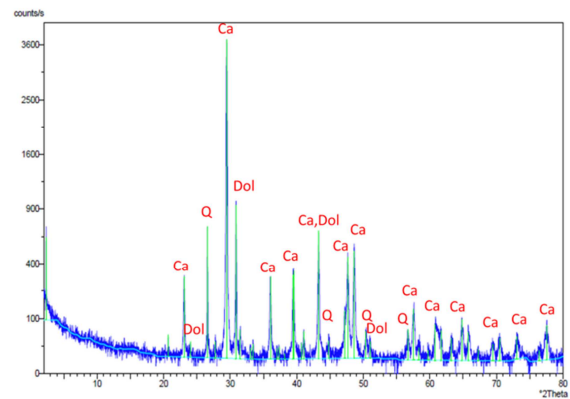


Diagrama de difracción de rayos X de la muestra Ya13-514BR. Ca=Calcita, Q=Cuarzo, Py=Pirita

d-spacing (Å)	% Intensidad	(°2Theta)	Mineral correspondiente
3,35	19,14	26,56	Cuarzo
3,03	100	29,50	Calcita
2,90	25,09	30,85	Dolomita
2,09	18	43,28573	Calcita-Dolomita
1,91	11,99	47,66	Calcita
1,87	13,34	48,61	Calcita

Tabla de registros correspondiente a los picos más elevados. Muestra Ya13-514

**Punto de observación: Ya13-515**

**Ubicación:** Qda. Agua Buena

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 511.135/1.136.240

**Observaciones de campo:** Porciones agrupadas de arenas de colores anaranjados y pardos cuya mineralogía posiblemente esta denotada por sulfuros. Reaccionan con ácido clorhídrico.

**Fotografías:**



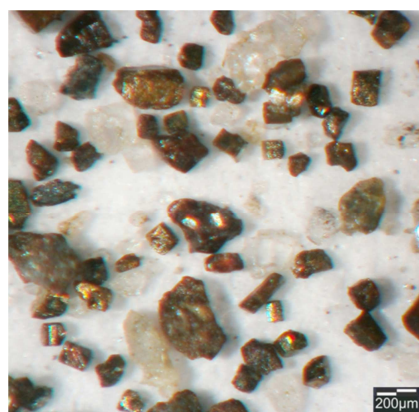
Arenas con cristales de sulfuros (vista general)



Acercamiento. Arenas con cristales de sulfuros (principalmente pirita)

Material total que pasa la malla N°	Cantidad total de la muestra (g)	Cantidad obtenido (g)	Tamaño de los granos (mm)	%
35	147	52.954	0,25	36,2
60	147	40.543	0,21	27,7
80	147	41.103	0,15	28,1
120	147	8.819	0,1	6,0
170	147	0.911	0,085	0,6
200	147	2.881	0,062	2,0

Tabla de datos obtenida a través del método de tamizado para determinan las fracciones retenidas.



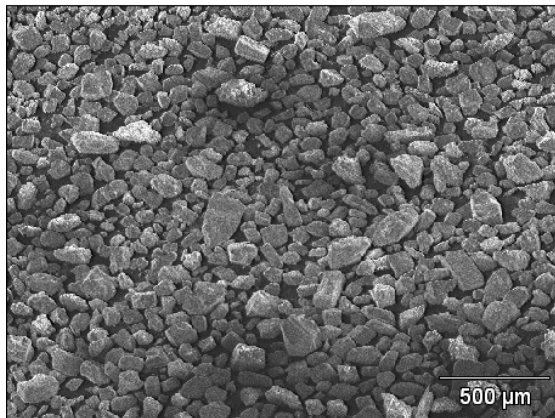
Diversidad de granos

**Granulometría:** abarcan Arenas finas y muy finas de acuerdo al tamaño de grano existiendo en mayor proporción arenas finas.



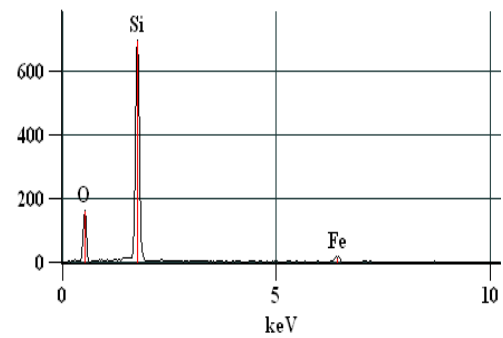
Separación de los granos por tamizado.

**Análisis en microscopía electrónica:** Los granos presentan una morfología variada de tamaños entre 0,25 mm y 0,075mm aproximadamente. De acuerdo con el histograma espectral, los picos más elevados son el azufre (S) y el hierro (Fe) el oxígeno (O) y el Silicio (Si). Los primeros evidencian la gran proporción de pirita. Los segundos denotan la presencia de sílice. Otros picos notables en el histograma permiten inferir e interpretar la presencia de carbonato. Elevaciones de menores intensidades que no registraron el elemento pueden pertenecer a elementos como el Zr dando evidencia posibles circones dentro de los granos (Se determina debido a que en el eje x, perteneciente a las unidades de energía, Kiloelectrovolts, el 2,04 pertenece a dicho elemento en donde se muestra una ligera elevación). Otros picos generados en zonas más específicas registran Mg y Al pertenecientes posiblemente a filosilicatos.

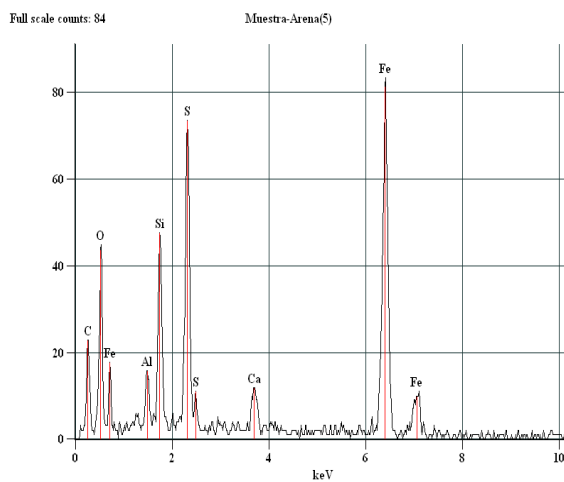


Vista general

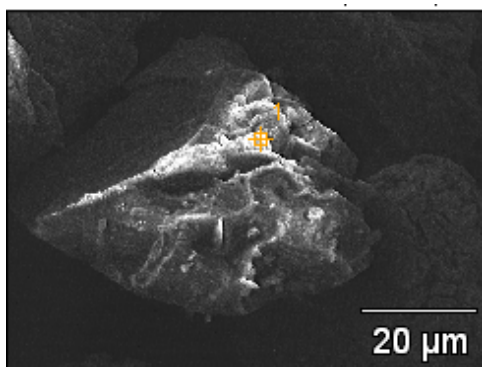
Full scale counts: 697 Muestra-Arena(8)\_pt1



Histograma espectral del grano de sílice, en zona específica, mostrado en la imagen anterior



Histograma espectral de la muestra general tomada en un área determinada.



Cristal de sílice. En amarillo zona escogida para determinar composición química a través del histograma espectral.

