

Estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental

Stratigraphy and Tectonics of Sierra del Rosario, Cordillera de Guaniguanico, Western of Cuba

Jorge L. Cobiella Reguera¹

Santa Gil González²

Arturo Hernández Escobar³

Niurka Díaz Díaz³

¹Doctor en Ciencias Geológicas, Profesor Titular. Especialista en estratigrafía y geología de Cuba.

²Instituto de Geología y Paleontología.

³Departamento de Geología, Universidad de Pinar del Río.

RESUMEN: Las montañas de la Sierra del Rosario son un elemento clave para el conocimiento de la geología de Cuba. En su corte estratigráfico se distinguen cinco secuencias: 1. Jurásico Medio y Superior (Oxfordiano), 2. Oxfordiano medio-Cenomaniano (localmente Turoniano?), 3. Campaniano, 4. Maastrichtiano superior (o límite K/T), 5. Paleoceno Superior-Eoceno Inferior. Las dos primeras son ricas en materia orgánica y fueron depositadas en fondos anóxicos. Las secuencias 3, y especialmente 4, son el registro de breves episodios sedimentarios en una larga época sin sedimentación. Todas estas secuencias se depositaron en el paleomargen pasivo mesozoico de la América del Norte. Las capas del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior son sedimentos caóticos depositados en una depresión de antepaís (*foredeep*), donde se acumulaban los nappes de la Sierra del Rosario.

Los nappes son el elemento más conspicuo de la tectónica de la sierra, con planos basales relacionados a niveles estratigráficos definidos. Por tanto, cada paquete de nappes tiene su propio corte estratigráfico, distinguiéndose así cinco grandes paquetes de nappes. El grado de dislocación de las rocas en el interior de los nappes depende en gran medida del número de intercalaciones arcillosas y el espesor de las capas. Los melanges juegan un papel principal en la tectónica de la Sierra del Rosario.

La estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario son muy similares a las presentes en la zona Placetas, en la parte central de Cuba, donde se localizan los mayores yacimientos de hidrocarburos de Cuba. Este hecho es un importante elemento a tener en cuenta en la prospección de petróleo y gas en el occidente de Cuba que, además, posee atractivos adicionales.

Palabras claves: Estratigrafía, tectónica, Cuba occidental, potencial de hidrocarburos.

ABSTRACT: The mountains of Sierra del Rosario, in the Western of Cuba, are a key area for the knowledge of the geology of Cuba.

Five distinct sequences are present: 1. Middle to Upper Jurassic (Oxfordian), 2. Middle Oxfordian-Cenomanian (locally Turonian?), 3. Campanian, 4. Upper Maastrichtian (or K/T boundary), 5. Upper Paleocene-Lower Eocene. The two first are rich in organic matter and were settled in anoxic bottoms. Sequences 3, and specially 4, are the record of brief sedimentary episodes in non depositional times; sequence 4 is possibly an instantaneous K/T boundary deposit. The mesozoic rocks were accumulated in the passive continental margin of North America. The Upper Paleocene-Lower Eocene beds are mainly the chaotic sediments of a foredeep, where the Sierra del Rosario nappes were piling.

The nappes are the most striking element in Sierra del Rosario tectonics, with thrust planes related to particular stratigraphic levels. Therefore, each nappe packet has its own stratigraphy, and five great packets can be distinguished. The layer thickness and the number of shaly interbeds control the degree of dislocation. Melanges play a leading role in Sierra del Rosario tectonics.

The stratigraphy and tectonic position of Sierra del Rosario are very similar to those of Placetas zone, in the central part of Cuba, where the main Cuban oil deposits are located. This important fact for the search of oil and gas in western Cuba is discussed in the paper.

Keywords: Stratigraphy, Tectonics, Western Cuba, Oil Potential.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del norte de Cuba las Arocas mesocenoicas presentan extensos afloramientos de secuencias acumuladas entre el Jurásico y el Eoceno Temprano, que fueron deformadas durante eventos tectónicos transcurridos en el Cretácico terminal y en el Terciario temprano. Cuba occidental contiene en la Cordillera de Guaniguanico los más extensos afloramientos de estas rocas.

