



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA RÍO FRÍO – CERRO LAS MINAS, ESTADO TÁCHIRA VENEZUELA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de Magister Scientiarum
Por la Ingeniera Geólogo Yoleidy Hernández.

Caracas, 2012



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA RÍO FRÍO – CERRO LAS MINAS, ESTADO TÁCHIRA VENEZUELA

Tutor académico: PhD. Wolfgang Scherer,
Tutor industrial: Msc. Omar Contreras

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al Título de Magister Scientiarum
Por la Ingeniera Geólogo Yoleidy Hernández.

Caracas, 2012



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de
Estudios de
Postgrado

VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por el **ING. YOLEIDY HERNANDEZ**, portador de la Cédula de Identidad No 10.714.518, bajo el título "**ESTRATIGRAFIA DEL ÁREA RÍO FRÍO – CERRO LAS MINAS, ESTADO TÁCHIRA VENEZUELA**",,, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de Magíster Scientiarum en Ciencias Geológicas dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 02 de Octubre de 2012, a las 02:30 p.m., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que este hizo en el salón Zuloaga, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió aprobarlo, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

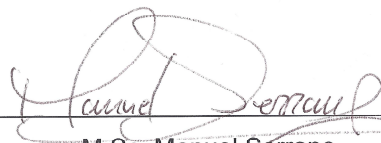
Para este veredicto, el Jurado, los profesores Dr. Wolfgang Scherer, M.Sc. Lenin González y M.Sc. Manuel Serrano estimaron que la obra examinada representa en su conjunto un aporte importante. Esta investigación presenta un enfoque novedoso dentro del área de la Geología.

WS
A
Serrano

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los dos (02) días del mes de Octubre del año 2012, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del Jurado el Dr. Wolfgang Scherer.



M.Sc. Lenin González
C.I. 12.259.380
Facultad de Ingeniería UCV



M.Sc. Manuel Serrano
C.I. 11.181.191
Suelo Petrol



Dr. Wolfgang Scherer
C.I. 1.755.063
Facultad de Ingeniería UCV
Tutor



AM/ 02-10-2012.

DEDICATORIA

A ti mi inolvidable y amado hermano José Luis,
quien partiste de esta vida dejándonos
lentos de tristeza y de recuerdos,
porque estoy segura de lo feliz que hubieses estado,
al saber que he alcanzado una meta mas....

A mis hijos Yoselin, Néstor y Luis Fernando,
dulces tesoros que la vida me ha prestado..

AGRADECIMIENTOS

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela, con su lumbre de fiel claridad...

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica y a la Comisión de Postgrado en la persona del Dr. Enrique Navarro, por permitir la realización de este proyecto de tesis.

El presente trabajo representa la culminación de un gran esfuerzo, el cual ha sido posible obtener de manera satisfactoria, gracias al apoyo de un equipo de profesionales. Siendo oportuno reconocer principalmente el valioso aporte de los tutores académico e industrial, el Dr. Wolfgang Scherer y el Msc. Omar Contreras, respectivamente.

De igual manera la colaboración incondicional del Msc. Bladimir Malave durante las etapas de campo e interpretación estructural así como también al Ing. Ernesto Silva en la etapa de campo.

A la ingeniera Yamelys Hernández por su contribución en el área de bioestratigrafía.

Al Dr. Mustapha Boujana por su valioso apoyo.

Al equipo técnico de exploración del Intevep, especialmente a las compañeras y compañeros Diana Cabrera, Isbelia Duran, Coromoto Medina, Jesús Duque, Henner Anzola, Wilmer Lozada, Leída Ramírez y a los compañeros del departamento de geoquímica.

A todos un gran reconocimiento y un profundo agradecimiento por la solidaridad demostrada.

Hernández C., Yoleidy

ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA RÍO FRÍO – CERRO LAS MINAS, ESTADO TÁCHIRA VENEZUELA

Tutor Académico: PhD. Wolfgang Scherer. Tutor Industrial: Msc. Omar Contreras. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geología, Minas y Geofísica. Año 2012, 136 p.

Palabras Claves: Cerro Las Minas, Formaciones Río Negro y Apón, Estratigrafía

Resumen. En el presente trabajo se realiza el estudio geológico de las rocas de origen sedimentario que afloran en el área entre el Caserío Río Frío y Cerro Las Minas, en los alrededores de San Cristóbal, estado Táchira. Con el objetivo de estudiar las relaciones estratigráficas, sedimentológicas y en menor grado estructurales, entre las unidades Cretácicas que afloran en el área, para lo cual se estudiaron cortes de carretera entre el Caserío Río Frío y Cerro Las Minas.

La metodología de trabajo comprendió cuatro etapas, iniciando con la recopilación bibliográfica, seguida de trabajos de campo en la cual se describieron diecisiete secciones de campo y se realizó la toma de muestras, durante la tercera etapa de laboratorio, se realizaron los análisis petrográficos, bioestratigráficos y en menor cantidad geoquímicos, finalmente durante la cuarta etapa de interpretación de resultados se integró la información de campo y laboratorio y se generaron los mapas, columnas litoestratigráficas y el corte geológico.

La geología local está representada por las formaciones Río Negro, Apon (Mbo Tibu) y Aguardiente correspondientes al Cretácico temprano. Siendo esta secuencia el principal objetivo de estudio, sin embargo más al noroeste y suroeste del área de Cerro Las Minas afloran las formaciones Capacho, La Luna y Colon-Mito Juan las cuales fueron descritas puntualmente.

Las rocas sedimentarias, agrupadas en las secuencias de las formaciones: Río Negro, Apón y Aguardiente son a grandes rasgos: areniscas de colores claros, rojizos y amarillo claro, calizas de colores oscuros, azulosos, ocasionalmente con olor a

petróleo y lutitas gris claro. La edad de la secuencia de rocas estudiadas comprende desde el periodo Barremiense hasta el Albiense, asignando a la Formación Río Negro una edad Barremiense – Aptiense en base a la presencia del polen *Cycadopites sp.*, *Corollina sp.* y restos de plantas de Otozamites correlacionable con las formaciones Barranquín y Cantil, del Grupo Sucre de Venezuela Oriental. Así como una edad Aptiense temprano – Albiense temprano para la Formación Apón, en base al bivalvo *panopea sp.* y nanofósiles, perteneciente a la familia de los Nannoconus: *Boletus Quadriangulus*, *Apertus*, *Wasalli* y cf. *Vocontiense*

Los ambientes sedimentarios interpretados para la Formación Río Negro, cuyos depósitos están caracterizados por areniscas conglomeráticas de color claro, carbones, restos de plantas y pirita, indican facies deltaicas con dominio fluvial en general, interpretándose depósitos de la llanura deltaica hacia la base, con depósitos del frente deltaico (barras de desembocadura) y posibles facies del prodelta hacia la parte media y superior de la unidad indicando una profundización. Para la Formación Apon ambientes marinos de aguas llanas, representados por calizas oolíticas, coquinoides y arenosas. Y finalmente posibles facies de ambientes marino someros para la Formación Aguardiente.

La tectónica del área está controlada por esfuerzos, transpresivos, atribuidos mayormente a las fallas de Bramón, Capacho y Santo Domingo, ubicadas al suroeste, noroeste y sureste del área de estudio, respectivamente. Estos esfuerzos generan corrimientos profundos, de ángulo bajo y zonas de duplex, asociados a una tectónica de piel delgada.

Un aporte significativo a la geología de Venezuela, lo constituye la actualización del mapa geológico de la Compañía CREOLE (H-2-B, 1:50.000), en base a datos litológicos y edades, en el área Cerro Las Minas.

En la secuencia de rocas estudiada, se detectan fuertes evidencias de presencia de crudo, especialmente en calizas del Miembro Tibú, de la Formación Apón y en el Miembro Guayacán, de la Formación Capacho, este hecho, sumado a la interpretación geológica y estructural, crean alentadoras expectativas para la explotación petrolera en el área de estudio.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Ubicación del área de estudio	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Generalidades.....	5
2.1.1 Síntesis Tectónica.....	13
3. MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1. Recopilación y revisión bibliográfica.....	18
3.2. Geología de superficie	18
3.3. Laboratorio.....	19
3.4. Etapa de análisis e interpretación de resultados de laboratorios.....	19
4. MARCO GEOLÓGICO	20
4.1. Geología regional.....	20
4.2. Geología local	22
4.2.1. Formación La Quinta.....	24
4.2.1.1. Referencia original.....	24
4.2.1.2. Consideraciones históricas	24
4.2.1.3. Localidad tipo.....	25
4.2.1.4. Extensión geográfica	25
4.2.1.5. Descripción litológica.....	25
4.2.1.6. Espesor	26
4.2.1.7. Contactos	26
4.2.1.8. Fósiles.....	26
4.2.1.9. Edad.....	26
4.2.1.10. Correlación	26
4.2.1.11. Ambiente	27

4.2.1.12. Petrografía	27
4.2.2. Formación Río Negro.	31
4.2.2.1. Referencia original.....	31
4.2.2.2. Consideraciones históricas	31
4.2.2.3. Localidad tipo.....	32
4.2.2.4. Extensión geográfica	32
4.2.2.5. Descripción litológica.....	32
4.2.2.6. Espesor	35
4.2.2.7. Contactos	36
4.2.2.8. Fósiles.....	39
4.2.2.9. Edad.....	40
4.2.2.11. Ambiente	44
4.2.2.12. Petrografía	44
4.2.3. Formación Apón.	51
4.2.3.1. Referencia original.....	51
4.2.3.2. Consideraciones históricas	51
4.2.3.3. Localidad tipo.....	51
4.2.3.4. Extensión geográfica	52
4.2.3.5. Descripción litológica.....	52
4.2.3.6. Espesor	56
4.2.3.7. Contactos	56
4.2.3.8. Fósiles.....	57
4.2.3.9. Edad.....	58
4.2.3.10. Correlación	61
4.2.3.11. Ambiente	61
4.2.3.12. Petrografía	62
4.2.4. Formación Aguardiente	67
4.2.4.1. Referencia original	67
4.2.4.2. Consideraciones históricas	67
4.2.4.3. Localidad tipo.....	68
4.2.4.4. Extensión geográfica	68
4.2.4.5. Descripción litológica.....	68
4.2.4.6. Espesor	69
4.2.4.7. Contactos	70
4.2.4.8. Fósiles.....	71
4.2.4.9. Edad.....	71
4.2.4.10. Correlacion	71
4.2.4.11. Ambiente	71
4.2.4.12. Petrografía	72
4.2.5. Formación Capacho	76
4.2.5.1. Referencia original	76
4.2.5.2. Consideraciones históricas	76

4.2.5.3. Localidad tipo.....	76
4.2.5.4. Extensión geográfica.....	76
4.2.5.5. Descripción litológica.....	77
4.2.5.6. Espesor	77
4.2.5.7. Contactos	78
4.2.5.8. Fósiles.....	78
4.2.5.9. Edad.....	78
4.2.5.10. Correlacion	78
4.2.5.11. Ambiente	78
4.2.6. Formación La Luna.....	79
4.2.6.1. Referencia original	79
4.2.6.2. Consideraciones históricas	79
4.2.6.3. Localidad tipo.....	79
4.2.6.4. Extensión geográfica	79
4.2.6.5. Descripción litológica.....	79
4.2.6.6. Espesor	80
4.2.6.7. Contactos	80
4.2.6.8. Fósiles.....	80
4.2.6.9. Edad.....	81
4.2.6.10. Correlación	81
4.2.6.11. Ambiente	82
4.2.6.12. Petrografía	82
4.2.7. Formación Colón	83
4.2.7.2. Consideraciones históricas	84
4.2.7.3. Localidad tipo.....	84
4.2.7.4. Extensión geográfica	84
4.2.7.5. Descripción litológica.....	84
4.2.7.6. Espesor	85
4.2.7.7. Contactos	85
4.2.7.8. Fósiles.....	85
4.2.7.9. Edad.....	85
4.2.7.10. Correlación	85
4.2.7.11. Ambiente	86
4.2.8. Formación Mito Juan.....	86
4.2.8.1. Referencia original	86
4.2.8.2. Consideraciones históricas	86
4.2.8.3. Localidad tipo.....	86
4.2.8.4. Extensión geográfica	87
4.2.8.5. Descripción litológica.....	87
4.2.8.6. Espesor	87
4.2.8.7. Contactos	87
4.2.8.8. Fósiles.....	87
4.2.8.9. Edad.....	88

4.2.8.10. Correlación	88
4.2.8.11. Ambiente	88
4.2.8.12. Petrografía	88
5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	89
5.1 Geología estructural regional.....	89
5.2 Geología estructural local	94
6. GEOQUIMICA.....	97
7. DISCUSION DE RESULTADOS.....	102
Generalidades.....	102
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
8.1. Conclusiones.....	105
8.2. Recomendaciones	107
9. BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS.....	115
ANEXO A	116
Anexo A-1 Columna litoestratigráfica generalizada	117
Anexo A-2 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 3	118
Anexo A-3 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 15	119
Anexo A-4 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 16	120
Anexo A-5 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 17	121
Anexo A-6 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 18	122
Anexo A-7 Poligonal Río Frío – Cerro Las Minas, Edo. Táchira	123
Anexo A-8 Mapa de ubicación de muestras, área Río Frío, Cerro Las Minas, Edo. Táchira	124
Anexo A-9. Mapa geológico del área Río Frío – Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira	125
Anexo A-10 Corte geológico del área Río Frío – Cerro Las Minas, Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira.....	126

ANEXO B. Tabla de muestras recolectadas 127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	4
Figura 2. Reconstrucción palinspática para (a) finales de Triásico – Inicio de Jurasico y (b) Batoniense (Jurasico medio). Obsérvese como para el Batoniense (B) se propone una zona de apertura continental al sur de la placa de Yucatán y Norte de Suramérica.(tomado de PINDELL, 1993)	6
Figura. 3 Cuadro de nombres de las unidades litoestratigráficas del Cretácico en Venezuela Occidental (tomado de GONZÁLEZ DE JUANA, <i>et al.</i> 1980).	8
Figura 4. Reconstrucción palinspática para el Barremiense – Aptiense Temprano (tomada de Pindell, 1993).....	14
Figura 5. Reconstrucción palinspática para Turoniense (tomada de Pindell, 1993)..	15
Figura 6. Afloramiento de la Formación La Quinta, compuesto de capas de areniscas gris claro a rojizas, limolitas y lutitas de color rojo a vino tinto. Carretera Seboruco – La Grita, estado Táchira.....	27
Figura 7. Fotomicrografías de secciones finas de la Formación La Quinta. A.- vista general mostrando granos de cuarzos subredondeados a angulares, arcillas detríticas. B Fragmentos de mica muscovita. C.- Calcita ocluyendo porosidad. Poros ampliados D. Calcita reemplazando granos de plagioclasa alterada.....	28
Figura 8. Diagrama de Folk (1968) para areniscas de la Formación La Quinta	30
Figura 9. Afloramiento de la Formación Río Negro compuesto de capas de areniscas gris claro, limolitas verdes y conglomerados. Parque Nacional El Tamá, estado Táchira.....	34
Figura 10. Capas de limolitas de color violeta, con bases bioturbadas, rellenas de material limoso de color verde (Fig. de la Izq.). Formación Río Negro. Parque Nacional El Tamá sector Río Frío, estado Táchira	34
Figura 11. Afloramiento de la Formación Río Negro, Cerro Las Minas. Parque Nacional El Tamá, estado Táchira.....	35
Figura 12. Detalle de areniscas de color blanco con cordones o niveles de gránulos. Formación Río Negro Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá.	36

- Figura 13a. Panorámica, afloramiento parte posterior Cerro Las Minas. Capas de carbón plegadas y falladas en contacto con areniscas blanquecinas. 37
- Figura 13b. Panorámica, afloramiento parte posterior Cerro Las Minas. Detalle de capas de carbón plegadas y falladas en contacto con areniscas blanquecinas. 37
- Figura 14a. Contactos entre las formaciones Apón, Aguardiente y Río Negro suprayacente por contacto de falla. Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá, sector El Playón. 38
- Figura 14b. Contactos entre las formaciones Apón y Aguardiente. Sector El Playón, de Cerro Las Minas, tomado del informe de Leonard 1956..... 38
- Figura 15. Contenido floral presente en muestras de la Formación Río Negro, ubicadas en el Parque Nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira. 42
- Figura 16. Restos de plantas *Otozamites* sp. presentes en muestras de lutitas carbonosas de la Formación Río Negro, ubicadas en el Parque Nacional El Tamá, Cerro de las Minas. estado Táchira..... 43
- Figura 17. Diagrama de FOLK (1968) para areniscas de la Formación Río Negro ... 47
- Figura 18. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a muestras de areniscas de la Formación Río Negro. 1. Mi₁: microclino, Mi: mica muscovita. 2. Arenisca con alto contenido de matriz arcillosa. 3. *Grauvaca feldespática* con presencia de fragmento fósil dolomitizado (Do) 4. Subarcosa con presencia de moderada porosidad intergranular .. 48
- Figura 19. Fotomicrografías mostrando los principales minerales detríticos y procesos de disolución presentes en areniscas de la Formación Río Negro. 1. Qz: granos de cuarzo monocristalino, Qzp: granos de cuarzo policristalino, Pl: plagioclasas alterándose, Il: illita autigénica bordeando granos de cuarzo. 2. Qzp: granos de cuarzo policristalino y fragmentos de roca metamórficos. Fotomicrografía 3 y 4, con nícoles paralelos y cruzados respectivamente, mostrando proceso de disolución de fragmentos de rocas posiblemente ígneos, y Mi: micas muscovitas. ... 49
- Figura 20. Fotomicrografías mostrando los principales minerales autigénicos y detríticos presentes en areniscas de la Formación Río Negro. 1. Fr_g: fragmento de roca alterándose, Ox: óxidos de hierro asociado a matriz arcillosa. 2. Ca: calcita relleno de poros y reemplazando granos. 3. Ka: caolinita autigénica relleno de poros. 4. SBqz: sobrecrecimientos de cuarzo. 5. Ka: caolinita autigénica relleno de poros enmascarada por

hidrocarburo residual que además bordea los granos de cuarzo. 6. Gl: glauconita.	50
Figura 21a. Afloramiento de la Formación Apón. Parque Nacional El Tamá, aproximadamente a 1.3 Km. de la carretera Nacional a San Cristóbal, desde la entrada por Río Frío. En la fotografía A. lutitas con presencia de nódulos. B Capa de caliza de oolitas plegada.	52
Figura 21b. Bloque rodado de caliza de la Formación Apón con restos de posibles rudistas. Quebrada Seca. Vía Río Frío – Cerro Las Minas. Parque Nacional El Tamá.	53
Figura 22. Afloramiento de la Formación Apón. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas Estado Táchira. A panorámica del afloramiento donde se aprecia de base a tope lutitas negras no calcáreas que infrayacen a capa de arenisca bioturbada en su base por thalassinoides (B detalle) y capas de calizas con conchas de bivalvos (C detalle).	55
Figura 23. Afloramiento de la Formación Apón en las cercanías de la hacienda Cerro Azul. A, B panorámica del afloramiento donde se aprecia estrato compuesto de base a tope por lutitas negras no calcáreas que infrayacen a nivel limoso calcáreo con abundantes conchas y fosfatos, capas de calizas con conchas y calizas lodosas laminadas. C. detalle mostrando posible nivel condensado. D. detalle de caliza lodosa laminada. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira.....	56
Figura 24. <i>Inoceramus sp</i> de la Formación Apón recolectado durante este estudio, en afloramiento cercano al sector Hacienda Cerro Azul. Cerro Las Minas	57
Figura 25. A – B. vistas del bivalvo <i>Panopea sp?</i> . de edad Cretácico inferior de la Formación Apón, recolectados durante este estudio. C – D vistas <i>Panopea sp</i> . Colectada en Jumilla España de edad Cretácico Temprano.	58
Figura 26. Secciones finas con presencia de Amonites de la Formación Apón. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira	59
Figura 27a. Fotomicrografías de grupos de <i>Nannoconus</i> en calizas de la Formación Apón. Lámina 1., 1 y 2.- <i>Nannoconus</i> grupo <i>boletus</i> ; 3 y 4.- <i>Azzipetra sp.</i> ; 5.- Corte transversal <i>Nannoconus sp</i> . Lámina 2., 1 y 2.- <i>Nannoconus quadriangulus apertus</i> ; 3 y 4.- <i>Nannoconus</i> grupo <i>wasalli</i> ; 5.- <i>Nannoconus cf. vocontiense</i>	60

Figura 27b. Fotomicrografías de grupos de <i>Nannoconus</i> en calizas de la Formación Apón. 1, 2 y 3.- <i>Micrantolithus</i> sp. (elemento aislado); 4.- <i>Watznaueria barnesae</i> ; 5 y 6.- <i>Rhagodiscus angustus</i>	61
Figura 28. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a la Formación Apon. 1 y 2. Caliza oolítica. 3 y 4 Caliza arenosa con restos de algas.	65
Figura 29. Posible nivel condensado en la Formación Apón. P: fosfato, Fg: fragmentos fósiles.....	65
Figura 30. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a la Formación Apón. 1 y 2. Fragmentos de fósiles (posibles moluscos), algas y granos de cuarzo subredondeados. 3, 4 y 5 Calizas con presencia moderada a abundante de glauconita, granos de cuarzo y fragmento de fósiles. 6. Caliza con presencia de fosfatos (posible nivel condensado) y <i>Globigerinelloides</i>	66
Figura 31. Afloramiento de la Formación Aguardiente. Sección compuesta por intercalaciones de areniscas y lutitas. Parque Nacional El Tamá, sector Río Frío en la vía hacia Cerro las Minas, estado Táchira.....	69
Figura 32. Afloramiento de la Formación Aguardiente carretera Río Frío. Sección compuesta por intercalaciones de capas centimétricas (10 a 40 cms) de areniscas y lutitas. Parque Nacional El Tamá, sector Río Frío en la vía hacia Cerro Las Minas, estado Táchira.	70
Figura 33. Diagrama de FOLK (1968), para areniscas de la Formación Aguardiente	74
Figura 34. Fotomicrografías de areniscas de la Formación Aguardiente. 1. Granos de cuarzo mostrando contactos cóncavo convexos a suturados y bordes de granos de cuarzo con sobrecrecimientos. 2. Arenisca con buena porosidad mostrando residuos de hidrocarburo (Hc) bordeando granos y rellenando poros 3. Pl: plagioclasa, Mi: micas muscovita 4. Qz: cuarzo monocristalino, Pl: plagioclasa 5 - 6. Ca: calcita reemplazando granos y ocluyendo la porosidad.	75
Figura 35a 1 y 2 Representan la vista lateral y frontal de amonite, de la especie denominada <i>Peroniceras</i> aff., de edad Coniaciense (Según RENZ 1982), hallado en afloramiento de la Formación La Luna ubicada en la Hacienda Rosa Blanca, en la vía Santa Ana – Hacienda La Granadina, en el estado Táchira.	81

Figura 35b. Secciones finas de la Formación La Luna. 1. Packstone de foraminíferos planctónicos 2 - 4. He: <i>Hedbergella</i> . 3 - 5. <i>Glavelinella</i> 6. <i>Heteroelix</i>	83
Figura 36. Fotomicrografías de caliza arenosa de la Caliza Río de Oro de la Formación Colón - Mito Juan, posible 1. <i>Glavelinella</i> . 2. <i>Rotalipora</i> . 3 y 4 Wackstone mostrando fragmentos de algas y granos de cuarzo	89
Figura 37. Síntesis de la evolución tectonoestratigráfica del área (tomado de CONTRERAS <i>et al.</i> 2009)	92
Figura 38. Mapa geológico del Flanco surandino (tomado de AGUASUELOS 2000)..	93
Figura 39 Mapa geológico del área Río Frío - Cerro Las Minas, Parque Nacional El Tamá, edo. Táchira	96
Figura 40 Corte geológico AB, del área Río Frío - Cerro Las Minas, Parque Nacional El Tamá, edo. Táchira (ver Anexo A-10)	97
Figura 41 Cromatogramas de gases de hidrocarburos saturados para las muestras TATE-47 y C-151.	99
Figura 42. Variación en el contenido de n-parafinas para hidrocarburos saturados de las muestras TATE-47 y C-151.	100
Figura 43. Comparación de Pristano/C17 vs Fitano/C18 para las muestras TATE-47 y C-151. (Modificado de ROUSHDY <i>et al.</i> 2010).	100
Figura 44. Fragmentos de vitrinita (v) de moderada a buena preservación, observados en la muestra TATE-32. Fotomicrografías tomadas con un objetivo de inmersión de 50x y con luz blanca incidente.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de la geología regional.....	21
Tabla 2. Composición mineralógica y textural para areniscas de la Formación La Quinta.....	29
Tabla 3 Composición mineralógica y textural para areniscas de la Formación Río Negro.....	45
Tabla 4. Análisis de difracción de rayos-X (semicuantivo) para areniscas de las Formaciones Río Negro y La Quinta	46
Tabla 5. Composición mineralógica y textural para calizas de La Formación Apón ..	63
Tabla 6. Composición mineralógica y textural para areniscas calcáreas de La Formación Apón	64
Tabla 7. Composición mineralógica y textural para areniscas de La Formación Aguardiente	73
Tabla 8 Parámetros moleculares de las muestras TATE-47 y C-151	99
Tabla 9. Contenidos relativos de n-parafinas para las muestras TATE-47 y C-151....	99

1. INTRODUCCIÓN

Con el inicio de la actividad petrolera a partir de 1878, en el estado Táchira, comienza una etapa de estudios de geología de campo. Obteniéndose los primeros reportes geológicos de la compañía General Asphalt hacia los años 1912 – 1946, en el estado Zulia. Luego se inicia la entrada de empresas tales como: Creole Petroleum Corporation, Shell, Standard Oil, entre otras. En la actualidad dichos estudios conforman una valiosa base de información, para toda Venezuela utilizada tanto por la academia como por la industria petrolera. Desde entonces diversos esfuerzos han sido realizados en el área sur occidental de Venezuela, utilizando nuevas metodologías y herramientas de trabajo. El estudio realizado, incorpora algunos aportes a la estratigrafía del área tomando en consideración nuevos datos litoestratigráficos y bioestratigráficos de las unidades de rocas presentes en la sección del camino carretero entre Río Frío y el Cerro Las Minas, del estado Táchira en el Parque Nacional El Tamá.

Los resultados serán utilizados como datos novedosos de insumo para la actualización de la cartografía geológica del área, la cual es absolutamente necesaria para la realización de las actividades exploratorias a realizar en Venezuela Occidental, específicamente en el Flanco Surandino.

Este estudio enmarca la compilación bibliográfica de estudios previos, generación de base de datos en formato GIS, realización de campaña de geología de campo, integración de la información de geología de superficie conjuntamente con los datos bioestratigráficos, petrográficos, e imágenes satelitales.

Las disciplinas involucradas corresponden a estratigrafía (litoestratigrafía, bioestratigrafía), sedimentología, geología estructural y geoquímica orgánica. Estas disciplinas fueron integradas de forma cronológica permitiendo aportar interpretaciones lo más completas posible.

En una primera fase, durante la etapa de campo, se realizaron las observaciones y descripciones litoestratigráficas, estructurales y geoquímicas. Así como la toma de muestras. Estas descripciones y observaciones fueron complementadas con los datos petrográficos, bioestratigráficos y geoquímicos, obtenidos de las muestras, una vez concluidos sus análisis. Toda esta información fue utilizada para clasificar las rocas litológicamente, obtener edades, realizar interpretaciones sedimentológica, a través de datos de: diagénesis, mineralogía, formas y tamaños de granos, cementos, porosidad etc., para elaborar la columna estratigráfica del área, así como la interpretación paleoambiental de las unidades estratigráficas estudiadas y las interpretaciones geoquímicas del caso.

En una segunda fase las unidades estratigráficas descritas se representaron en un mapa a escala 1:25000, conjuntamente con los rasgos estructurales interpretados, para generar el mapa geológico actualizado del área. Utilizando un sistema de información geográfico (GIS).

En una fase final la incorporación de los datos geoquímicos permitieron elaborar conclusiones sobre características geoquímicas del área de estudio, tales como: madurez, temperatura, presencia de hidrocarburos, posibles rocas madre, rocas reservorio.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Realizar la actualización de la cartografía geológica para el área comprendida entre el caserío de Río Frío y el Cerro Las Minas, en el Parque Nacional El Tamá en el estado Táchira. Teniendo como base el mapa geológico H-2B a escala 1:50.000, de la compañía Creole y los datos geológicos de campo.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar la descripción litoestratigráfica y toma de muestras para las rocas que afloran en la sección del camino carretero entre el caserío Río Frío y el Cerro Las Minas, en el Parque Nacional El Tamá en el estado Táchira.
- ✓ Elaborar las columnas litoestratigráficas locales y generalizadas de la sección de campo estudiada
- ✓ Generar la base de datos usando sistema de información geográfico (GIS) de la información geológica y topográfica existente. Incorporar los datos de geología de superficie que se obtengan en el presente estudio
- ✓ Definir la posición estratigráfica correspondiente para las unidades estudiadas
- ✓ Realizar el estudio petrográfico de las unidades estudiadas
- ✓ Realizar la caracterización paleoambiental
- ✓ Generar el mapa geológico actualizado del área de estudio a escala 1:25000

1.2 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada al Suroeste de Venezuela, en el estado Táchira, específicamente la sección del camino carretero comprendida entre el caserío Río Frío y el Cerro Las Minas, en el Parque Nacional El Tamá, abarcando una extensión aproximada de 78.32 km² y posee las siguientes coordenadas UTM WGS84 18N, 805.397E 842.860N (esquina superior izquierda), 815.041E 837.781N (esquina inferior derecha) Figura 1.