**Análisis por difracción de Rayos X:**

La caracterización por XRD de los sedimentos recolectados se pueden resumir como la presencia de una serie racional de reflexiones basales en los cuales se revela que las fases más abundantes son: la pirita, calcita y cuarzo principalmente. La pirita muestra una serie basal de picos de difracción en donde se puede observar un claro predominio incluso por encima del cuarzo. Se denotó la presencia de carbonato de calcio que explica la alta reacción con ácido clorhídrico sin embargo no se descarta la presencia de materia orgánica que también hace que esfervezca la porción de arena. El carbonato de calcio presente en la roca es de calcita (dolomita sólo en trazas). Debido a las altas reflexiones del cuarzo y la pirita, minerales que se encuentran en menor porcentaje no se logran distinguir claramente, sin embargo se denota un pico de 10 Å cuyo ángulo 2θ es 8,77 que puede manifestar algún mineral micáceo (esto se corrobora en los histogramas espectrales de microscopía electrónica en donde aparece Mg y Al adicional a todos los elementos mencionados)

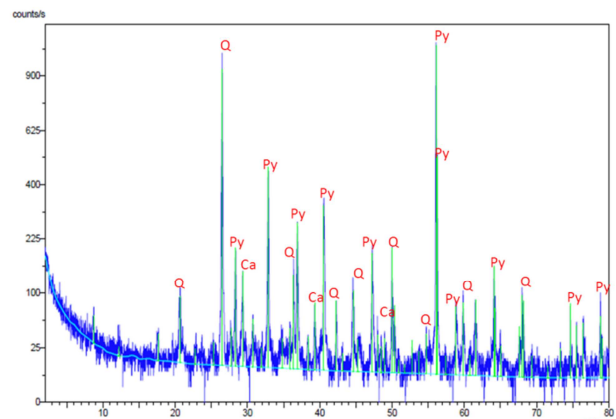
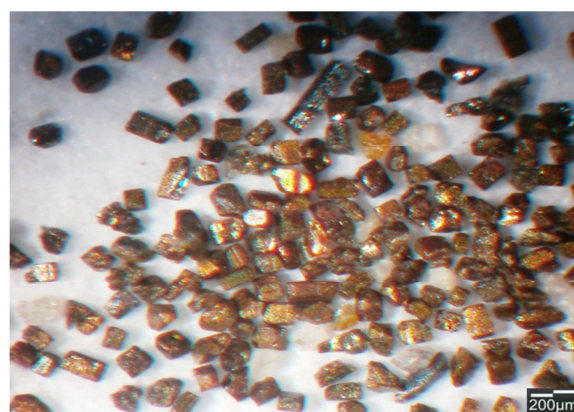


Diagrama de difracción de rayos X de la muestra de arenas. Py=Pirita;Q=Cuarzo;Ca= Calcita

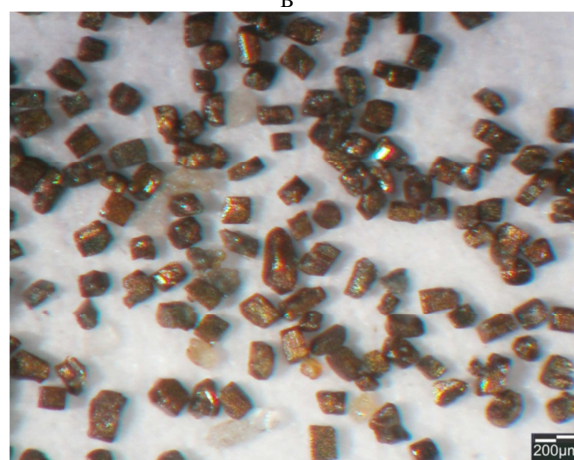
d-spacing (Å)	% Intensidad	( $^{\circ}$ 2Theta)	Mineral correspondiente
3,36	86,76	26,50	Cuarzo
3,14	17,84	28,36	Pirita
3,04	12,46	29,33	Calcita
2,72	42,66	32,85	Pirita
2,43	24,51	36,91	Pirita
2,22	29,67	40,54	Pirita-Cuarzo
1,92	16,90	47,25	Cuarzo-Calcita
1,82	18,12	49,99	Cuarzo
1,64	100	56,08482	Pirita
1,63	47,21	56,26	Pirita
1,45	14,14	64,11	Pirita-Cuarzo

Tabla de registros correspondiente a los picos más elevados.

Muestra de arenas



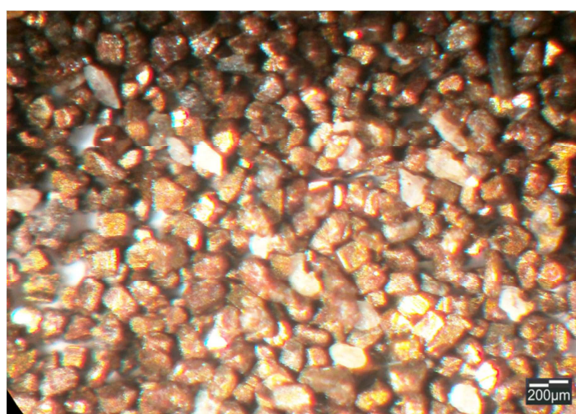
B



C

### Separación de minerales magnéticos:

Para determinar el contenido de pirita y otros posibles minerales magnéticos, tras una separación manual con un imán para eliminar los posibles relictos de minerales ferromagnéticos presentes, en la cual no hubo ninguna fracción obtenida con este mecanismo, se procedió a la separación de las fracciones paramagnética y diamagnética con un separador isodinámico Franz. Con la configuración adecuada se consiguieron concentrados en casi 95% de pirita, reconociendo por medio del uso de lupa sus características morfológicas. Se presentan en esas mismas condiciones otros minerales con morfología diferentes pero que requieren un mayor análisis para su determinación.



A

A,B y C: Porción retenida en el tamiz 170 y pasada por el separador isodinámico tipo Franz a 1,2A. Se registra un 98% de pirita y un 2% de otros minerales.

**Punto de observación:** La13-516

**Ubicación:** Qda. Agua Buena

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 511.039/1.136.330

**Observaciones de campo:** Afloramiento parcialmente cubierto de gneis perteneciente al Complejo de Nirgua. Presencia de fracturas y diaclasas. El afloramiento presenta un color fresco gris y color meteorizado marrón oscuro. La foliación es prominente. Se determinaron dos familias de diaclasas. Las vetas observadas son de calcita y pueden llegar a medir 1cm de espesor.

**Mediciones:** Foliación N50W5N

Familia e Diaclasas: N5E50S; N25E30S

**Fotografías:**



Afloramiento parcialmente cubierto de Gneis perteneciente al Complejo de Nirgua.

**Punto de observación:** La13-517

**Ubicación:** Qda. Agua Buena

**Unidad:** Complejo Nirgua

**Coordenadas UTM:** 510,996 / 1.136.325

**Observaciones de campo:** Se destaca la presencia de numerosas vetas de cuarzo y calcita. Gran cantidad de diaclasas, fracturas y fallas que evidencian el grado de deformación que sufrió el área.

**Fotografías:**



Cascada. Vista General del afloramiento.



Numerosas fracturas y plegamientos presentes en el afloramiento. Se denota en la parte inferior vetas de calcita.



Se puede denotar 2 familias de diaclasas en los afloramientos.



Vetas de calcita plegada de 4cm de espesor.



Cantos de gneis del Complejo Nirgua.



Bandeamiento con alta deformación provocando pliegues en la roca.

#### Descripción de muestra de mano:

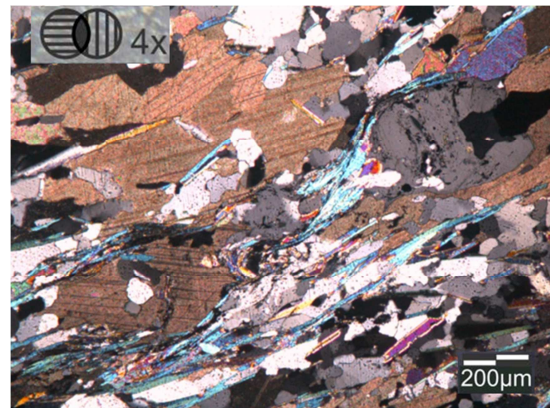
**Ya-517:** Esquisto de color fresco gris oscuro y meteorizado pardo. Efervescencia moderada. Equigranular con tamaño medio a grueso y con una composición mineralógica de plagioclasa, carbonatos, (debido a la reacción con el ácido clorhídrico), grafito (otorgando el color oscuro de la roca) y clorita (producto de alteración).



