



Control paleogeográfico y tectónico en la sedimentación cretácica al Norte de Colombia y Noroeste de Venezuela

- 1 Felipe Lamus Ochoa (Universidad del Norte & Corporación Geológica ARES)
- 2 German Bayona (Corporación Geológica ARES)
- 3 Juan Carlos Silva-Tamayo (Universidad de Houston)
- 4 Juan Francisco Armiño (Pacific Rubiales Energy)
- 5 Eduardo Ariza (Pacific Rubiales Energy)
- 6 Juan Guillermo Vargas (Pacific Rubiales Energy)
- 7 Hernando Mahecha (Corporación Geológica ARES)
- 8 Agustín Cardona (Corporación Geológica ARES & Universidad Nacional de Colombia)

Copyright 2016, ACGGP.

This paper was selected for presentation by an ACGGP Technical Committee following review of information contained in an abstract submitted by the author(s).

Resumen

Rocas del Cretácico en la cuenca noroccidental de Maracaibo hacen parte de un sistema petrolífero en producción. Cartografía, estratigrafía, dataciones radiométricas y petrografía en rocas cretácicas perforadas en el segmento norte de la cuenca de Ranchería y orógenos adyacentes (Perijá y Sierra Nevada de Santa Marta-SNSM) permiten entender la continuidad hacia el occidente del sistema petrolífero Cretácico. Rocas siliciclásticas de la Fm. Rio Negro (131-135 Ma) están restringidas a bloques colgantes extensionales del Jurásico y Cretácico temprano. En los bloques yacentes la acumulación inicia hasta el Aptiano, (dataciones de amonitas e isótopos de Carbono), y en toda la cuenca prevalece la acumulación de carbonatos del Grupo Cogollo. El incremento de espesor y el cambio de asociaciones de litofacies carbonáticas profundas a someras hacia el occidente del Grupo Cogollo sugiere que la SNSM favoreció la acumulación de carbonatos de plataforma externa (dominio de foraminíferos) a interna (dominio de moluscos, briozoos, equinodermos, intraclastos, peloides y ooides). El máximo cubrimiento de la SNSM ocurre en el Coniaciano, dejando relictos de bloques emergidos que aportaron detritos siliciclásticos que se mezclaron con mudstone-wackestone de la Formación La Luna en la SNSM acumulados en plataforma interna. En el Campaniano, el inicio de la compresión generó una leve topografía al occidente de la cuenca, favoreciendo el relleno de la misma con sedimentos finos siliciclásticos y apagando la fábrica de carbonatos de plataforma. Estructuras de extensión, hoy reactivadas como de inversión, favorecieron la dolomitización en el Grupo Cogollo expuesto en la Serranía de Perijá.

Introducción

Entre la Serranía de Perijá al Este y la Sierra Nevada de Santa Marta al Oeste se encuentran las calizas cretácicas del Grupo Cogollo de la Cuenca de Ranchería. Mediante cartografía, y levantamiento de columnas estratigráficas compuestas se determinó la estratigrafía física, estratigrafía de secuencias y análisis petrográfica de esta unidad.

Las unidades del Cretácico en el piedemonte SE de la SNSM han sido descritas al sur de Valledupar, y solo hay leves descripciones de los afloramiento en el sector norte de Valledupar (Invermar-Ingeominas-ECOPETROL-ICP-Geosearch, 2007). Hasta el momento, no hay descripciones reportadas de las unidades del Cretácico en el sector norte de la Serranía de Perijá.

Los resultados mas relevantes documentan un incremento del espesor de dichas calizas hacia Oeste. Con 670 m en la Sierra Nevada de Santa Marta frente a 385 m en la Serranía de Perijá. El Grupo Cogollo esta limitado por dos límites de secuencia, e internamente se identificó otro límite de secuencia dentro de la Fm. Aguas Blancas. Fueron seleccionadas 62 muestras para análisis petrográficos. Con el fin de caracterizar litologías, contenido fósil, ambientes sedimentarios, procesos diagenéticos y porosidades. Se presenta dominio de foraminíferos a la base de la Fm. Lagunitas, mientras al tope de la Fm Lagunitas y la Fm. Aguas Blancas se reporta un dominio de microfósiles de plataforma interna (moluscos, briozoos, equinodermos) junto a intraclastos, peloides y ooides. Las mayores porosidades alcanzan 10% y están asociadas a fracturamiento y disolución de aloquímicos. Sin embargo, la mayoría de las demás muestras presenta menos de 5% de porosidad. La Serranía de Perijá presenta procesos de dolomitización que favorecen la generación de microporosidad.

Resultados

Con respecto a la estratigrafía física el aspecto más notorio se refiere al comportamiento de los espesores de las unidades cretácicas. En la SNSM las unidades son en general más gruesas y con desarrollo de litofacies también de mayor espesor. En general diferenciar el límite entre las formaciones Lagunitas y Aguas Blancas solo macroscópicamente es muy difícil, en cambio con la Formación La Luna se nota bastante la diferencia.