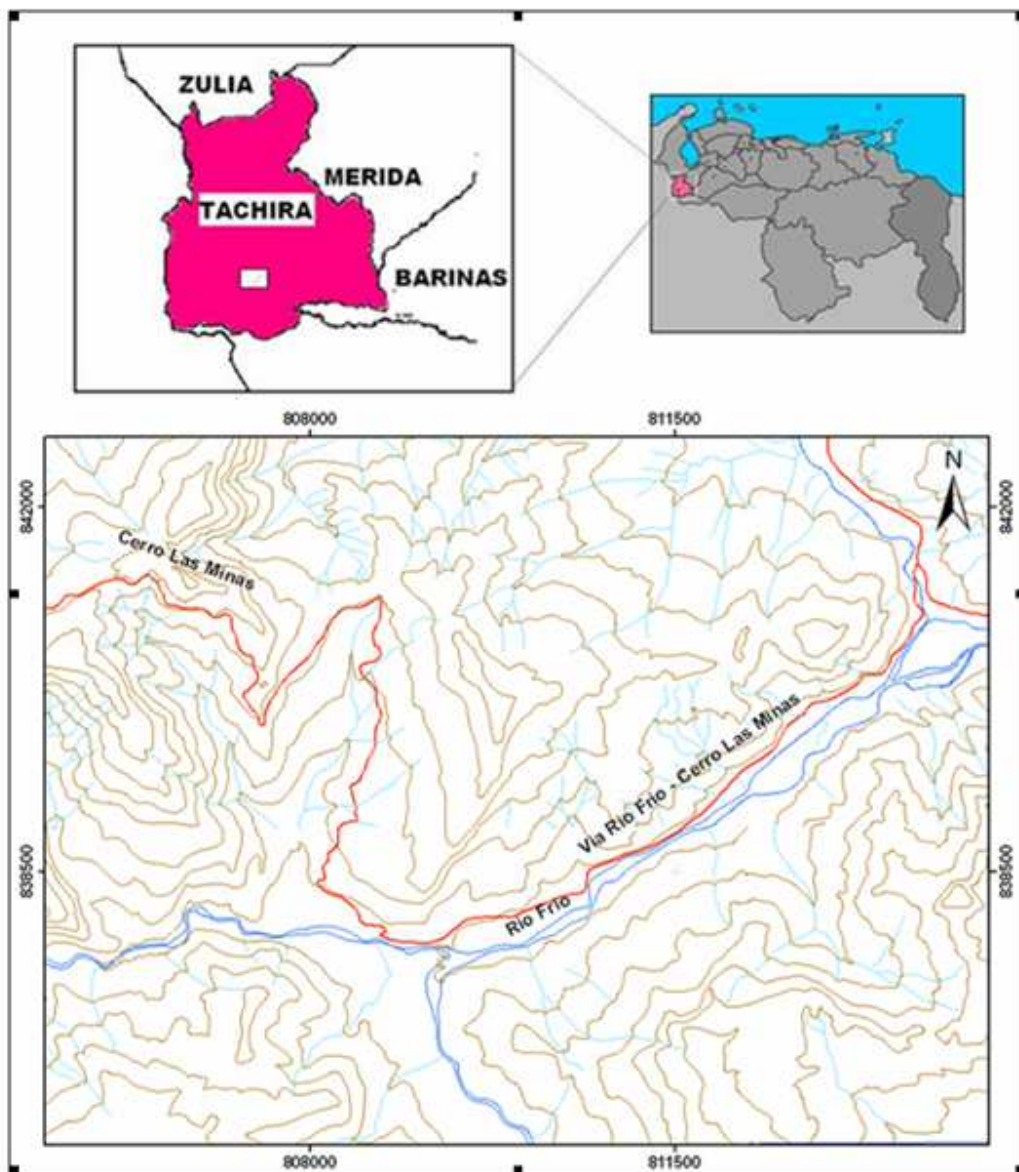


Figura 1. Ubicación del área de estudio

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

De acuerdo a GONZÁLEZ DE JUANA ET. AL (1980), la transgresión Cretácica ocurre en Venezuela relacionada a la separación de Pangea y a la siguiente etapa de rift, asociada a una tectónica extensional del periodo Jurásico, evidenciada con la apertura del rift Atlántico sur.

Los mares transgresivos procedentes del norte, invaden el margen continental, el cual posee sedimentación paleozoica, la que a su vez proviene de la Orogénesis Permo – Triásica, que será peniplanada durante el Jurásico. En Venezuela Occidental existieron, como mínimo hasta finales del Albiense, elevaciones topográficas como el Arco de Mérida, que condicionó el avance de los mares durante los primeros tiempos de la trasgresión. Los mares transgresivos depositaron las secciones cretácicas más completas y mejor preservadas en todos sus detalles. No se conocen en Venezuela rocas sedimentarias autóctonas del Cretácico Inferior extremo, han sido encontradas rocas de esa edad, redepositadas con la presencia de tintínidos de edad Jurásico Superior a Neocomiense, en bloques de conglomerados de la Formación Casupal, de edad Mioceno, en Falcón Oriental. Conociendo actualmente la presencia de rocas que contienen tintínidos en el llamado Bloque de Yucatán, es probable que los tintínidos hallados en Venezuela, sean indicios del choque ocurrido durante el Triásico tardío y el Jurásico temprano, entre el Bloque de Yucatán, Suramérica y África (Figura 2).

La trasgresión invade por dos frentes al norte del cratón de Guayana, entrando por oriente y el surco de Barquisimeto, el otro frente proviene de la Cordillera Oriental de Colombia, entrando hacia la Plataforma de Maracaibo y el Arco de Mérida a través de los surcos de Machiques y Uribante.

En el occidente de Venezuela los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto reciben grande volúmenes de sedimentos fluviales, que depositan la Formación Río Negro, durante el Barremiense. A comienzos del Aptiense los surcos habían sido rellenados y los mares progresan sobre las áreas positivas. Se desarrolla la sedimentación del Aptiense en ambientes de aguas llanas, compuesta en su mayoría por calizas bioclásticas, similares entre sí, denominadas Grupo Cogollo, variando sus espesores en los alrededores del Arco de Mérida.

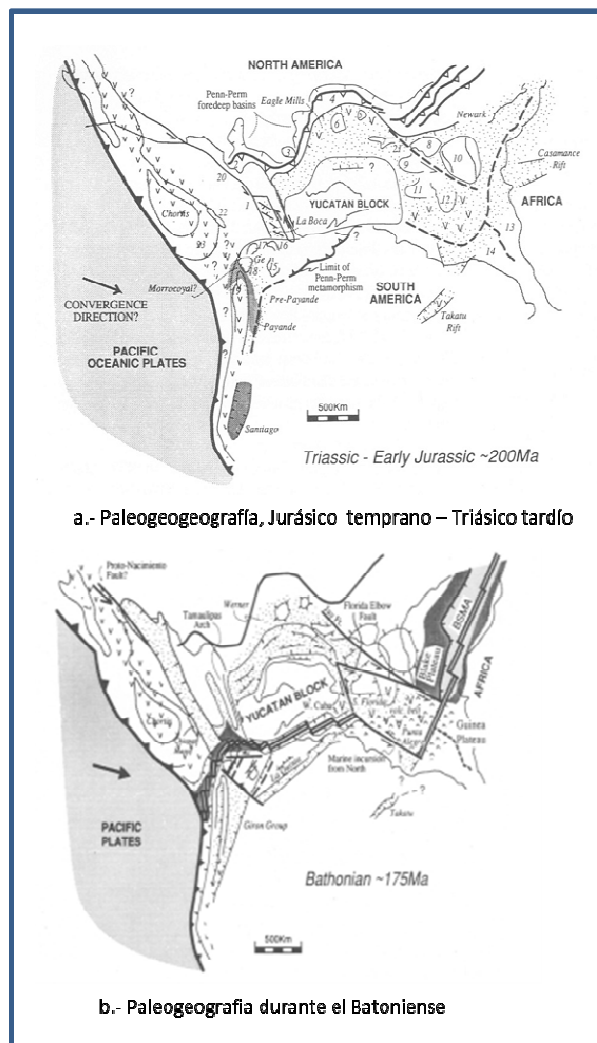


Figura 2. Reconstrucción palinspática para (a) finales de Triásico – Inicio de Jurasico y (b) Batoniense (Jurasico medio). Obsérvese como para el Batoniense (B) se propone una zona de apertura continental al sur de la placa de Yucatán y Norte de Suramérica.(tomado de PINDELL, 1993)

En la Plataforma de Maracaibo el Aptiense se deposita sobre rocas paleozoicas y a menor escala sobre sedimentos Triásicos – Jurásicos. Sobre el Surco de Machiques, los ambientes son pelágicos y reductores.

A comienzos del Albiense los pocos remanentes positivos del Arco de Mérida fueron rebasados por la trasgresión. El Arco del Baúl fue rebasado durante el Cenomaniense – Turoniense, cuando la trasgresión continuo hacia el sur y las cuencas de Barinas y Oriente quedaron comunicadas.

Neocomiense – Barremiense

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (*op. cit.*), se inicia en la Plataforma de la Goajira Colombiana, Península de la Goajira, la trasgresión marina en el Cretácico Inferior y procede del Surco de la Goajira, donde existieron condiciones marina desde el Jurásico. La unidad basal Cretácica es la Formación Palanz, caracterizada por facies de capas rojas, intercaladas al norte con facies calcáreas de aguas llanas, extendidas en la península y de probable edad Valanginiense. El avance de la trasgresión en el Hauteriviense deposita la Formación Moina, con facies de calizas marinas, fosilíferas de aguas someras y abundante contenido orgánico. Sobre la Formación Moina se deposita una secuencia de margas y calizas nodulares, conocida como Formación Yuruma, esta unidad representa facies marinas profundas, desarrolladas sobre la Plataforma de la Goajira, durante el Barremiense inferior y medio, cuando comienza la trasgresión. La Formación Yuruma presenta episodios euxínicos con ocasionales restos peces, típico de eventos de estancamiento oceánico, durante el Cretácico. La Formación Yuruma es seguida por facies de calizas plataformales, similares a las conocidas en Venezuela Occidental como Grupo Cogollo (Figura 3).

En el Barremiense los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto de Venezuela Occidental, se rellenan con facies sedimentarias de ambientes predominantemente fluviales denominadas Formación Río Negro.

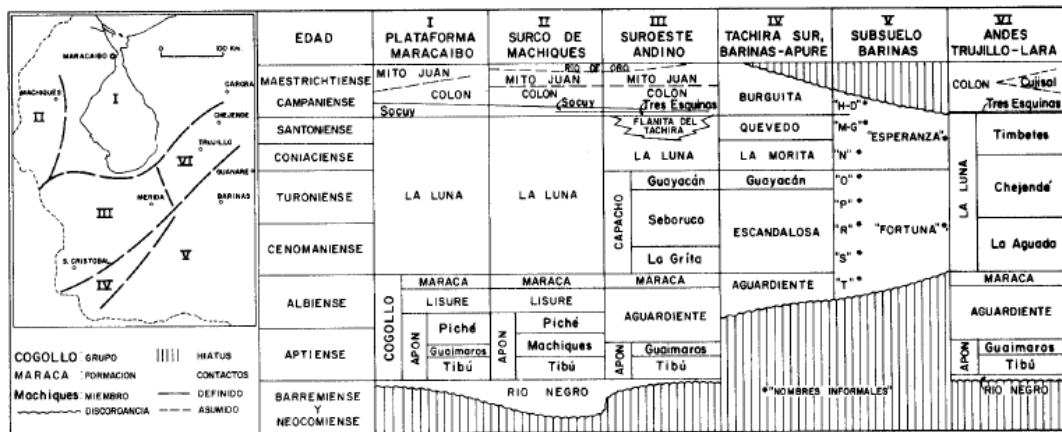


Figura. 3 Cuadro de nombres de las unidades litoestratigráficas del Cretácico en Venezuela Occidental (tomado de GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* 1980).

La Formación Río Negro presenta su característica litológica más típica y distintiva en el surco de Machiques, donde se estableció su sección tipo, caracterizada por areniscas arcósicas, conglomerados y en menor proporción arcillas y limonitas. No han sido encontrados fósiles diagnósticos, con excepción de restos vegetales y su edad generalmente aceptada es el Barremiense, aunque puede variar entre Hauteriviense y Aptiense, según TRUMP Y SALVADOR (1964).

La Formación Río Negro es básicamente una sedimentación de relleno de surcos, denominada en algunos casos "Clásticos Basales", que corresponde a una delgada secuencia de clásticos, representativos de la meteorización del substratum, que se produce en la línea de avance de las sucesivas formaciones transgresivas. Esta delgada secuencia de clásticos ha sido incluida dentro de la Formación Río Negro.

La Formación Río Negro es considerada como el conglomerado de avance y fuera de los surcos, es eminentemente diacrónica, su edad puede variar desde el

Aptiense hasta finales del Albiense, según el lugar estudiado y el progreso de la trasgresión.

Durante el periodo Barremiense – Aptiense se pasa de manera progresiva de ambientes continentales, con una sedimentación parcialmente fluvial, a los ambientes marinos que caracterizan a la trasgresión Cretácica. Los ambientes continentales de este periodo han sido descritos como Formación Río Negro.

Los sedimentos de tipo fluvial caracterizan los ambientes de la Formación Río Negro, el color rojo en algunas capas, escasos fósiles marinos y presencia de restos de plantas.

En el tiempo comprendido entre el Barremiense - Aptiense, también ocurre la presencia de ambientes marino-costeros, debido a la transición de los ambientes fluviales de la Formación Río Negro a las calizas marinas de la Formación Apón, esto puede indicar la posibilidad de la existencia de líneas de playa en algunas facies de la Formación Río Negro, así como las capas de yeso halladas en Táchira, dentro de Río Negro, indican ambientes evaporíticos.

La transgresión coloca al litoral a diferentes niveles de tiempo, más jóvenes en la medida que el mar avanza. De este modo la unidad de rocas sedimentarias que representan estos ambientes, será necesariamente diacrónica y abarca edades que varían del pre – Aptiense al Albiense Superior.

Aptiense – Albiense

Una vez rellenos los antiguos surcos, se desarrollan en su lugar ambientes marinos de poca profundidad, que comienza con calizas bioclásticas depositadas en una amplia plataforma. El contenido carbonático predomina al norte en la Goajira

Colombiana, donde se denomina Grupo Cogollo, más al sur, en lo que corresponde al occidente de Venezuela, la sedimentación Aptiense – Albiense es más diversa.

El inicio de la sedimentación al sur de Venezuela Occidental está representado por un intervalo inferior denominado Miembro Tibú de la Formación Apón, casi exclusivamente calcáreo, de edad Aptiense inferior y medio, en este periodo comienza la trasgresión del noroeste de Los Andes, permaneciendo aun emergidas considerables porciones del Arco de Mérida y casi todo lo que es hoy la cuenca de Barinas.

En el Aptiense tardío se sedimentan extensos y relativamente delgados estratos de lutitas dolomíticas, denominadas Miembro de Lutitas de Guáimaro de la Formación Apón, extendido sobre la mayor parte de la Plataforma de Maracaibo y en grandes extensiones del frente andino. Casi simultáneamente ocurre una marcada subsidencia en la parte central del surco de Machiques, produciendo un peculiar sedimentación de lutitas calcáreas, calizas laminares oscuras, frecuentemente bituminosas, con concreciones elipsoidales, que contienen amonites, pelecípodos y restos de peces, esta sedimentación se conoce como Miembro Machiques, de la Formación Apón, intervalo que ha sido confundido con la Formación La Luna y denominado Falsa Luna (DR. MAX FURRER *com. pers.*). Aunque el Miembro Machiques se restringe estrictamente al surco de Machiques, donde es relativamente poco extenso superficialmente, es interesante señalar que las rocas que lo forman fueron depositadas durante uno de los episodios de estancamiento de los mares Cretácicos, presentando excelentes características de rocas madres de petróleo.

En el Albiense temprano se reanuda la sedimentación en el surco de Machiques con calizas plataformales conocidas como Miembro Piché, de la Formación Apón, de edad Albiense inferior.

Durante el Albiense se acentuó la erosión en el borde norte del cratón, produciéndose un importante flujo de arena en dirección norte, estas arenas, alternadas con lutitas y lentes de caliza, similares a las de Apón, produjeron una interdigitación de areniscas cuarzosas, lutitas y calizas grises y duras, conocida como Formación Aguardiente, esta sedimentación se desarrolló en forma notable en ambos flancos del Arco de Mérida y en el extremo noroeste de Los Andes, conocido como Depresión de Táchira.

Una leve subsidencia en el surco de Machiques durante el Albiense medio, produce la sedimentación de características areniscas glauconíticas, areniscas laminares, intercalaciones de calizas glauconíticas, arenosas y coquinoides y algunas lutitas, conocidas como Formación Lisure, incluida en el Grupo Cogollo, al norte, hacia donde aumenta su contenido carbonático. Hacia el sur grada a la Formación Aguardiente, de la cual es equivalente lateral parcial.

En el Albiense medio las aguas transgreden hacia el sur llegando a la cuenca de Barinas, ocasionando la sedimentación de la arena "T" de la Formación Fortuna.

Durante el Albiense superior se deposita un delgado y extenso horizonte de caliza fosilífera, conocido como Formación Maraca, depositada en la Plataforma de Maracaibo y Los Andes.

Cenomaniense - Santoniense

El tope de las calizas de Maraca, marca el inicio de una extensa subsidencia regional, que se evidencia en cambios litológicos importantes a saber:

El contacto entre las calizas de Maraca y las formaciones suprayacentes La Luna y Capacho, es aceptado como estructuralmente concordante, no cabe duda en cuanto al cambio significativo de ambiente, entre las calizas con ostras de Maraca, de

ambiente nerítico – costero y las calizas negras y densas con amonites, interestratificadas con lutitas marinas, con escasa fauna bentónica, características de la Formación La Luna.

Los ambientes que caracterizan la máxima transgresión fueron referidos a tres provincias: Provincia Pelágica, Provincia Nerítica y Provincia Costanera.

La Provincia Pelágica se extiende desde la Goajira, surco de Machiques, flanco oriental de la Sierra de Perijá, Plataforma de Maracaibo, Depresión de Táchira y Depresión de Barquisimeto, en la misma se depositaron lutitas negras calcáreas, calizas marinas en condiciones frecuentemente euxínicas de fondo, verdaderas rampas de materia orgánica, que contienen excelente rocas madres de petróleo, como la Formación La Luna. Al suroeste de esta provincia, en la Depresión de Táchira y parte de Los Andes, se conoce una unidad lateralmente equivalente a la parte inferior y media de la Formación La luna, conocida como Formación Capacho. En realidad el miembro inferior, denominado La Grita, exhibe una litología tan similar a La Luna, que no debería separarse de la misma. Hacia arriba el Miembro de Lutitas de Seboruco, lutitas no calcáreas, con intercalaciones de calizas conchíferas delgadas, el Miembro Guayacán, caracterizado por calizas conchíferas, con intervalos menores de lutitas no calcáreas. Por encima el Miembro Ftanita de Táchira, con intercalaciones de calizas síliceas, lutita negra y capas con restos de peces.

La Provincia Nerítica situada al sureste de la anterior, se extiende parcialmente en los contrafuertes surorientales de la Cadena Andina y en la Cuenca de Barinas. Presenta mayor contenido de sílice, mayor proporción de arena que la Provincia Pelágica. Incluye las formaciones Escandalosa, La Morita, Quevedo, Fortuna y Esperanza.

La Provincia Costanera es predominantemente arenosa, situada al sur de la Provincia Nerítica, se extiende hasta el curso del Río Arauca, la fuente de sedimentos es el borde norte del Cratón de Guayana.

Campaniense - Maestrichtiense

Alcanzado el periodo de máxima transgresión y subsidencia del Cretácico durante el Cenomaniense – Santoniense, la regresión no se produce inmediatamente, así durante el Campaniense se depositan horizontes glauconíticos y fosfáticos, indicativos de un periodo de baja sedimentación representado por el Miembro Tres Esquinas y Socuy de las formaciones La Luna y Colón.

2.1.1 Síntesis Tectónica

Según PINDELL (1993), durante la sedimentación de la Formación Río Negro, en el periodo, Neocomiense – Aptiense, se presenta la etapa de rift entre Norteamérica y Suramérica, permitiendo el acomodo final del Bloque de Yucatán, generando posiblemente el reacomodo de la dorsal protocaribe para conectar el sistema detrás de arco (back – arc) colombiano andino con el sistema del Atlántico, de esta forma se produce el avance de los mares transgresivos desde la Cordillera Oriental de Colombia a través de los surcos de Machiques y Uribante hacia la Plataforma de Maracaibo y el Arco de Mérida.

En el periodo Barremiense temprano – Aptiense, continúa el desarrollo del margen pasivo, iniciado en el Cretácico inferior, al norte de Suramérica, producto de la subsidencia termal, y continúa la separación entre las placas norteamericana y suramericana, PINDELL (*op. cit.*). Se presenta en este tiempo la sedimentación de la Formación Yuruma en la Goajira, de la Formación Río Negro y la parte inferior del Grupo Cogollo en Venezuela Occidental. Para el Aptiense temprano los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto, habían sido rellenados, por la sedimentación,

en su mayoría fluvial, de la Formación Río Negro, sobre estos surcos avanza la transgresión marina, sedimentando horizontes de calizas bioclásticas, de aguas llanas, similares entre si, denominadas Formación Apón, que constituye la base del Grupo Cogollo (Figura 4).

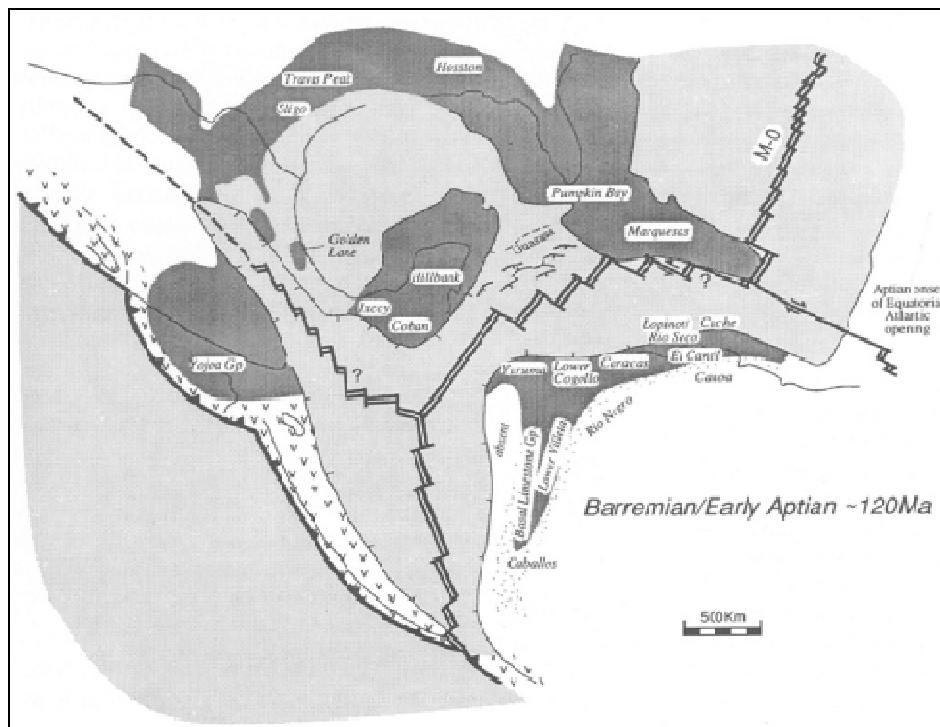


Figura 4. Reconstrucción palinspática para el Barremiense – Aptiense Temprano (tomada de Pindell, 1993)

Según PARNAUD *et al.* (1995) la parte inferior de la Formación Apón, conocido como Miembro Tibú, representa el “Transgressive System Trac” (TST) (Sistema Transgresivo), el Miembro Machiques, intermedio y su equivalente lateral, el Miembro Lutita de Guaimaros, representa el “Maximun Flooding Surface” (MFS) (Superficie de Máxima Inundación), el Miembro Piché, superior, representa el “Highstand System Trac” (HST) (Sistema de Alto Nivel), la sedimentación de la Formación Apón, representa el primer episodio de la transgresión marina, la cual culmina durante el Cenomaniense – Campaniense (Figura 5).

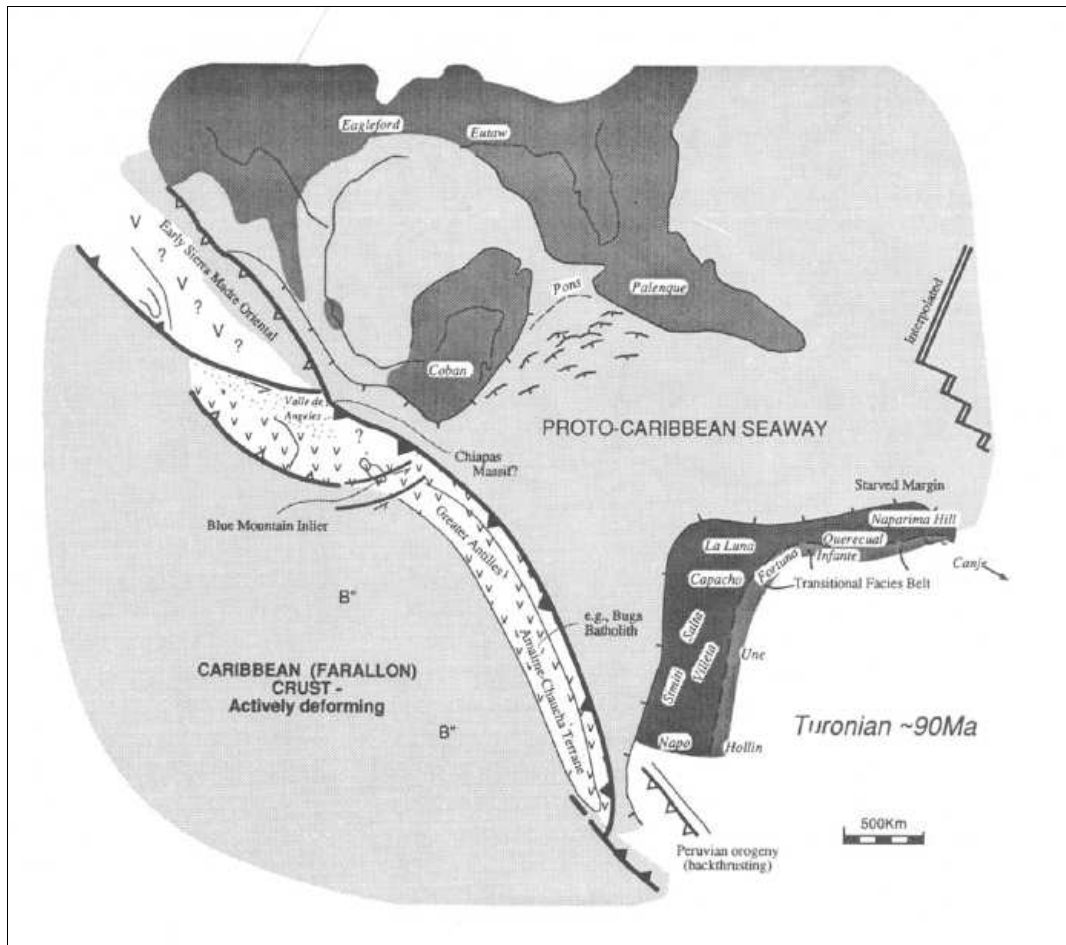


Figura 5. Reconstrucción palinospática para Turoniense (tomada de Pindell, 1993)

2.2. Trabajos previos

Las unidades geológicas estudiadas en el área, han sido objeto de estudio por numerosos autores anteriores, produciéndose diversas publicaciones importantes:

HEDBERG H. D. (1931) fue el primero en emplear el término “Conglomerado de Río Negro”, para designar capas basales de la secuencia del Cretáceo expuestas en la Sierra de Perijá

HEDBERG & SASS (1937) elevaron la unidad (Río Negro) a rango formacional.

KEHRER (1937) realiza estudios en el Cretácico y Precretácico al sur oeste de Venezuela, mencionando conglomerados basales correlacionables a la serie Girón de Colombia, a su vez correlacionable en Perijá con capas denominadas “old red” o “Perijá Series”.

SCHAUB (1939) realizó un estudio geológico en el área de La Alquitrana, en el cual menciona la existencia de menes en los alrededores de la estructura de la Alquitrana, así como otros localizados en las quebradas La Osa, Blanca, La Cañita y La Isla.

HEYBROEK (1953) estudio la Formación Río Negro en las siguientes localidades: Depresión Táchira, en la quebrada Importante del Río Nula, y en Río Frío conformando estas localidades citadas, su área de estudio denominada "Bloque-B".

TRUMP (1959) en su trabajo titulado “The Geology of the Táchira Gap and Western most Apure, Venezuela”, estudia formaciones Cretácicas en el estado Táchira, incluyendo la Formación Río Negro, para la cual determina una secuencia calcárea y fósiles del Cretácico temprano

VAN ANDEL (1958), SALVADOR Y HOTZ (1963) reconocieron en todo el occidente de Venezuela, la extensión de la Formación Río Negro en especial a los depósitos de gran espesor presentes en los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto

USECHE Y FIERRO (1969) estudiaron en la región de Pregonero la Formación Río Negro, y reportan la presencia de restos de plantas entre las que se determinó el género *Weichselia sp.*, y algas fósiles

GARCIA *et al.* (1980) reportaron en el Surco de Uribante para la Formación Río Negro conglomerados oligo y polimixtos, areniscas mal escogidas, capas de carbón, capas delgadas de yeso y lutitas oscuras fosilíferas.

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) presentan una recopilación de las principales características litoestratigráficas, mineralógicas y bioestratigráficas de la Formación Río Negro, basados en la información generada en trabajos previos para las diversas áreas donde aflora dicha unidad.