Tipos litológico en Afloramientos del Complejo Nirgua. Muestra Ya13-517

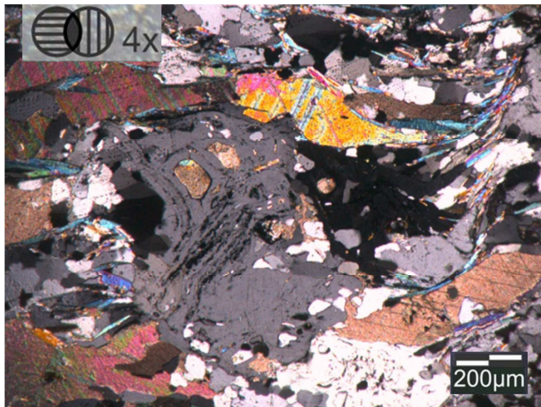
#### Descripción petrográfica:

**Ya13-517:** Esquisto plagioclásico-carbonático-muscovítico. El tamaño de los cristales promedio es de 0,25 a 0,75 mm. Textura foliada. Constituido principalmente por plagioclasas (40%) que se presentan como albita y oligoclasa en cristales desde 0,4 a 0,75 mm de tamaño. Son comunes las inclusiones de rutilo, muscovita y apatito que permiten definir la textura poikiloblástica, otras veces textura helicítica (Fig 29) debido a inclusiones de grafito dentro de las plagioclasas en forma de "espiral" que se orientan en direcciones diferente a la foliación de la roca. Los carbonatos (22%) se presenta en agregados subhedrales en algunos casos alargados que junto a la muscovita definen la foliación evidenciando orientación paralela. en ocasiones se presenta cubriendo los cristales de cuarzo. La muscovita (20%) forma bandas lepidoblásticas junto con la clorita y minerales opacos y define la foliación. El cuarzo (13%) es incoloro con Bordes irregulares, Hábito granular. Y Extinción ondulatoria. La clorita (2%) se asocia a la muscovita en las bandas lepidoblásticas. El grafito (1%): asociado a bandas lepidoblásticas y como inclusiones helicíticas en plagioclasa. Los minerales accesorios (1%) comunes son el epidoto, en inclusiones, y algunos minerales opacos como pirita.

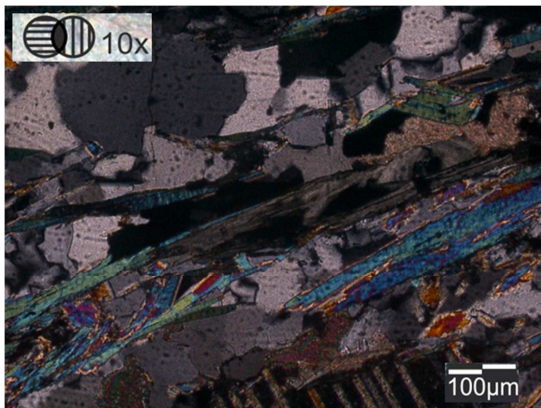


Ya13-517: Vista General de la Muestra. Orientación dada por la muscovitas y clorita que rodean los cristales de plagioclasa y calcita.





Ya13-517: Textura poikiloblástica en las plagioclasas y textura helicítica debido a inclusiones de grafito dentro de las plagioclasas que se orientan en direcciones diferentes a la foliación de la roca.



Ya13-517: Clorita asociada a las bandas lepidoblásticas de muscovita.

**Punto de observación: Ya13-518**

**Ubicación:** Sector Buenas Aires, 200Km el Sur.

**Unidad:** Esquisto de Aroa

**Coordenadas UTM:** 498.080/ 1.130.500

**Observaciones de campo:** Afloramiento de esquisto carbonático. La foliación se encuentra bien desarrollada. Abundante vegetación y clima nublado. Los afloramientos se encuentran parcialmente cubiertos.

**Mediciones:** Foliación N85W35N

**Fotografías:**



Afloramiento del Esquito de Aroa

**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-518:** Esquisto de color gris claro y color meteorizado pardo. Equigranular, de grano fino a medio. Textura foliada-esquistosa. La mineralogía consiste principalmente en carbonatos, moscovita y grafito. La muestra se encuentra altamente fracturada lugar en los cuales precipita calcita.

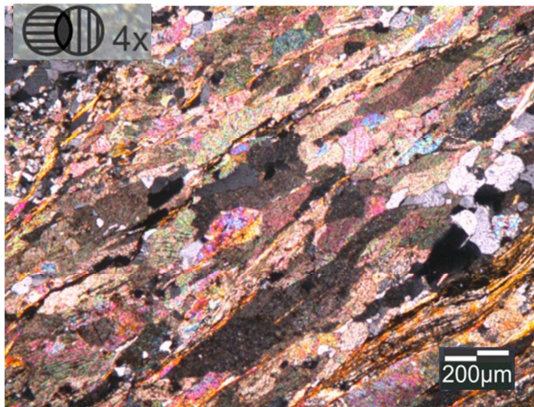


Tipos litológico en Afloramientos del Esquito de Aroa. Muestra Ya13-518

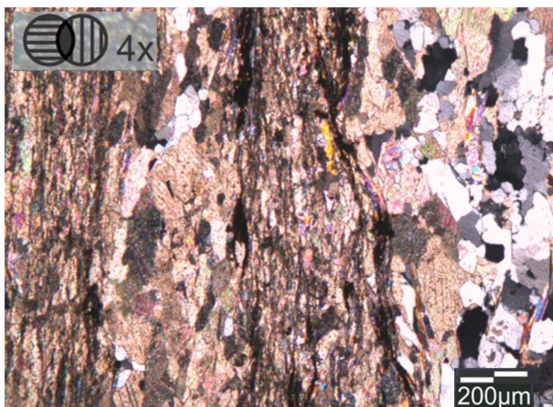
**Descripción de muestra de mano:**

**Ya13-518:** Esquisto carbonático cuarzo muscovítico. El tamaño de los cristales promedio es de 0,075 a 0,25 mm. Textura foliada. Los minerales más abundantes son los carbonatos (40%) incoloros. Anhedrales. Bordes irregulares y suturados; frecuentemente exhiben el maclado polisintético y se presentan formando una orientación preferencial. El cuarzo (22%) es incoloro, anhedral a subhedral,

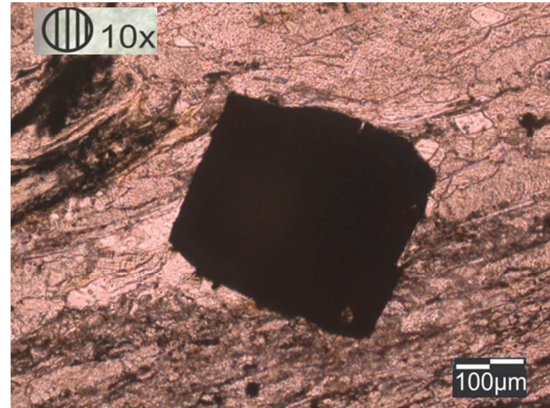
bordes irregulares y suturados. Los cristales frecuentemente se encuentran asociados a carbonatos y ocasionalmente a la muscovita. Extinción ondulatoria. Por lo general se presentan en bandas plegadas. La clorita (20%) posee pleocroísmo débil de verde claro a muy claro. De bordes rectos y astillosos. Se presenta en bandas asociadas a la muscovita y al grafito. La muscovita (15%) es de anhedral a subhedral, con bordes rectos y astillosos. Se presenta en delgadas bandas lepidoblásticas, plegadas y asociadas a los carbonatos y al grafito. Definen, junto con la clorita y el grafito, la foliación de la roca y el grado de deformación. El grafito (2%) es anhedral y asociado a la muscovita en bandas plegadas. La plagioclasa (2%) por lo general se presenta sin maclado y con alteraciones a sericita. Asociada a los carbonatos. Los minerales accesorios son opacos, el más común es la pirita, con bordes rectos y habito euhedral y algunas veces anhedral.



Ya13-518: Vista general de la muestra.



Ya13-518: Carbonatos distribuidos y con orientación preferencia asociado a las bandas de muscovita, grafito y clorita que definen la foliación de la roca. A la derecha se observan las bandas de cuarzo también orientadas y ligeramente plegadas.



Ya13-518: pirita con su habito cúbico y diseminada a lo largo de la muestra.