Gracias a los límites de secuencia predichos mediante la estratigrafía son hechas también correlaciones entre las distintas áreas. Se encontró que los límites entre la parte

Jurásica y Cretácica continental con las primeras capas del Grupo Cogollo y entre este último y la Formación La Luna son superficies que se pueden seguir muy bien entre las áreas. El límite entre las formaciones Lagunitas y Aguas Blancas aunque es más difícil de seguir en la parte de la Serranía de Perijá debido a los procesos de dolomitización, también fue predicho en una parte de la sección.

Con ayuda de estas correlaciones, las litofacies encontradas, los ambientes de depositación, las tendencias granulométricas y el input siliciclástico también fue predicha la estratigrafía de secuencias del Grupo Cogollo y la formación La Luna y Colón

Marcadas diferencias en las características texturales y composicionales de los carbonatos del Grupo Cogollo y La Luna fueron identificadas a partir del análisis petrográfico en secciones delgadas.

La Formación Lagunita, tanto en el flanco este de la Sierra Nevada de Santa Marta como en la Serranía del Perijá (Grupo Cogollo sin diferenciar), se caracteriza por la predominancia de wackestones y mudstones a la base los cuales pasan a grainstones y packstones al techo. La caracterización petrográfica también permite diferenciar la Formación Lagunitas y al Grupo Cogollo a nivel diagenético en estas dos áreas geográficas. La presencia de cementos esparíticos es una característica común. Generalmente están reemplazando aloquímicos originalmente aragoníticos (i.e. gasterópodos) y la matriz micrítica. Este tipo de cementación sugiere la acción de aguas meteóricas afectando los carbonatos. La presencia de Dolomita es común en el área de la Serranía del Perijá. La presencia de dolomita destructora de fábrica unida a la disolución de aloquímicos y matriz sugiere la acción de diagénesis avanzada, posiblemente por enterramiento. La presencia de estilolitos sugiere la acción de importante compactación mecánica de los carbonatos. Esto es soportado por la presencia de aloquímicos deformados. La Porosidad por fracturamiento y asociada a estilolitos y a disolución de aloquímicos previamente reemplazados por esparita es común en las dos áreas estudiadas. En la zona de la Serranía del Perijá la porosidad está también asociada a la presencia de dolomita reemplazando los cementos esparíticos.

La Formación Aguas Blancas se caracteriza en cambio por la predominancia de grainstones y packstones. La presencia de cementos esparíticos reemplazando tanto la matriz como los aloquímicos sugiere la acción de diagénesis meteórica. A diferencia de la Formación Lagunitas, La Formación Aguas Blancas no presenta tantos estilolitos además la poca presencia de aloquímicos deformados, sugiere menor acción de compactación por carga mecánica. Procesos de dolomitización se encuentran asociados a áreas con fallamientos.

La Formación La Luna se caracteriza por la presencia de wackestone con terrígenos, mudstone y en menor proporción

packstone con fósiles milimétricos y centimétricos. La presencia de cementos esparíticos reemplazando la mineralogía original de los aloquímicos, en especial moluscos, sugiere la acción de diagénesis meteórica. Muchas capas sufren procesos de silicificación.

El marco cronológico de las unidades del Cretácico fue determinado con el análisis de 24 muestras de palinología, 110 muestras para foraminíferos, y un estudio preliminar de geoquímica de isótopos de C, O y Sr en 15 muestras. La integración de estos resultados indica: (1) la esterilidad de las muestras cretácicas para polen, lo que confirma la acumulación en ambientes de plataforma de carbonatos; (2) la ausencia de registro Maastrichtiano en la Formación Colón, lo cual debe corroborarse con técnicas de isótopos; (3) la edad Coniaciano-Santoniano temprano para la Formación La Luna, y una edad Coniaciano tardío para el evento de máxima inundación en la Formación La Luna; (4) una edad Cenomaniano-Turoniano para la Formación Aguas Blancas, la cual debe confirmarse con estudios de isótopos, y (5) análisis de isótopos en el registro de la Fm. Lagunitas en el área de Bosconia, junto con los resultados preliminares en la sección de la quebrada Aguas Blancas en el bloque CR-1, dan indicios de acumulación del Aptiano-Albiano para la Formación Lagunitas, lo cual debe corroborarse con estudios de isótopos adicionales.

Evolución tectono-estratigráfica Cretácica del área de estudio

Un total de 5 mapas paleogeográficos, que abarcan desde el Barremiano hasta el Paleoceno temprano, se elaboraron tomando como base palinspástica la presentada en Montes et al. (2010) y Ayala et al. (2012), (Figura 1). Esta base palinspástica considera la rotación horaria de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual es de 20 grados (Bayona et al., 2010). En el modelo base utilizado también consideramos la rotación horaria de la Serranía de Perijá, la cual es mayor de 35 grados (Gose et al., 2003; Nova et al., 2011).