ODREMAN & USECHE (1986) en la represa La Vueltona identificaron, a unos 45 m por encima de la base de la Formación Río Negro, a los bivalvos *Buchia sp.*, *Corbula sp.*, *Unio sp.* y *Crassatella sp.*

RAMOS *et al.* (1986) identificaron, palinomorfos además de abundantes dinoflagelados en la Formación Río Negro en la represa La Vueltona.

KISER (1989-a) hace comentarios propios sobre la Formación Río Negro y cita varios informes inéditos que contribuyen con nuevos datos sobre su desarrollo en la región de Barinas, Táchira y Apure (Kiser, 1997, comentarios enviados al CIEN).

LITOS, C.A (1994 - 1996) realizó trabajos de geología de superficie en el área de Táchira, los cuales incluyen columnas estratigráficas, muestreos para análisis sedimentológicos, bioestratigráficos, petrográficos, muestreos de menes y de rocas para estudios geoquímicos orgánicos e inorgánicos, además de la interpretación de una parte de la sísmica adquirida en el año 1993.

CHAPLET *et al.* (1998) generaron un mapa geológico del área Sarare Rubio – San Cristóbal en el que integran imágenes de radar, los mapas de Creole Petroleum Corporation y datos de geología de superficie.

3. MARCO METODOLÓGICO

La metodología utilizada comprendió cuatro etapas: la primera de recopilación y revisión bibliográfica y cartografía existente, la segunda trabajos geológicos de campo, la tercera preparación de muestras de laboratorio, y la cuarta análisis, interpretación e integración de los resultados.

3.1. Recopilación y revisión bibliográfica

Durante esta etapa del estudio, se realizó la recopilación de información de trabajos geológicos previos, así como la revisión de la cartografía geológica y topográfica, imágenes satelitales, líneas sísmicas etc.

Se produjo en esta etapa la base de datos en formato GIS, de la información existente a través de la herramienta “ARCGIS”.

3.2. Geología de superficie

Esta etapa comprendió el estudio de las unidades geológicas de interés en la sección del camino carretero comprendido entre el caserío de Río Frío y el Cerro Las Minas.

Durante la actividad de campo se realizó el muestreo, descripción y toma de datos de las rocas que afloran en la localidad de estudio citada. Estos datos incluyen medición de espesores de capas y paquetes, descripción de relaciones estratigráficas, datos estructurales, litología, estructuras internas (orgánicas e inorgánicas), comportamiento a la meteorización y contenido fósil, así como la toma de medidas de rumbo y buzamiento.

Los datos colectados fueron representados en una columna generalizada (Anexo A-1) y en columnas litoestratigráficas parciales (Anexos A-2 a A-6). De igual manera se realizó la respectiva poligonal, donde se ubicaron los afloramientos descritos, con sus respectivas mediciones de rumbos y buzamientos (Anexo A-7).

Las muestras tomadas para análisis bioestratigráficos, geoquímicos y petrográficos fueron debidamente identificadas (Anexo B) y ubicadas en un mapa de muestras, en las columnas estratigráficas parciales y en la poligonal (Anexos A-7 y A-8).

3.3. Laboratorio

Comprendió la preparación de muestras para análisis petrográficos, bioestratigráficos, petrografía orgánica, reflectancia de vitrinita, difracción de rayos x y microscopía electrónica de barrido. La preparación de las muestras para cada una de las disciplinas referidas, se realizaron siguiendo las técnicas experimentales y procedimientos analíticos estándar empleados, en los laboratorios de sedimentología, bioestratigrafía, DRX y microscopía electrónica de barrido y petrografía orgánica de PDVSA-Intevep.

La preparación de muestras para análisis bioestratigráficos incluyeron las disciplinas de foraminíferos, nanoplancton calcáreo y palinología (Anexo B).

3.4. Etapa de análisis e interpretación de resultados de laboratorios

Durante esta etapa se realizó la integración de los datos de campo (descripciones litoestratigráficas), los resultados bioestratigráficos y petrográficos, con el fin de definir: las formaciones geológicas presentes en el área, posición cronoestratigráfica, y la caracterización sedimentológica de las unidades descritas, para determinar ambientes de depositación y madurez geotermal.

Se elaboró la columna estratigráfica generalizada correspondiente, integrando los datos litoestratigráficos, los resultados bioestratigráficos y petrográficos obtenidos. De igual manera se realizó el mapa geológico a escala 1:25.000, actualizado del área de estudio, donde se incorporaron de manera integrada: la interpretación estratigráfica, así como los principales rasgos estructurales del área.

4. MARCO GEOLÓGICO

4.1. Geología regional

El área de estudio está ubicada al suroeste de Venezuela, específicamente en el estado Táchira, alrededores de San Cristóbal. Se tiene acceso por la Carretera Nacional, hacia el Caserío Río Negro y El Cerro Las Minas, geológicamente se ubica en el Surco de Uribante.

A continuación se resumen los autores y las formaciones y/o tipos litológicos que están presentes en el área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Síntesis de la geología regional

AUTOR	FORMACIONES Y/O TIPOS LITOLÓGICOS
SIEVERS (1888)	Conglomerado de Lagunillas, Areniscas de Uribante (Areniscas rojas, Areniscas amarillas y blancas), Caliza de Capacho, Sistema Cerro de Oro
ARGABRITE (1929),	Viejas Capas Rojas (llamadas Mississipianas), Cretácico Basal, Areniscas y Conglomerados Playón, Caliza de Capacho, Cherts, Lutitas de Colón, Lutitas y Carbones de Lobatera
GARNER (1926)	Formación Cogollo
LIDDLE (1928)	Estudio de la geología de Venezuela
L. KEHRER (1937)	Triásico-Jurásico Intrusivo, Series Quetame, Series Girón, Series Tomón, Caliza Cogollo, Caliza Luna, Lutitas Colón, Lutitas Mito Juan, Tercer Horizonte de Carbón
H. D. HEDBERG Y L. C. SASS (1937)	Hedberg 1931, utilizo el término “Conglomerado de Río Negro”. formaciones: Río Negro, Cogollo, La Luna, Lutita Colón, Mito Juan
E. KUDING (1938)	Formación La Quinta
NOTESTEIN <i>et.al.</i> (1944)	En la Concesión Barco, Departamento de Santander, Colombia, subdividió la Formación Uribante en tres miembros: Tibú, Mercedes y Aguardiente. formaciones: Cogollo, La Luna, Colón, Mito Juan y Catatumbo
SUTTON (1946)	Grupo Cogollo (formaciones: Apón, Aguardiente y Capacho), formaciones: La Luna, Colón y Mito Juan
F.H. HYBROEK (1953)	Formaciones: La Quinta, Río Negro, Tomón, La Luna, Colón/Mito Juan, Guasare, Tercer Carbón, Mirador, Lutita-Arenisca, Sarare y Guayabo
ROD & W. MAYNC (1954)	Formaciones: Río Negro, Grupo Cogollo (FORMACIONES: Apón, Capacho y Aguardiente), La Luna
PIERCE (1960)	Formaciones: Uribante, La Luna, Navay y Colón/Mito Juan
R. B. LEONARD (1956)	Grupo Uribante (formaciones: Río Negro, Unidad 2, Unidad 1, Apón y Aguardiente), Capacho, La Luna (Chert y lutitas silíceas), Colón/Mito Juan y Catatumbo
SHARP (1957)	Formaciones: Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna y Colón/Mito Juan
TRUMP (1957)	Formaciones: Río Negro, Grupo Cogollo (formaciones: Apón, Aguardiente y Capacho), La Luna, Navay, Colón/Mito Juan y Catatumbo
O. RENZ (1959)	Formaciones: Río Negro, Apón, Tibú, Miembro Lutita de Guaimaros, Peñas Altas, La Puya, Formación Capacho (Miembros: La Grita, Seboruco y Guayacán), Escandalosa, La Luna (Miembro Ftanita de Táchira), Quevedo, Lutita de La Morita, Burguita, Colón y Mito Juan

SALVADOR (1961)	Formaciones: La Quinta, Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan, Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León, Palmar, Grupo Guayabo (Miembros: Palmar, Isnotú y Betijoque)
RAMIREZ Y CAMPOS (1972)	Formaciones: Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan
USECHE Y FIERRO (1972)	Formaciones: Río Negro, Apón y Aguardiente
MEIER (1983)	Formaciones: Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan
SHWANDER (1984)	Formaciones: Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan
LITOS (1994)	Formaciones: Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan, Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, Grupo Guayabo
CONTRERAS <i>et al.</i> (2009)	Formaciones: Río Negro, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan, Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, Grupo Guayabo
POZO RUBIO IX (2009)	Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón/Mito Juan, Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, Grupo Guayabo

4.2. Geología local

Generalidades

En el área de estudio ubicada en el camino carretero entre el Caserío Río Frío y Cerro Las Minas afloran rocas sedimentarias con edades comprendidas entre el Cretácico temprano y el Cretácico tardío, en esta secuencia se reconocen: areniscas conglomeráticas, areniscas de grano grueso, lutitas carbonosas con restos de plantas, limolitas color vino tinto, limolitas color verde, calizas arenosas, lutitas calcáreas con restos de bivalvos, calizas conchíferas, limolitas color marrón, con bivalvos, areniscas color naranja de grano medio. Las areniscas gruesas son de colores amarillento claro, rojas y de tonos verde manzana. Las calizas son azulosas, gris oscuro y negras.

En base a las características litológicas texturales, mineralógicas, relaciones estratigráficas y estructurales y observaciones de campo, las rocas que afloran entre el

Caserío Río Frío y Cerro Las Minas han sido agrupadas en las formaciones: Río Negro, Apón y Aguardiente.

La Formación Río Negro se define como una secuencia de areniscas conglomeráticas de colores claros, areniscas grano grueso a medio de color blanco, limolitas de color verde, de color rojo a vino tinto, lutitas carbonosas con restos de plantas y capas de carbón.

En Cerro Las Minas, LEONARD, en 1957 de la Compañía Creole genera el mapa H2B, compilado posteriormente por G. W. TRUMP, (1959), en el cual se cartografió la Formación Aguardiente (Kag). En este estudio a través de datos bioestratigráficos, observaciones de campo y la presencia de restos de plantas, presencia de abundante carbón y pirita, se ha determinado que se trata de la Formación Río Negro de Venezuela Occidental.

La Formación Apón presente en el área está formada por una secuencia de calizas de aguas llanas, densas negras, ocasionalmente conchíferas, intercaladas con limolitas color marrón claro con restos de bivalvos, asociada a una densa vegetación.

La Formación Aguardiente es una secuencia que en la zona de estudio está compuesta de areniscas de grano medio, de color naranja claro, competentes, que se intercalan con capas más delgadas de lutitas grises.

Esta sección de rocas sedimentarias presenta más allá de Cerro Las Minas, en la vía a Santa Ana, secuencias de las formaciones Capacho y La Luna. La sección de rocas de la Formación Capacho descrita corresponden al Miembro Calizas de Guayacán, representadas por calizas oscuras, coquinoideas y con fuerte olor a petróleo.

De forma general, estructuralmente la zona de estudio está caracterizada principalmente por los esfuerzos transpresivos de las fallas Capacho y Bramón, ubicadas al noreste y suroeste, del área de estudio, respectivamente.

4.2.1. Formación La Quinta.

4.2.1.1. Referencia original

E. KUDING, 1938 (L.E.V. II, 1970)

4.2.1.2. Consideraciones históricas

Los comentarios y referencias citadas en estas consideraciones, han sido tomados de L.E.V. II (1970), en el cual se señala que las rocas designadas por KUDING, (1938) como Formación La Quinta, habían sido descritas antes por otros autores, entre ellos SIEVERS (1888), las denominó “Conglomerado de Lagunillas”, que incluía capas basales Cretácicas, CHRIST (1927) aplicó el nombre “Serie de Lomita”, LIDDLE (1928) y OPPENHEIM (1937) aplicaron los términos de “Old Red” y “Formación Roja” respectivamente.

ENGLEMAN (1935) describe las “Capas rojas del Permo – Triásico” en Los Andes, menciona la “Formación Pañocira” que no aparece en ninguna otra publicación. GERTH (1935) menciona “estratos transicionales” a las capas rojas en las serranías de Mérida y Perijá. SCHUBERT (1935) y STAPPENBECK (1927) comparan La Quinta con la Formación Girón de Colombia. KEHRER (1937) extendió a Venezuela el nombre Girón, con preferencia sobre los términos “Lagunillas”, “Old Red” y La Quinta. MACKENZIE (1937) en Barinas llamó a la Quinta, Formación Masparro. SUTTON (1946) consideró al “Conglomerado de Seco” como sinónimo de La Quinta. HEA & WHITMAN (1960) restringen el término Formación La Quinta, para capas rojas intercaladas con rocas volcánicas, en la Sierra de Perijá, restringiendo el

termino, Conglomerado de Seco para capas de rocas no volcánicas, que según estos autores suprayacen a la Formación La Quinta.

4.2.1.3. Localidad tipo

Carretera Trasandina entre los pueblos Seboruco - La Grita, específicamente en el Caserío La Quinta, estado Táchira.

4.2.1.4. Extensión geográfica

Flanco suroccidental de Los Andes venezolanos, Mérida suroriental y depresión de Táchira. En los alrededores de la ciudad de Trujillo. En varios anticlinales al oeste de los estados Portuguesa y Barinas. LIDDLE (1946) indica la presencia de la Formación La Quinta al SW del estado Lara y en los alrededores de Quibor, en el mismo estado. El L.E.V (1970), refiere a AGUERREVERE Y HEDBERG (1938) los cuales señalan capas rojas, en el estado Falcón, Península de Paraguaná, en el pozo Manuel – 1. En la Sierra de Perijá, estado Zulia, donde quizás los afloramientos asignados a la Formación Palmarito, pertenecen a La Quinta.

4.2.1.5. Descripción litológica

En los alrededores del Caserío La Quinta, en la vía Seboruco - La Grita, estado Táchira, en la sección tipo de la Formación La Quinta se observan estratos tabulares de unos 40 a 50 cm de espesor, de areniscas grano grueso a medio, de color rojo a vino tinto, compactas, en contacto con lutitas duras de color gris oscuro y limolitas verdosas (Figura 6). Así mismo en las capas de areniscas rojas se observaron, evidencias de posibles bioturbaciones, que probablemente indican un ambiente de aguas marinas llanas en el tope de la Formación La Quinta.

Esta secuencia observada en la sección tipo de la Formación La Quinta, en la carretera Seboruco – La Grita, es muy similar a la base de la sección de la Formación Río Negro, descrita en este estudio, cerca del Caserío Río Frío, en el Parque Nacional El Tamá, vía Santa Ana.

4.2.1.6. Espesor

En la sección tipo se reportan unos 2.400 m, de espesor. Donde se realizaron estas observaciones

4.2.1.7. Contactos

Discordante en la base con la Formación Mucuchachi, concordante con las capas superiores del Cretácico Inferior.

4.2.1.8. Fósiles

Restos de peces, dientes, placas, huesos. Comparables con el *Lepidotus europeo*. Crustáceos, que incluyen *Ostrácodos* de agua dulce. Ninguna de estas especies reportadas en este estudio.

4.2.1.9. Edad

Triásico Superior a Jurásico Inferior.

4.2.1.10. Correlación

La Formación La Quinta se correlaciona con la Formación Girón de Colombia y con el Grupo Cojoro de la península de la Guajira colombiana.



Figura 6. Afloramiento de la Formación La Quinta, compuesto de capas de areniscas gris claro a rojizas, limolitas y lutitas de color rojo a vino tinto. Carretera Seboruco – La Grita, estado Táchira

4.2.1.11. Ambiente

El ambiente de depositación de la Formación La Quinta corresponde a sistemas fluviales y lacustres.

4.2.1.12. Petrografía

Las muestras analizadas corresponden a areniscas, siguiendo la clasificación de FOLK (1968) están representadas por arcosas líticas y subarcosas (Figura 8). Texturalmente el conjunto de areniscas son de grano medio y grueso; el escogimiento es moderado a bueno, los granos son generalmente angulares, subangulares a

subredondeados (Figura 7). El contenido de matriz arcillosa varía en el conjunto de muestras estudiadas de 7 a 9%, clasificándose según Folk areniscas texturalmente inmaduras en función del contenido de matriz arcillosa mayor del 5% , escogimiento moderado y granos subangulares.

El resumen de los datos petrográficos para las muestras analizadas se presenta de manera más detallada en la Tabla 2. La porosidad es baja y está representada en una de las muestras por escasos poros ampliados aislados. Los componentes detríticos son principalmente cuarzo monocristalino (40 - 50%) y policristalino (5 a 10%), en menores proporciones feldespatos potásico (ortosa) 5 - 7%, plagioclasas (5%) y fragmentos de líticos (3 - 7%) correspondientes a rocas, ígneas y metamórficas, en algunos casos alterados.

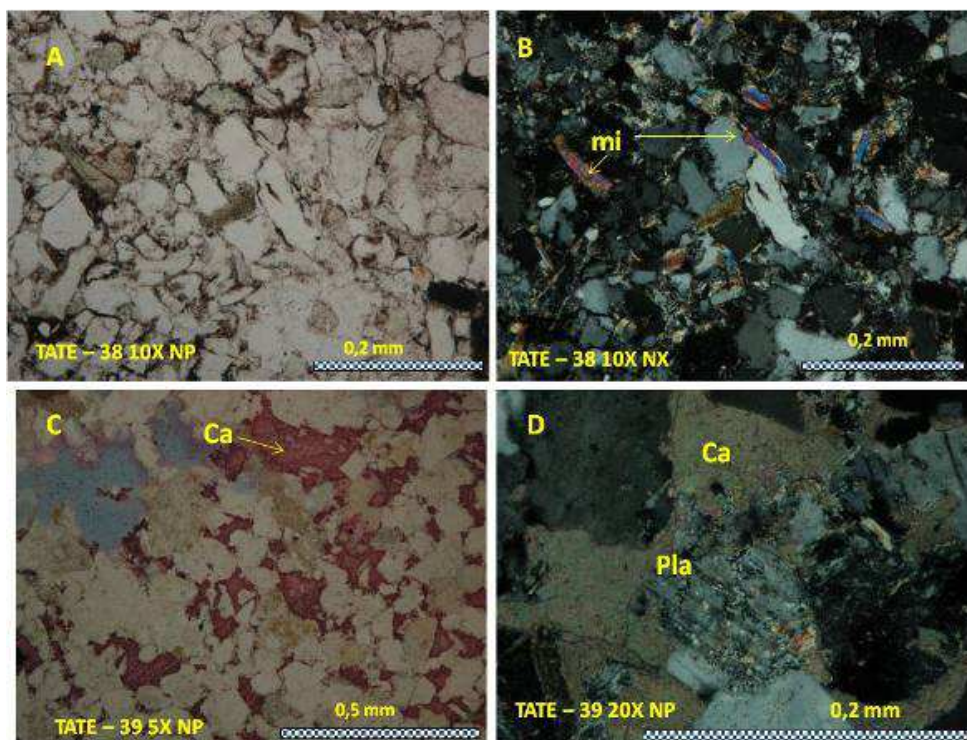


Figura 7. Fotomicrografías de secciones finas de la Formación La Quinta. A.- vista general mostrando granos de cuarzos subredondeados a angulares, arcillas detríticas. B Fragmentos de mica muscovita. C.- Calcita ocluyendo porosidad. Poros ampliados D. Calcita reemplazando granos de plagioclasa alterada.

Tabla 2. Composición mineralógica y textural para areniscas de la Formación La Quinta

MUESTRA	Escogimiento	Tamaño de Grano Promedio	Contactos	MINERALOGÍA DETRÍTICA										MINERALOGÍA AUTIGÉNICA					TOTAL	Clasificación (Folk, 1968)				
				Cuarzo			Feldespatos		Frag. de Roca		ACCESORIOS			Carbonato		Arcillas					Disolución			
				Cuarzo Monocristalino	Cuarzo Policristalino	Plagioclasas	Feldespato Potásico	Frag. de Roca Indiferenciables	Frag. de Roca Metamórficos	Chert	Minerales de Hierro	Minerales Pesados	Micas	Materia orgánica	Matriz Arcillosa	Calcita	Siderita	Arcillas indiferenciables				Clorita	Illita	Silice
TATE-38	Pobre	Af	Cc>L	50	5	7	7	7	7		1	TR	TR	5			2	2	5	TR	2		100	Arcosa lífica
TATE-39	Bueno	Ag	Cc>S	40	10	7	5	3												TR	2		100	Subarcosa

LEYENDA

Ag Arenisca de grano grueso
 Af Arenisca de grano fino
 TR Trazas

L Longitudinal
 Cc Concavo convexo
 S Suturado

Los minerales accesorios están representados por micas muscovitas, óxidos de hierro asociados a la matriz arcillosa.

Los minerales autigénicos presentes en porcentajes que varían desde cantidades trazas a 10%, son arcillas tipo illita, clorita; sobrecrecimientos de cuarzo y calcita ocluyendo poros y reemplazando granos.

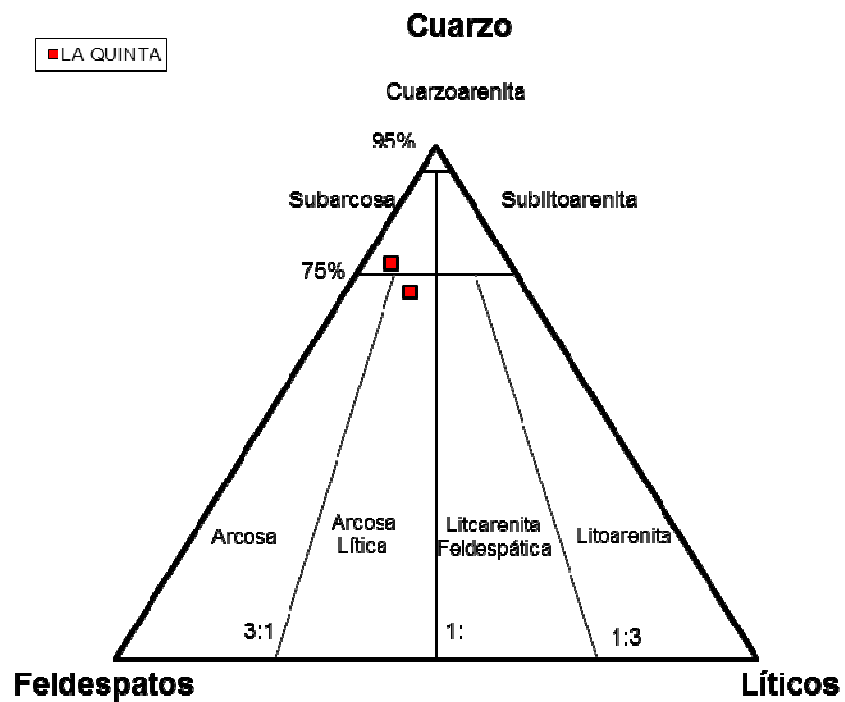


Figura 8. Diagrama de Folk (1968) para areniscas de la Formación La Quinta

4.2.2. Formación Río Negro.

4.2.2.1. Referencia original.

H . D HEDBERG, 1931 (L.E.V. II, 1970)

4.2.2.2. Consideraciones históricas

HEDBERG (1931), utilizo el término “Conglomerado de Río Negro” para designar capas basales Cretácicas, expuestas en la Sierra de Perijá. HEDBERG Y SASS (1937 – a, b) elevaron la unidad a rango formacional.

VAN ANDEL (1958), entre otros autores, extendieron el uso del término Formación Río Negro a todo el occidente de Venezuela, en especial a los grandes espesores presentes en los surcos de Machiques, Uribante y Barquisimeto, se incluyen en Río Negro tanto las capas de conglomerados delgadas de plataforma, como los espesos depósitos de rellenos de surcos.

Algunos autores emplearon el nombre Formación Calderas para designar la misma unidad en la cuenca de Barinas, el término fue descartado, se considera sinónimo en desuso de la Formación Río Negro.

Publicaciones y literatura anterior en general, emplearon con frecuencia los términos Formación Tomón y Formación Uribante para designar la secuencia correspondiente a las formaciones Río Negro, Apón y Aguardiente, ambos sinónimos han sido descartados.

4.2.2.3. Localidad tipo

En las gargantas de río Negro, al suroeste de Machiques, Distrito Perijá del estado Zulia.

4.2.2.4. Extensión geográfica

En el flanco este de Perijá, se extiende hacia el sur desde el levantamiento de El Totumo hasta la frontera con Colombia en Río de Oro. Al norte de El Totumo, se encuentra con espesores reducidos en el río Cachimí y la Isla de Toas, en la Plataforma de Maracaibo, infrayacente al Grupo Cogollo, suprayacente a la Formación La Quinta o al basamento pre – Mesozoico. Aflora extensamente en el Surco de Uribante y en Los Andes venezolanos.

4.2.2.5. Descripción litológica

La sección de la Formación Río Negro estudiada pertenece al Surco de Uribante y aflora entre el Caserío Río Frío y Cerro Las Minas. Para su mejor descripción en este estudio ha sido dividida en tres secciones, desde el punto de vista de ubicación topográfica, a saber: sección inferior, sección intermedia y sección superior.

La sección inferior tiene unos 120 m de espesor, consiste de capas espesas de areniscas y conglomerados de color claro, intercalados con capas de limolitas verdes y rojas (Figuras 9 y 10).

Las areniscas son de color gris claro, los conglomerados son cuarzosos, friables y de granos redondeados, intercaladas con limolitas rojas y verdes. Ocasionalmente en la base de las capas de limolitas rojas se observa bioturbaciones

horizontales rellenas de material limoso de color verde (Figura 10), posiblemente dicha coloración se debe a la presencia de clorita reportada en los análisis de DRX.

Las areniscas, conglomerados y limolitas en esta sección inferior se encuentran en contacto de falla con una secuencia de areniscas finas cuarzosas bien cementadas y lutitas gris.

La sección intermedia tiene un espesor 120 m y está compuesta mayoritariamente de arenas gruesas y conglomeráticas de colores claro, intercaladas ocasionalmente con lutitas marrón claro. En menor proporción se observan dentro de las areniscas blancas capas de carbón. A lo largo de la carretera a Santa Ana, se observan grandes bloques de hasta 2 m de diámetro, de areniscas conglomeráticas, con granos de hasta 0,5 cm de diámetro, de cuarzo y feldespatos potásicos así como niveles de gránulos (Figura 12).

La sección superior de la Formación Río Negro, aflora en Cerro Las Minas, en la carretera que conduce a Santa Ana, esta sección tiene unos 300 m de espesor y está compuesta por una alternancia de areniscas gruesas de color claro, que meteorizan a colores naranja, con lutitas oscuras carbonosas y limolitas negras, muy carbonosas y piríticas (Figuras 11, 12 y 13a y b). En las lutitas carbonosas se observan abundantes restos de plantas. Las secuencias son comúnmente estratocrecientes (aumento del espesor de los estratos hacia el tope), así como también se observan estratos granocrecientes que gradan de lutitas a, areniscas de grano fino y areniscas de grano grueso



Figura 9. Afloramiento de la Formación Río Negro compuesto de capas de areniscas gris claro, limolitas verdes y conglomerados. Parque Nacional El Tamá, estado Táchira



Figura 10. Capas de limolitas de color violeta, con bases bioturbadas, rellenas de material limoso de color verde (Fig. de la Izq.). Formación Río Negro. Parque Nacional El Tamá sector Río Frío, estado Táchira



Figura 11. Afloramiento de la Formación Río Negro, Cerro Las Minas. Parque Nacional El Tamá, estado Táchira.

Esta sección superior, ubicada en Cerro Las Minas, ha sido cartografiada por la Compañía Creole, en el Mapa H-2-B, 1957, elaborado G. W. TRUMP, como Formación Aguardiente, sin embargo los datos colectados en este estudio tales como datos bioestratigráficos, reportan abundante presencia de polen y materia orgánica (que serán descritos con mayor detalle posteriormente), datos litológicos, tamaño de grano, presencia de abundante carbón, pirita y restos de plantas fósiles, indican, sin dejar lugar a dudas, que se trata de la Formación Río Negro de Venezuela Occidental.

4.2.2.6. Espesor

En esta sección Río Frío – Cerro Las Minas se estima para la Formación Río Negro un espesor de unos 540 m.

4.2.2.7. Contactos

En el área de estudio para la Formación Río Negro los contactos estratigráficos se encuentran afectados por los esfuerzos transpresivos presentes en el área. El contacto inferior es de falla en algunos sectores con la Formación Apón y en Cerro las Minas con la Formación Aguardiente (Figura 14a y b). El contacto superior es concordante y abrupto con la Formación Apón y en el sector Río Frío de falla con La Formación Aguardiente suprayacente.



Figura 12. Detalle de areniscas de color blanco con cordones o niveles de gránulos. Formación Río Negro Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá.

Los contactos, según L.E.V (1970) en los sitios donde la Formación Río Negro descansa sobre rocas precámbricas o paleozoicas, se observa el contacto basal como una importante y evidente discordancia regional, como ocurre en la Concesión Barco de Colombia y subsuelo de Lago de Maracaibo. Donde la Formación Río Negro está en contacto basal con la Formación La Quinta, la semejanza litológica

dificulta la ubicación del contacto, que en afloramientos bien expuestos, es una discordancia angular.

El contacto superior con las calizas de Apón, es generalmente abrupto, aunque concordante y levemente diacrónico.



Figura 13a. Panorámica, afloramiento parte posterior Cerro Las Minas. Capas de carbón plegadas y falladas en contacto con areniscas blanquecinas.



Figura 13b. Panorámica, afloramiento parte posterior Cerro Las Minas. Detalle de capas de carbón plegadas y falladas en contacto con areniscas blanquecinas.



Figura 14a. Contactos entre las formaciones Apón, Aguardiente y Río Negro suprayacente por contacto de falla. Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá, sector El Playón.



Figura 14b. Contactos entre las formaciones Apón y Aguardiente. Sector El Playón, de Cerro Las Minas, tomado del informe de Leonard 1956.