### Reconocimiento en sector Nonavana; Quebradas Nonavana y La Virgen. (09/06/2013).

**Punto de observación: La13-519**

**Ubicación:** Qda. Nonavana

**Unidad:** Esquisto de Mamey

**Coordenadas UTM:** 480.754/ 1.126.352

**Observaciones de campo:** Afloramientos de metaarenisca. Generación de tres familias de pliegues.

**Mediciones:** Plano axial, pliegue N.1 (1ra generación) N15W27N

Plano axial, pliegue N.2 (2da Generación)

N20W13N

Plano axial, pliegue N.3 (3ra Generación) N85W33N

### Fotografías:



Vista general de la quebrada Nonavana



Pliegue N.1 (1era generación). Clasificado como pliegue Isoclinal



Pliegue N.3 (3era generación). Clasificado como pliegue suave



Pliegue N.2 (2da generación). Clasificado como pliegue suave

#### Descripción de muestra de mano:

**La13-519A:** Meta-arenisca de color fresco gris oscuro y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1 mm (medio a fino), con un escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo y feldespato. Se identificaron fragmentos de chert. Reacciona con el ácido clorhídrico con un nivel de eferescencia moderado. Se observan vetas de calcita.



Tipos litológico en Afloramientos del Esquisto Mamey, quebrada Nonavana. Muestra La13-519A

**La13-19B:** Meta-Arenisca de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, feldespato, moscovita y minerales de arcillas. Se identificaron fragmentos de chert. No reacciona con el ácido clorhídrico. Existencia de vetas de cuarzo y de

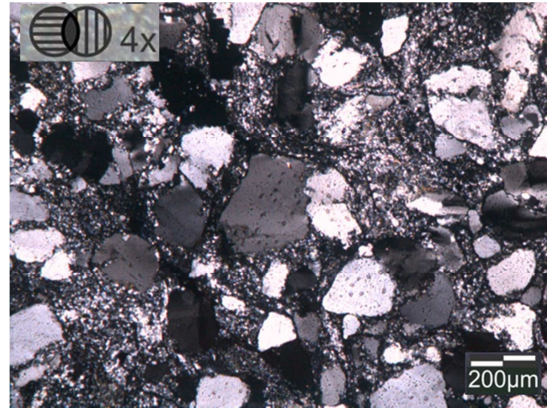
calcita dispuestas principalmente en las fracturas de la roca



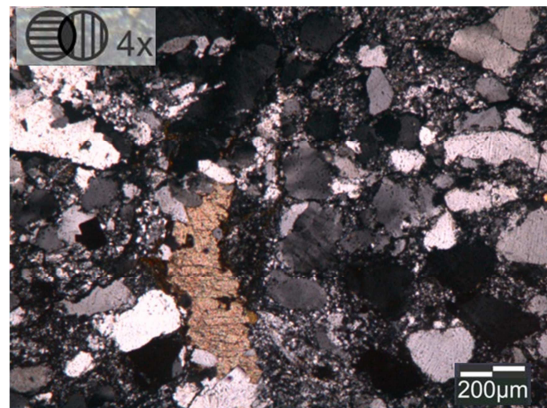
Tipos litológico en Afloramientos del Esquisto Mamey, quebrada Nonavana. Muestra La13-519B

#### Descripción Petrográfica:

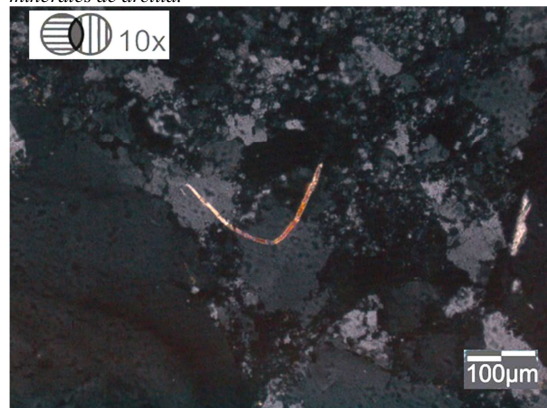
**La13-519A:** Metarenisca cuarzosa. Roca compuesta por un tamaño de grano de 0,05 a 0,5 mm, con escogimiento pobre, esfericidad media-baja y redondez subangular. El contacto entre los granos es en su mayoría grano-matriz. Está compuesta principalmente por cuarzo (29%), en su mayoría monocristalino plutónico y policristalino plutónico. Presenta inclusiones de rutilo acicular. La plagioclasa (18%) se encuentra alterada y no posee maclado. Ocasionalmente se muestran zonas. Fragmentos de roca (1%) sedimentaria, metamorfica y chert. Otros minerales (2%) son muscovita detrítica, calcita, circón y rutilo. Se denotan granos de feldespato y moscovita alterados. La presencia de clorita indica el leve metamorfismo que sufrió la roca. La matriz es de minerales de cuarzo, arcilla, material carbonática y óxido de hierro lo que representa un 10% del total de la muestra. El cemento (30%) está compuesto de cuarzo, también hay cemento de arcilla relleno de poros y mineral calcáreo. Se observa alineación de los granos, deformación de mica. Presencia de óxido de hierro (limonita y hematina).



La13-519: vista general de la sección.



La13-519: Cemento de carbonato (espato) y granos de cuarzo y plagioclasa de 0,25 mm y matriz de cuarzo, material carbonático y minerales de arcilla.



La13-519: Deformación de grano dúctil (muscovita) indicando la alta compactación de la roca.

#### Punto de observación: La13-520

**Ubicación:** Qda. Nonavana

**Unidad:** Esquisto de Mamey

**Coordenadas UTM:** 480.807 / 1.126.630

**Observaciones de campo:** Meta-arenisca plegada debido a los esfuerzos de deformación que afectaron la región. El pliegue observado es clasificado como simétrico e isoclinal.

**Mediciones:**

Plano axial del pliegue: N10E3N

**Fotografías:**

Vista general del afloramiento.



Pliegue simétrico e isoclinal producto de la deformación de la meta-arenisca.

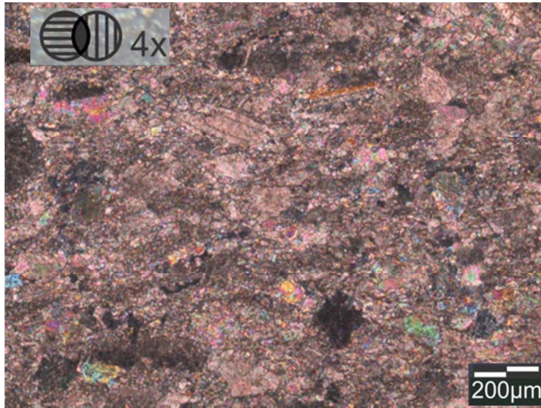
**Punto de observación: La13-521****Ubicación:** Qda. La Virgen**Unidad:** Esquisto de Mamey**Coordenadas UTM:** 481.394/ 1.12.603**Observaciones de campo:** Rodados de Mármol masivo de la Formación Mamey.**Fotografías:**

Vista general de afloramiento del Complejo Mamey, parcialmente cubierto y derrumbado. Se denotan rodados de mármol

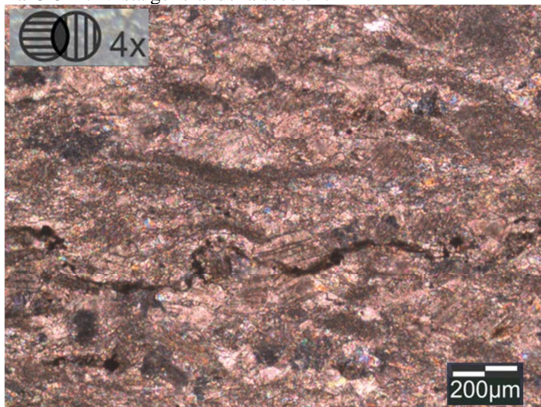
**Descripción de muestra de mano:****La13-521:** Mármol masivo, de color fresco gris oscuro y meteorizado gris claro. Se observan vetas de calcita relleno de fracturas. No se observan fósiles macroscópicos.