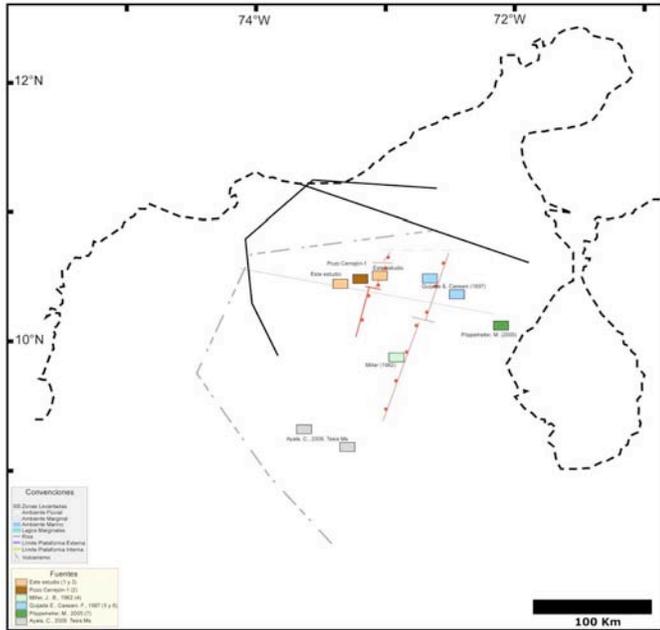


Figura 1. Mapa palinspástico base. En este mapa se observa la línea de costa actual para una mejor ubicación. Aquí se hace una línea (Negra continua) de referencia (Perfil), donde se ubican las secciones estratigráficas estudiadas y también se marca con líneas continuas, la ubicación actual de la SNSM. Para elaborar la rotación palinspástica, se tuvo en cuenta la rotación horaria de la Sierra Nevada de Santa Marta, el resultado un mapa base palinspástico de la parte norte de Colombia, entre la SNSM (Línea gris punteada) y el actual Lago de Maracaibo, generando un perfil rotado (Línea gris continua).

En la correlación cronoestratigráfica (Figura 2) se documenta: 1) el período de erosión entre el Jurásico tardío y el Cretácico temprano, 2) la acumulación restringida de la Formación Río Negro en el graben del Jurásico y Cretácico (goben de Manchiques); 3) la depositación de la Fm. La Luna como un evento regional y marcador cronológico para toda la cuenca; 4) el período de baja tasa de depositación al tope de la Fm. La Luna, es un evento regional isócrono, que se puede correlacionar a través de todo el perfil; 5) diferencias de tiempo en hiatos o superficies erosivas en las secciones estudiadas, pueden obedecer a cambios de comportamiento de la cuenca (Depositación-Erosión), a través del tiempo.

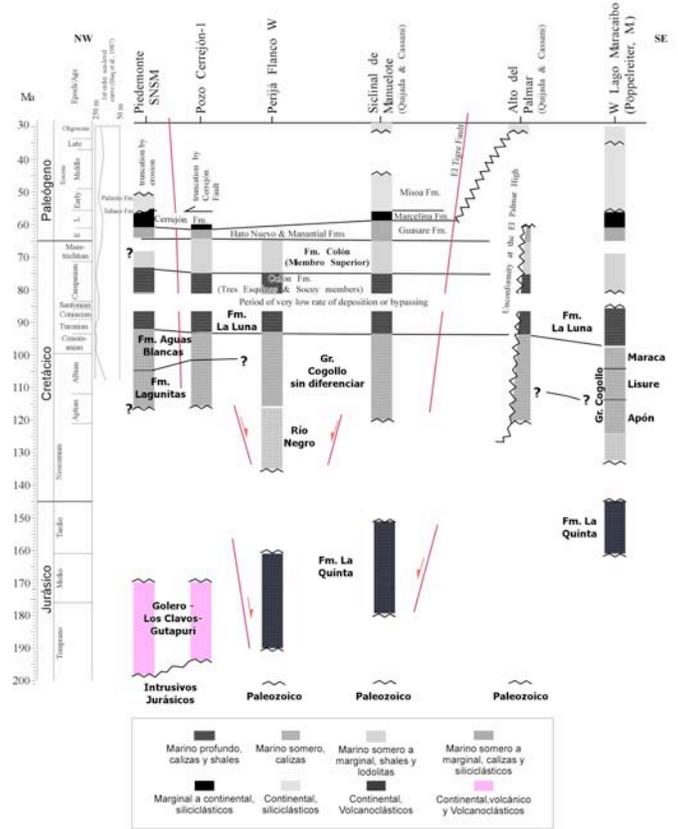


Figura 2. Correlación cronoestratigráfica desde el Piedemonte oriental de la SNSM hasta el borde del Lago de Maracaibo (Perfil Figura 1).

Neocomiano-Aptiano. Para este tiempo se depositan rocas de la Fm. Río negro, producto de la erosión de rocas expuestas de la Fm. La Quinta, en un ambiente continental, con influencia de ríos trezados, llanuras aluviales y abanicos aluviales. Las zonas marginales al parecer están al norte de la zona de estudio, (Figura 3). La extensión lateral de las rocas de la Fm. Río Negro esta limitada al graben Pre-Cretácico existente. Al occidente la paleo-sutura del Jurásico tardío-Cretácico temprano con un movimiento normal relativamente bajo y al oriente la paleo-falla El Tigre con un movimiento mucho mayor, en el cual se preserva hasta 1,6 Km de roca compactada (Figura 4).