Por el sur, las secuencias de Guaniguanico son cortadas por la falla Pinar, que las separa de la cuenca de Los Palacios, rellena en buena medida por los productos de la erosión de las montañas situadas al norte. La falla Pinar es una gran dislocación tectónica de larga duración y posibles cambios en la naturaleza de sus movimientos. Por el NE las secuencias de Guaniguanico son cubiertas tectónicamente por ofiolitas y rocas de un arco volcánico cretácico (Figura 1).

Las elevaciones de Guaniguanico no son uniformes, ni litológica, ni geomorfológicamente. En la Sierra de los Órganos y Sierra del Rosario, las principales litologías son rocas calcáreas jurásicas y cretácicas, que en la primera dan lugar a un extraordinario relieve cársico, en tanto que en las Alturas de Pizarras afloran, casi exclusivamente, rocas terrígenas y metate-

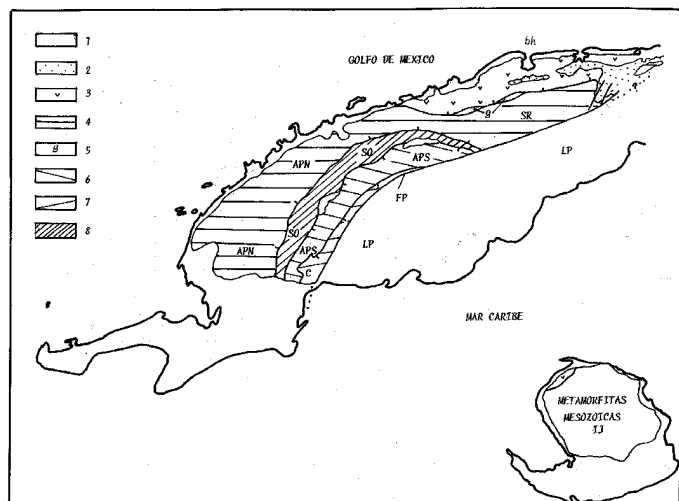


FIGURA 1. Mapa tectónico esquemático de Cuba occidental. SR: Sierra del Rosario, APN: Alturas de Pizarras del Norte, SO: Sierra de los Organos, APS: Alturas de Pizarras del Sur, C: cinturón Cangre, FP: falla Pinar, LP: cuenca de Los Palacios, bh: Bahía Honda, IJ: Isla de la Juventud. 1: Depósitos del Neógeno y Cuaternario, 2: Turbiditas del Eoceno Inferior, 3: Terrenos volcánicos y ofiolitas, 4: Nappes de la Sierra del Rosario y las Alturas de Pizarras del Norte, 5: Nappe del Pan de Guajaibón, 6: Nappes de las Alturas de Pizarras del Sur, 7: cinturón Cangre, 8: Nappes de Sierra de los Órganos.

rrígenas jurásicas que forman terrenos de menor elevación.

En los últimos años han aparecido varias publicaciones donde se recogen resultados de diferentes investigaciones relacionadas con aspectos de la geología de la Sierra del Rosario (Pszczolkowski 1987, 1994 (a, b); Pszczolkowski y Albear, 1983; Cobiella-Reguera 1992, 1996 (a,b), 1997), pero no se ha ofrecido una discusión conjunta de los principales aspectos de la tectónica y estratigrafía de esta región como la que se intenta en las próximas páginas por los autores. La sierra contiene numerosas manifestaciones superficiales de hidrocarburos y es una región clave para el conocimiento geológico de Cuba, pues contiene los mejores afloramientos del margen continental mesozoico de Norteamérica en Cuba y algunos aspectos de su estratigrafía y tectónica pueden servir de modelo para otras áreas similares menos afloradas en el noreste de La Habana y Cuba central, donde se encuentran los principales yacimientos de petróleo y gas cubanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El artículo es uno de los resultados de más de diez años de trabajo intermitente de los autores en la Sierra del Rosario. Durante este tiempo se ha trabajado en gran detalle la estratigrafía y tectónica de un área de más de 50 kilómetros cuadrados alrededor de Las Terrazas, reflejado en un mapa a escala 1: 25 000 de esa localidad. Se laboró también en varios perfiles regionales en territorios aledaños hacia el oeste, hasta la carretera San Cristóbal-Bahía Honda. Como resultado de esto

se tomaron centenares de muestras y se dispuso por los autores de un considerable volumen de información petrográfica y paleontológica, generalizada en este trabajo. Los autores procesaron cuidadosa y críticamente la literatura geológica regional y utilizaron ampliamente los datos de numerosas fuentes en la redacción del presente artículo.