Tipos litológico en afloramientos del esquisto de Mamey, Qda. La Virgen. Muestra La13-521

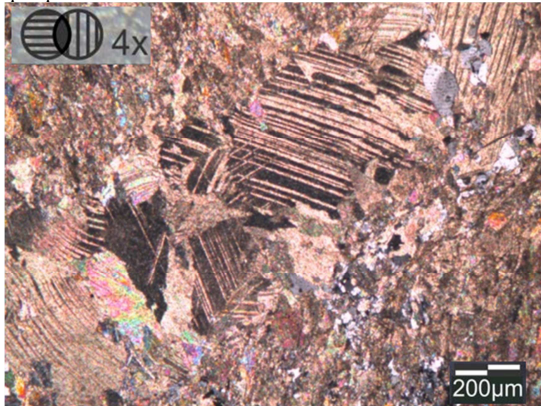
**Descripción Petrográfica:****La13-521.** Mármol cuarzoso-grafitoso: Roca conformada principalmente por carbonato de calcio, de tamaño promedio de cristales 0,005mm a 0,1 mm. El cuarzo (4%) es policristalino de 0,05 mm, en promedio subredondeados y de esfericidad media. Este mineral primario en otras oportunidades se presenta como secundario, en forma de vetas, que miden hasta 0,5mm de espesor. Otros constituyentes minoritarios son la Plagioclasa tipo albita (1%) y fragmentos de roca, en especial chert (2%). La moscovita aparece como mineral accesorios. En algunos sectores se aprecia óxido de hierro y microestilolitas de amplitud máxima 0,2 mm (Fig 43) y presencia de materia orgánica lo cual permite observar el alineamiento que posee la roca. Se conservan componentes aloquímicos (3%) compuestos principalmente por fragmentos irregulares de fósiles fuertemente micritizados y deformados. Presencia de cemento carbonático.



La13-521: Vista general de la sección.



La13-521: Estilolitas. Precepidados insolubles (óxidos de hierro), que quedan como residuo del sedimento disuelto



La13-521: Veta de calcita de espesor 0,5 mm.

**Punto de observación:** La13-522

**Ubicación:** Qda. La Virgen

**Unidad:** Esquisto de Mamey

**Coordenadas UTM:** 481.370 / 1.126.807

**Observaciones de campo:** Afloramientos muy meteorizados y parcialmente cubiertos por la vegetación. Se cree que encima de estos estratos se encuentra la Formación Barquisimeto cubierta.

**Mediciones:**

Foliación: N80W82S

**Fotografías:**



Afloramiento parcialmente cubierto del esquisto.

**Punto de observación:** La13-523

**Ubicación:** Qda. La Virgen

**Unidad:** Formación Barquisimeto

**Coordenadas UTM:** 481.480/ 1.126.890

**Observaciones de campo:** Afloramiento de la Formación Barquisimeto.

**Descripción de muestra de mano:**

**La13-523:** Arenisca Conglomerática de color fresco gris y color meteorizado rojizo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5mm a 2cm (medio a gruesa), con escogimiento bajo, esfericidad baja a media y sub-angulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, plagioclasa y moscovita y minerales de arcilla. Se identificaron fragmentos de Chert. No reacciona con el ácido clorhídrico. La muestra está ligeramente meteorizada presentando abundante contenido de óxidos de color rojo (hematita).

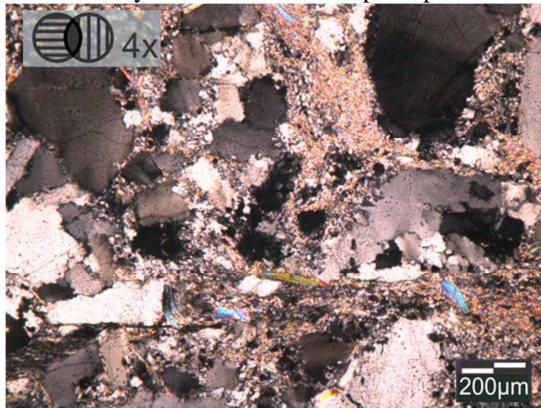


Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Qda La Virgen. Muestra La13-519A

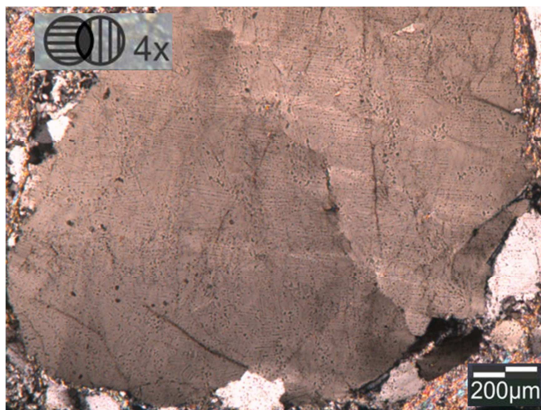
**Descripción petrográfica:**

**La13-523:** Arenisca conglomerática. Roca sedimentaria, de componentes principales: 40% de clastos, 30% de matriz, 20% de cemento y 10% de porosidad. La roca presenta un escogimiento muy

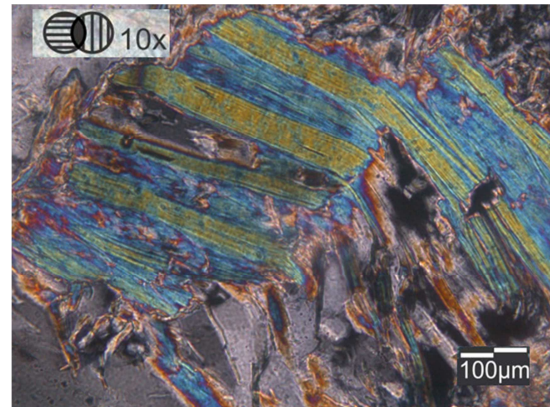
pobre, los granos son de sub-redondeados a redondeados y con una esfericidad media, el contacto entre ellos es principalmente grano-matriz, aunque hay casos de contactos cóncavo-convexo. El tamaño promedio de los clastos es de 0.5 mm, siendo el tamaño mínimo de 0,01 mm y el máximo 2 mm, teniendo en mayor proporción clastos tamaño arena y en menor cantidad tamaño gránulo; los clastos presentan orientación isotrópica. De 40% de clastos aproximadamente de cuarzo (25%) cuyos cristales se presentan en diversos tamaños y presenta frecuentemente inclusiones de rutilo acicular, plagioclasa (5%) sin maclado, y otros minerales como moscovita y sericita. Se identificaron fragmentos metamórficos y de Chert (1%). La matriz es de cuarzo y minerales de arcilla principalmente.



La13-525: Vista general de la muestra



La13-525: Grano de cuarzo con numerosas inclusiones.



La13-525: Alteración y deformación de la muscovita.

#### Reconocimiento en el sector oriental de la región de Bobare (10/06/2013).

**Punto de observación:** La13-524

**Ubicación:** Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”

**Unidad:** Formación Bobare

**Coordenadas UTM:** 456.717/ 1.139.103

**Observaciones de campo:** Clastos de lutita embebidos en metarenisca cuarzosa. Se determinaron dos familias de diaclasa.

**Fotografías:**



Clastos de lutita embebidos en arenisca cuarzosa



Familias de diaclasas en el afloramiento.

**Descripción de muestra de mano:**

**La13-524**: Meta-arenisca cuarzosa de color fresco gris claro y color meteorizado marrón. Compuesta por un tamaño de grano de 0,5 a 1 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-alta y angulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo y feldespato en menor proporción. No reacciona con el ácido clorhídrico.