4.2.2.8. Fósiles

TRUMP (*op.cit*) también cita una lista de la fauna más característica colectada en la Formación Río Negro en el Surco Uribante, estado Táchira, a saber:

Foraminíferos:

Choffatella decipiens Schlumberger

Ostracodos:

Cytheropteron (Eocytheropteron) trinitatiensis (vanderpool), Cytheropteron spp.nov., Cytherella sp.Aff.c. comanchensis Alexander

Pelecípodos:

Exogyra squamata d'Orbigny, Exogira boussingaulti d' Orbigny, Astarte subcostata d'Orbigny Trigonía sp., aff. T. lorenti Dana, Protocardia sp. cf. p. texana (conrad), Trigonía sp. No 152463^a, Trigonía sp. 152463^b, Cressatella sp. No 152048, Trigonía spp., Corbula sp., Inoceramus SP, Isocardia sp., Opis (?) sp., Cyprimeria (?) sp., Nucula sp., Myopholas sp.

Gasterópodos: *Lunatia sp., Pyrgulina sp., Pyrgulifena sp.*

Otros

Astieria, Weichselia, espículas de equinodermos, fragmentos de briozoários

En este estudio se determinó a través de análisis palinológicos (Diana Cabrera com. pers), un conjunto de especies florales que se cita a continuación:

Deltoidospora sp., *Psilamonocarpites sp.*, *Dictyophyllidites sp.*, *Verrutrites sp.*, *Araucariacidites sp.*, *Ischyosporites sp.* CF *I. pseudoreticulatus*, *Corollina sp.*, *Osmundacidites sp.*, *Biresporites sp.*, *Membrana interna de foraminífero (quemada)*, *Cibustiospora sinuata.*, *Leptolepidites spp.*, *Exosphaeridium sp.*, *Rugulatriletes sp.*, *Cycadopites sp.*, *Foveotricolpites SP.*, *Araucariacidites australis*, *Cicatricosisporites sp.*, *Psilamonosulcites sp.*, *Concavisporites mesozoicus.*

Restos de plantas: *Otozamites (Cycadophyta)*

4.2.2.9. Edad

Según TRUMP (1959) la fauna encontrada corresponde a una edad Hauteriviense – Albiense. Todos los fósiles han sido encontrados en areniscas calcáreas lenticulares, limolitas, lutitas y calizas, siendo las especies más comunes: *Choffatella*, *Exogyra* y *Trigonia*. TRUMP, *op. cit.* indica: hasta hace poco la *Choffatella decipiens Schlumberger* era considerada restringida a la edad Aptiense, hasta 60 m debajo de la Formación Apón, sin embargo fósiles colectados en la península de La Guajira, asignan una edad de Cretácico inferior, Hauteriviense, para estratos de la Formación Yuruma, en base a *Choffatella decipiens Schlumberger*.

Aunque la lista de fósiles señalada por TRUMP, *op. cit.* indica edad Aptiense - Albiense, no es restrictiva a ese periodo. PIERCE (1954) reporta Barremiense, en el Río Picurí, para la Formación Uribante, hoy Formación Río Negro, el mismo TRUMP, *op. cit.*, reporta *Trigonia sp.*, *aff. T. lorenti*, Dana, al este de San Cristóbal, de edad Hauteriviense. KEHRER en una carta a LIDDLE (1946), expone: “las arenisca de Santo Domingo, en mi opinión, probablemente Tomón, así como las arenisca de Uribante. *Exogyra coulini Deifr.* y *Choffatella* parecen de edad Valanginiense – Hauteriviense. *Astieria* encontrada al norte de Michelena y *Weichselia* hallada al noroeste de Cordero, identifican estratos que sugieren Cretácico temprano”. Puesto que *Exogyra coulini Deifr.* y *Choffatella* son típicamente identificadas como edad Aptiense para el

norte de Suramérica, no es determinante que Valanginiense – Hauteriviense sea una edad para estos fósiles.

En la sección Caserío Río Frío - Cerro Las Minas, objeto de estudio para este trabajo el conjunto de muestras colectadas para estudios bioestratigráficos de la Formación Río Negro, se analizaron en las disciplinas foraminíferos, nanoplancton calcáreo y palinología. Los resultados obtenidos que indican edades, pertenecen mayoritariamente a la disciplina palinología, encontrados principalmente en la muestra TATE – 47, perteneciente a la sección de Cerro Las Minas. En la cual se reportó abundante presencia de polen entre los cuales se identificó polen *Cycadopites* sp. (Figura 15) que corresponde a plantas del genero *Cycadophytas*. Adicionalmente los hallazgos de restos de plantas fósiles (Figura 16), identificados como *Otozamites* sp. a pertenecientes a plantas Cicadas, indican una edad Cretácico temprano (DIANA CABRERA *com. pers.*).

El conjunto floral encontrado en las muestras colectadas para Cerro Las Minas indica edades desde el periodo Barremiense hasta Cenomaniense, de forma general, así mismo es de destacar la abundante presencia de polen y materia orgánica, lo cual identifica de forma inequívoca a la sección de Cerro Las Minas, como una secuencia estrictamente depositada en un ambiente continental.

De acuerdo a los datos bioestratigráficos obtenidos de la bibliografía y de los estudios realizados en este trabajo, se ha determinando de forma inequívoca, una edad para la Formación Río Negro, que comprende desde el Cretácico temprano, Barremiense y se pudiera extender hasta no más joven que Aptiense inferior.

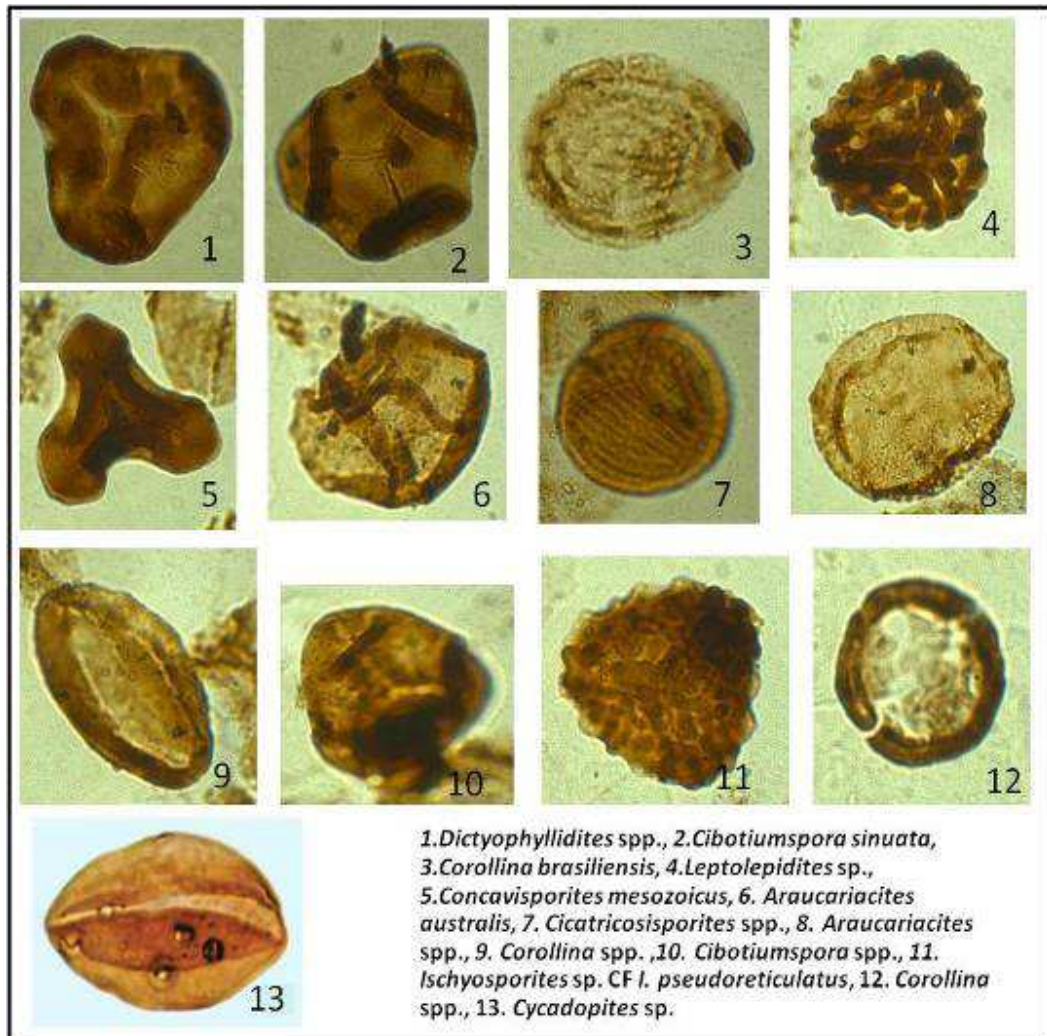


Figura 15. Contenido floral presente en muestras de la Formación Río Negro, ubicadas en el Parque Nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira.



Figura 16. Restos de plantas *Otozamites* sp. presentes en muestras de lutitas carbonosas de la Formación Río Negro, ubicadas en el Parque Nacional El Tamá, Cerro de las Minas, estado Táchira.

4.2.2.10. Correlación

La Formación Río Negro, infrayacente al Grupo Cogollo, se correlaciona con el Grupo Yuruma de la península de La Guajira, pese a su diferencia litológica. Al este de Venezuela las formaciones Araure y Barranquín son correlacionables a la Formación Río Negro en edad y litológicamente.

4.2.2.11. Ambiente

En general para la secuencia de rocas descritas se interpreta un ambiente deltaico con dominio fluvial, en función de los datos obtenidos en las observaciones de campo tales como, facies de areniscas conglomeráticas, de colores claros, rojos, presencia de carbón, restos de plantas, hacia la base de la unidad pudieran, interpretarse una llanura deltaica con depósitos de barras de meandros (canales, secuencias granodecrecientes hacia el tope y bases erosivas) entrelazados, abanicos de rotura y pantanos de la llanura de inundación. Hacia la parte media y el tope de la unidad, las facies están más relacionadas al frente deltaico: barras de desembocadura (secuencias granocrecientes hacia el tope), y depósitos del prodelta caracterizados por el predominio de facies arcillosas con menores capas delgadas (20 – 30 cm de espesor) de areniscas de grano muy fino, moderadamente bioturbadas por paleophycus y planolites, con presencia de glauconita. Estas facies son el reflejo de una profundización de la cuenca representada por depósitos más marinos.

4.2.2.12. Petrografía

Las muestras analizadas corresponden a areniscas, clasificadas según Folk (1968), como subarcosas, arcosas, litoarenitas feldespáticas, sublitoarenitas, cuarzoarenitas, arcosas líticas (Figura 17). Texturalmente el conjunto de areniscas son de grano muy fino, fino, medio y grueso; el escogimiento es pobre a moderado, los granos son generalmente subangulares a subredondeados. Y el contenido de matriz arcillosa varía en el conjunto de muestras estudiadas de 2 - 48%. Las areniscas con porcentajes de matriz arcillosa mayor al 5%, escogimientos pobres a moderados y granos angulares a subredondeados, han sido clasificadas según Folk como areniscas texturalmente inmaduras.

El resumen de los datos petrográficos para las muestras analizadas se presentan de manera más detallada en la Tabla 3, referidas a la composición mineralógica y

Tabla 3. Composición mineralógica y textural para areniscas de la Formación Río Negro

MUESTRA	Escogimiento	Tamaño de Grano	Contactos	MINERALOGÍA DETRÍTICA										MINERALOGÍA AUTIGÉNICA										Hidrocarburo Residual	POROSIDAD						TOTAL	Clasificación (Folk, 1968)			
				Cuarzo		Feldespatos		Lífticos		ACCESORIOS		Matriz Arcillosa		Carbonato		Arcillas		Pirita		Intergranular	Interpartícula	Ampliada	Disolución		Fractura	Moldica									
				Monocristalino	Policristalino	Plagoclasas	Feldespatos Potásico	Microclino	Frag. Argiláceos	Frag. Indiferenciables	Frag. Metamórficos	Chert	Minerales de Hierro	Minerales Pesados	Micas	Materia orgánica	Matriz Arcillosa	Calcita	Siderita								Caolinita	Arcillas Indiferenciables	Clorita	lilita			Silice	Pirita	
TATE-1	Pobre	Ag	L>Cc	65	10	10	5	5																5	2								100	Subarcosa	
TATE-3	Pobre	Af	Cc>S	60	10	15	15																										100	Arcosa	
TATE-5*	Moderado	Af	Cc>S	50	10	10	5	2			2	5	6		10*																		90	Subarcosa	
TATE-6	Muy Pobre	Am	L>T	34	10	5	20	5			5				5															11		100	Arcosa		
TATE-8	Pa MP	Am	L>Cc	50	10	10	10	2			5				7*	2																	93	Arcosa	
TATE-9	Moderado	Ag	S>Cc	60	5	10	10	2			5				6*																		94	Arcosa	
TATE-11	Pobre	Ag	L>T	60			15				5				15*																		85	Subarcosa	
TATE-12	Ma B	Am	L>Cc	60	5	10	10					3	2		8*																		92	Subarcosa	
TATE-13	Ma B	Af	L>Cc	55	5	5	10				5				15*																		85	Subarcosa	
TATE-14	Ma P	Af	L>Cc	55		7	5								25*																		75	Subarcosa	
TATE-23	Pa MP	Af	T>L	60	10	3	3								7*																		93	Subarcosa	
TATE-24	Muy Pobre	Avf	Gf	50	7	5									30*																		70	Subarcosa	
TATE-25	Moderado	Ag	L>T>Cc	50	5	10									7*																		93	Subarcosa	
TATE-29	Ma B	Am	L>Cc>S	70			5								TR																		100	Subarcosa	
TATE-30	Moderado	Af	Cc>S>L	60	5	5	5	2							10*																		90	Subarcosa	
TATE-36	Moderado	Am	Cc>S>L	45	7	7	7				7				15*																			85	Arcosa lítica
TATE-37-A	Moderado	Af	T>L	55	TR	7	5								15*																		85	Subarcosa	
TATE-44	Ma B	Af	Cc>S	76			2				3				3																		100	Subitoarenita	
TATE-47	Ma P	Ag	Cc > L	58	1	2									10*																		90	Cuarzoarenita	
TATE-49	Moderado	Ag	Cc > L	55	6	8					12				2																		100	Litoarenita feldespática	

LEYENDA

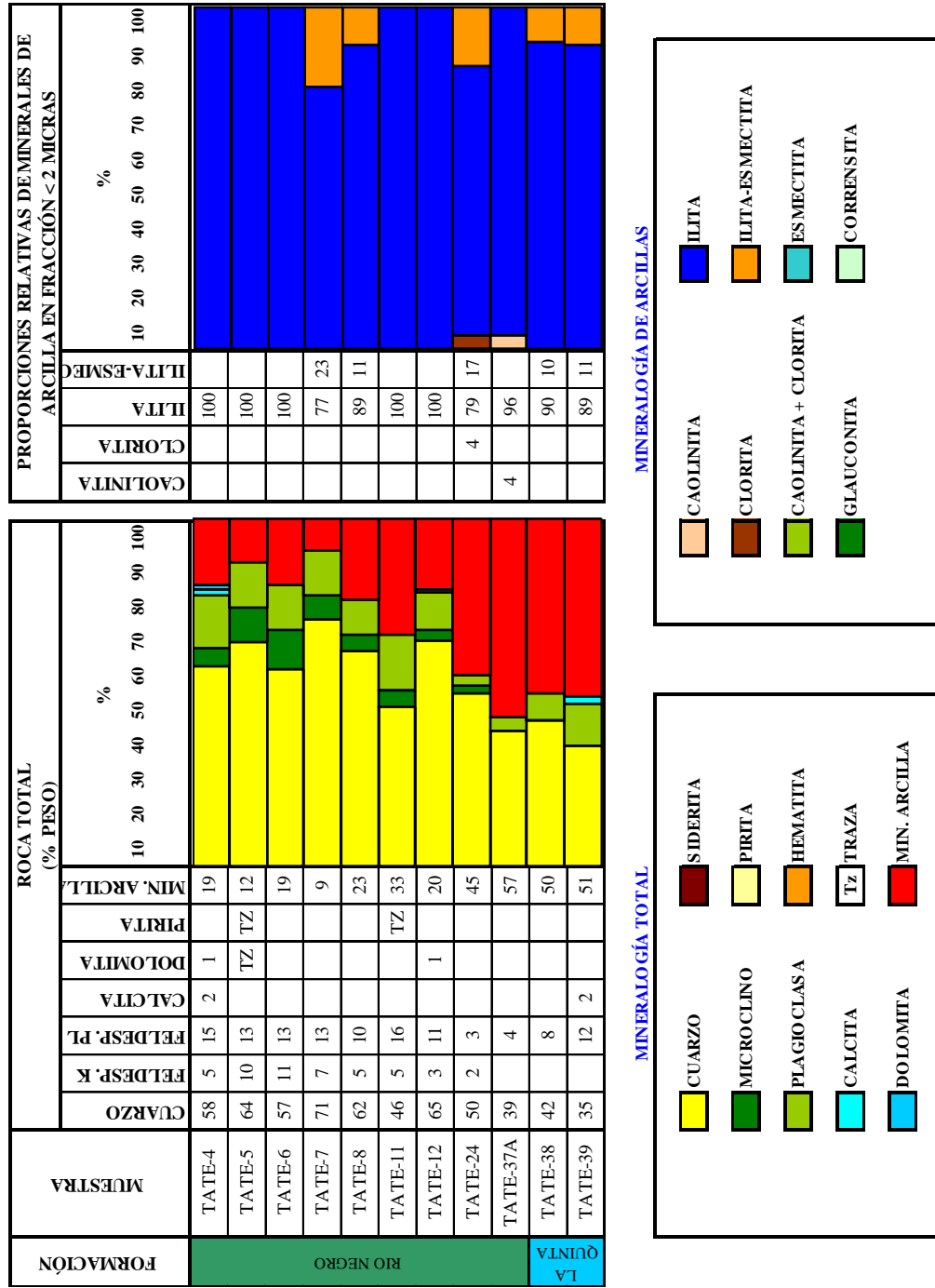
Pa MP : Pobre a muy pobre
Ma B : Moderado a bueno
Ma P : Moderado a pobre

Ag Arenisca de grano grueso
Af Arenisca de grano fino
Am Arenisca de grano medio
Avf Arenisca de grano muy fino
TR Trazas

Ag Grano flotante
T Tangencial
L Longitudinal
Cc Concavo convexo
S Suturado

* Areniscas texturalmente inmaduras

Tabla 4. Análisis de difracción de rayos-X (semicuantitativo) para areniscas de las formaciones Río Negro y La Quinta



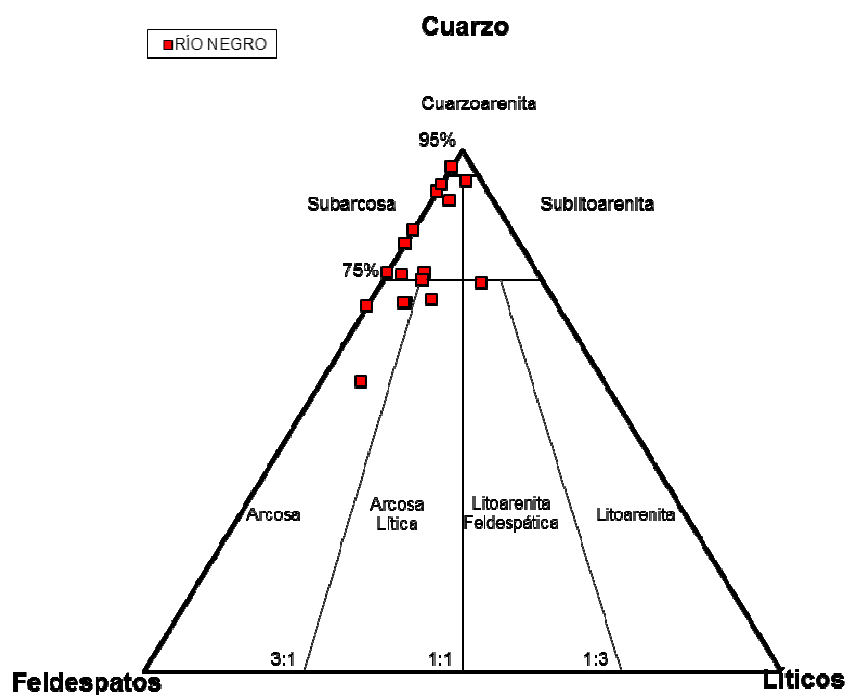


Figura 17. Diagrama de FOLK (1968) para areniscas de la Formación Río Negro

textural, así como los resultados del análisis mineralógico por difracción de rayos x (Tabla 4), para areniscas de la Formación Río Negro.

Los componentes detríticos son principalmente cuarzo monocristalino (20 - 60%) y policristalino (TR - 10%), en menores proporciones feldespatos potásico (ortosa y microclino) 5 - 20%, plagioclasas (3 - 15%) y fragmentos de líticos (2 - 5%) correspondientes a rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas en algunos casos alterados (Figuras 18 y 19).

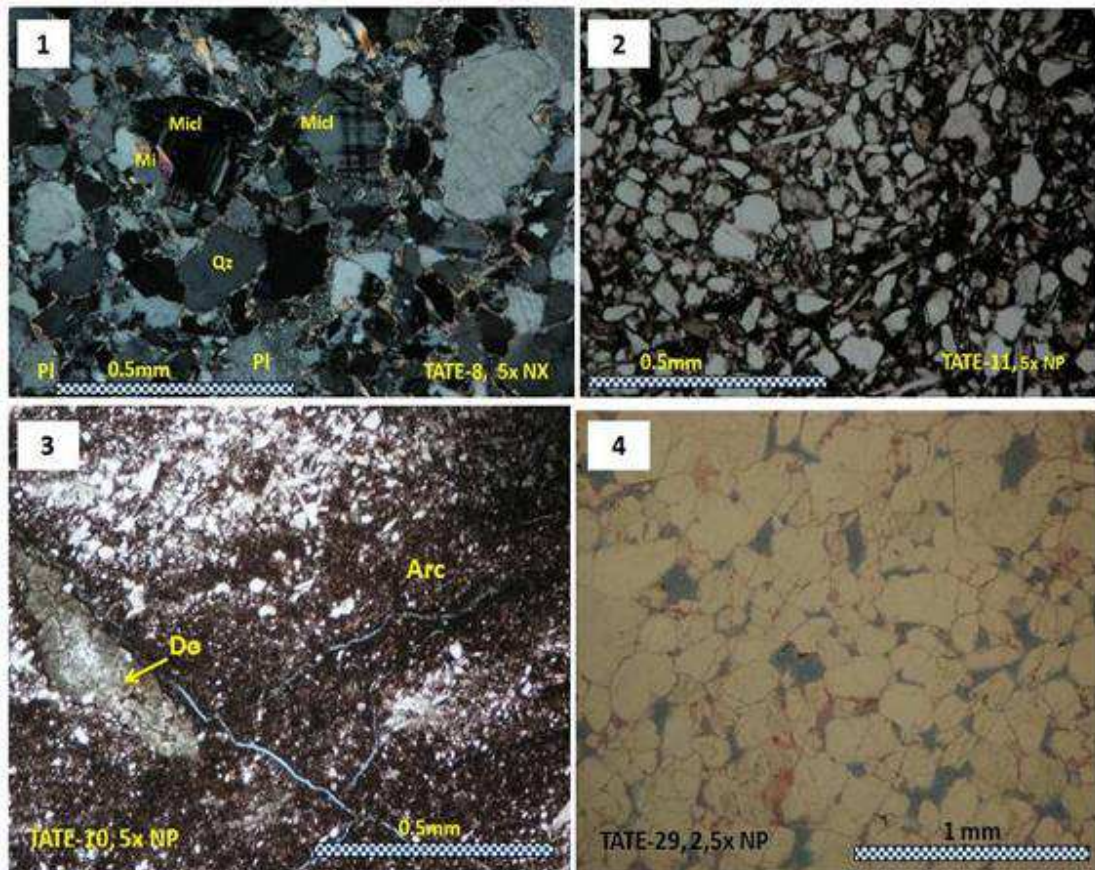


Figura 18. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a muestras de areniscas de la Formación Río Negro. 1. Micl: microclino, Mi: mica muscovita. 2. Arenisca con alto contenido de matriz arcillosa. 3. Grauvaca feldespática con presencia de fragmento fósil dolomitizado (Do) 4. Subarcosa con presencia de moderada porosidad intergranular

Los minerales accesorios están representados por micas muscovitas, óxidos de hierro, circones.

Los minerales autigénicos presentes, en porcentajes que varían desde cantidades trazas a 10%, son arcillas tipo illita, caolinita y arcillas indiferenciadas, pirita, sobrecrecimientos de cuarzo glauconita y calcita (Figura 20).

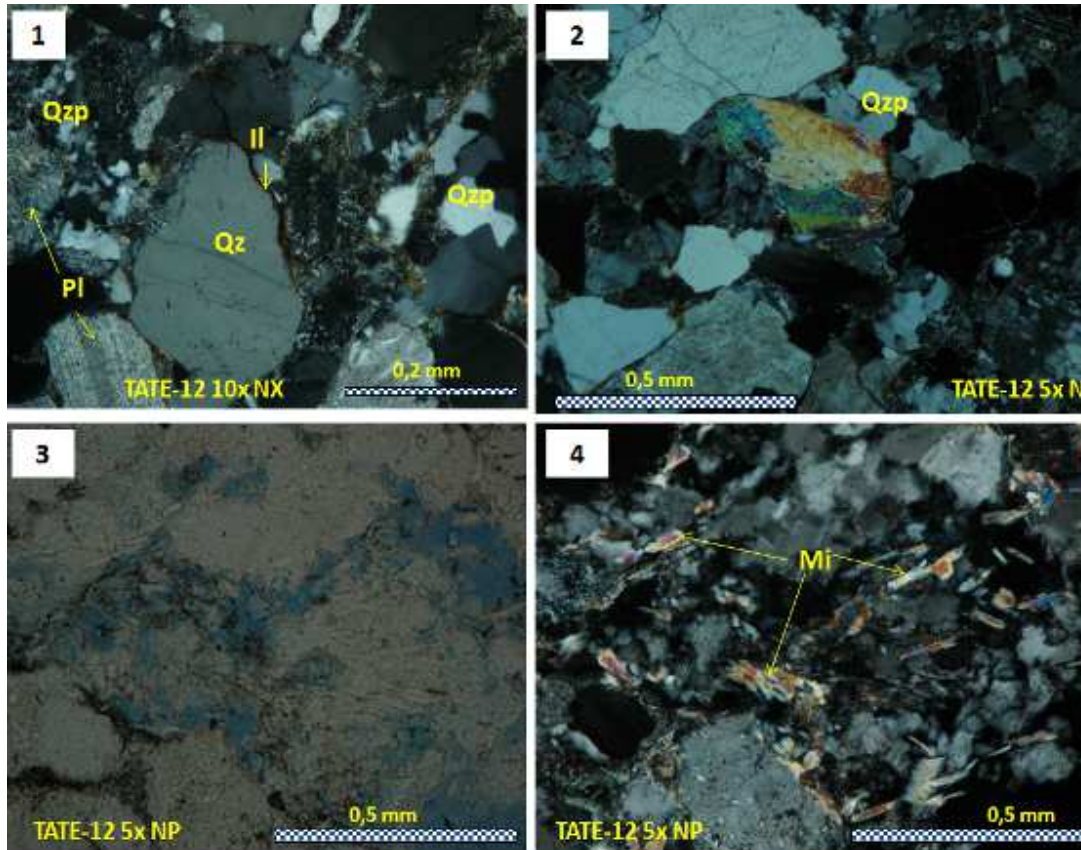


Figura 19. Fotomicrografías mostrando los principales minerales detríticos y procesos de disolución presentes en areniscas de la Formación Río Negro. 1. Qz: granos de cuarzo monocristalino, Qzp: granos de cuarzo policristalino, Pl: plagioclasas alterándose, Il: illita autigénica bordeando granos de cuarzo. 2. Qzp: granos de cuarzo policristalino y fragmentos de roca metamórficos. Fotomicrografía 3 y 4, con nicoles paralelos y cruzados respectivamente, mostrando proceso de disolución de fragmentos de rocas posiblemente ígneos, y Mi: micas muscovitas.