ESTRATIGRAFÍA

El esquema estratigráfico moderno de la Sierra del Rosario parte de las obras de A. Pszczolkowski (1978, 1982, 1994a). Como resultado de nuestro trabajo durante diez años en este territorio, consideramos una columna estratigráfica (Figura 2), que puede dividirse en cinco secuencias de muy desigual duración, separadas entre sí por discordancias o cambios litológicos notables. Ellas son:

1. Secuencia del Jurásico Medio-Jurásico Superior (Oxfordiano medio).
2. Secuencia del Jurásico Superior (Oxfordiano medio)-Cretácico Superior (Cenomaniano, localmente Turoniano?).
3. Secuencia Cretácico Superior (Campaniano).
4. Secuencia del Cretácico-Superior, Maastrichtiano superior (o límite K/T).
5. Secuencia del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.

Todas las secuencias están complejamente deformadas y cubiertas, posiblemente con discordancia, por sedimentos del Eoceno Inferior (Fm. Capdevila).

La secuencia inferior está compuesta por capas de la parte alta de la Fm. San Cayetano. La formación tiene típicos rasgos turbidíticos en la Sierra del Rosario (Haczewski, 1976, 1987; Cobiella-Reguera *et al.* 1997). Algunos de los depósitos parecen ser rellenos de canales en abánicos submarinos y hay posibles pliegues sinsedimentarios, pero las complicaciones tectónicas posteriores, no han permitido definir esto. Las areniscas parecen ser bastante más cuarzosas que las areniscas medias reportadas por Pszczolkowski para la Sierra de los Órganos. Un estudio de estructuras de paleocorrientes arrojó un buen número de casos con una dirección cercana a la latitudinal, aunque no son raras las estructuras con paleotransporte cercano a una dirección N-S (Cobiella Reguera *et al.* 1997).

El contacto basal de la Fm. San Cayetano es siempre tectónico. El superior es concordante con la Fm. Artemisa. Sin embargo, en algunos nappes, entre la formaciones Artemisa y San Cayetano parece colocarse la Fm. El Sábalo (Figura 3), secuencia de diabasas y basaltos toleíticos oceánicos con intercalaciones terrígenas en la parte baja del corte, pero que hacia la parte superior contienen también abundantes estratos calcáreos (Cobiella-Reguera, 1996a). Las mafitas provienen de un magmatismo fisural y en algunos afloramientos presentan múltiples evidencias de estar plegadas sinsedimentariamente con los sedimentos intercalados (Figura 3), (Cobiella-Re-