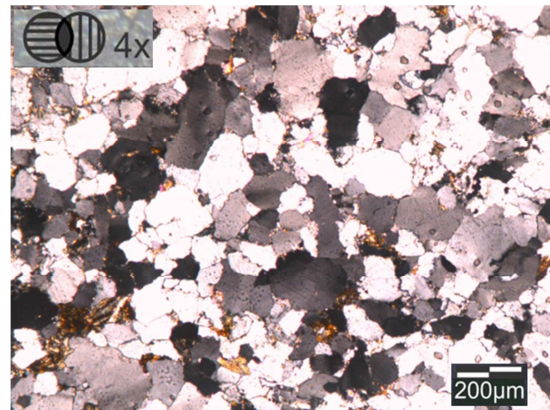


Tipos litológico de la Formación Bobare, Al sureste de Los Cochinos. Muestra La13-524

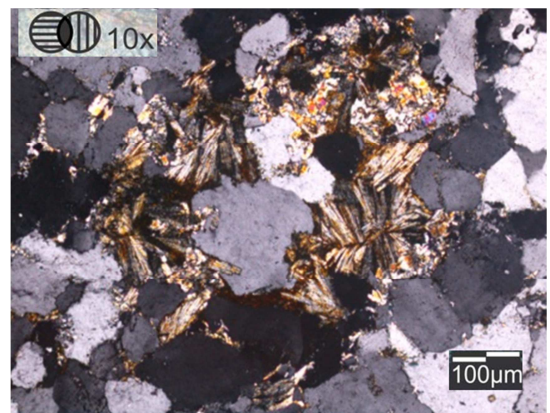
**Descripción petrográfica:**

**La13-524**: Metarenisca cuarzosa. Roca compuesta por un tamaño de grano de 1,5 a 0,25 mm, con escogimiento medio, esfericidad media-alta y redondez sub-angular. El contacto entre los granos es en su mayoría concavo convexo. Está compuesta

principalmente por cuarzo, en su mayoría monocristalino plutónico, feldespato, principalmente ortosa, fragmentos de roca sedimentaria, volcánica y chert y minerales accesorios como, moscovita y epidoto y zircón y turmalina. Presencia de clorita pseudomórfica de la alteración de la matriz (3%) la cual es de minerales de cuarzo, micas, material arcilloso. El cemento (4%) está compuesto principalmente de óxido de hierro y minerales de arcilla. Se denotaron cristales de pirofilita en hábito radial, en granos anhedrales. extinción paralela.

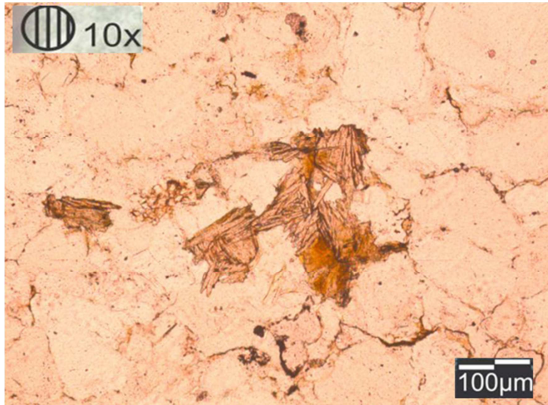


La13-524: vista general de la sección.

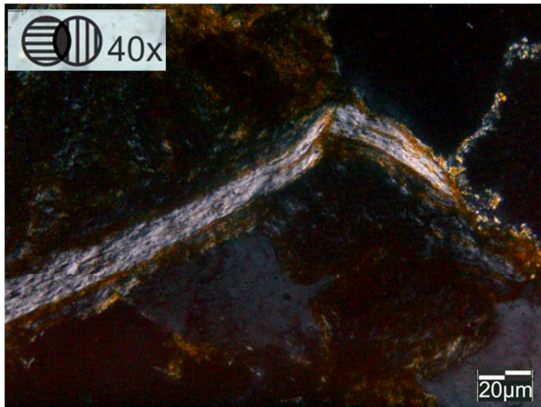


La13-524: Cristales de pirofilita.

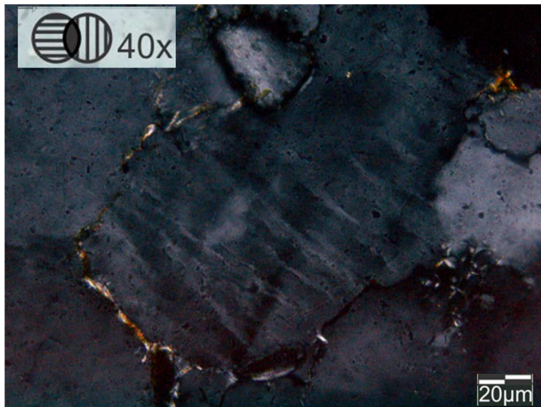




La13-524: Cristales de pirofilita en habito radial y granular



La13-524: Deformación de grano dúctil (moscovita)



La13-524: intercrecimiento perftico en hilos

**Punto de observación: La13-525**

**Ubicación:** Vía 2,5 Km al sur del Pueblo “Los Cochinos”

**Unidad:** Formación Carorita

**Coordenadas UTM:** 456.755/ 1.139.135

**Observaciones de campo:** Rodados de caliza de la Formación Carorita. Los afloramientos se encuentran muy meteorizados.

**Fotografías:**



Vista general de afloramiento de la Formación Matatere parcialmente cubierto y derrumbado. Se denotan bloques de la Formación Carorita.

**Descripción de muestra de mano:**

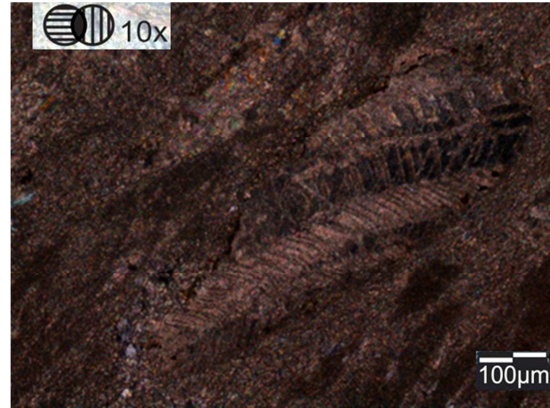
**La13-525:** Caliza laminada, de color fresco gris oscuro y meteorizado gris claro. Grano grueso y masiva. Se observan vetas de calcita relleno de fracturas. No se observan fósiles macroscópicos. Fragmentos de cuarzo de hasta 5 mm de tamaño. Se identificaron fragmentos de chert. Efervescencia alta.



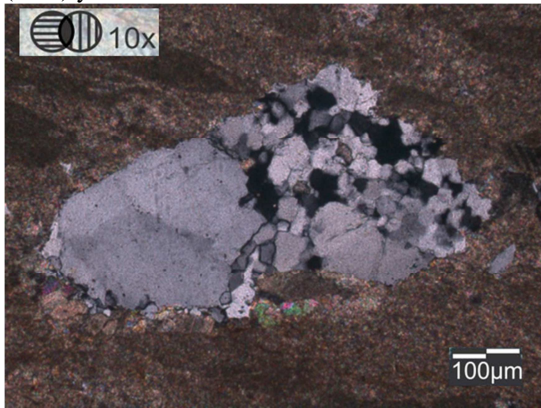
Tipos litológico de la Formación Carorita, Al sureste de Los Cochinos. Muestra La13-525

**Descripción petrográfica:**

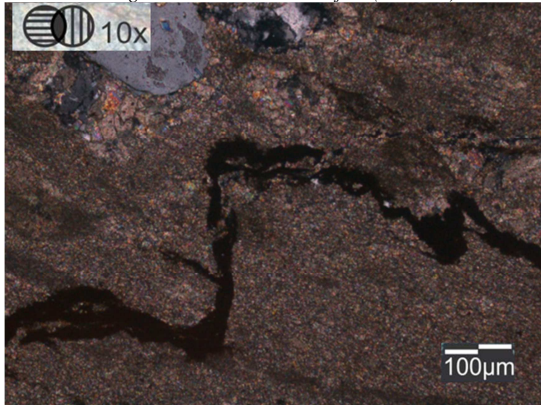
**La13-525:** Wakstone (DUHMAN), Bioesparita (FOLK), Caliza aloquímica lodosa según MOUNT (1985): Roca conformada principalmente por componentes ortoquímicos, matriz (25%) y cemento (30%) constituido principalmente por microespato. El tamaño promedio de cristales es de 0,01 a 0,5 m. Presencia de pequeñas vetas de calcita. El componente extraclasto está constituido por cristales de cuarzo (9 %) policristalino metamórfico de 0,05 mm, en promedio subredondeados y de esfericidad media. Fragmentos de roca (chert y metamórficos). Epidoto como mineral accesorio. En algunos sectores se aprecia óxido de hierro. Se observan fragmentos posiblemente de amonites los cuales constituyen el componente aloquímico de la muestra (30%) y se encuentran fuertemente micritizados.