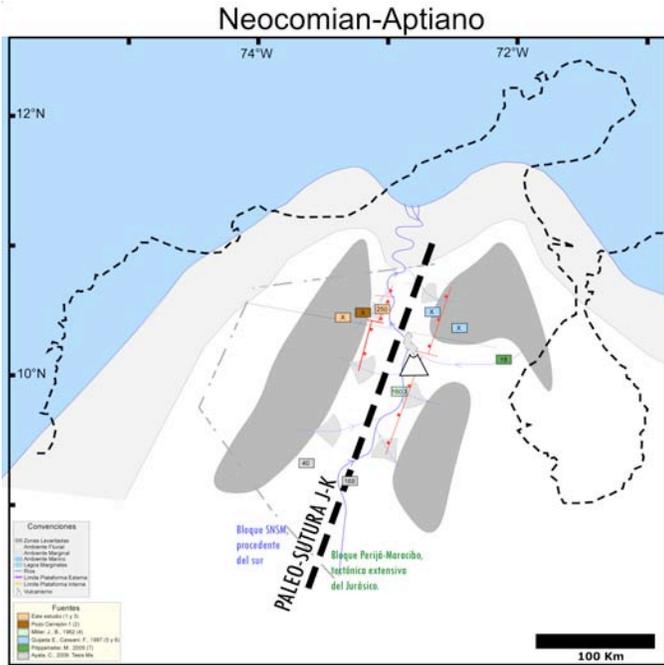


Figura 3. Mapa de ambientes de depósito para la Fm. Río Negro, nótese las áreas levantadas y la actividad volcánica relacionada al graben y a la paleo-sutura del Jurásico-Cretácico temprano.

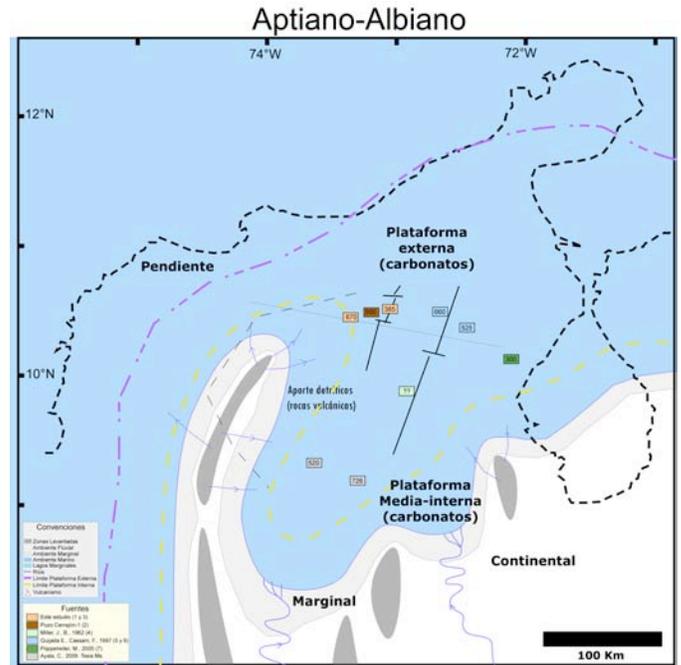


Figura 6. Mapa paleogeográfico para la Fm. Lagunitas, nótese la línea amarilla que divide la plataforma media e interna de la plataforma externa. La línea de color violeta divide la plataforma externa de la pendiente. La Fm. Lagunitas se desarrolla en un la plataforma externa. Las áreas emergidas corresponden a una paleo-SNSM (haciendo parte de la paleo-Cordillera Central) y áreas del cratón.

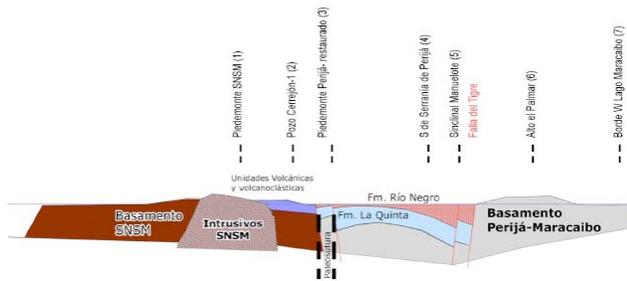


Figura 4. Perfil tectónico-estructural de acumulación de la Fm. Río Negro (rojo claro), se observa que las rocas están limitadas al mismo graben que limita las rocas Jurásicas de la Fm. La Quinta. También se observa que la cuenca de la Fm. Río Negro tiene mayor espesor (mayor subsidencia), en la parte oriental, debido a la actividad normal de la paleo-Falla del Tigre.