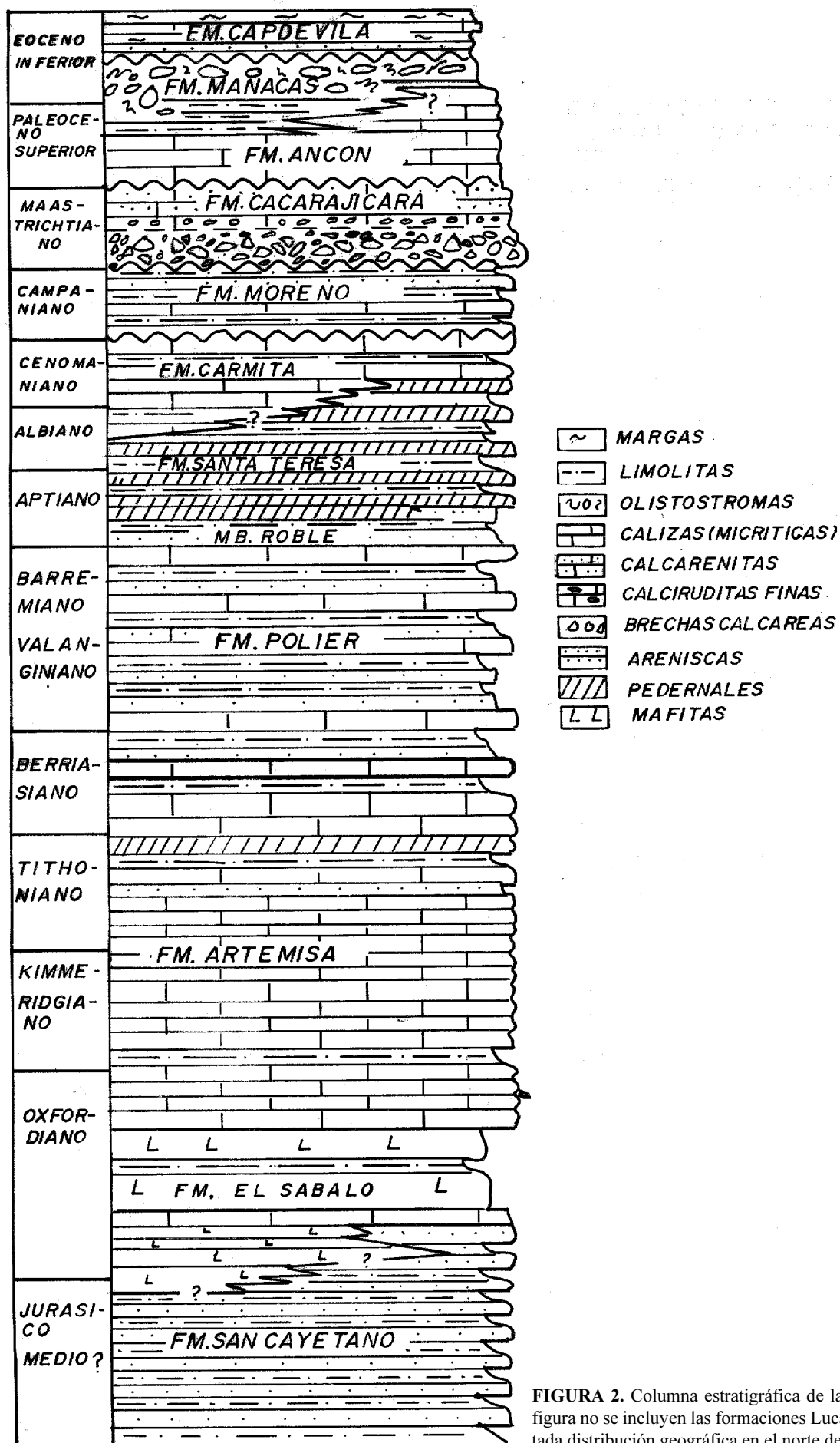


FIGURA 2. Columna estratigráfica de la Sierra del Rosario. En la figura no se incluyen las formaciones Lucas y Pinalilla, de muy limitada distribución geográfica en el norte de la sierra.

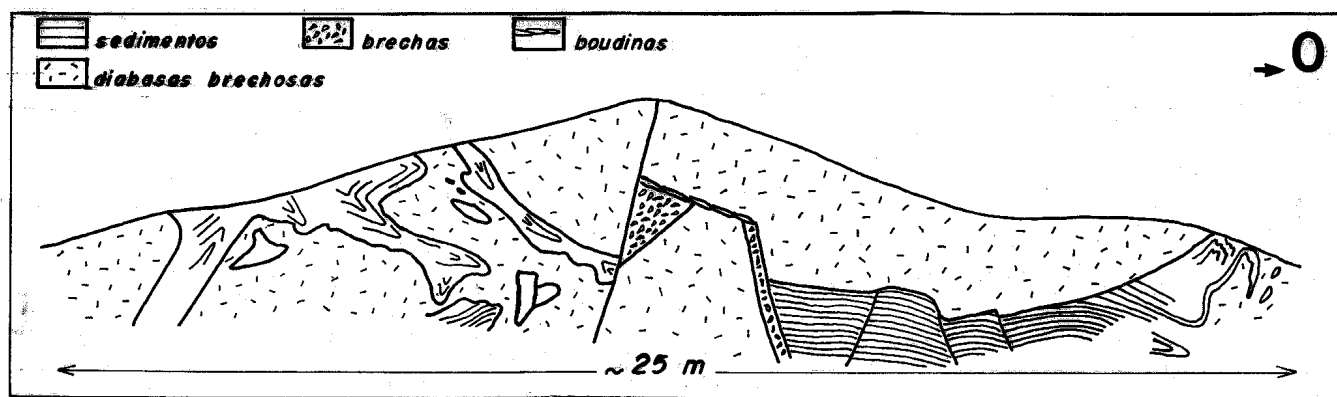


FIGURA 3. Esquema de un afloramiento de la Fm. El Sábalo, en la carretera de Montaña, localidad de Los Hoyos, al norte de Soroa (Cobiella-Reguera 1996a). El complicado plegamiento y dislocaciones en los sedimentos y las deformaciones (brechamiento) en las diabasas son de origen sinsedimentario, surgidos por deslizamientos submarinos según la paleopendiente. Observe las fallas en los sedimentos que no se propagan a las diabasas.

guera, 1992). Los sedimentos se acumularon en un ambiente reductor.