La13-525: Restos de aloquímicos fuertemente micritizados y deformados



La13-525: Fragmento de roca metamórfica (cuarcita)



La13-525: Estilolitas. Precepitados insolubles (óxidos de hierro), que quedan como residuo del sedimento disuelto

**La13-525R:** Caliza masiva de color fresco gris oscuro y meteorizado gris claro. Componentes siliciclásticos conforman el 20%. Se observa posible amonites de 2cm de longitud medianamente conservado. Efervescencia alta.



Tipos litológico de la Formación Carorita, Al sureste de Los Cochinos. Muestra La13-525B

**Punto de observación:** La13-526

**Ubicación:** Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”

**Unidad:** Formación Matatere y Formación Bobare.

**Coordenadas UTM:** 457.218/1.139.003

**Observaciones de campo:** Zona de contacto de falla entre las formaciones Matatere y Bobare.

**Fotografías:**



Zona de contacto de falla. Obsérvese el cambio de Vegetación

**Punto de observación: La13-527**

**Ubicación:** Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”

**Unidad:** Formación Matatere-Formación Bobare.

**Coordenadas UTM:** 457.394 / 1.138.980

**Observaciones de campo:** Zona de contacto de falla entre las formaciones Matatere Bobare. Se describe el afloramiento correspondiente a la Formación Matatere como capas de lutita fisil, de color fresco gris oscuro y que meteorizan a marrón claro. El afloramiento de la Formación Bobare presenta mayor inestabilidad producto de la tectónica (corrimientos de gran envergadura )

**Fotografías:**



Contacto entre las formaciones Matatere y Bobare.

**Punto de observación: La13-528**

**Ubicación:** Qda. Chorrerón

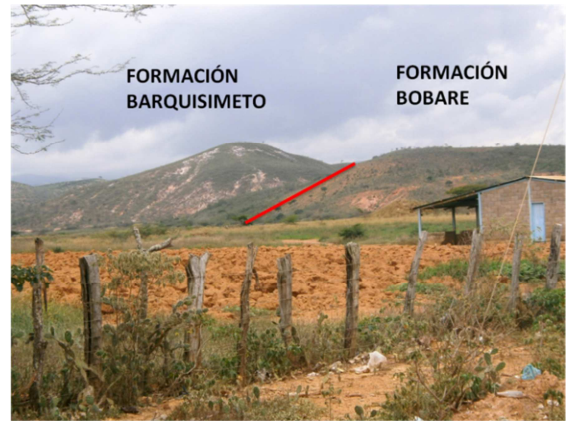
**Unidad:** Formación Matatere-Formación Barquisimeto.

**Coordenadas UTM:** 454.979 / 1.1411.452

**Observaciones de campo:** Contacto de falla entre las formaciones Barquisimeto y Bobare. Notable contraste de colores entre la Formación

Barquisimeto (colores claros) y Formación Bobare (color rojizo).

**Fotografías:**



Contacto entre la Formación Barquisimeto y Bobare. Vista general del paisaje

**Punto de observación: La13-529**

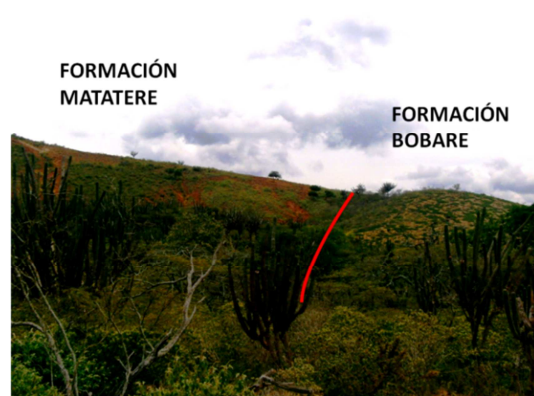
**Ubicación:** Vía 2,5 km al sur del pueblo “Los Cochinos”

**Unidad:** Formación Matatere-Formación Bobare.

**Coordenadas UTM:** 45727 / 1.138.940

**Observaciones de campo:** Vista panorámica. Contacto de falla entre la Formación Matatere y Bobare.

**Fotografías:**



Contacto entre la Formación Matatere y la Formación Bobare. Notable contraste de colores y vegetación entre la formación Bobare (color marron claro y mayor vegetación) y Formación Matatere (color marron con tonalidades mas rojizas).

**Punto de observación: La13-530**

**Ubicación:** Cerro el Cartero

**Unidad:** Formación Barquisimeto-Formación Bobare

**Coordenadas UTM:** 454.612/ 1.138709

**Observaciones de campo:** Vista panorámica. Contacto de falla entre la Formación Barquisimeto y

Bobare. Presencia de grandes bloques de arenisca en los afloramientos de la formación Bobare.

**Fotografías:**



Contacto entre la Formación Barquisimeto y la Formación Bobare. Notable contraste de colores entre la formación Barquisimeto (Color crema a blanco) y Formación Bobare (Color marron claro). Orientación de la Fotografía: N75S

**Punto de observación: La13-531**

**Ubicación:** Vía a “El Sancho” 500 metros al sur del poblado.

**Unidad:** Formación Barquisimeto.

**Coordenadas UTM:** 0453.304 / 1.136578

**Observaciones de campo:** Vista general de la Formación Barquisimeto.

**Fotografías:**



Vista panorámica. Notable contraste de colores claros (blancos y crema) en donde se aprecian los diferentes tonos de meteorización de la Formación Barquisimeto.

**Punto de observación: La13-532**

**Ubicación:** Intersección de la quebrada Simatra con la carretera.

**Unidad:** Formación Matatere

**Coordenadas UTM:** 453.988 / 1.133.157

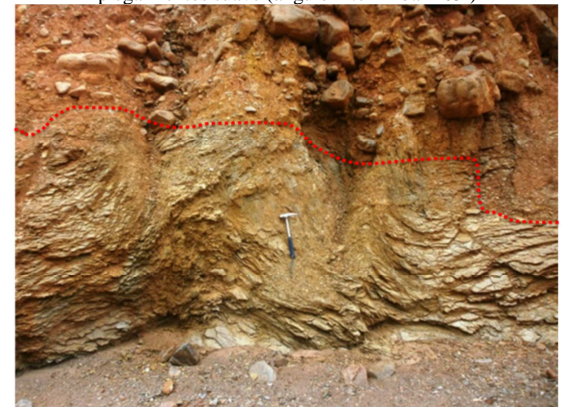
**Observaciones de campo:** Secuencia monótona de arenisca de grano fino y lutita. Presencia de

plegamientos y fallas. La arenisca poseen un espesor promedio de 18 cm y las lutitas de 4 cm.

**Fotografías:**



Secuencia monótona de Arenisca y Lutitas. Se observan plegamientos suave (ángulo interlimbar 165°)



Secuencias plegadas. Contacto con Cuaternario.



Secuencia interrumpida por falla normal (deslizamiento de 2 cm)

**Descripción de muestra de mano:**

**La13-532:** Arenisca de color fresco marrón y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,05 a 0,5 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-baja y subangulosa. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, feldspatos,

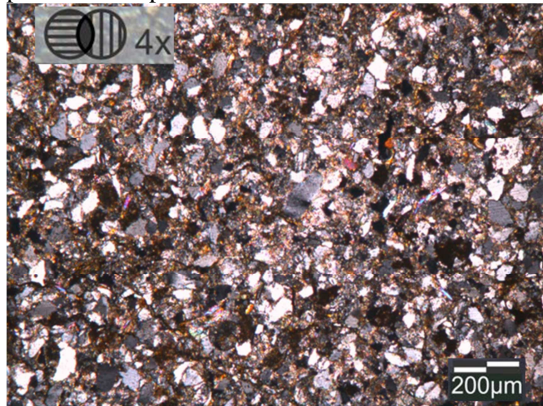
moscovita y fragmentos líticos. No reacciona con el ácido clorhídrico.