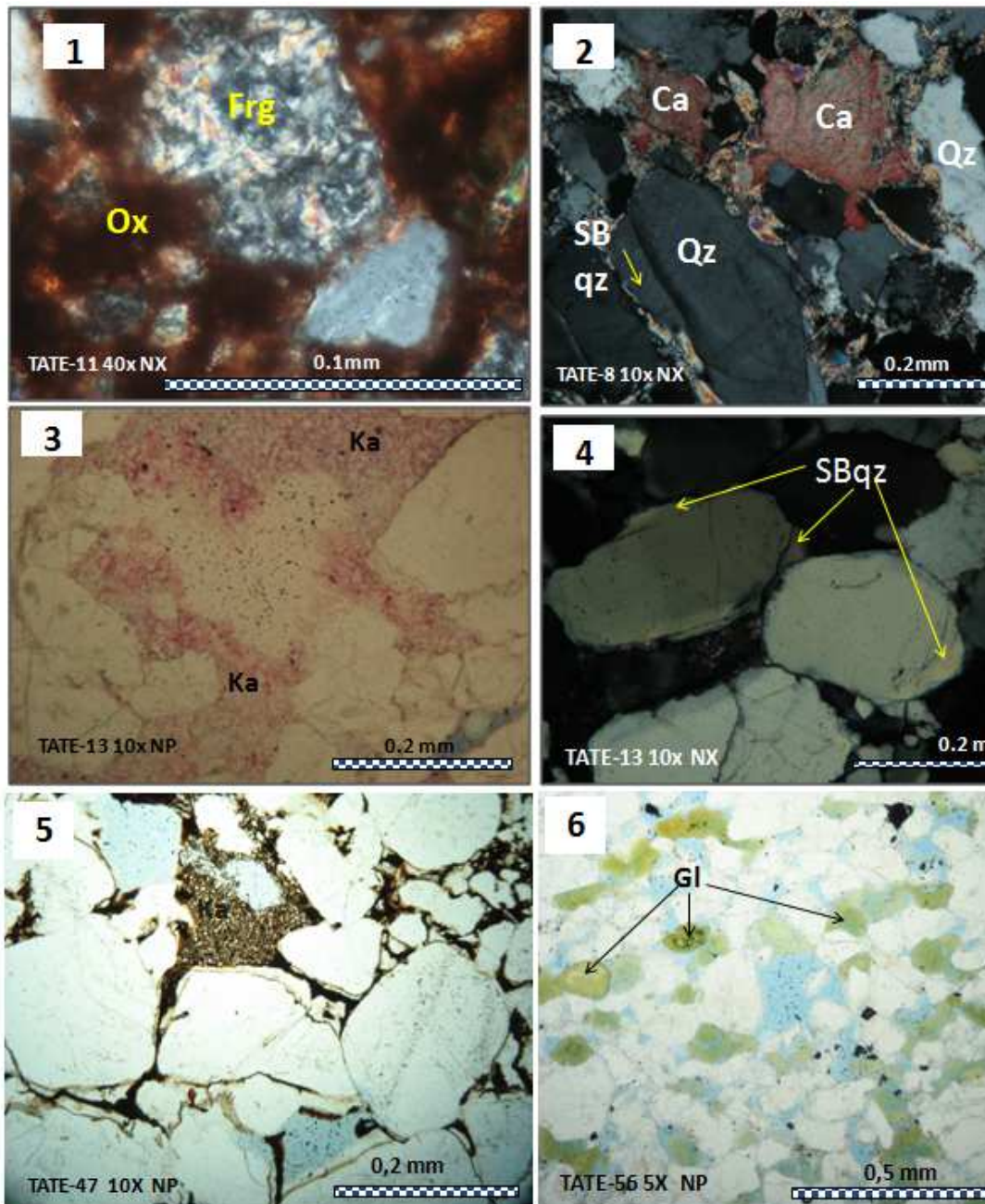


Figura 20. Fotomicrografías mostrando los principales minerales autigénicos y detríticos presentes en areniscas de la Formación Río Negro. 1. Frg: fragmento de roca alterándose, Ox: óxidos de hierro asociado a matriz arcillosa. 2. Ca: calcita relleno de poros y reemplazando granos. 3. Ka: caolinita autigénica relleno de poros. 4. SBqz: sobrecrecimientos de cuarzo. 5. Ka: caolinita autigénica relleno de poros enmascarada por hidrocarburo residual que además bordea los granos de cuarzo. 6. Gl: glauconita.

4.2.3. Formación Apón.

4.2.3.1. Referencia original

F. A SUTTON, 1946 (L.E.V. II, 1970)

4.2.3.2. Consideraciones históricas

La antigua Formación Cogollo (GARNER, 1926) fue definida por SUTTON (1946) como grupo, ocupando la Formación Apón la parte inferior. ROD Y MAYNC (1954), dividieron Apón en tres miembros, adecuadamente descritos, pero sin designación formal. O. RENZ (1959) en el surco de Machiques designo los miembros con los nombres Tibú, Machiques y Piché, sustituyo provisionalmente en la Plataforma de Maracaibo el termino Piché por Lutita de Guaimaros. Renz tampoco empleo el nombre Apón en Los Andes venezolanos, donde la litología típica de calizas de Piché, cambia a areniscas cuarzosas, incluidas en la base de la Formación Aguardiente, por eso RENZ sustituyo el nombre Apón por Formación Tibú, en Los Andes venezolanos.

SALVADOR (1961-b) justifico adecuadamente el uso de Formación Apón en Los Andes venezolanos, en lugar de Formación Tibú. TRUMP Y SALVADOR (1964) utilizan en Táchira los términos, Formación Apón y Miembro Guaimaros.

4.2.3.3. Localidad tipo

En el Río Apón, 10 km al oeste de Machiques, en el piedemonte de la Sierra Perijanera.

4.2.3.4. Extensión geográfica

Sierra de Perijá y Los Andes venezolanos de Táchira, Mérida, Trujillo y Lara. En la Cuenca del Lago de Maracaibo.

4.2.3.5. Descripción litológica

En el área de estudio la Formación Apón presenta estratos de 40 cm de espesor, en afloramientos de calizas arenosas, azulosas duras, con restos de conchas, intercaladas con lutitas negras, de unos 30 cm de espesor, no calcáreas, probablemente pertenecientes a la secuencia inferior de la Formación Apón, denominada, Miembro Tibú. En la vía Río Frío – Cerro Las Minas, la Formación Apón aflora aproximadamente unos 1.3 Km. desde la entrada por Río Frío, y está representada por capas de lutitas de color marrón levemente calcáreas, con presencia de nódulos, areniscas calcáreas y una capa delgada de caliza oolítica (Figura 21a). El segundo afloramiento en la vía se encuentra a unos 1.6 Km antes de Cerro las Minas.

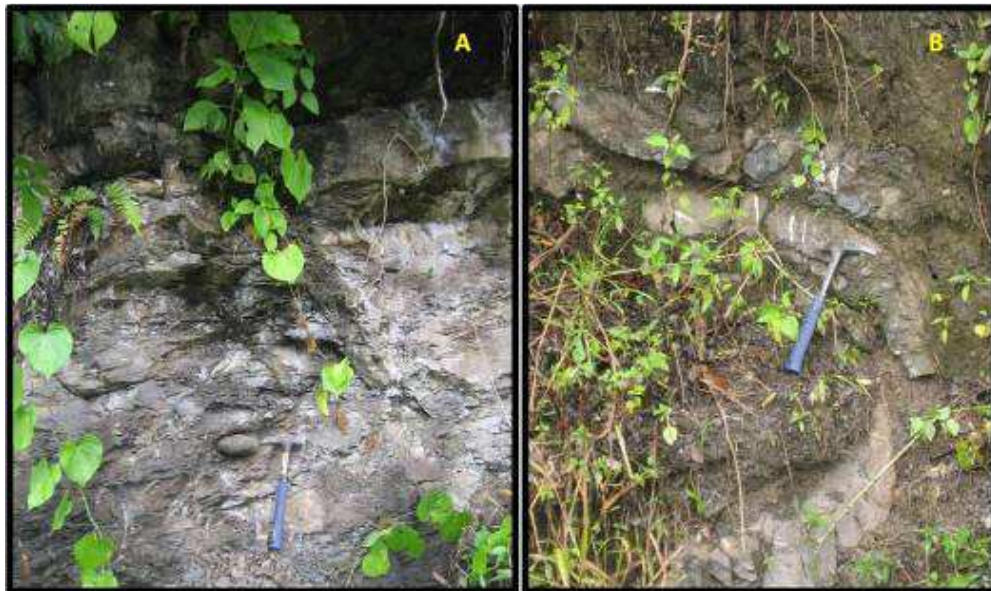


Figura 21a. Afloramiento de la Formación Apón. Parque Nacional El Tamá, aproximadamente a 1.3 Km. de la carretera Nacional a San Cristóbal, desde la entrada por Río Frío. En la fotografía **A**. lutitas con presencia de nódulos. **B** Capa de caliza de oolitas plegada.

En la sección estudiada, Caserío Río Frío – Cerro Las Minas, específicamente en el tramo de la carretera, comprendido entre la casa del Guardaparque, Santa Elena y Caserío La Laguna, en algunos cauces de quebradas se observan bloques de coquinas de hasta dos metros de diámetro, en contacto con bloques de areniscas calcáreas, de color marrón claro, que poseen restos de conchas, posiblemente de *Panopea sp?* y *Rudistas* (Figura 21b). Los bloques de calizas coquinoides en contacto con areniscas calcáreas de color, marrón claro, dan idea de un posible contacto, tal vez entre las formaciones Río Negro y Apón, aunque la relación mencionada no se observó en afloramientos, que permitan confirmar con certeza esta afirmación, por lo tanto los bloques señalados se incluyen en la Formación Apón.



Figura 21b. Bloque rodado de caliza de la Formación Apón con restos de posibles rudistas. Quebrada Seca. Vía Río Frío – Cerro Las Minas. Parque Nacional El Tamá.

Ocasionalmente las calizas de Apón presentan fuerte olor a petróleo, en fractura fresca. En la vía Chorro El Indio – Macanillo, específicamente entre los

caseríos Agua linda y Paramito, vía El Ron, en la Hacienda Pedraza, se encuentra un mene de petróleo pesado, denso, que sale desde las calizas de la Formación Apón, en un afloramiento de unos 5 metros de espesor, de calizas oscuras, altamente fracturadas.

En el sector de Cerro Las Minas cercano a las nacientes de la quebrada La Ranchera (según mapa CREOLE hoja H2B) se ubica afloramiento de la Formación Apón de 16 metros de espesor aproximado, compuesto por lutitas negras no calcáreas, areniscas de color gris claro de grano muy fino, calizas arenosas conchíferas y calizas de color beige glauconíticas (Figura 22) . Facies similares fueron descritas en las cercanías de la Hacienda Cerro Azul, donde se preciso un nivel limoso calcáreo con presencia de conchas, y fosfato, el cual suprayace a lutitas negras no calcáreas, e infrayace a calizas grises arenosas con conchas, calizas lodosas laminadas con olor a hidrocarburo, areniscas gris claro bioturbadas y calizas conchíferas y calizas de color beige glauconíticas con abundantes restos de conchas (Figura 23).

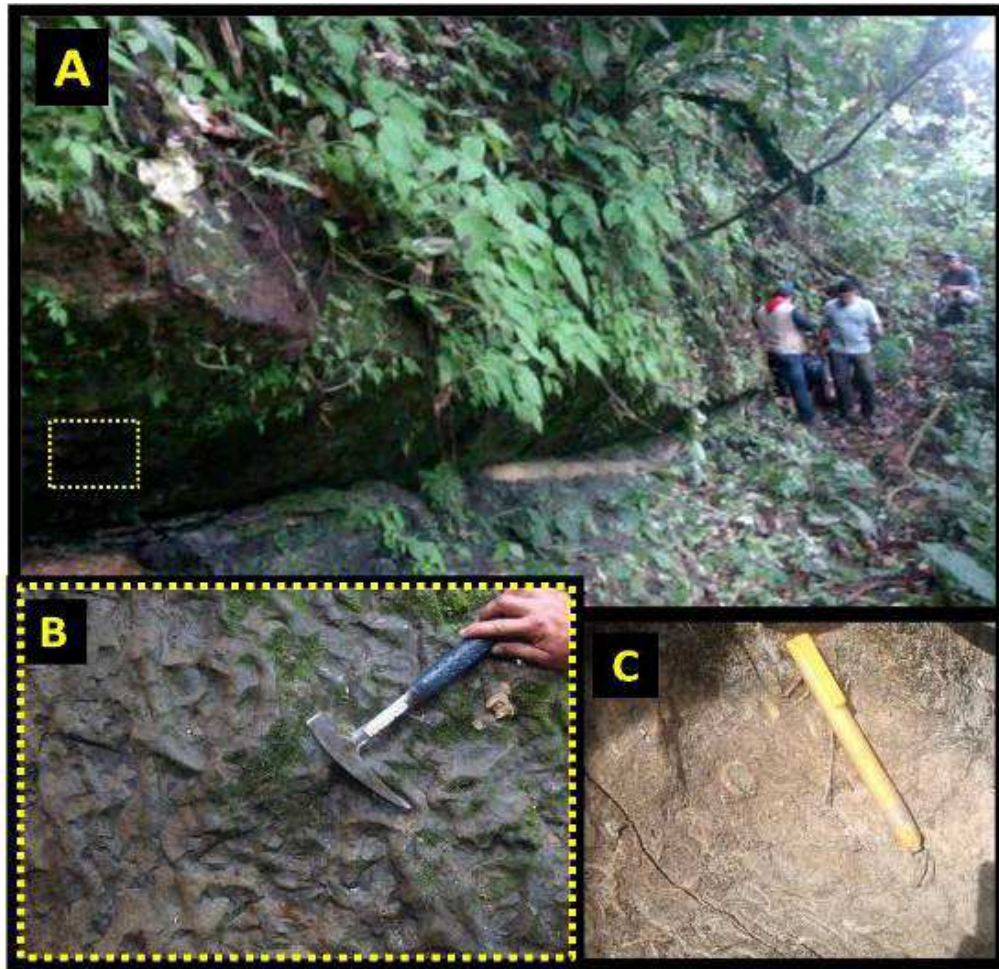


Figura 22. Afloramiento de la Formación Apón. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas Estado Táchira. **A** panorámica del afloramiento donde se aprecia de base a tope lutitas negras no calcáreas que infrayacen a capa de arenisca bioturbada en su base por thalassinoides (**B** detalle) y capas de calizas con conchas de bivalvos (**C** detalle).



Figura 23. Afloramiento de la Formación Apón en las cercanías de la hacienda Cerro Azul. **A, B** panorámica del afloramiento donde se aprecia estrato compuesto de base a tope por lutitas negras no calcáreas que infrayacen a nivel limoso calcáreo con abundantes conchas y fosfatos, capas de calizas con conchas y calizas lodosas laminadas. **C.** detalle mostrando posible nivel condensado. **D.** detalle de caliza lodosa laminada. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira

4.2.3.6. Espesor

Aproximadamente 70 metros de espesor en esta sección, Caserío Río Negro – Cerro Las Minas.

4.2.3.7. Contactos

En el área estudiada el contacto inferior es concordante, abrupto y ligeramente diacrónico con la Formación Río Negro. El contacto superior es de falla con la Formación Río Negro. Y en otros puntos concordante con la Formación Aguardiente.

El contacto basal con la Formación Río Negro, es generalmente abrupto, aunque concordante y levemente diacrónico, marcado por el cambio de las areniscas conglomeráticas de Río Negro hacia las calizas de Apón.

El contacto superior es abrupto, aunque concordante y ligeramente diacrónico con las areniscas de la Formación Aguardiente, en este caso el cambio ascendente es de calizas a areniscas.

4.2.3.8. Fósiles

Choffatella Lituolidae, *Orbitolina Parakaskinolina*, *Inoceramus* (Figura 24), *Trigonia*, *Panopea sp?* (Figura 25) y Amonites (Figura 26).



Figura 24. *Inoceramus sp* de la Formación Apón recolectado durante este estudio, en afloramiento cercano al sector Hacienda Cerro Azul. Cerro Las Minas

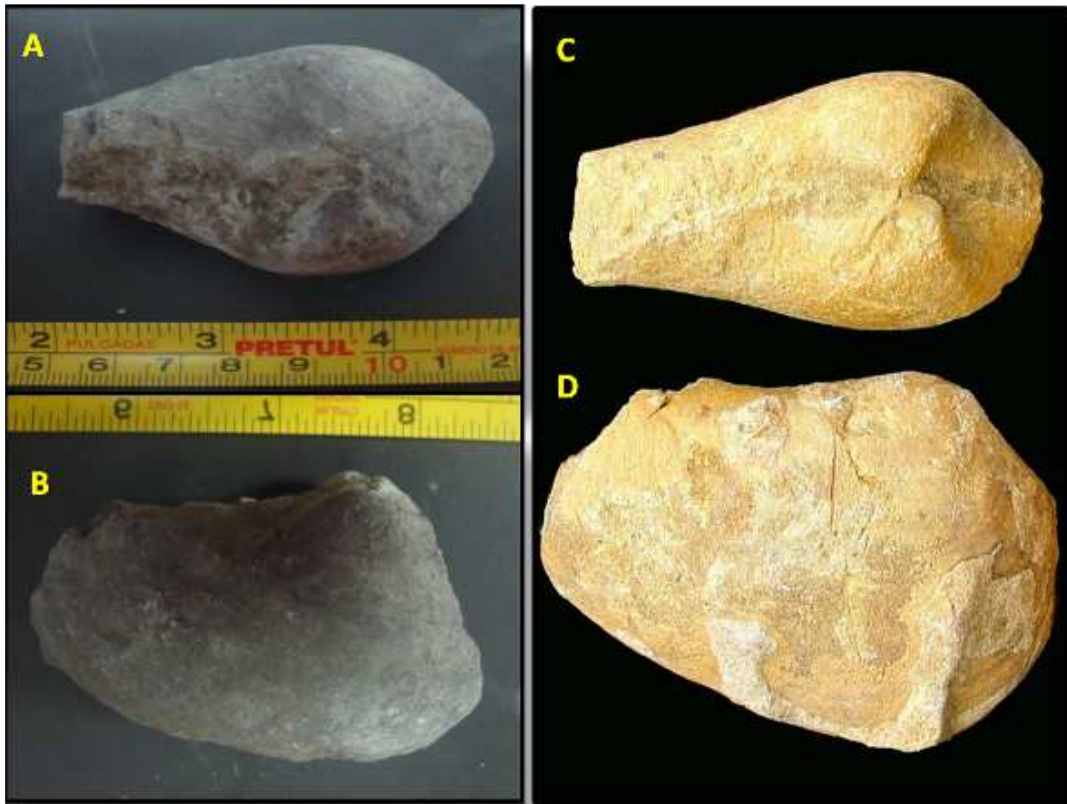


Figura 25. **A – B.** vistas del bivalvo *Panopea sp?*. de edad Cretácico inferior de la Formación Apón, recolectados durante este estudio. **C – D** vistas *Panopea sp.* Colectada en Jumilla España de edad Cretácico Temprano.

4.2.3.9. Edad

En base a los fósiles estudiados (YAMELYS HERNÁNDEZ, *com. pers.*) la secuencia de calizas de la Formación Apón en el área de estudio corresponde al periodo Aptiense.

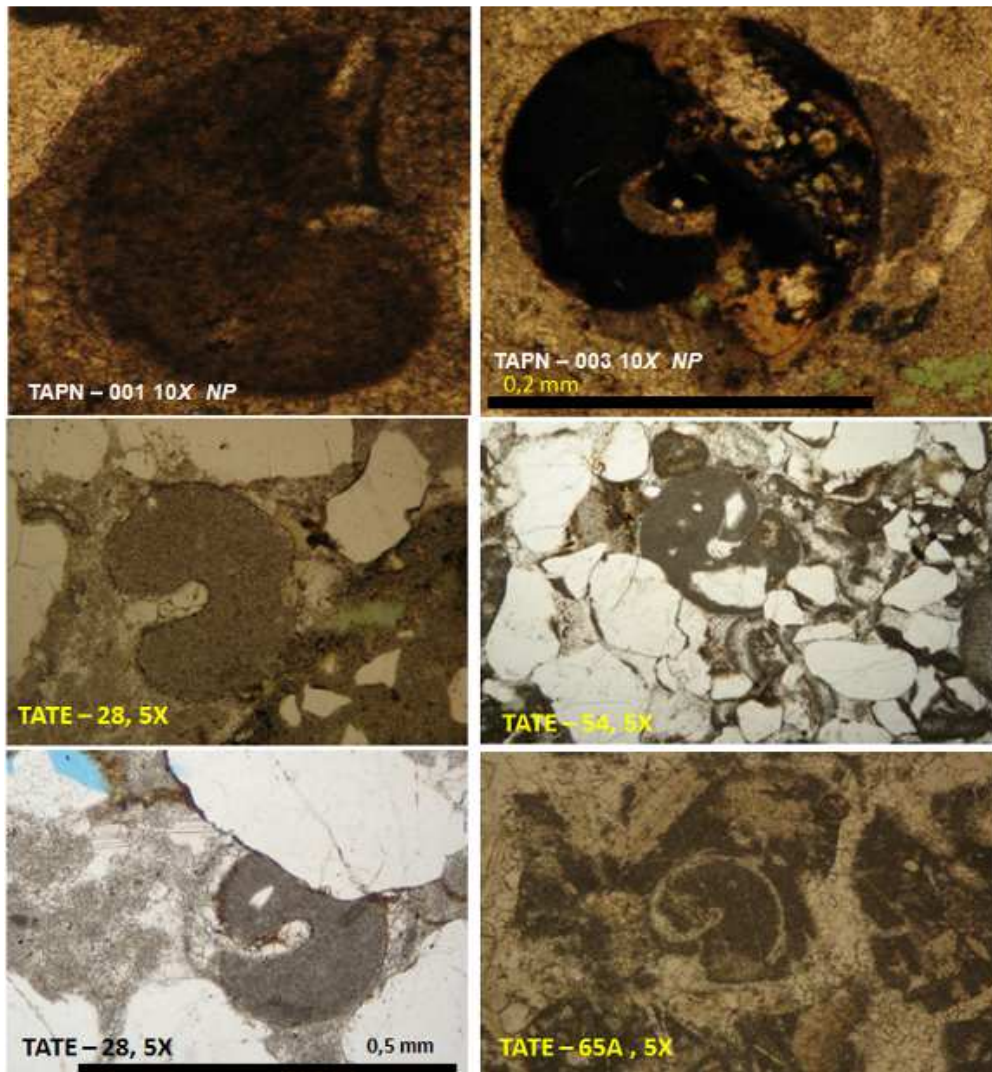


Figura 26. Secciones finas con presencia de Amonites de la Formación Apón. Parque nacional El Tamá, Cerro Las Minas, estado Táchira

En muestras de lutitas y calizas lodosas recolectadas en este estudio en el área de Cordero sector el Fical, fueron reportados (ISBELIA DURAN *com. pers.*) en la especialidad de nanoplancton calcáreo especies del género de los *Nannoconus* que por primera vez en las cuencas venezolanas, se detectan formando una secuencia de referencia completa que permite una datación exacta (Figuras 27a y b), entre ellos: *Watznaueria barnesae*, *Nannoconus truitti*, *Nannocunus sp.*, *Nannoconus boletus*,

Assipetra sp., *Nannoconus* grupo *cuadriangulus*, *Nannocunus* grupo *wasallii*, *Nannoconus* grupo *vocontiensis*, *Micrantolithus* sp., *Rhagodiscus* *Angustus*. zona: NK 7 (SISSINGH, 1977) Zona 6 de *Nannoconus* DERES & ARCHERITEGUY, (1980) indicándose una edad Aptiense Tardío

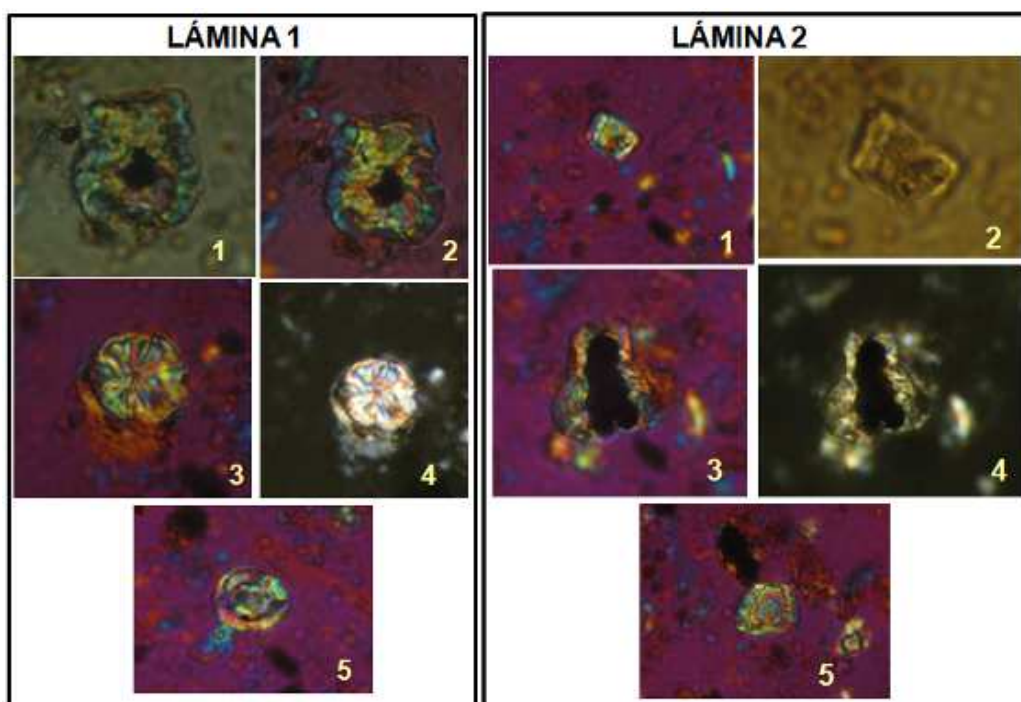


Figura 27a. Fotomicrografías de grupos de *Nannoconus* en calizas de la Formación Apón. **Lámina 1.**, 1 y 2.- *Nannoconus* grupo *boletus*; 3 y 4.- *Azzipetra* sp.; 5.- Corte transversal *Nannoconus* sp. **Lámina 2.**, 1 y 2.- *Nannoconus* *quadriangulus* *apertus* ; 3 y 4.- *Nannoconus* grupo *wasalli* ; 5.- *Nannoconus* cf. *vocontiense*.

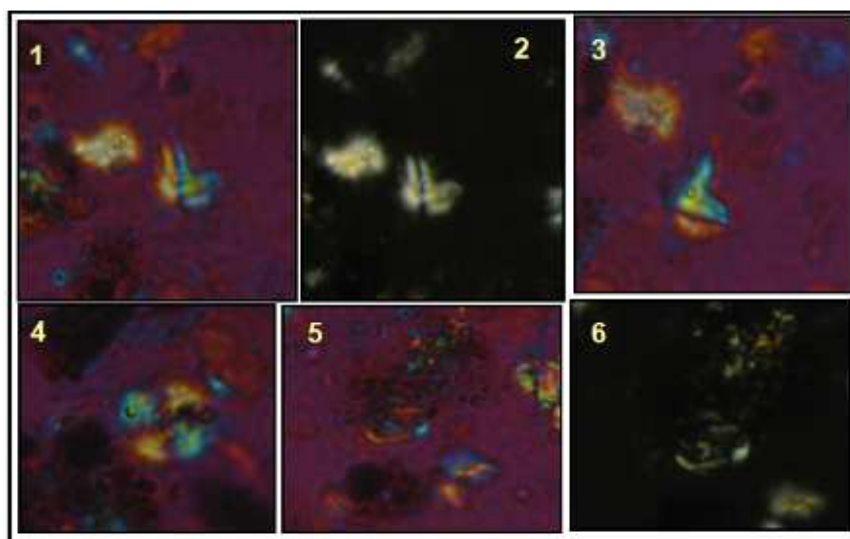


Figura 27b. Fotomicrografías de grupos de Nannoconus en calizas de la Formación Apón. 1, 2 y 3.- *Micrantolithus* sp. (elemento aislado); 4.- *Watznaueria barnesae*; 5 y 6.- *Rhagodiscus angustus*.

4.2.3.10. Correlación

La Formación Apón es equivalente cronológica y litológicamente a la Formación El Cantil de Venezuela Oriental. Parcialmente equivalente a la Formación Barranquín, también de Venezuela Oriental.

4.2.3.11. Ambiente

Las calizas de la Formación Apón indican un ambiente marino de aguas llanas, con la presencia de abundantes bivalvos, cercano a la costa. Las calizas como ya se menciono, son arenosas, lo que indica una marcada influencia de aporte terrígeno del continente, marcando el paso de las areniscas conglomeráticas de la Formación Río Negro a las calizas de Apón, que indican una línea costera y un ambiente marino cercano al continente.

4.2.3.12. Petrografía

Las facies calcáreas corresponden según Dunham, 1962, a calizas tipo mudstone, wackstone, packstone y grainstone, los principales componentes ortoquímicos son lodo carbonático (micrita 40 – 50%), calcita (10 – 67%) en forma de espato reemplazando granos y conchas, pirita. Los componentes extraclásticos corresponden a granos de cuarzo (0 -25%), fragmentos de algas (TR – 2%), ooides (43% para la muestra TATE-20), fragmentos de moluscos (TR – 5%), glauconita (TR) (Figura 28).

Las facies mas clásticas corresponden a areniscas calcáreas, con porcentajes de granos de cuarzo monocristalino que varían de 45 a 60%, y en menor cantidad cuarzo policristalino en cantidades trazas a 7%, feldespatos potásicos y plagioclasas (7 - 10%), en menores cantidades fragmentos de rocas metamórficas, chert, micas muscovita y matriz arcillosa (6 - 15%). Los minerales autigénicos están representados por calcita en forma de espato reemplazando granos y ocluyendo poros (Figuras 28, 29 y 30). El resumen de los datos petrográficos para las muestras analizadas se presenta de manera más detallada en las Tablas 5 y 6.