En aquellos lugares donde está presente la Fm. El Sábalo, los espesores de la Fm. Artemisa se reducen considerablemente, lo cual es un indicio de que la acumulación de mafitas originó formas positivas significativas en el fondo marino. Los mayores espesores medidos de la primera formación son del orden de los 450 m.

La secuencia oxfordiana media-cenomaniana (localmente turoniana) se caracteriza por el predominio de los sedimentos calcáreos, pero en ciertos intervalos hay abundantes intercalaciones terrígenas y silicitas (Figura 2). La secuencia contiene las formaciones Artemisa, Polier, Lucas, Santa Teresa y Carmita. Es posible que la Fm. Pinalilla (Cenomaniano-Turoniano) forme parte de la columna, aunque es necesario poseer más elementos sobre su edad. El rasgo más notable de la secuencia es la presencia, a lo largo de casi todo el corte, de sedimentos calcáreos finamente estratificados, constituidos principalmente por restos de organismos pelágicos. Muchas de las calizas parecen ser depósitos de corrientes y no calizas pelágicas, s.s. Conjuntamente con dichas calizas están otras intercalaciones calcáreas con restos fósiles de fondos someros y rasgos turbidíticos en muchos casos. Esta segunda variedad proviene de la erosión de una plataforma carbonatada de prolongada existencia, cuyo registro único es la Fm. Guajaibón de edad Albiano-Cenomaniano (Díaz-Otero, 1984; Díaz-Otero y Furrázola-Bermúdez, 1988; Gil-González *et al.* 1997).

Las intercalaciones terrígenas son relativamente abundantes en casi todo el corte cretácico bajo. Su presencia es más notable en la Fm. Polier, donde tienen una clara génesis turbidítica y abundan las areniscas mayormente cuarzosas. Mediciones de paleocorrientes en las areniscas indican un predominio del paleotransporte dirigido hacia el sur (Pszczolkowski, 1978), aunque no son raros los casos con paleotransporte E-W.

Las intercalaciones de silicitas se presentan muy esporádicamente en las formaciones Artemisa y Polier, pero constituyen la mayoría de la unidad en la Fm. San-

ta Teresa y son también comunes en la Fm. Carmita. Algunos de estos pedernales, especialmente en las formaciones Carmita y Polier, son secundarios, pero hay silicitas primarias en la Fm. Santa Teresa.

La secuencia oxfordiana media-cenomaniana aparece en todos los nappes. El aspecto y composición de cada formación es diferente en cada paquete de nappes. Este es un rasgo muy importante a tener en cuenta en las futuras reconstrucciones paleogeográficas. En esta secuencia se presenta el grueso de las manifestaciones superficiales de hidrocarburos en la sierra y en sus equivalentes, en Martín Mesa y los yacimientos del norte de La Habana y Matanzas, se han hallado nuestros mayores yacimientos. Es notable la similitud litológica y correlación con algunos sedimentos de los yacimientos de la Faja de Oro del este de México (Wilson, 1980).

El espesor total de la secuencia oxfordiana medio-cenomaniana (turoniana) es del orden de los 500-600 m como máximo, lo cual arroja una velocidad de sedimentación del orden de los 8-9m por millón de años. Los sedimentos se acumularon mucho más rápidamente en los inicios (Fm. Artemisa) y considerablemente más lento después.

La tercera secuencia, del Campaniano, está separada por una discordancia de la infrayacente. Está compuesta por la Fm. Moreno, de litología variable (calizas detríticas, argilitas, pedernales, areniscas). A. Pszczolkowski (1978, 1987, 1994a) ha reportado aquí areniscas volcanomícticas e incluso tufitas. Estos rasgos hacen muy interesante la formación que, sin embargo, ha sido borrada casi totalmente de la sierra. El contacto con la suprayacente Fm. Cacarajicara es tectónico en el único punto que lo registramos.