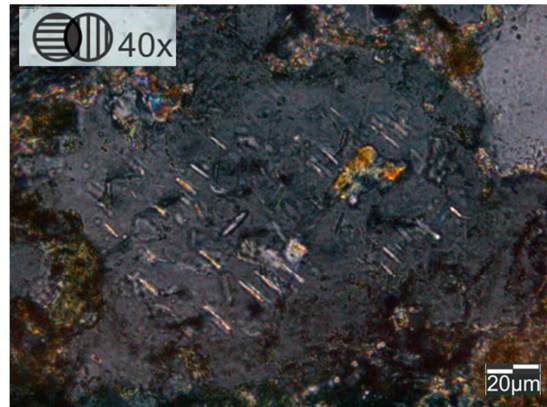
Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto.  
Muestra La13-532

#### Descripción petrográfica:

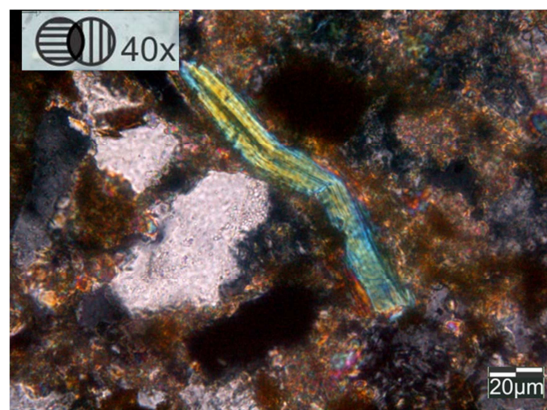
**La13-532:** Metarenisca cuarzosa. Roca compuesta por un tamaño de grano de 0,001 a 0,25 mm, con escogimiento medio, esfericidad media y redondez redondeado. El contacto entre los granos es en su mayoría grano-matriz. Está compuesta principalmente por feldespato, cuarzo, en su mayoría monocristalino plutónico, fragmentos de roca metamórfica, y chert y minerales accesorios como, moscovita, epidoto, circón y glauconita. Las plagioclasas se presentan muy alteradas, sin maclado y con gran cantidad de inclusiones principalmente de epidoto. Matriz (25%) compuesta de minerales de arcilla, óxidos de Fe y cuarzo. El cemento (4%) está compuesto principalmente de óxido de hierro y minerales de arcilla. Se distingue clorita pseudomorfa posiblemente de biotita en el cemento.



La13-532: Vista general de la sección



La13-532: Plagioclasa con inclusiones de apatito y circón



La13-532: Deformación de la moscovita indicando alta compactación.

**Punto de observación: La13-533**

**Ubicación:** Cerro La Mujercita

**Unidad:** Formación Barquisimeto

**Coordenadas UTM:** 453195 / 1136205

**Observaciones de campo:** Afloramiento de intercalaciones de arenisca y limolitas de la Formación Barquisimeto. Las areniscas poseen un espesor promedio de 20 cm y limolitas de 5cm.

#### Fotografías:



Afloramientos de la Formación Barquisimeto. Se puede observar

estratificación cruzada asintótica hacia el sur. Orientación de la fotografía: N48W

#### Descripción de muestra de mano:

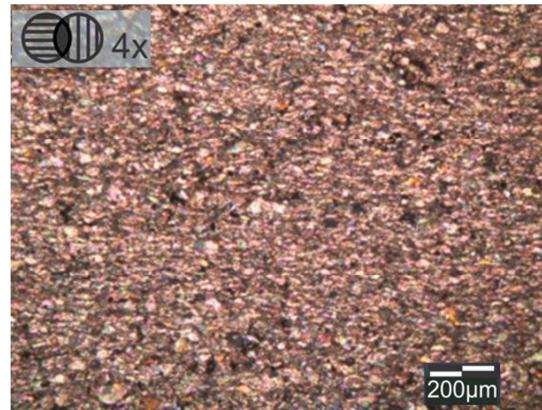
**La13-533:** Arenisca de color fresco gris claro y color meteorizado pardo. Compuesta por un tamaño de grano de 0,05 a 0,5 mm (medio a fino), con escogimiento medio, esfericidad media-alta y subredondeada. La composición mineralógica está conformada principalmente por cuarzo, feldespatos, micas y fragmentos líticos. Ausente de fósiles visibles a simple vista y no reacciona con el ácido clorhídrico.



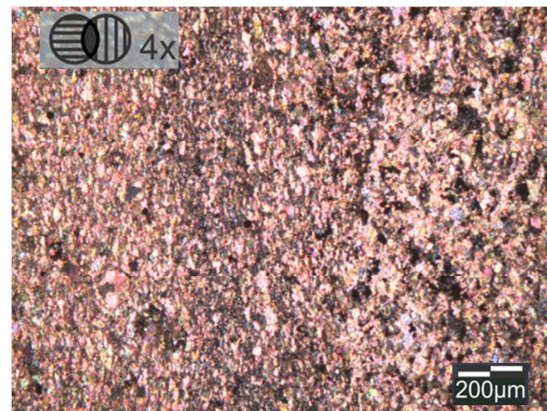
Tipos litológico en Afloramientos de la Formación Barquisimeto, Cerro la Mujercita. Muestra La13-533

#### Descripción petrográfica:

**La13-533:** Mudstone (DUHMAN) Micrita (FOLK) y Micrista lodosa MOUNT (1985). Roca conformada compuesta por un 5% de fragmentos extraclásticos y un 95% de ortoquímicos. Tamaño promedio de cristales 0,01 a 0,25 mm. Los extraclastos comprenden principalmente fragmentos subangulares y de baja esfericidad de cuarzo, tanto monocristalino de 0,05mm en promedio. Se distinguen cristales de minerales opaco posiblemente de magnetita. El componente ortoquímico viene dado por matriz micrítica (45%) y cemento tipo pseudoespato principalmente.



La13-533: Vista General de la muestra



La13-533: Matriz, microspato y pseudoespato.

**ANEXO I**  
**Mapa geológico de Bobare, Hoja6346-IV-NO, Estado Lara**

**ANEXO II:**

**Mapa geológico de Tacarigüita , Hoja6346-IV-NE, Estado Lara**



**ANEXO III**

**Mapa geológico de Tamaca, Hoja6346-IV-SE, Estado Lara**

**ANEXO IV**

**Mapa geológico de Duaca, Hoja6346-I-NO, Estado Lara**

**ANEXO V**

**Mapa geológico de Nonavana, Hoja6346-I-SO, Estado Lara**

**ANEXO VI**

**Mapa geológico de Las Coquizas, Hoja6346-I-NE, Estado Lara**

**ANEXO VII**

**Mapa geológico de Río Arriba, Hoja6346-I-SE, Estado Yaracuy**

**ANEXO VIII**

**Mapa geológico de La Cumbre, Hoja6446-IV-NO, Estado Yaracuy**

**ANEXO IX**

**Mapa geológico de Campo Elías, Hoja6446-IV-SO, Estado Yaracuy**

## **ANEXO X**

**Mapa geológico de Cocorote, Hoja6446-IV-NE, Estado Yaracuy**



**ANEXO XI**

**Mapa geológico de Campo Nuevo, Hoja6446-IV-SE, Estado Yaracuy**

**ANEXO XII**

**Mapa geológico de Mampostal, Hoja6446-I-NO, Estado Yaracuy**

**ANEXO XIII**

**Mapa geológico de Santa María, Hoja6446-I-SO, Estado Yaracuy**

**ANEXO XIV**

**Mapa geológico de Los Pintones, Hoja6446-I-NE, Estado Yaracuy**

**ANEXO XV**

**Mapa geológico de Potrerito, Hoja 6446-I-SE, Estado Yaracuy.**