Aptiano-Albiano. Para este tiempo se depositan las rocas de la Fm. Lagunitas en un ambiente marino, relativamente somero hacia la base y luego se profundiza a alcanzar condiciones de plataforma externa a media (Figura 5), en donde la influencia de las olas es baja a moderada. Parte de la paleo-SNSM (haciendo parte de la Paleo Cordillera Central), esta emergida parcialmente para aportar los detritos volcánicos encontrados en la base de la Formación Lagunitas (Figura 6).

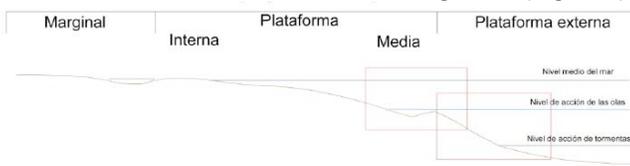


Figura 5. Perfil de una plataforma marina de carbonatos. En los recuadros rojos se enmarcan los ambientes interpretados para la Formación Lagunitas.

Albiano-Turoniano. El ambiente de depósito para la Fm. Aguas Blancas es marino somero, en un ambiente de plataforma interna a media, donde la columna de agua disminuye con respecto al ambiente de la Fm. Lagunitas, y la energía aumenta por acción del oleaje (Figura 7). Las áreas emergidas, similares al tiempo anterior, son parcialmente cubiertas por estos depósitos de carbonatos someros, pero a su vez son las áreas fuente del material siliciclástico reportado en la Fm. Aguas Blancas (Figura 8).

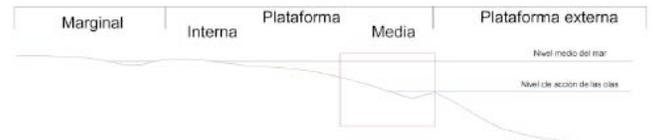


Figura 7. Perfil de una plataforma marina de carbonatos. En el recuadro rojo se enmarcan los ambientes interpretados para la Fm. Aguas Blancas.

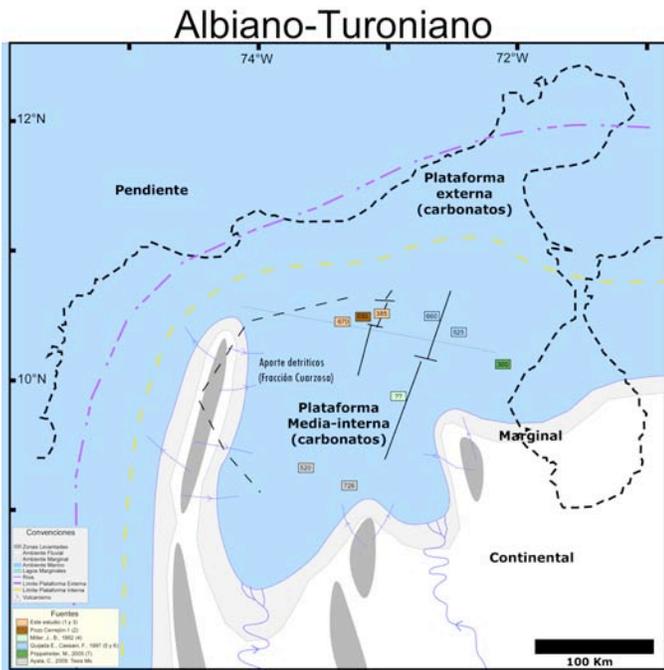


Figura 8. Mapa de ambientes de depósito para la Fm. Aguas Blancas, nótese el avance de la línea amarilla quedando en la zona de estudio un ambiente de plataforma media a interna.

En el perfil realizado para este tiempo se observa como la influencia de la subsidencia termal desarrollada en el graben pre-Cretácico, hace que la columna de agua sea mayor en este y por consiguiente no sea tan propicio para el depósito de los carbonatos. Mientras que hacia los hombros de este paleo-graben, la columna de agua es menor, y por consiguiente el ambiente es más propicio para la mayor acumulación de carbonatos (Figura 9).

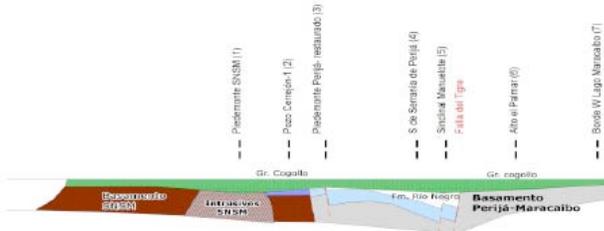


Figura 9. Perfil tectónico-estructural para la acumulación del Gr. Cogollo (Fms. Lagunitas+Aguas Blancas) (verde claro), se observa una disminución del espesor en el centro del paleo-graben por subsidencia termal.