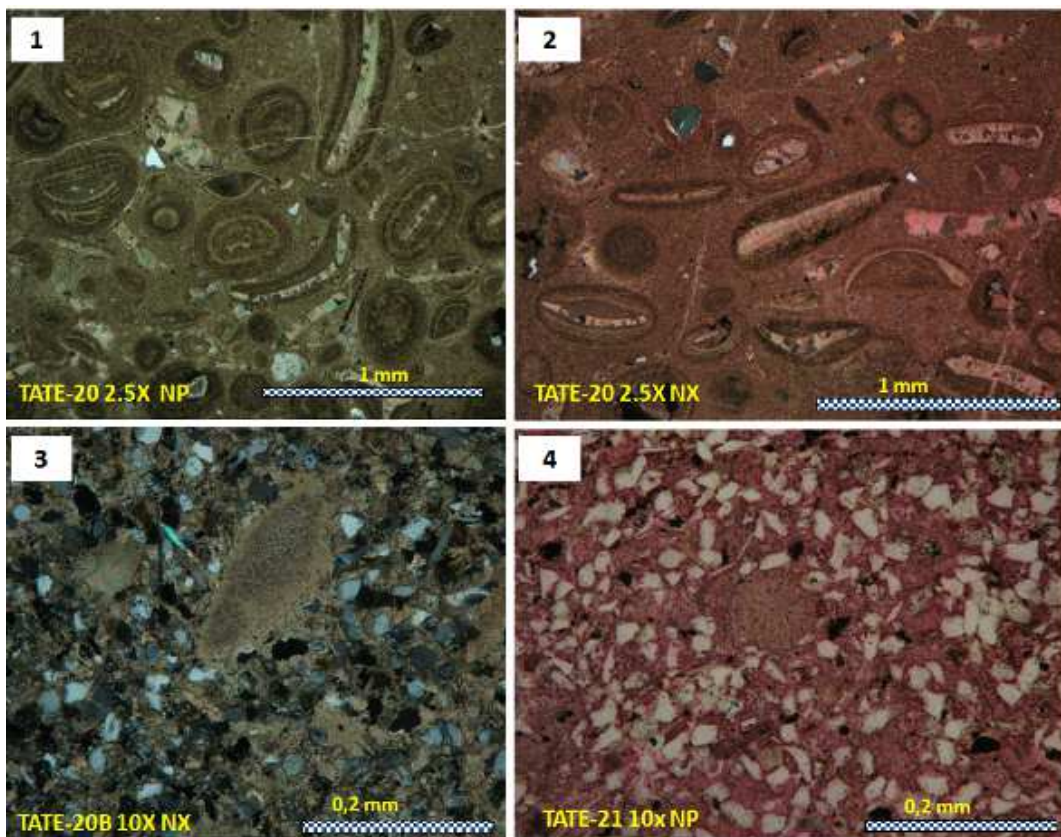


Figura 28. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a la Formación Apon. 1 y 2. Caliza oolítica. 3 y 4 Caliza arenosa con restos de algas.

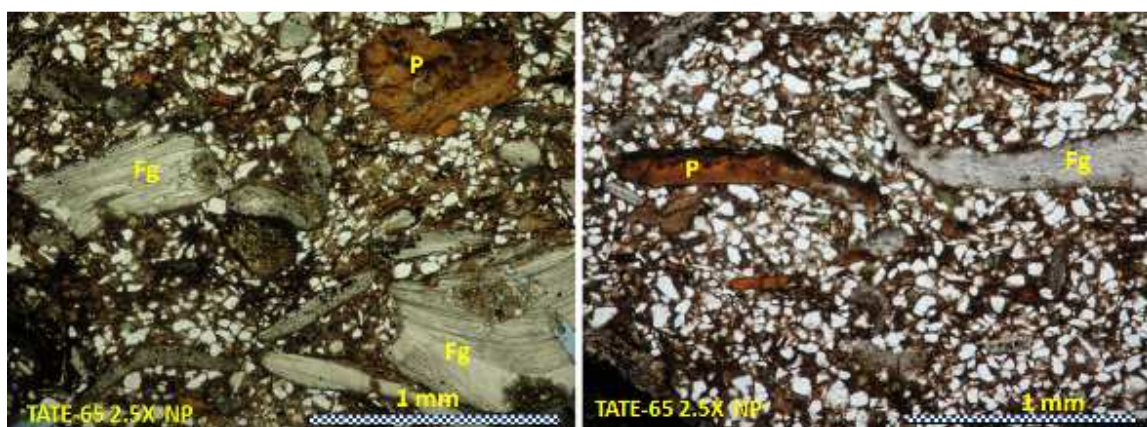


Figura 29. Posible nivel condensado en la Formación Apón. P: fosfato, Fg: fragmentos fósiles

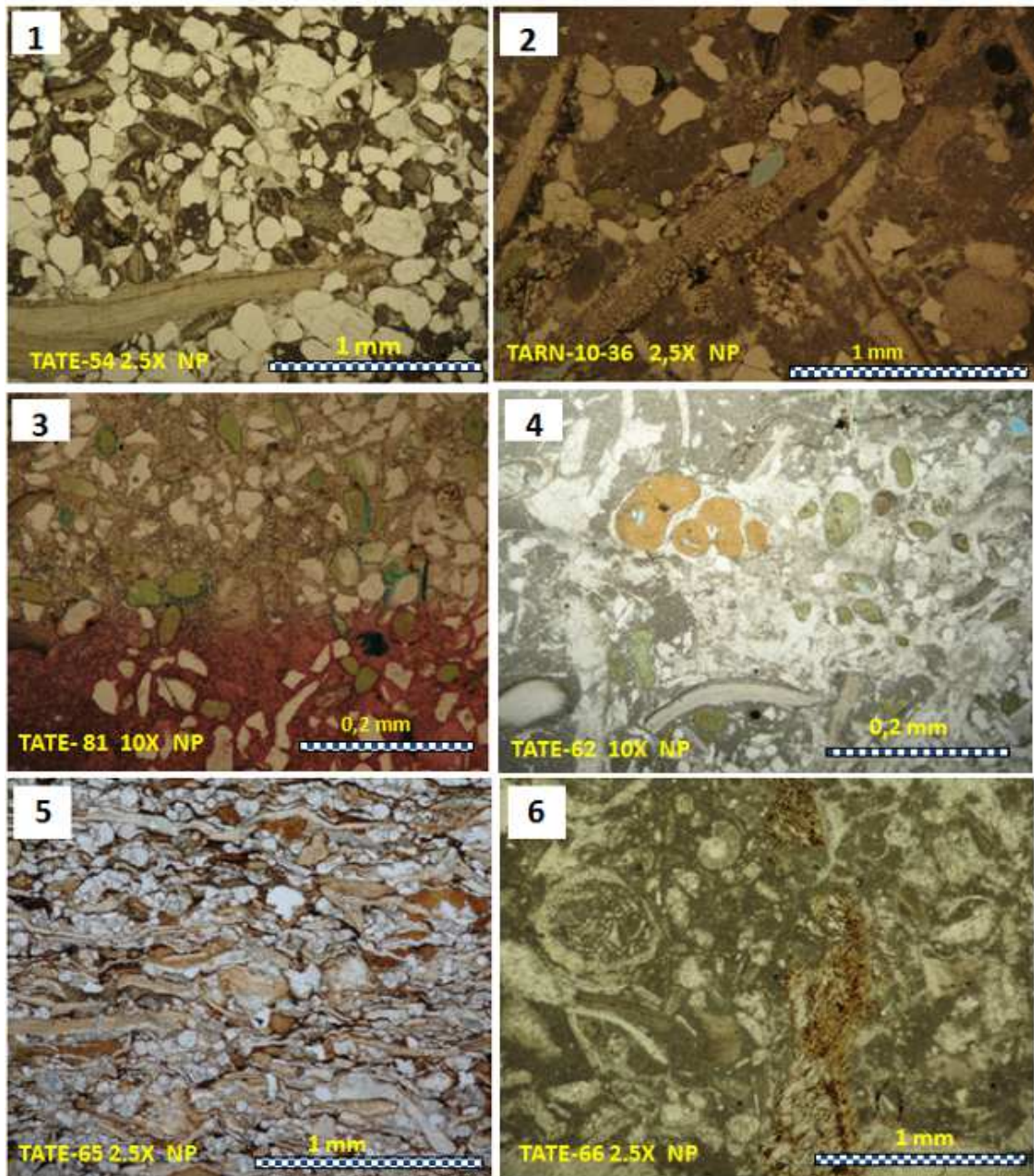


Figura 30. Fotomicrografías de secciones finas correspondientes a la Formación Apón. 1 y 2. Fragmentos de fósiles (posibles moluscos), algas y granos de cuarzo subredondeados. 3, 4 y 5 Calizas con presencia moderada a abundante de glauconita, granos de cuarzo y fragmento de fósiles. 6. Caliza con presencia de fosfatos (posible nivel condensado) y *Globigerinelloides*.

4.2.4. Formación Aguardiente

4.2.4.1. Referencia original

F. B NOTESTEIN, C. W HUBMAN Y J. W BOWLER, 1944, en Colombia según el L.E.V. II, 1970

4.2.4.2. Consideraciones históricas

NOTESTEIN *et al.* (1944) introdujeron este nombre al subdividir la Formación Uribante, en la Concesión Barco, Departamento de Santander, Colombia en tres miembros Tibú, Mercedes y Aguardiente, en orden ascendente. SUTTON (1946) lo empleo con rango de formación como integrante del Grupo Cogollo. ROD Y MAYNC (1954) consideraron la secuencia como equivalente de Lisure en Perijá.

RENZ (1959) propuso el nombre Formación Peñas Altas, para designar la sección suprayacente a las lutitas de Guaimaros e infrayacente a las calizas de la Formación La Puya, hoy Formación Maraca. RENZ (*op. cit.*) afirmó textualmente: “ ROD Y MAYNC (1954) usaron el nombre Formación Aguardiente para designar casi el mismo intervalo” . Renz correlaciono a Peñas Altas con el Miembro Aguardiente y parte del Miembro Mercedes, como fue usado por NOTESTEIN *et al.* (1944) .

SALVADOR (1961) utilizó Formación Aguardiente para designar el intervalo denominado Formación Peñas Altas por RENZ (1959), por considerar innecesaria la utilización de un nombre nuevo. TRUMP & SALVADOR (1964) utilizan el termino Formación Aguardiente.

Sinónimos inválidos de la Formación Aguardiente son: Arenisca de Carora, Arenisca de Playa Grande y Grupo Sabaneta.

4.2.4.3. Localidad tipo

Cuesta de buzamiento de la elevada Fila de Aguardiente, al sur de la Concesión Barco, Departamento de Santander, Colombia.

Se recomienda designar en Venezuela una sección tipo para la Formación Aguardiente, acompañada, por supuesto de su respectiva descripción estratigráfica, lo cual sería un aporte de gran utilidad a la geología de Venezuela.

4.2.4.4. Extensión geográfica

Zulia suroccidental y partes adyacentes de Colombia, Cordillera de Los Andes entre Táchira y Lara.

4.2.4.5. Descripción litológica

En la sección estudiada, Caserío Río Frío – Cerro Las Minas, se observan areniscas calcáreas compactas, ocasionalmente glauconíticas, predominantemente cuarzosas, de grano medio a fino, bien escogidos, de color gris muy claro, que meteorizan a tonos naranja muy claros, intercaladas con lutitas de color gris oscuro azulado (Figuras 31 y 32). En esta secuencia no se observaron calizas.

En Táchira TRUMP Y SALVADOR (1941) describieron areniscas de colores claros, duras, en capas de espesor variable, intercaladas con limolitas y lutitas carbonáceas. Señalaron que esta unidad al norte y oeste de Táchira se hace más calcárea, constituyendo las capas de caliza un elemento litológico distintivo.

Según SALVADOR (1961-b), en Táchira, Mérida y Trujillo esta formación presenta una litología muy uniforme, compuesta predominantemente por areniscas cuarzosas, a veces glauconíticas, con estratos de calizas distribuidos en varios niveles.

RENZ (1959) insistió sobre el carácter cuarzoso y los colores claros de meteorización de las areniscas, las intercalaciones de lutitas oscuras, y la presencia de calizas fosilíferas de varios tipos.



Figura 31. Afloramiento de la Formación Aguardiente. Sección compuesta por intercalaciones de areniscas y lutitas. Parque Nacional El Tamá, sector Río Frío en la vía hacia Cerro las Minas, estado Táchira.

En la Fila Aguardiente, al sur de la Concesión Barco, Departamento de Santander, Colombia, fue descrita por NOTESTEIN *et al.* (1944) como areniscas calcáreas duras, de color gris a verde claro, grano variable y estratificación cruzada, localmente glauconíticas, con intercalaciones de lutitas micáceas y carbonáceas y algunos estratos de caliza en la parte inferior. Localmente las areniscas son tan calcáreas, que se pueden denominar calizas arenosas.

4.2.4.6. Espesor

Se aprecian unos 180 m de espesor, en la carretera que conduce a Santa Ana, al pasar Cerro Las Minas. En la Concesión Barco, Colombia, se señalaron espesores de 150-160 m. En Táchira, TRUMP Y SALVADOR (1964), mencionan 500 metros cerca

de San Cristóbal y por debajo de 300 metros al norte de Táchira. SALVADOR (1961-B) describe 504 metros en Chejendé – Mitón. RENZ (1959) describe 400 metros en la sección Cerro Peñas Altas, en Lara.



Figura 32. Afloramiento de la Formación Aguardiente carretera Río Frío. Sección compuesta por intercalaciones de capas centimétricas (10 a 40 cms) de areniscas y lutitas. Parque Nacional El Tamá, sector Río Frío en la vía hacia Cerro Las Minas, estado Táchira.

4.2.4.7. Contactos

En el área de estudio el contacto inferior es de falla con la Formación Río Negro. El contacto superior es concordante y transicional con la Formación Capacho. En el Cerro Las Minas el contacto superior es de falla con la Formación Río Negro.

En general el contacto inferior es generalmente concordante y diacrónico sobre la Formación Apón. El contacto superior es concordante y transicional con las calizas de Capacho o Maraca. El L.E.V. II (1970), indica, que cerca de los núcleos andinos la Formación Aguardiente descansa discordantemente sobre un delgado

conglomerado basal perteneciente a la Formación Río Negro, a su vez transgresivo sobre las formaciones La Quinta, Mucuchachí y el Grupo Iglesias.

4.2.4.8. Fósiles

En este estudio no se encontraron fósiles. Sin embargo la literatura cita: la *Orbitolina cóncava var. Texana*. Además *Exogyra sp.* y el amonite *Engonoceras sp.*

4.2.4.9. Edad

Cretácico, principalmente Albiense.

4.2.4.10. Correlacion

En Táchira, Mérida y Trujillo, RENZ (1959) y SALVADOR (1961-b) correlacionan la unidad con los miembros originales Aguardiente y Mercedes, propuestos por NOTESTEIN *et al.* (1944) en la Fila Aguardiente, Colombia. TRUMP & SALVADOR (1964), no separan en Táchira, la Formación Aguardiente en miembros, utilizando el término, Formación Aguardiente. Hacia el Surco de Machiques se correlaciona con la parte superior de Apón, Miembro Piché, y con la Formación Lisure.

4.2.4.11. Ambiente

En general representa un ambiente marino de aguas someras, de acuerdo a su carácter calcáreo de aguas llanas, descrito en la sección tipo en Colombia.

4.2.4.12. Petrografía

Las muestras analizadas corresponden a areniscas, siguiendo la clasificación de FOLK (1968), están representadas por subarcosas, arcosas líticas y litoarenitas feldespáticas (Figura 33). Texturalmente el conjunto de areniscas son de grano muy fino, fino, medio y grueso con escogimiento de moderado a bueno, los granos son generalmente subangulares a subredondeados. El contenido de matriz arcillosa varía en el conjunto de muestras estudiadas de 3 a 7%.

El resumen de los datos petrográficos para las muestras analizadas se presenta de manera más detallada en la Tabla 7. Composición mineralógica y textural para areniscas de la Formación Aguardiente.

Los componentes detríticos son principalmente cuarzo monocristalino (50 - 70%) y, en menores proporciones feldespatos potásico (ortosa y microclino) 5 - 12% , plagioclasas (1 - 10%) y fragmentos de líticos alterados (3 - 12%) (Figuras 33 y 34)

Los minerales accesorios están representados por micas muscovitas, óxidos de hierro, circones.

Los minerales autigénicos presentes en porcentajes que varían desde cantidades traza a 8%, son arcillas tipo illita, arcillas indiferenciables, pirita, sobrecrecimientos de cuarzo y calcita. Restos de hidrocarburo son observados bordeando granos y rellenando poros.

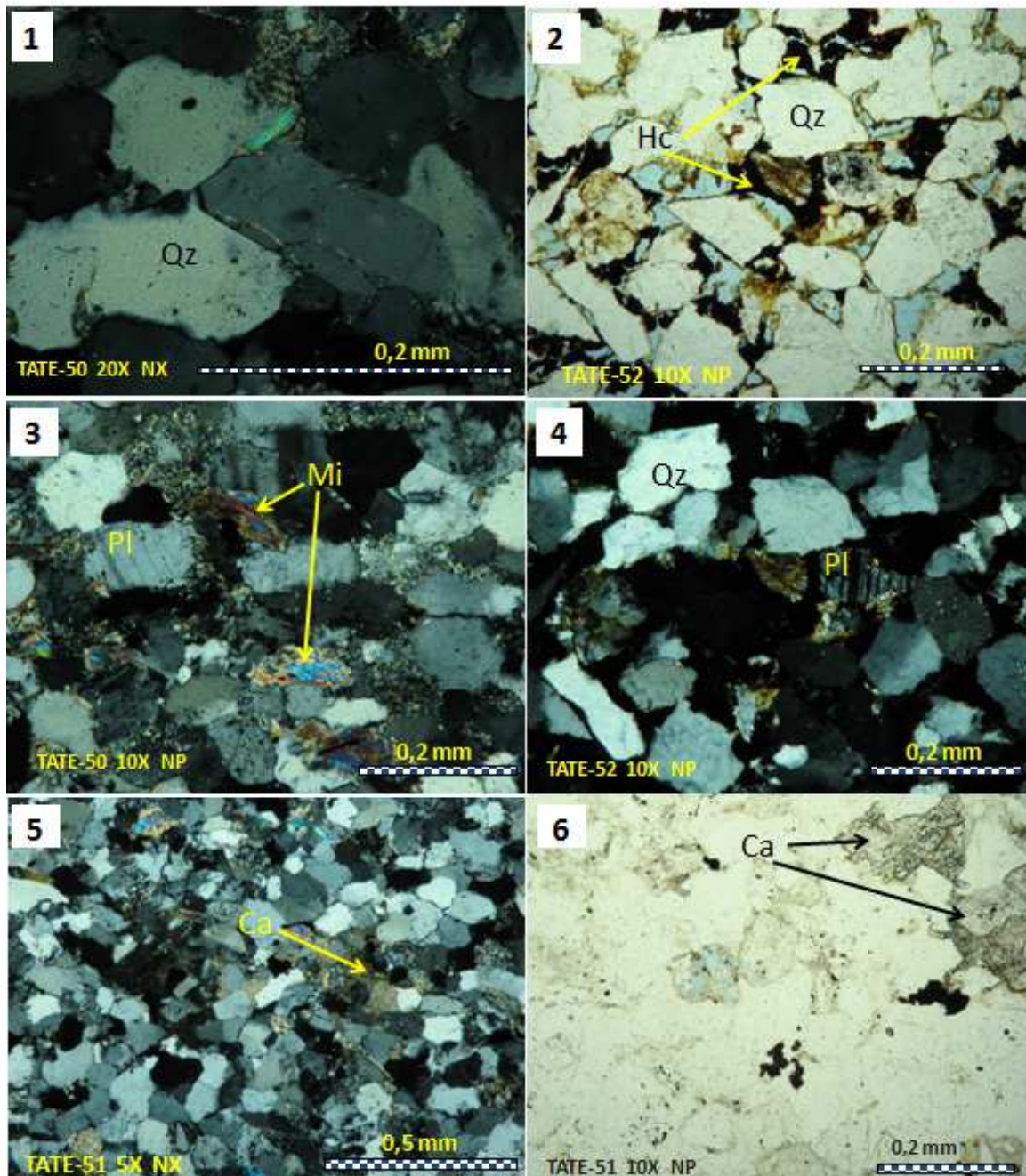


Figura 34. Fotomicrografías de areniscas de la Formación Aguardiente. 1. Granos de cuarzo mostrando contactos cóncavo convexos a suturados y bordes de granos de cuarzo con sobrecrecimientos. 2. Arenisca con buena porosidad mostrando residuos de hidrocarburo (Hc) bordeando granos y relleno de poros. 3. Pl: plagioclase, Mi: micas muscovita. 4. Qz: cuarzo monocristalino, Pl: plagioclase. 5 - 6. Ca: calcita reemplazando granos y ocluyendo la porosidad.

4.2.5. Formación Capacho

4.2.5.1. Referencia original

W. SIEVERS , 1888 (L.E.V. II 1970)

4.2.5.2. Consideraciones históricas

Caliza de Capacho, termino introducido por SIEVERS (1888, 1896), para designar calizas expuestas en Táchira. DALTON (1912) las reconoce con el mismo nombre en otros estados de Venezuela Occidental. LIDDLE (1928) utilizó el término “serie” Capacho en sentido más amplio, pero luego lo descarto. SUTTON (1946) aplicó el criterio original de SIEVERS, empleando el nombre Formación Capacho, para designar la secuencia de rocas entre las formaciones Aguardiente y La Luna en toda la cuenca de Maracaibo. Posteriormente O. RENZ (1959) y SALVADOR (1961) diferenciaron la Formación Maraca entre las formaciones Aguardiente y Capacho, reconocieron en Los Andes septentrionales de Trujillo, Lara y Perijá septentrional, la gradación lateral de las formaciones Capacho y La Luna, que allí representan un intervalo cronológico considerablemente mayor que al sur.

4.2.5.3. Localidad tipo

Se encuentra en el Cerro Capacho, al sur de Capacho, hoy Independencia, estado Táchira. SUTTON (1946) menciona una sección de referencia en Río de Oro, estado Táchira.

4.2.5.4. Extensión geográfica

Mitad sur de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Autores como BUSHMAN (1959), ROD (1959), han extendido la aplicación del nombre más al norte. RENZ

(1959) y SALVADOR (1961) consideran los equivalentes de la Formación Capacho al norte como parte de la Formación La Luna.

4.2.5.5. Descripción litológica

En los estados Táchira y Mérida O. RENZ (1959) dividió y definió a la Formación Capacho en miembros inferior, medio y superior, denominados La Grita, Seboruco y Guayacán, respectivamente. NOTESTEIN *et al.* (1944) y SUTTON (1946) observaron que esta subdivisión no es persistente en toda Venezuela occidental.

En el área estudiada ha sido observado y descrito el miembro Superior, denominado Miembro Guayacán, el mismo aflora cerca del Caserío Chocarima, en la carretera Santa Ana – Río Negro y en la vía Santa Ana - Quebrada Chucuri – Haciendas La Victoria – La Siria, en los alrededores de las haciendas El Carmen y La Siria.

La caliza del Miembro Guayacán en la vía Santa Ana – Caserío Chocarima se presenta en un afloramiento de unos 10 m de espesor y unos 20 m de largo. Se trata de calizas conchíferas, duras, con fuerte olor a petróleo, intercaladas con lutitas no calcárea de color gris plomo, también con fuerte olor a petróleo.

En la Carretera Santa Ana – Hacienda La Siria, el Miembro Guayacán se observa como típicas calizas oscuras azuladas, con abundantes conchas de bivalvos pequeños, duras, densas, con fuerte olor a petróleo en contacto visible con la Formación La Luna, muy cerca de las Haciendas El Carmen y La Siria. Cabe señalar que no se observaron los miembros, inferior y medio, La Grita y Seboruco.

4.2.5.6. Espesor

El espesor medido en las dos localidades descritas es de unos 70 m.

4.2.5.7. Contactos

El contacto inferior en el área es concordante con la Formación Aguardiente y el contacto superior concordante con la Formación La Luna, visible en ambas secciones descritas.

4.2.5.8. Fósiles

Se han encontrado especies de los géneros *Rotaliporas* y *Heteroelix*

4.2.5.9. Edad

De acuerdo a las asociaciones de fósiles señaladas Albiense Superior

4.2.5.10. Correlacion

Se correlaciona con la parte inferior de la Formación La Luna al norte de la cuenca de Maracaibo. Por otra parte de acuerdo a la edad y parte de sus características litológicas probablemente con la Formación Maraca en la parte norte de la cuenca del Lago de Maracaibo. Con la parte superior de la Formación Escandalosa en la cuenca de Barinas. En Venezuela oriental con la Formación El Cantil.

4.2.5.11. Ambiente

Las calizas bioclásticas y lutitas descritas para la Formación Capacho, Miembro Seboruco corresponden a ambientes marinos de aguas llanas, donde predominan los bivalvos de conchas pequeñas.

4.2.6. Formación La Luna

4.2.6.1. Referencia original

A. H. GARNER, 1926 (L.E.V. II 1970)

4.2.6.2. Consideraciones históricas

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

El L.E.V (1970) señala que GERHARDT (1897- 98) y otros autores, emplearon el término “Rubio” como sinónimo en desuso de La Luna. Así como también el uso incorrecto de “Luna”

4.2.6.3. Localidad tipo

En la Sierra de Perijá, Quebrada La Luna

4.2.6.4. Extensión geográfica

En toda la extensión de la cuenca del Lago de Maracaibo, en los estados Zulia, Táchira, Lara y la península de La Goajira, Colombia.

4.2.6.5. Descripción litológica

Para el área de estudio la Formación La Luna ha sido descrita en tres localidades, a saber: la carretera Río Negro – Santa Ana, específicamente en los alrededores del Caserío Chocarima. En la carretera Santa Ana – Haciendas La

Victoria, El Carmen, La Siria, cerca de las Haciendas El Carmen y La Siria. Y en la vía Santa Ana – Hacienda La Granadina en La Hacienda Rosa Blanca

La Formación La Luna se presenta en las zonas señaladas anteriormente como una secuencia bien estratificada de calizas negras, ocasionalmente laminadas, densas, duras, con ocurrencia característica de concreciones elipsoidales, amonites y fuerte olor a petróleo, intercaladas con lutitas negras ocasionalmente calcáreas, en contacto con la Formación Capacho. Esta litología caracteriza a la Formación La Luna. Es necesario mencionar la excepción del Miembro Machiques, de la Formación Apón, en la cuenca del Lago de Maracaibo, denominado la falsa Luna, significativamente más antiguo, cuya similitud litológica con la Formación La Luna es asombrosa, ocasionando confusión.

4.2.6.6. Espesor

Los espesores son del orden de 80 a 100 metros.

4.2.6.7. Contactos

El contacto inferior es concordante con la Formación Capacho y el contacto superior con las lutitas de la Formación Colon.

4.2.6.8. Fósiles

Peroniceras aff. canaense (Gerharrdt), Glabellinella sp., Globigerinoides ssp., Hedbergella sp.(Figura 35b)

4.2.6.9. Edad

Cretácico: Cenomaniense, Turoniense a Coniaciense. La edad Coniaciense ha sido determinada en base al hallazgo de la especie de amonite, denominada *Peroniceras aff.*, (Según RENZ 1982). En la sección de la Formación La Luna ubicada en la Hacienda Rosa Blanca, en la vía Santa Ana – Hacienda La Granadina (Figura 35a).

4.2.6.10. Correlación

La parte inferior de la Formación La Luna se correlaciona lateralmente con la Formación Capacho. Con el Miembro La Morita de la Formación Navay en la cuenca Barinas y con la Formación Querecual de Venezuela oriental.



Figura 35a 1 y 2 Representan la vista lateral y frontal de amonite, de la especie denominada *Peroniceras aff.*, de edad Coniaciense (Según RENZ 1982), hallado en afloramiento de la Formación La Luna ubicada en la Hacienda Rosa Blanca, en la vía Santa Ana – Hacienda La Granadina, en el estado Táchira.

4.2.6.11. Ambiente

El ambiente de depositación de la Formación Luna ha sido definido por diversos autores como un ambiente marino, cuya profundidad ha sido objeto de controversia. BOESI *et al.* (1988) indica profundidades que van de 100 m en el Turoniense hasta aproximadamente 800 m en el Campaniense, y mencionan condiciones euxínicas del Turoniense hasta el Santiense. ROMERO & GALEA (1995) mencionan ambientes disaeróbicos para el Miembro Tres Esquinas del Campaniense.. En este ambiente reductor bajo condiciones de fondo euxínicas que restringen la vida bentónica se preservó la materia orgánica, de la Formación La Luna.

En la zona de estudio se han observado calizas marinas negras, pelágicas, finamente laminadas, de color negro oscuro y con fuerte olor a petróleo, con abundantes concreciones, presencia de pirita, que definen claramente un ambiente anóxico y reductor, estas calizas representan facies pelágicas de aguas profundas. Correspondiendo esta secuencia observada a la parte Inferior de la Formación La Luna, suprayacente al Miembro Guayacán, de la Formación Capacho.

4.2.6.12. Petrografía

Las facies calcáreas corresponden según DUNHAM (1962), a calizas tipo mudstone, wackstone y packstone de foraminíferos planctónicos, los principales componentes ortoquímicos son lodo carbonático (micrita 50 – 80%), calcita (30%) en forma de espato reemplazando granos, pirita. Los componentes aloquímicos corresponden a granos de cuarzo (5%), foraminíferos planctónicos (20 - 70%), glauconita (TR).

4.2.7. Formación Colón

Generalidades

A continuación se describen las formaciones Colon/Mito Juan, por separado, para citar algunas características particulares que ocurren en cada formación, sin embargo es de aclarar que en este estudio no fue posible diferenciar cada formación por separado. No obstante fue posible diferenciar en el tope de la Formación Mito Juan, el Miembro Caliza de Río de Oro, que será descrito, con la Formación Mito Juan.