Turoniano-Campaniano temprano. Para este intervalo de tiempo se deposita la Fm. La Luna, en donde predomina un ambiente marino, de plataforma media a externa (hasta condiciones de talud superior según interpretaciones de foraminíferos). Interpretaciones regionales enmarcan estas condiciones en un mar epicontinental, con muy poco movimiento (poco oxígeno), en el cuál la materia orgánica no se destruye y se deposita junto con los carbonatos (Figura 10)

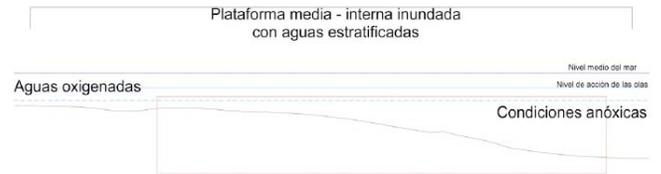


Figura 10. Perfil de una plataforma marina de carbonatos. En el recuadro rojos se enmarcan los ambientes interpretados para la Fm. La Luna, donde dominan las condiciones anóxicas por la baja energía del mar epicontinental.

La presencia de terrígenos se debe a que siguen relictos de áreas levantadas en la paleo-SNSM (haciendo parte de la Pale Cordillera Central), que se erosionan. La actividad volcánica desarrollada en la paleo-Cordillera Central se evidencia por algunos líticos volcánicos encontrados en estas rocas (Figura 11).

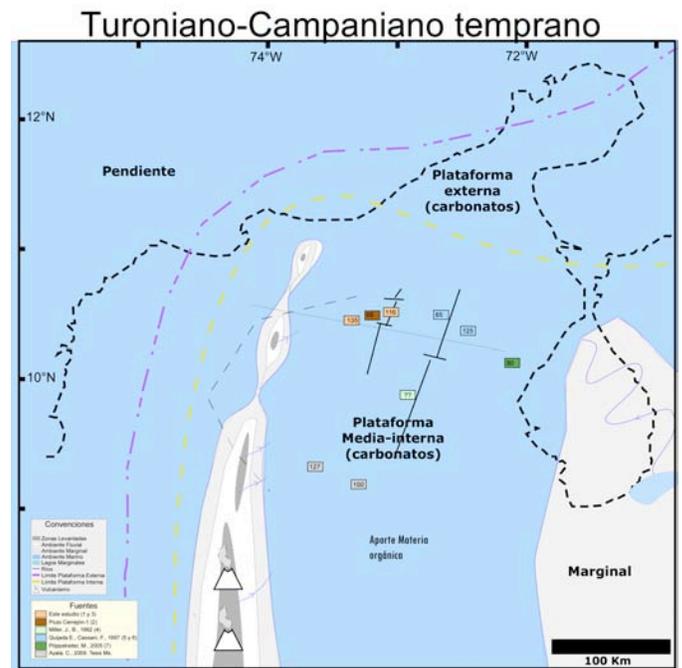


Figura 11. Mapa de ambientes de depósito para la Fm. La Luna, nótese el avance de la línea amarilla quedando en la zona de estudio un ambiente de plataforma media a interna, en un mar epicontinental con muy bajo movimiento.

El perfil de la cuenca demuestra que es una cuenca muy delgada, por la baja subsidencia que existía en ese momento, pero el depósito es de carácter regional y permite seleccionarlos como unidad de referencia para hacer correlaciones en su nivel de máxima inundación (Figura 12). El pequeño alto hacia el occidente de la cuenca indica que para este tiempo ya se está empezando a formar el arco del caribe (Figura 12).

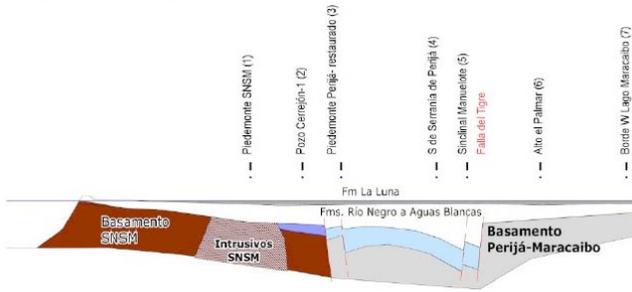


Figura 12. Perfil tectónico-estructural para la acumulación de la Fm. La Luna, nótese que es un espesor relativamente delgado, pero que se mantiene a lo largo de toda la cuenca (corto tiempo, pero de carácter regional).

Campaniano tardío-Paleoceno temprano Para el ambiente de depósito de la Fm. Colón, encontramos la influencia de zonas marginales, hacia la parte occidental y disminuyendo esa influencia marginal hacia el oriente, convirtiéndose en ambiente de plataforma interna a media, en el paleo-Lago de Maracaibo y los paleo-Andes de Mérida (Figura 13 y 14).

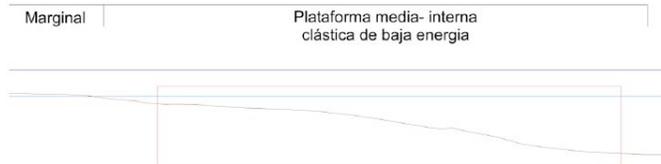


Figura 13. Línea de ambiente de depósito para la Fm. La Colón en un perfil de plataforma de siliciclásticos.

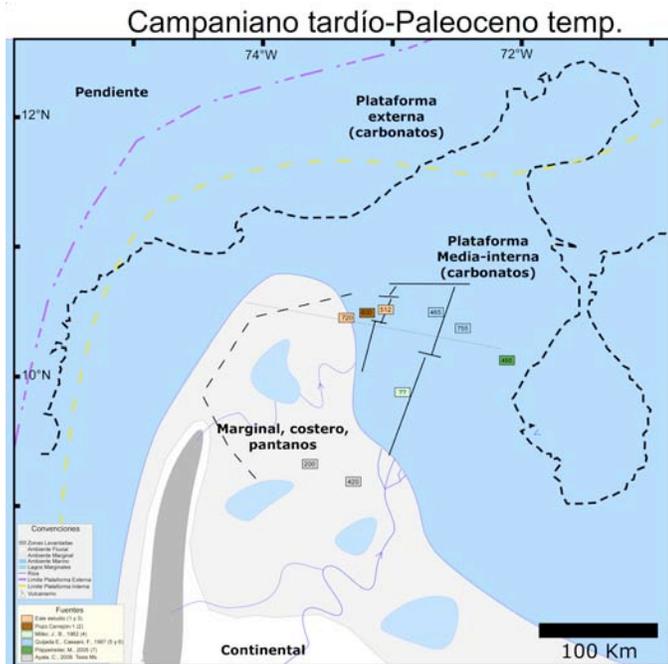


Figura 14. Mapa de ambientes de depósito para la Fm. Colón, nótese como avanza la parte marginal hasta la actual cuenca del Cesar, e influencia a la cuenca de Ranchería.

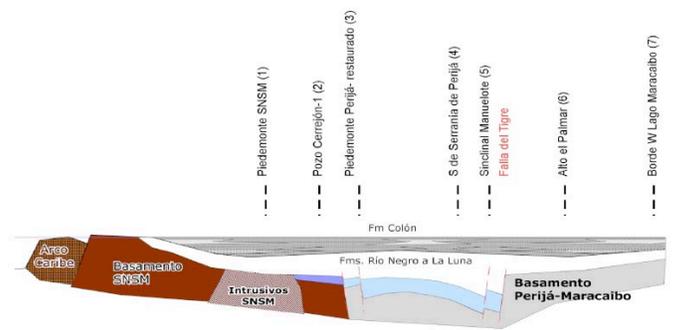


Figura 15. Perfil tectónico-estructural para la acumulación de la Fm. Colón donde se denota un alto en el centro de la cuenca (Forebulge?).

Conclusiones

La sección de referencia de calizas del Grupo Cogollo en la SNSM es de 670 m y reposa sobre rocas volcánicas del Jurásico (Fm. Golero); en la Serranía de Perijá, 385 m de calizas del Grupo Cogollo reposan sobre 245 m de areniscas y conglomerados de la Fm. Río Negro. Esta última unidad reposa discordantemente sobre una sección de más de 7 kms de espesor de la Fm. La Quinta.

Las unidades del Cretácico Superior (Formaciones La Luna y Colón) también reportan un mayor espesor en la SNSM-Ranchería que en Perijá. El control cartográfico en la SNSM determina un espesor total de 855 m entre la Fm. La Luna (135 m) y la Fm. Colón (720 m). En el norte de Perijá, el contacto superior de la Fm. La Luna esta fallado y la Fm. Colón esta ausente por falla; sin embargo, el control cartográfico en el flanco este de Perijá hacia Venezuela permite calcular un espesor de 600 m.

Los resultados más relevantes del análisis de petrografía son:

- La sucesión del Jurásico de la SNSM es predominantemente de origen volcánico, mientras la sucesión Jurásica en la Serranía de Perijá es volcanoclástico y sedimentario. En la SP se calculó un espesor de más de 7 kms de la Fm. La Quinta; esta unidad y la Fm. Río Negro se interpretan como depósitos continentales limitados por un sistema de fallas de extensión.

- Las dos unidades del Grupo Cogollo definidas en la sección de referencia de la SNSM no es identificable por su asociación litológica en otros sectores del piedemonte de la SNSM o en las descripciones realizadas en la SP.

- La petrografía de carbonatos documenta un dominio de foraminíferos a la base de la Fm. Lagunitas y en la Fm. Luna, mientras al tope de la Fm. Lagunitas y la Fm. Aguas Blancas se reporta un dominio de microfósiles de plataforma interna (moluscos, briozoos, equinodermos), y la presencia de intraclastos, peloides y ooides.

- El Grupo Cogollo esta limitado por dos límites de secuencia, e internamente se identificó otro límite de secuencia dentro de la Fm. Aguas Blancas. La identificación de este límite de secuencia dentro del Grupo Cogollo se infiere en la sección compuesta elaborada en la Serranía de Perijá, corroborando la utilidad de los análisis de estratigrafía de secuencias en la correlación estratigráfica.