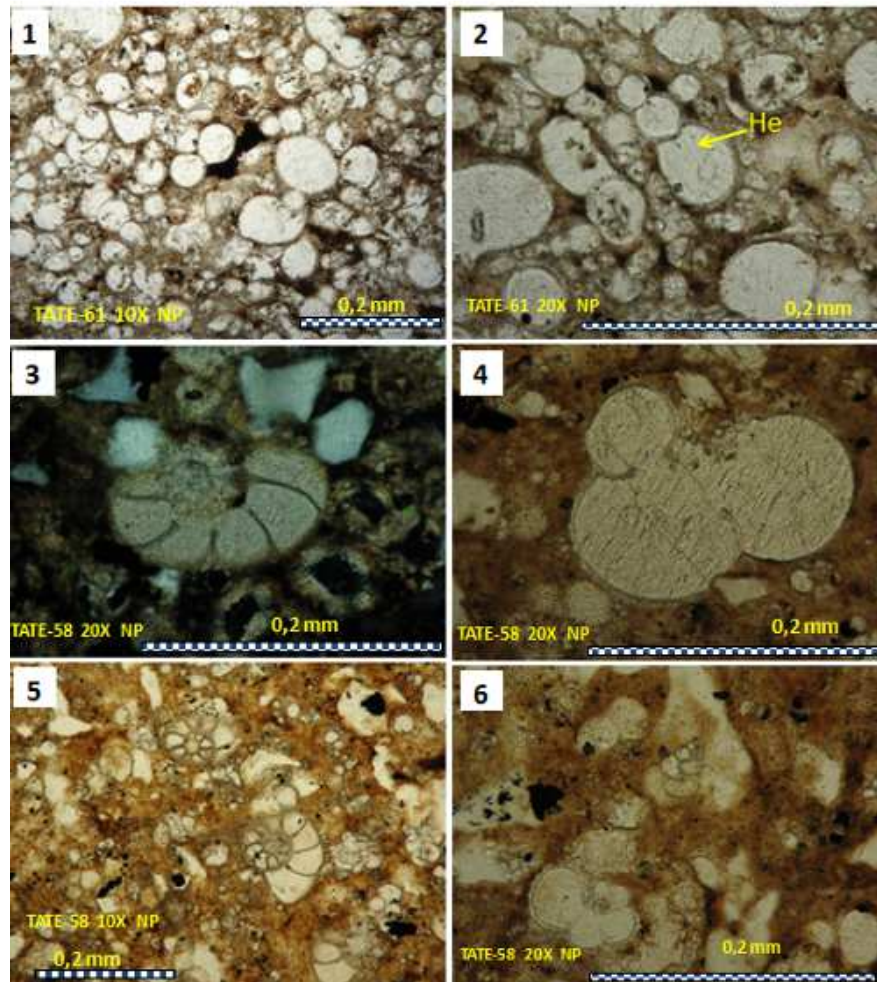


Figura 35b. Secciones finas de la Formación La Luna. 1. Packstone de foraminíferos planctónicos 2 - 4. He: *Hedbergella*. 3 - 5. *Glavelinella* 6. *Heteroelix*.

4.2.7.1. Referencia original

R. A. Liddle, 1928 (L.E.V. II 1970)

4.2.7.2. Consideraciones históricas

Fue denominada por LIDDLE (1928) como “lutita de Colón, elevada a rango de formación por SUTTON (1946). En Zulia nororiental fue empleado el sinónimo “La Paz”, el término “Carmelo” publicado en el cuadro de correlación de LIDDLE (1928) es un sinónimo en desuso.

4.2.7.3. Localidad tipo

El nombre deriva a la vez, del Distrito Colon, estado Zulia y la población de Colón, estado Táchira. HEDBERG & SASS (1937) designaron una localidad tipo en el Río Lobaterita, en los alrededores de la población de Lobatera, estado Táchira.

4.2.7.4. Extensión geográfica

La cuenca del Lago de Maracaibo y en el Estado Táchira

4.2.7.5. Descripción litológica

En general, en su conjunto la Formación Colón se presenta con abundantes lutitas oscuras, fosilíferas, uniformes y macizas.

En la base de la Formación Colon ocurre un típico intervalo de areniscas calcáreas de color verde, glauconíticas, fosfáticas, que contienen dientes de peces, de 2 a 3 metros de espesor, denominado Miembro Tres Esquinas. El Miembro Tres Esquina, en la cuenca del Lago de Maracaibo se encuentra infrayacente a las calizas

masivas del Miembro Socuy. Las calizas de Socuy constituyen un horizonte de carácter regional en el subsuelo de la cuenca de Maracaibo.

4.2.7.6. Espesor

En el área Río Frío – Santa Ana, estado Táchira, el espesor de la Formación Colón es de unos 200 m.

4.2.7.7. Contactos

El contacto inferior es concordante con la Formación La Luna. Algunos autores han sugerido incluir los miembros Tres Esquinas y Socuy en la Formación La Luna. El contacto superior es concordante y transicional con la Formación Mito Juan, caracterizado por la aparición de intercalaciones de areniscas y calizas. La Formación Mito Juan desaparece al noroeste de la cuenca de Maracaibo y la Formación Colón infrayace concordantemente las formaciones Guasare, Trujillo, Ranchería o Valle Hondo.

4.2.7.8. Fósiles

Glavelinella sp., Guembelitria

4.2.7.9. Edad

Cretácico: Coniaciense Superior a Maestrichtiense

4.2.7.10. Correlación

Se correlaciona lateralmente con la Formación Burguita, más arenosa, en la cuenca Barinas, Con las formaciones Mucaria y San Antonio de Venezuela oriental.

4.2.7.11. Ambiente

El ambiente de la Formación Colón se considera marino abierto, con buena circulación de masas de agua y desarrollo de faunas planctónicas y bentónicas, este aporte de clásticos probablemente marca las primeras consecuencias de la orogénesis evidenciada por el Miembro Tres Esquinas.

4.2.8. Formación Mito Juan

4.2.8.1. Referencia original

A. H. GARNER, 1926 (L.E.V. II 1970)

4.2.8.2. Consideraciones históricas

Algunos autores han señalado la dificultad para separar litológicamente la Formación Colón de la Formación Mito Juan, debido a esta dificultad se han separado en base a criterios faunales. Mito Juan representa facies de aguas marinas salobres, poco profundas, con areniscas y calizas, suprayacente a la Formación Colón. KUYL *et al.*(1955) considera a Mito Juan como miembro de la Formación Colón, diversos autores han empleado el término que combina Colón /Mito Juan para describir la unidad.

4.2.8.3. Localidad tipo

Quebrada Mito Juan, en el flanco este del anticlinal de Petrólea, en la Concesión Barco de Colombia.

4.2.8.4. Extensión geográfica

Occidente y sur de la cuenca de Maracaibo, estado Táchira

4.2.8.5. Descripción litológica

Lutitas oscuras, muy similares a las de la Formación Colón, interestratificadas con delgadas capas de areniscas, ocasionalmente glauconíticas y calizas. Localmente las calizas han sido denominadas Miembro Río de Oro.

En este estudio el Miembro caliza de Río de Oro ha sido observado en los alrededores de la Hacienda La Victoria, en la vía Santa Ana – Hacienda La Victoria, específicamente en la Quebrada Chucuri, donde se presenta como una caliza arenosa, color crema, ocasionalmente glauconítica, altamente fosilífera.

4.2.8.6. Espesor

La Formación Mito Juan tiene unos 100 m de espesor, el Miembro Caliza de Río de Oro, corresponde en el área de estudio a unos 3 m de espesor en el cauce de la Quebrada Chucuri.

4.2.8.7. Contactos

El contacto inferior y superior es transicional y concordante con las lutitas de la Formación Colón y con las lutitas y areniscas de la Formación Mito Juan respectivamente

4.2.8.8. Fósiles

Glavelinella sp., Rotalipora.

4.2.8.9. Edad

Cretácico: Coniaciense a Maestrichtiense

4.2.8.10. Correlación

Se correlaciona en edad con las lutitas superiores de la Formación Colón en Trujillo, con la parte superior de la Formación Burguita en Táchira y Barinas. El Miembro Río de Oro se correlaciona con la Formación Guasare, algunos autores han sugerido agrupar en una sola unidad, Río de Oro y Guasare.

4.2.8.11. Ambiente

El aumento considerable de la sedimentación clástica de la Formación Mito Juan pasa a ambientes plataformales, representados por las calizas del Miembro Río de Oro, que se evidencia con la presencia de glauconita y pequeños bivalvos en la caliza.

4.2.8.12. Petrografía

La muestra analizada pertenece al Miembro Río de Oro, según DUNHAM (1962), corresponde a una caliza tipo wackstone; los principales componentes ortoquímicos son lodo carbonático (micrita 30%), calcita (40%) en forma de espato reemplazando granos, pirita (0.5%). Los componentes aloquímicos corresponden a granos de cuarzo (5%), fósiles (5%), fragmentos de algas y glauconita (TR) (Figura 36).

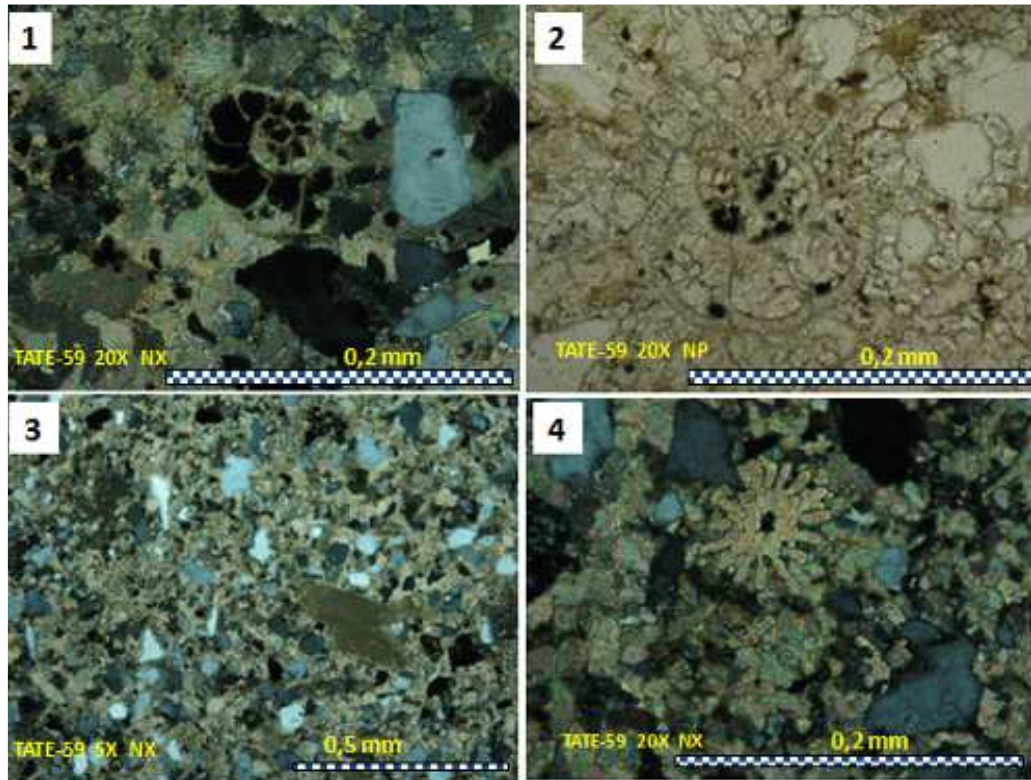


Figura 36. Fotomicrografías de caliza arenosa de la Caliza Río de Oro de la Formación Colón – Mito Juan, posible 1. *Glavelinella*. 2. *Rotalipora*. 3 y 4 Wackstone mostrando fragmentos de algas y granos de cuarzo

5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

5.1 Geología estructural regional

El área de estudio presenta una complejidad tectónica – estructural, influenciada por los levantamientos de la Cordillera Oriental de Colombia y la tectónica Andina, diversos autores han propuestos diferentes estilos estructurales entre ellos CONTRERAS *et al.* (2009), ISSA *et al.* (2007), SERRANO *et al.* (2006), BOUJANA, (2006), AUDEMARD *et al.* (2002), GONZÁLEZ *et al.* (2001), GONZÁLEZ *et al.* (2000), NOVOA *et al.* (1999), ROMERO *et al.* (1999), CHAPLET *et al.* (1998),

PARNAUD *et al.* (1994), SCHWANDER (1984), MEIER (1983), SHAUB (1940), VALARDE (1976).

ESCALONA *et al.* (2006) identifican seis tectonosecuencias en la Cuenca de Maracaibo, las cuales se encuentran limitadas por discordancias en el pre-Cretáceo, Paleoceno, Eoceno y la discordancia del Mioceno Superior. Las seis tectonosecuencias identificadas en ese estudio, están relacionadas con cuatro fases tectónicas principales. La fase correspondiente a un estadio extensional de rift en el Jurásico Tardío, la fase II representa un estadio de margen pasivo durante el Cretáceo (Neocomiano a Maastrichtiano), la fase III, corresponde a una fase de foreland (Paleógeno) y finalmente, la fase IV, caracterizada principalmente por el levantamiento andino (Oligoceno Tardío-Holoceno).

La evolución tectonoestratigráfica puede ser resumida de acuerdo a lo siguiente:

Apertura del Jurásico ("rifting"). Espesas secuencias volcánico-clásticas continentales de la Formación La Quinta, se depositaron en un sistema de "grabens" y "semi-grabens" orientados en dirección NNE-SSO. Estas estructuras distensivas que actualmente se encuentran invertidas, se desarrollaron principalmente en la porción meridional de Los Andes de Mérida,

Subsidencia termal del Cretáceo temprano. La culminación de la ruptura de Pangea ocurrió durante el Jurásico tardío y abarcó gran parte del Cretáceo temprano (145.5 – 99.9 Ma). Toda la región estuvo controlada por un margen pasivo donde la transgresión marina cretácica, fue controlada por la apertura Jurásica (Figura 37)

Subsidencia termal del Cretáceo tardío (99.6 – 65.5 Ma). Durante este tiempo se presume una etapa de relajación y posible profundización de la cuenca,

registrándose las facies sedimentarias más ricas en materia orgánica (Facies Pelágicas) depositadas bajo condiciones euxínicas de la Formación La Luna

A finales del Maestrichtiense-Paleoceno Temprano, se reinicia la deformación de la Cordillera Oriental de Colombia y se evidencian los efectos de un tercer pulso tectónico registrándose un primer hiatus de edad Terciario entre las formaciones Colón – Mito Juan y Barco. Este hiatus es reflejado también por Parnaud et al. (1994)

Durante el Paleoceno, entre 65,5 – 55,8 Ma, se desarrolla la antifosa (foredeep) producto de la configuración morfológica de la Cordillera Oriental Colombiana, en la cual se depositan las Formaciones Barco de edad Paleoceno y Los Cuervos de edad Paleoceno tardío-Eoceno temprano

A finales del Paleoceno e inicios del Eoceno (55,8 Ma), se inicia la antifosa producto de la formación de la Cordillera Andina, registrándose un segundo hiatus, entre la Formación los Cuervos y la Formación Mirador de edad Eoceno temprano-Eoceno medio suprayacente, la cual junto a la Formación Carbonera de edad Eoceno medio-Oligoceno, representan el segundo ciclo de molasas de edad Eoceno a Oligoceno temprano

Entre 33.9 y 33.0 Ma, en la región de estudio se inicia la formación de la zona triangular, producto de la influencia del dominio tectónico responsable del levantamiento y formación de la Cordillera Oriental Colombiana, ante el dominio tectónico incipiente que genera y estructura el sistema andino, desarrollándose de oeste a este, un apilado de escamas, conformando el sistema estructural dúplex, donde los sedimentos suprayacentes, han estado deformándose a medida que se depositan.

Durante el Mioceno medio al Plioceno, se interpretan tres pulsos debido a la actividad tectónica producto de levantamiento de la Cordillera Andina, produciéndose los depósitos molásicos de las formaciones Palmar y La Copé; esta última

correlacionable con las formaciones Isnotú y Betijoque, más al sureste del área de estudio.

Desde hace 3.5 Ma hasta el presente, se ha mantenido el proceso de levantamiento, erosión y depositación de sedimentos molásicos en la región, referidos a la Formación Guanapa y los depósitos cuaternarios de terrazas.

SERIES EPOCA	TIEMPO Ma	FORMACIONES	Eventos Tectonicos			
			Local	Edad (Ma)	Regional	
Holoceno	0.01	Sedimentos Cuaternarios				
Pleistoceno	1.60	Guanapa		1.70		
Plioceno	3.50	Betijoque	Pulso 9	5.20		
Mioceno	11.20	Isnotu	Pulso 8	11.70	Fordeep del Caribe	
	13.65	Palmar	Pulso 7	15.97		
Oligoceno	28.50	León	Pulso 6	33.90		Margen Activo
		Carbonera	Pulso 5			
Eoceno	37.00	Mirador		55.80		
	40.00	Los Cuervos	Pulso 4			
Paleoceno	61.70	Barco		70.60	Fordeep Oeste Colombiano	
	65.00	Colón Mito Juan	Pulso 3			
Cretacico Tardio	83.50	La Luna - Navay	Pulso 2	93.60		
	91.50	Capacho - Escandalosa	Pulso 1			
Cretacico Temprano	99.60	Aguardiente	Etapa de inicio de un Margen Pasivo controlado por la etapa final de rifting del Jurasico			
	118.00	Apon				
	118.00	Rio Negro				
	145.00					
Jurasico	251	La Quinta	Rifting Etapa de apertura y relleno de gravenes			
Triasico						
Paleozoico	542.00	Sedimentos Meta-sedimentarios				

Figura 37. Síntesis de la evolución tectonoestratigráfica del área (tomado de CONTRERAS *et al.* 2009)

Según el mapa de AGUASUELOS (2000) en la Figura 38, de este a oeste se observan variaciones en las orientaciones principales de las estructuras, manteniéndose una similitud tanto en la zona norte como en la zona sur. A la derecha de la imagen, hacia el este del área (circulo b), las orientaciones de las estructuras

principales son generalmente NNE – SSO, con pequeñas variaciones hacia la orientación N-S. Por el contrario, hacia el oeste (circulo c), a medida que nos acercamos hacia el eje de la cordillera de los Andes, comienzan a vislumbrarse dos direcciones principales y una secundaria, las dos principales son NNE – SSO y NNO – SSE, y la orientación secundaria es cercana a N – S. Más hacia el oeste (circulo a), ya en el país de Colombia, las orientaciones principales de las estructuras pasan a ser N – S.

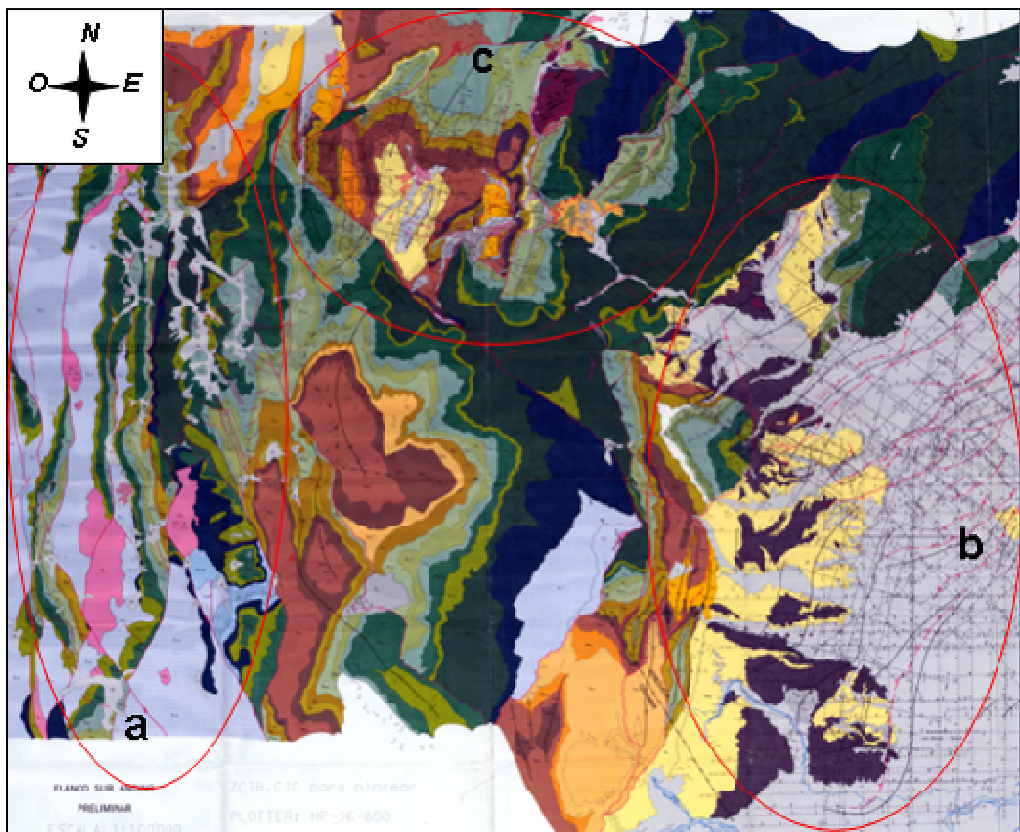


Figura 38. Mapa geológico del Flanco surandino (tomado de AGUASUELOS 2000)

Así mismo, las fallas observadas presentan movimientos con un mayor porcentaje de componentes principales inversas, con muy pocas componentes transcurrentes que pueden ser dextrales o siniestrales, según la orientación de la

estructura, el porcentaje de estructuras transcurrentes aumenta hacia el NO, a medida que se acercan al sistema de falla de Boconó.

Todo lo anterior sugiere que el área en estudio está bajo mayor influencia de una componente principal, de escala regional de tipo compresivo (σ_1 horizontal), pero adicionalmente, se observa que los ejes de pliegues se encuentran doblados, resultando en dos orientaciones a lo largo de cada eje, lo que sugiere un cambio en la orientación del vector compresivo a lo largo del tiempo geológico, con lo cual esta región evidencia la presencia una transición de por lo menos dos etapas de deformación compresiva en las cuales las orientaciones de las estructuras han ido variando.

Las estructuras más antiguas corresponden a una transición Cretácico tardío – Paleoceno, que, según PARNAUD *et al.* (1994), presenta características de margen pasivo, con una fuerte influencia compresiva desde el oeste, producto de la colisión del arco volcánico pacífico contra la placa suramericana. Las estructuras más jóvenes corresponden al levantamiento de la Cordillera de los Andes, de edad Mioceno medio, debido a un fuerte evento tectónico compresivo al oeste, hasta el presente, que siguen siendo activas, cortando las molasas depositadas por el levantamiento. Por último, la región de transición de deformaciones, debe presentar una edad intermedia entre estas dos anteriores, comenzando antes del levantamiento de la Cordillera de los Andes, hasta el presente.

5. 2 Geología estructural local

En la zona existen dos grandes sistemas de fallas de acuerdo a su orientación, un sistema NE – SO, representado principalmente por las fallas de Capacho y Santo Domingo, y un sistema de fallas NO – SE, representado básicamente por el sistema de fallas de Bramón. Los esfuerzos principales son transpresivos, donde existe una

componente transcurrente, asociada a compresión. La resultante principal evidencia esfuerzos compresivos en dirección NO-SE.

Este conjunto de esfuerzos genera una tectónica de piel delgada, más cercana a la superficie, en estratos del Cretácico tardío y el Terciario, asociada a corrimientos de bajo ángulo, en forma de duplex, que repiten secuencias en la generalidad de los casos. También existe una tectónica de piel gruesa asociada a corrimientos de ángulo alto, que han emplazado importantes secuencias del Cretácico temprano sobre estratos del Cretácico más joven.

La tectónica de piel delgada ocurre en secuencias que van del Cretácico tardío al Terciario temprano, lo cual involucra rocas sedimentarias generadoras de hidrocarburos y rocas reservorio.

Esta configuración tectónica asociada a transpresión, que genera corrimientos tipo duplex en el área de estudio, indica la existencia de importantes posibilidades de trampas estructurales, propicias en la búsqueda de hidrocarburos.

En el área se interpreta una estructura más antigua representada por la falla de Santo Domingo, que genera tres corrimientos asociados, con vergencia hacia el este y dirección NNE-SSO, los cuales están desplazados por fallas transcurrentes sinestrales de dirección NO – SE, asociadas al sistema de fallas de Bramón, representada mas al noreste del área por la falla Agua Dulce (Figuras 39 y 40. Anexos A-9 y A-10). Un retrocorrimiento de vergencia hacia el oeste con dirección NNE-SSO es interpretado hacia el noroeste del área de estudio.

Los corrimientos interpretados han sido corroborados en base a datos litoestratigráficos y bioestratigráficos. Describiéndose en el área, el contacto entre la Formación Aguardiente de edad Albiense sobre la cual suprayace en contacto de falla

comparan los resultados de la muestra TATE-47 con la muestra C-151, (proveniente de la Cuenca de Maracaibo utilizada como estándar para realizar las comparaciones del presente estudio), se nota que en la muestra C-151, el predominio de n-parafinas va de n-C15 a n-C20, lo cual sugiere origen marino.

Asimismo, si se comparan los parámetros geoquímicos, el valor de la relación Pristano/Fitano de la muestra C-151 es inferior a la unidad (0,703), lo cual implica la predominancia del Fitano sobre el Pristano y sugiere un ambiente de depositación reductor para la materia orgánica que dio origen a dicho crudo. La misma relación tiene un valor de 2,782 para la muestra de TATE-47, lo cual indica que predomina la presencia del Pristano sobre el Fitano y que la materia que dio origen a dicho bitumen se depositó en un ambiente más bien óxico.

El alto grado de similitud entre los CPI (CPI: Índice Preferencial de Carbono) de ambas muestras, cercanos a la unidad, se relaciona con un grado de madurez similar para las mismas, lo cual debe ser corroborado con otros tipos de análisis. La Tabla 9 contiene las variaciones en el contenido de n-parafinas para ambos tipos de crudos. La Figura 43 presenta la clasificación de las muestras según los valores de las relaciones P/C17 y F/C18. A partir del gráfico P/C17 vs F/C18 se infiere que la muestra TATE-47 es de origen terrestre, en contraposición a la C-151, que es de origen marino, ambas con similar grado de madurez.

En conclusión, los resultados sugieren que el bitumen extraído de la muestra TATE-47 se originó de materia orgánica terrestre en condiciones de depositación óxicas, estos resultados indican una roca madre distinta a la Formación La Luna, siendo una roca madre nueva de afinidad terrestre para el área de estudio, lo cual es de una gran importancia en los estudios prospectivos que se deben realizar en la zona estudiada.

Tabla 8. Parámetros moleculares de las muestras TATE-47 y C-151

PARÁMETRO	C-151	TATE-47
CPI	0,985	0,996
Pristano/Fitano	0,703	2,782
Pristano/n-C17	0,347	2,530
Fitano/n-C18	0,534	0,539

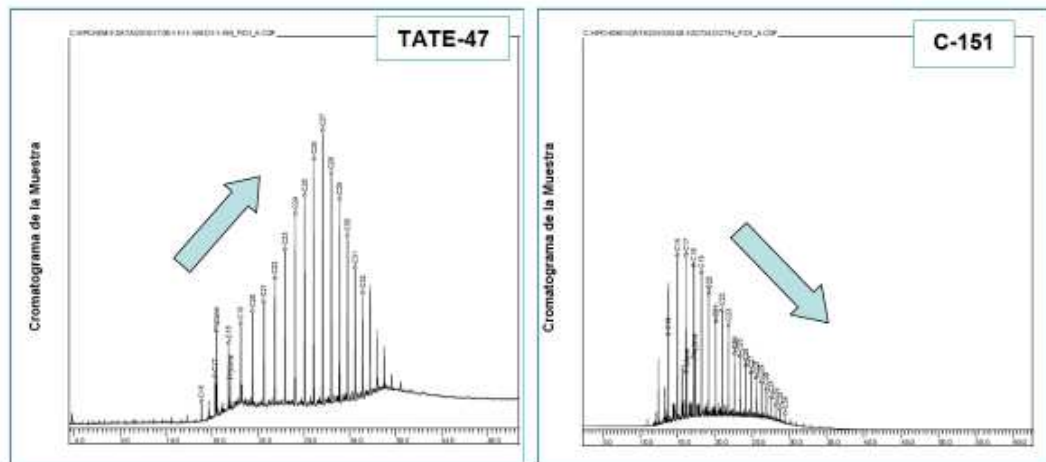


Figura 41 Cromatogramas de gases de hidrocarburos saturados para las muestras TATE-47 y C-151.

Tabla 9. Contenidos relativos de n-parafinas para las muestras TATE-47 y C-151

n-PARAFINAS	C-151	TATE-47
n-C15	403,217	0
n-C16	490,319	2,336
n-C17	501,038	5,410
n-C18	464,428	9,173
n-C19	402,667	13,521
n-C20	401,480	12,739
n-C21	346,990	14,905
n-C22	322,116	18,178
n-C23	285,602	22,407
n-C24	262,251	27,812
n-C25	228,156	32,179
n-C26	205,967	36,048
n-C27	182,998	40,086
n-C28	169,172	34,949
n-C29	152,363	31,910
n-C30	130,057	24,721
n-C31	96,454	20,405
n-C32	81,448	16,055

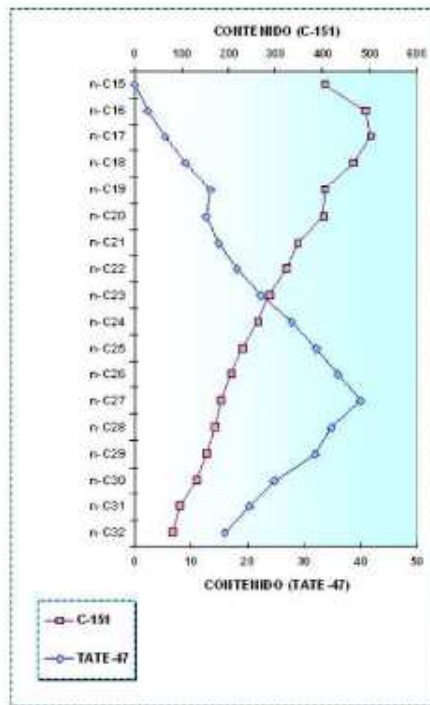


Figura 42. Variación en el contenido de n-parafinas para hidrocarburos saturados de las muestras TATE-47 y C-151.

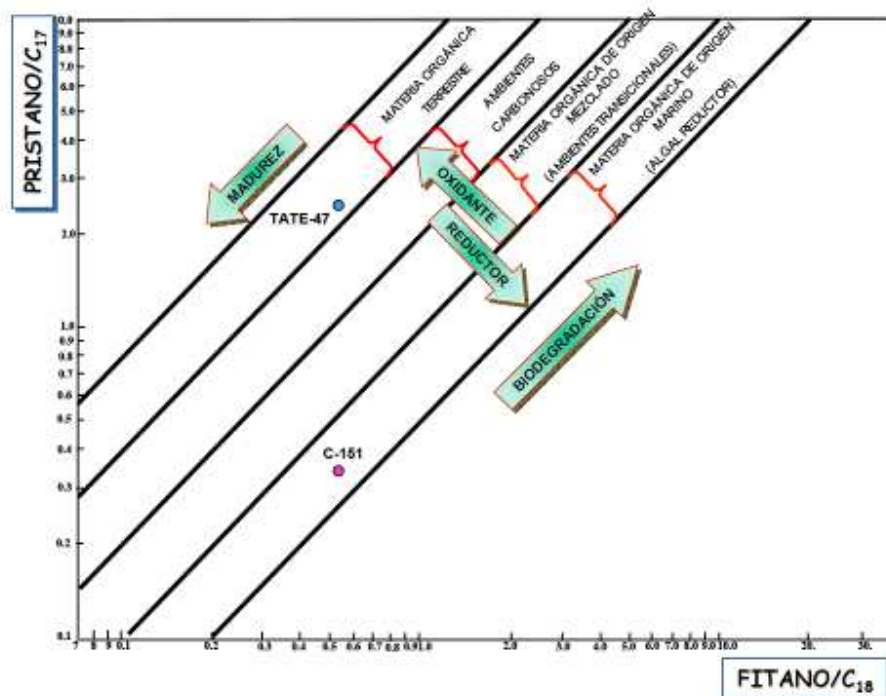
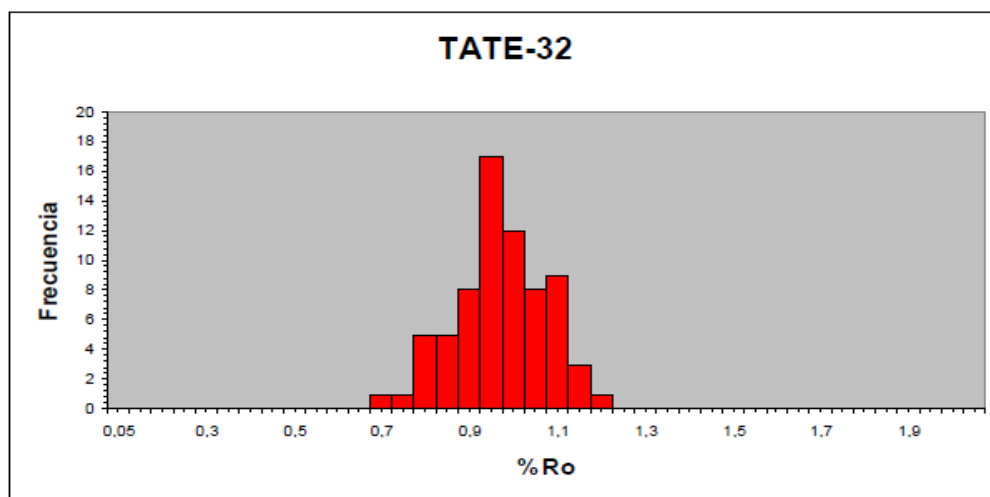


Figura 43. Comparación de Pristano/C17 vs Fitano/C18 para las muestras TATE-47 y C-151. (Modificado de ROUSHDY *et al.* 2010).

Para la muestra TATE-32 estratigráficamente infrayacente a la TATE – 47, fue extraído el kerogeno y analizado, encontrándose fragmentos correspondientes a vitrinita cuyo porcentaje de reflectancia promedio es de 0.946, en 70 mediciones, con moderada a buena preservación, sin embargo en poca cantidad (Figura 44), en todo caso, se evidencia la presencia de hidrocarburo, lo cual indica, que se deben realizar estudios geológicos y geoquímicos, para evaluar la prospectividad del área a la luz de estos nuevos datos.



MUESTRA	%Rr PROMEDIO	%Rr MINIMO	%Rr MAXIMO	DESVIACION ESTANDAR	NUMERO DE MEDICIONES
TATE-32	0,946	0,681	1,164	0,1047	70

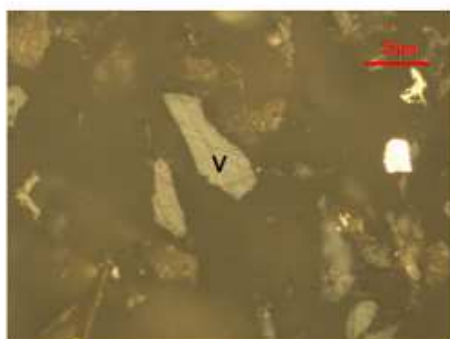


Figura 44. Fragmentos de vitrinita (v) de moderada a buena preservación, observados en la muestra TATE-32. Fotomicrografías tomadas con un objetivo de inmersión de 50x y con luz blanca incidente.

7. DISCUSION DE RESULTADOS

Generalidades

A continuación se describen aquellos resultados de mayor relevancia, en el desarrollo del trabajo de tesis titulado: Estratigrafía del Área Río Frío – Cerro Las Minas, estado Táchira.

Ha sido actualizada la nomenclatura estratigráfica en el área ubicada en los alrededores de Cerro Las Minas, cartografiada por la Compañía Creole en el mapa H-2-B, a escala 1:50.000, del año 1957, cuyo autor es G. W. Trump. Con este objetivo se ha cartografiado la Formación Río Negro, donde antes el mapa de la Compañía Creole, había cartografiado la Formación Aguardiente, esta modificación ha sido realizada en base a criterios tales como: observaciones de campo, en lo que se refiere a relaciones litológicas, relaciones estructurales y datos de edades, aportados por estudios palinológicos.

El área de estudio, cercana al punto de confluencia de dos trenes estructurales, uno asociado a la Cordillera Oriental Colombiana con tendencia norte – sur y otro asociado a Los Andes venezolanos con tendencia noreste – suroeste, domina una tectónica de tipo transpresivo asociada a las fallas de Bramón, Santo Domingo y Capacho, lo cual ha generado por lo menos tres corrimientos con vergencia hacia el este, de dirección NNE-SSO en la zona Río Frío – Cerro Las Minas. En este sentido, en el área de Cerro Las Minas, la Formación Río Negro, se encuentra suprayacente a las formaciones Apón y Aguardiente. Lo cual fue comprobado en este trabajo, a través de estudios de geología de superficie, tanto en el Cerro Las Minas como en los alrededores. Esta evidencia permite proponer en el área un estilo tectónico transpresivo, que genera una serie de estructuras tipo dúplex y fallas transcurrentes, aportando nuevas ideas, para la prospección petrolera en la zona de trabajo.

La presencia del Miembro Tibú, perteneciente a la Formación Apón, en los alrededores de Cerro Las Minas, se ha realizado estudiando, muestreando y cartografiando dos afloramientos totalmente nuevos. Nunca antes descritos en la literatura geológica venezolana, lo cual también permite comprobar el levantamiento de la Formación Río Negro, en el área Cerro Las Minas, por encima de las formaciones Aguardiente y Apón, como fue mencionado antes.

La edad de la Formación Río Negro de acuerdo a la literatura no ha sido suficientemente precisa, se describe como “indefinida”, “indeterminada” debido a la ausencia de fósiles en las secciones hasta ahora estudiadas de la Formación Río Negro.

El estudio palinológico realizado en la sección de Río Negro, en Cerro Las Minas, ha dado como resultado una edad precisa: Barremiense – Aptiense, no más joven que Aptiense. Esta edad se fundamenta en hallazgos de polen: *Cycadopites sp.*, *Corollina sp.* y restos de plantas de Otozamites, pertenecientes a las gimnospermas y específicamente a la familia de las plantas *Cycadophytas*. Como es ampliamente conocido en la literatura paleobotánica, las *Cycadophytas* son plantas similares a las palmeras y helechos aunque no están muy emparentadas, que tuvieron su máximo desarrollo durante el Cretácico Inferior, junto a coníferas y jinkgos.

Han sido hallados en el Miembro Tibú de la Formación Apón, cuatro grupos de nanofósiles, a saber: *Boletus Quadriangulus*, *Apertus*, *Wasalli* y *cf. Vocontiense* perteneciente a la familia de los Nannoconus. Es de hacer notar que es la primera vez que han sido hallados en las cuencas venezolanas, estos grupos de Nannoconus, representando una secuencia completa de este tipo de nanofósiles, lo que permite datar de manera inequívoca el Cretácico, Aptiense – Albiense, para el Miembro Tibú, de la Formación Apón en Venezuela Occidental.

La presencia del Bivalvo, *Panopea sp.*, marcador por excelencia del Cretácico Inferior. Hasta ahora únicamente reportada en Jumilla en España, es reportada, por primera vez en Venezuela, en este trabajo, para el Miembro Tibú de la Formación Apón, en la localidad del Caserío La Laguna, específicamente en la Quebrada Seca, vía Río Frío – Santa Ana, este hallazgo reafirma la edad Cretácico Inferior, Aptiense para el Miembro Tibú, de la Formación Apón.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

La Formación Río Negro aflora en la vía Río Frío – Santa Ana, entre otras áreas en Cerro Las Minas, donde antes fue cartografiada la Formación Aguardiente, así lo demuestran las edades obtenidas de los estudios palinológicos realizados en este trabajo, para la Formación Río Negro y las características geológicas observadas en campo, tales como presencia de considerables espesores de carbón, estratos con areniscas conglomeráticas y abundantes esferas de piritas, asociadas frecuentemente con ambientes paludales.

El estilo tectónico transpresivo, presente en el área de estudio, está asociado principalmente a la presencia de las fallas: Bramón, Santo Domingo y Capacho, influenciado también por la confluencia de los trenes estructurales de la Cordillera Oriental de Colombia con tendencia norte – sur y Los Andes venezolanos con tendencia noreste - suroeste. Este estilo tectónico, genera una tectónica de piel delgada asociada a corrimientos que repiten secuencias y zonas dúplex, lo cual indica áreas altamente prospectivas estructuralmente.

La ocurrencia del estilo tectónico antes citado, propicia el levantamiento de la secuencia compuesta por las formaciones, Apón, Aguardiente y Río Negro, en el orden estratigráfico de base a tope señalado, colocando lo más viejo, Formación Río Negro, suprayacente a la secuencia más joven, de las formaciones Apón, Aguardiente.

La secuencia estratigráfica que evidencia el corrimiento y provoca que aflore en la fila maestra de Cerro Las Minas, la Formación Río Negro, en el orden de base a tope, Apón Aguardiente y Río Negro, fue observada y descrita en campo. De igual manera en el área de Cerro Las Minas suprayacente a la Formación Río Negro, se

describieron por primera vez dos afloramientos, pertenecientes al Miembro Tibú, de la Formación Apón que se encuentran ubicados en las cercanías de la Hacienda Cerro Azul y en las nacientes de la quebrada la Ranchera.

Por primera vez realizando estudios palinológicos, la edad Cretácico, Barremiense, no más joven que Aptiense, de la Formación Río Negro, ha sido establecida con precisión en base a la presencia de polen: *Cycadopites sp.*, *Corollina sp.*, y *Otozamites*, perteneciente a plantas *Cycadophytas* del Cretácico Inferior.

El hallazgo del Bivalvo *Panopea*, en el Caserío La Laguna, Quebrada Seca, en la vía Río Frío – Santa Ana, por primera vez en Venezuela, data una edad precisa Cretácico Inferior, Aptiense, para el Miembro Tibú, de la Formación Apón.

El grupo de *Nannoconus* hallado en muestras de calizas que afloran en el Río Torbes, Caserío El Fical, para el Miembro Tibú, de la Formación Apón, establece una secuencia completa para los nanofósiles del citado grupo, nunca antes descrita en las cuencas de Venezuela y establece una edad Cretácico Inferior, Aptiense – Albiense temprano, precisa para el Miembro Tibú, de la Formación Apón.

La secuencia de calizas del Miembro Tibú, de la Formación Apón, observada en las cercanías de la hacienda Cerro Azul, comprende calizas arenosas, calizas conchíferas y calizas laminadas, presentan un nivel arenoso de unos 20 cm aproximadamente, hacia la base de areniscas calcáreas, de color gris claro, que meteorizan a colores naranja amarillento, con abundantes fragmentos de conchas milimétricas, presencia de fosfato y foraminíferos plánticos de la especie *Globigerinelloides*, de edad Cretácico, Aptiense correlacionable litológicamente al Miembro Tres Esquinas, de la Formación Colon, dicho intervalo de areniscas calcáreas probablemente representa una secuencia condensada en el Miembro Tibú, de la Formación Apón.

La litología presente en el área de estudio es predominantemente arenosa representada principalmente por las formaciones: Río Negro y Aguardiente. Sin embargo ocurren calizas de aguas llanas arenosas pertenecientes al Miembro Tibú, de la Formación Apón, lo que indica el avance de la transgresión marina Cretácica, hacia la superficie de máxima inundación (MFS), representado por el Miembro Tres Esquinas y las lutitas de aguas profundas de la Formación Colón.

Los análisis de laboratorio evidencian la presencia de crudo en la muestra TATE- 46, perteneciente a la Formación Río Negro, en Cerro Las Minas. Dichos análisis indican un tipo de petróleo de origen terrestre, este hecho supone una roca madre de origen terrestre, distinto a la Formación La Luna, lo que evidencia la posibilidad de una nueva roca madre, para el área de estudio, esto debe ser confirmado a través de estudios detallados de geología y geoquímica.

8.2. Recomendaciones

La presencia de impregnaciones y fuerte olor a petróleo en la Formación Aguardiente y el Miembro Tibú de la Formación Apón, deben ser objeto de estudios geoquímicos en las rocas de las formaciones citadas, con la finalidad de determinar la posibilidad de roca madre para el Miembro Tibú, de la Formación Apón, lo cual aportaría novedosos conocimientos geoquímicos para la prospección petrolera y la interpretación del sistema petrolífero del área estudiada.

Realizar estudios sísmicos en el área Río Frío – Cerro Las Minas, con la finalidad de integrar los datos de geología de superficie existentes con los datos sísmicos, para fortalecer la interpretación del sistema petrolífero de la zona y establecer con los datos señalados criterios seguros de prospección en el área de estudio.

Realizar en el área sur de la zona de estudio, donde se ubica Río Frío y Río Negro, estudios de geología de superficie, con el objetivo aportar nuevos datos sobre la estratigrafía y estructural, que serán utilizados en la actualización de los Mapas de la Compañía Creole, para lograr la interpretación integral de la extensa zona comprendida entre Río Frío y Río Negro en el estado Táchira.

9. BIBLIOGRAFÍA

AUDEMARD, F. & AUDEMARD, F. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South American – Caribbean geodynamic interaction. *Tectonophysics* 345 p. 299-327.

CONTRERAS O., BOUJANA M., ZAMORA J., HERNÁNDEZ Y., HERNÁNDEZ Y., ACOSTA N., VARGAS A., PIRELA M., VILAS B., RANGEL M., OCHOA W., GOMEZ M. G., BETANCOURT O., RAMÍREZ K., SUÁREZ L. (1999) Potencial petrolífero del Flanco Surandino: área Rubio-San Cristóbal. Resultados de la Tercera etapa del proyecto. (Enero - noviembre 2009). Intevep , *Informe interno INT-13042,2009*, Los Teques

BUSHMAN, J. R.(1959), Geology of the Barquisimeto Area – A summary report. *Asoc. Ven. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform.*, 2 (4): 65-84.

BOUJANA M. (2006) Nuevas Oportunidades Exploratorias en el área Sarare La Cuchilla, Estados Apure, Barinas y Táchira. *Consultores EGAL, C. A. Reporte interno confidencial, para Pdvs.*

CHRIST, P. (1927), La coupe géologique le long du chemin du Mucucachi a Santa Bárbara dans les Andes Vénézuéliennes. *Eclog. Geol. Helv.*, Vol. 20, N 3

CHAPLET, M., STEPHAN, F. Y CASTILLO, S. (2000). Mapa geológico del norte de Santander (Colombia) hasta Santa Bárbara (Barinas – Venezuela) y desde San Cristóbal (Táchira) hasta el río Arauca (Apure). *Aguasuelos Ingeniería, C.A. Reporte Interno.*

DALTON, L.V. (1912) Venezuela. The South American Series. *London*, 320p

DERES, F. & ARCHÉRITÉGUY, J.(1980) Biostratigraphie des Nannoconides: *Bulletin des Centres Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, v. 4, p. 1–53

DUNHAM, R.J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture., *En: Classification of Carbonate Rocks, A Symposium*, 108-121, W.E. HAM, Editor, *Am. Assoc. Petr. Geol., Memoir 1*, 279

ENGLEMAN, R. (1935) Geology of Venezuelan Andes. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, Vol 19, N 6 p. 769-792.

ESCALONA, A. & MANN P. (2006) An Overview of the petroleum system of Maracaibo Basin. *AAPG v 90 N° 4* p 657- 678.

FOLK, R.L. (1968). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Segunda edición. Hemphill's Publishing Company. Austin Texas, 170p.

GARCÍA, F., GHOSH, S., RONDÓN, F., FIERRO, I., SAMPOL, M., BENEDETTO, G., ODREMAN, C. O., SÁNCHEZ, T. & USECHE, A. (1980) Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretáceo de Los Andes venezolanos. *Bol. Geol., Caracas*, 12(26): 3-88.

GARNER, A.H. (1926) Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela. *Amer. Inst. Min. Metall. Eng., Trans.:* 677-684.

GONZÁLEZ DE JUANA, C., ITURRALDE, J. & PICARD, X. (1980) "Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas". *Ediciones Foninves. Tomo I*.

GONZALEZ, A., ODEHNAL, M., GALLANGO, O., NOVOA, E., & URBINA, C. (2001). Proyecto de Generación de Oportunidades (PGO) Rubio – San Joaquín, sector Rubio. Informe final. *PDVSA-Exploración, Producción y Mejoramiento. PDVSA, S.A. Febrero 2001. EP-17316, Vol.1, Ej.1*.

HEA, J. P. & WHITMAN, A. B (1960) *Estratigrafía y Petrología de los sedimentos precretácicos de la parte norte-central de la Sierra de Perijá, Estado Zulia, Venezuela*. Cong. Geol. Venez. III, Caracas, 1959, Mem. T. I, p. 351-376.

HEDBERG, H. D. (1931) Cretaceous limestone as Petroleum Source Rocks in Northwestern Venezuela. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, 15(3): 239-244.

_____ & SASS, L. C. (1937) Sinopsis de las formaciones Geológicas de la parte Occidental de la cuenca de Maracaibo, Venezuela. *Bol. Geol. y Min., Caracas*, 1(2-4): 72-120.

HEYBROEK (1953) geological report on the mountain range west of block "B" (easter rin after cordillera oriental, Táchira – Apure. Weaster Venezuela. *Informe interno de la compañía Creole: 00361* 57p.

ISSA, N., ACOSTA, N., BOJANA, M., DUERTO, L., HERNÁNDEZ, C., MUJICA, A., OLIVARES, C., RAMÍREZ, R., SILVA, M. Y VARELA, D. (2007) Proyecto Flanco Sur Andino (FSA) Sarare - La Cuchilla. *Gerencia de Exploración, Evaluación del Sistema Petrolífero. Informe Interno*. Barcelona

KEHRER, L. (1937) Algunas observaciones en capas cretáceas y precretáceas de las partes suroeste y central de Venezuela, *Bol. Geol. y Min. Venezuela*, 1(2-4): 49-74. (Spanish ed.)

_____ (1940) "Final report on the geology of part of the state Táchira, Venezuela S.A. (block "A" and northern Táchira". *Reporte interno, Maraven S.A. Inédito*

KISER, G. D. (1961) Review of the Cretaceous stratigraphy of the southwest Barinas mountain front. *Bol. Inform., Asoc. Venezolana Geol. Min. y Petr.*, 4(11): 335-359.

_____ (1989-a) Electrofacies de Parángula basal y sus equivalentes de la Formación Carbonera, cuenca Apure-Barinas. *VII Cong. Geol. Venez., Barquisimeto, estado Lara*, I: 459-466.

KUDING, E. (1938), Las rocas precretáceas de los Andes centrales de Venezuela con algunas observaciones sobre su tectónica. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, T. 2, p. 21-43

KUYL, O. P., MULLER, J. & WATERBOLK, H. Th. (1955) The application of palinology to oil geology with reference to western Venezuela. *Geol. en Mijnb., Nieuw. Ser.*, 17 (3): 49 – 76.

LEONARD, R. (1956) Progress report on Southwest Táchira and Apure. *Surface Geological Report No. 4600.11-15. Internal report by Creole Petroleum Corporation. Inédito.* Caracas.

LIDDLE, R. A. (1928) The Geology of Venezuela and Trinidad, *J.P. MacGowan, Forth Worth, Texas*, 552p.

_____ (1946) The Geology of Venezuela and Trinidad, 2nd. *Ed. Paleont. Res. Inst., Ithaca, N.Y.*, 890p.

LITOS (1994) Estudio de secciones estratigráficas, en el área Suroccidental del Estado Táchira. *Documento Técnico N° EP-16959.* Pdvsa, Venezuela

MACKENZIE, A.N. (1937) Sección geológica de la región de Barinas: Distritos Barinas, Bolívar y Obispos del Estado Barinas, Venezuela. *Bol. Geol. y Min.*, Caracas, 1, (2-4): 269-283.

MEIER, B. (1983) Lithostratigraphie und block tektonik im noerdlichen teil der Táchira-Senke (W. Venezuela). *Inaugural dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie vorgelegt der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel.*

NOTESTEIN, F. B., HUBMAN, C. W. & BOWLER, J. W. (1944) Geology of Barco concession, Republic of Colombia, South America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 55 (9): 1165-1216

NOVOA, E., FINTINA, C., PILLOUD, A., FERNANDEZ, F., Y PERÉZ, J. (1999) Estudio geológico estructural-geoquímico del área Piñal-San Joaquín, Estado Táchira. *Informe técnico. PDVSA-Intevep. INT-6873,1999.*

ODREMAN, O. & USECHE, A. (1986) Estudio geológico (columnas estratigráficas) de los sitios de presa La Vueltosa (río Caparo) y Borde Seco (río Camburito). *Informe inédito de Servigeomin para Corpoven: 44 p.*

OPPENHEIM, V. (1937a) Contribución a la geología de Los Andes venezolanos. *Bol. Geol. y Min., Caracas, T 1 (2-4): p. 25-45*

PARNAUD, F., PASSALACQUA, H., DE TONI, B., LOUREIRO, D., GOU, Y., GALLANGO, O., CAPELLO, M., TOCCO, R., PASCUAL, J., COLLETTA, B. & ROURE, F. (1994) Análisis geológico integrado de las cuencas Barinas y Maracaibo. Métodos y análisis integrado de cuencas. *Intevep Informe Gerencial No. INT-02893,94.*

PARNAUD P., Y. GOU, J. C. PASCUAL, M. CAPELLO, I. TRUSKOWSKI & H. PASSALACQUA. (1995) Stratigraphic Synthesis of Western Venezuela. *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 62: 681-698.*

PINDELL, J. (1993) Regional synopsis of Gulf of Mexico and Caribbean evolution, in *Proceedings, Gulf Coast Section. SEPM Foundation 13th Annual Research Conference: Houston. Texas, Society for Sedimentary Geology (SEPM) Foundation.* p. 251-274.

PIERCE, G. R.(1960) Geología de la Cuenca de Barinas. *Cong. Geol. Venez. III, Caracas, Noviembre 1959, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 3, 1: 214 – 276.*

RAMOS, I. P., FASOLA, A., GIFFUNI, G. & TERÁN, L. (1986) Informe bioestratigráfico preliminar de las secciones de superficie de La Vueltosa (río Caparo) y Borde Seco (río Camburito), estado Táchira. *Informe inédito de INTEVEP para Corpoven: 19 p.*

RAMIREZ, C & CAMPOS, V. (1972) Geología de la Región de La Grita – San Cristobal, Estado Táchira *Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Noviembre 1969, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 5, II: 861-897.*

RENZ, O. (1959) Estratigrafía del Cretáceo en Venezuela occidental. *Bol. Geol., Caracas, 5(10): 3-48. Resumen (1960) en: Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform., 3(7): 209.*

_____(1982) The Cretaceous ammonite of Venezuela. *Edited by maraven a subsidiary of Petroleos de Venezuela, S.A. 685p.*

ROD, E. (1959), Formación Capacho en Trujillo septentrional y en Lara suroriental. *Bol. Geol., Caracas*, Vol. 5 N 10, p 49 – 66

_____ & W. MAYNC. (1954) Revision of lower Cretaceous stratigraphy of Venezuela. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 38: 193-283.

ROMERO, I., GONZALEZ, M., PÉREZ, J. & NOVOA, E. (1999) Estudio de geoquímica de superficie y análisis estructural en el área exploratoria de Rubio-San Joaquín, estado Táchira”. *Informe técnico requerido por PDVSA Exploración y Producción. INT-6544*, 1999.

ROMERO, L. M. GALEA, F. A. (1995) Campanian Bolivinoideas and microfacies from the La Luna Formation, western Venezuela. *Marine Micropaleontology*, (26): 385-404

ROUSHDY, M. I. EL NADY, M. M. MOSTAFA, Y. M. (2010) Biomarkers Characteristics of Crude Oils from Some Oilfields in the Gulf of Suez, Egypt. *Journal of American Science*, Vol. 6, No. 11, pp. 911-925

SALVADOR, A. (1961b) Guidebook to the geology of north-eastern Trujillo. *Soc. Geol. Venez. Occid., Guía de Excursión N 3*, 33p.

_____ & HOTZ, E.F. (1963) Petroleum occurrence in the cretaceous of Venezuela. *World Petroleum Congress VI, Frankfurt/Main, junio 1963, Proceedings*, 1: 115-140. *Resumen en: Asoc. Ven. Geol., Min. y Petr., Bol Inform.*, 6 (9) : 278

SCHAUB, H. (1940) “Tectonical sketch map of the Rubio Basin”. The Venezuelan Oil Development CO.LTD, Maracaibo, Geological Dept, Venezuela. No. MAR.VEN.GEN. 495. Escala 1:100000.

SERRANO, O., ALEMÁN A., NOGUERA, M., UZCATEGUI, M., RENGIFO, R. & VERGARA, R. (2006) Proyecto de Generación de Oportunidades (PGP) Área de Rubio. *Informe final. Gerencia de Prospectos y Reexploración. Proyecto Rubio de PDVSA División Oriente. Puerto La Cruz. Informe técnico Interno.*

SISSINGH, W. (1977). Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *En: Geologie en Mijnbouw. Vol. 57*, p. 433-440.

SHARP, W.W. JUNIOR (1957) Geology northwest flank of the Venezuelan Andes – *Creole 4000.11-4 Informe Interno*

SCHWANDER, M. (1984) Die suedliche Táchira Depression (W. Venezuela): Lithostratigraphie, intramiocaene diskordanz und tektonische entwicklung im neogen. *Inaugural dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie vorgelegt der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel.*

SOCIEDAD VENEZOLANA DE INGENIEROS DE PETRÓLEO, (1963) Aspectos de la industria petrolera en Venezuela. *I Congr. Venez. Petról., Caracas, 1962*, 850 p. (Cuadro de correlación entre pág. 188-189). reimpresso en: *Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Infom., 1963*, 6(11); 1964, 7(5).

SUTTON, F.A (1946) Geology of Maracaibo Basin, Venezuela. *Am Assoc. Petr. Geol. Bull.*, 30 (10) : 1621-1741.

TRUMP, G. (1959) "The Geology of the Táchira Gap and Western most Apure, Venezuela". *Informe de la compañía Creole*. 144p.

_____ & SALVADOR, A. (1964) Guidebook to the geology of western Táchira. *Soc. Asoc. Ven. Geol., Min. y Petr., Guía de Excursión* , 25 p.

USECHE, A. (1975) Geología de las regiones de San Cristóbal-Río Uribante y Río Uribante-Río Caparo, estados Táchira, Barinas y Apure. *Inédito. Resumen (1973) en: Mem., II Cong. Latinoam. de Geol., Venez., III: 1769-1771.*

_____, & FIERRO, I. (1972) Geología de la región de Pregonero, Estados Táchira y Mérida. *Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Noviembre 1969, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Pub. Esp. 5, II: 963-998.*

VAN ANDEL, T. H. (1958) Origin and classification of cretaceous, Paleocene and Eocene Sandstones of Western Venezuela, *Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, 42(4): 734-763.

VENEZUELA. DIRECCION DE GEOLOGÍA (1956) Léxico Estratigráfico de Venezuela. *Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. N 1*, 728p.

_____ (1970) Léxico Estratigráfico de Venezuela, 2da. Ed. *Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. 4*, 756p

VALARDE, H. (1976) Importancia de la exploración petrolera y valor comercial de las acumulaciones petrolíferas de la región de La Alquitrana, Estado Táchira. *Ediciones Petróleos de Venezuela*, Caracas: 49 p.

ANEXOS

ANEXO A

Anexo A-1 Columna litoestratigráfica generalizada

Anexo A-2 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 3

Anexo A-3 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 15

Anexo A-4 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 16

Anexo A-5 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 17

Anexo A-6 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 18

Anexo A-7 Poligonal Río Frío – Cerro Las Minas, Edo. Táchira

Anexo A-8 Mapa de ubicación de muestras, área Río Frío, Cerro Las Minas, Edo. Táchira

Anexo A-9. Mapa geológico del área Río Frío – Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira

Anexo A-10 Corte geológico del área Río Frío – Cerro Las Minas, Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira

Anexo A-1 Columna litoestratigráfica generalizada

Anexo A-2 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 3

Anexo A-3 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 15

Anexo A-4 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 16

Anexo A-5 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 17

Anexo A-6 Columna litoestratigráfica. Afloramiento 18

Anexo A-7 Poligonal Río Frío – Cerro Las Minas, Edo. Táchira

Anexo A-8 Mapa de ubicación de muestras, área Río Frío, Cerro Las Minas, Edo.
Táchira

Anexo A-9. Mapa geológico del área Río Frio – Cerro Las Minas Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira

Anexo A-10 Corte geológico del área Río Frio – Cerro Las Minas, Parque Nacional El Tamá, Edo. Táchira

ANEXO B. Tabla de muestras recolectadas