- Se examinó la relación de la porosidad con la deformación a lo largo de la Falla de Aguas Blancas, en el piedemonte de la SNSM, alcanzado hasta un 10% de porosidad relacionada a fracturamiento y disolución de aloquímicos.

- Únicamente 10 muestras, de las 62 analizadas del Grupo Cogollo, tienen porosidades mayores al 5%.

- Procesos de dolomitización en la Serranía de Perijá estaría asociado a la presencia de clásticos de la Fm. Río Negro y fluidos que migraron por estructuras transversales. Estos procesos de dolomitización favorecen la generación de microporosidad.

El marco cronológico de las unidades del Cretácico fue determinado con el análisis de palinología, foraminíferos, y un estudio preliminar de geoquímica de isótopos de C, O y Sr. La integración de estos resultados indica: (1) la esterilidad de las muestras cretácicas para polen, lo que confirma la acumulación en ambientes de plataforma de carbonatos; (2) la ausencia de registro Maastrichtiano en la Formación Colón, lo cual debe corroborarse con técnicas de isótopos; (3) la edad Coniaciano-Santoniano temprano para la Formación La Luna, y una edad Coniaciano tardío para el evento de máxima inundación en la Formación La Luna; (4) una edad Cenomaniano-Turoniano para la Formación Aguas Blancas, la cual debe confirmarse con estudios de isótopos, y (5) análisis de isótopos en el registro de la Fm. Lagunitas en el área de Bosconia, junto con los resultados preliminares en la sección de la quebrada Aguas Blancas, dan indicios de acumulación del Aptiano-Albiano para la Formación Lagunitas, lo cual debe corroborarse con estudios de isótopos adicionales.

Las estructuras decapitadas por la Falla de Cerrejón, las cuales se generaron desde el Paleoceno y que involucran unidades del Jurásico y las calizas del Grupo Cogollo son un nuevo concepto de trampas prospectivas a considerar en la cuenca. La porosidad en las calizas del Grupo Cogollo puede estar relacionada tanto al fracturamiento, como a procesos de dolomitización. El enterramiento de la Fm. La Luna por unidades más jóvenes y el sistema de cabalgamiento de la Falla de Cerrejón indica que esta unidad está muy posiblemente en cocina y generando hidrocarburos.

Agradecimientos. Dedicado al Doctor José Hermann Duque Caro (in memoriam) y las comunidades y empresas que permitieron hacer y divulgar este trabajo.

Referencias.

Ayala-Calvo, R.C., (2009) *Análisis Tectonoestratigráfico y de Procedencia en la Subcuenca de Cesar: Relación con los Sistemas Petroleros*. Tesis de Maestría. Venezuela, Universidad Simón Bolívar - Caracas.

Ayala, C, et al. (2012) "The Paleogene synorogenic succession in the northwestern Maracaibo block: Tracking intraplate uplifts and

changes in sediment delivery systems" en *Journal of South American Earth Sciences*, Volumen 39, pp. 93-111

Bayona, G. et al., (2010) "Paleomagnetic data and K.Ar ages from Mesozoic units of the Santa Marta Massif: A preliminary interpretation for block rotations and translations" en *Journal of South American Earth Sciences*, Volumen 29, pp. 817-831.

Gose, W.A., Perarnau, A., y Castillo, J. (2003) "Paleomagnetic results from the Perijá Mountains, Venezuela: an example of vertical axis rotation" en Bartolini, C., Buffler, R., y Blickwede, J. (eds), *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics, AAPG Memoir 79*. pp. 969-975.

Invenmar, Ingeominas, Ecopetrol, ICP and Geosearch Ltda., (2007) *Mapa Geológico de la Sierra Nevada de Santa Marta*: Santa Marta.

Miller, J.B., (1962) "Tectonic trends in Sierra de Perijá and adjacent parts of Venezuela and Colombia" en *AAPG Bulletin*, Volumen 46, pp. 1565-1595.

Montes, C. et al., (2010) "Clockwise Rotation of the Santa Marta Massif and Simultaneous Paleogene to Neogene Deformation of the Plato-San Jorge and Cesar-Ranchería Basins" en *Journal of South American Earth Sciences*, Volumen 29, pp. 832-848.

Nova, G. et al., (2011) "Análisis Paleomagnético en rocas del Mesozoico para el flanco occidental de la Serranía del Perijá; Resultados preliminares" en *Latinmag Letters*, Volumen 1, pp. 1-6.

Poppelreiter, M. et al., (2005) "Structural control on sweet-spot distribution in a carbonate reservoir: Concepts and 3-D models (Cogollo Group, Lower Cretaceous, Venezuela)" en *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. Volumen 89, pp. 1651-1676.

Quijada, E., y Cassani, F., (1997) "Tectonismo e historia termal durante el Paleógeno Temprano en el area Norte de la Sierra de Perijá, Venezuela Occidental" en *VI Simposio Bolivariano*, Volumen Memorias, Tomo II: Cartagena, Colombia, ACGGP, pp. 244-247.