Según A. Pszczolkowski (1994a), el Mb. Los Cayos de la Fm. Cacarajicara está constituido por pedernales y argilitas, con intercalaciones de brechas calcáreas sin estratificación visible. Sin embargo, en todos los puntos donde los autores observaron contactos entre estas litologías ellos son siempre tectónicos. En nuestra opinión, como Mb. Los Cayos deben considerarse solo las brechas; las llamadas "silicitas superio-

res" forman parte de melanges donde se mezclan la Fm. Santa Teresa y el Mb. Los Cayos (Cobiella-Reguera, 1998).

Las brechas del miembro están compuestas por clastos calcáreos, silíceos y volcánicos, bien empaquetados, mal seleccionados, sin matriz. En algunos afloramientos, se nota alineación en los ejes largos de los clastos, pero generalmente no es visible. En general, la brecha parece ser un depósito de flujo de detritos, donde se mezclan materiales jóvenes del Cretácico más alto, de aguas someras, con otros más antiguos y de aguas más profundas, menos abundantes. Sobre el Mb. Los Cayos se acumuló el resto de la Fm. Cacarajícara. La composición clástica de ambos depósitos es parecida, indicando una comunidad en origen. La Fm. Cacarajícara es un depósito clástico-calcáreo, con una bien marcada graduación granulométrica, del piso al techo, lo cual ha llevado a varios geólogos (Pszczolkowski *et al.* 1992 y otros) a proponer que se trata del sedimento de una colosal corriente turbia (megaturbidita) vinculada a los eventos del límite Cretácico-Terciario (K/T). Esto parece confirmarse por el hallazgo de depósitos similares y correlacionables en varias localidades desde Cuba occidental hasta Camagüey (Pszczolkowski, 1986b; Pszczolkowski *et al.*, 1992). La formación Cacarajícara compone la cuarta secuencia. El espesor de esta unidad, incluyendo el Mb. Los Cayos, es de varios cientos de metros, aunque en la mayor parte de la sierra está presente sólo en astillas tectónicas.

El corte Oxfordiano-Cretácico de la Sierra de la Rosario abarca esencialmente los sedimentos del talud y de la cuenca al pie de un paleomargen continental pasivo. Hay en sus capas múltiples evidencias de la presencia cercana de una plataforma carbonatada, representada hoy en afloramientos solo por la Fm. Guajaibón (Gil-González *et al.*, 1996). Sin embargo, en profundidad ella pudieran estar presente en algunos nappes, formando un objetivo muy atractivo, conjuntamente con los sedimentos calcáreos más profundos del Oxfordiano-Maastrichtiano, para la prospección de hidrocarburos, no solo en la sierra, sino también en otras áreas de la Cordillera de Guaniguanico y sus alrededores.

No se conocen sedimentos del Paleoceno bajo. El Daniano parece haber sido una época erosional o de no sedimentación en la cuenca de Sierra del Rosario. La quinta secuencia debió yacer con un contacto discordante, aunque su plano basal presenta rasgos tectónicos en los raros puntos en que puede verse. Esta última parte de la columna estratigráfica está representada por las formaciones Ancón y Manacas. La primera (calizas arcillosas) tiene muy contados afloramientos, aunque sus bloques parecen abundar en algunos cortes de la más joven Fm. Manacas (Paleoceno Superior?- Eoceno Inferior) la cual es un depósito olistostrómico, molido bajo los mantos tectónicos en avance y convertido en un melange. El despegue de varios mantos tectónicos entre el Paleoceno Tardío e inicios del Eoceno, va a fragmentar en múltiples escamas los cortes acumulados intermitentemente durante unos 100 m.a. Todo este proceso está vinculado al

paso de un gran manto ofiolítico-volcánico, cuyos restos están presentes en la llamada zona de Bahía Honda (Pszczolkowski, 1994b), sobre la cuenca de antepaís (*foredeep*) desarrollada en el borde de la placa norteamericana en el Terciario temprano, representada por los depósitos sinorogénicos de la Fm. Manacas.

En el extremo oriental de la Sierra del Rosario, en el valle La Pastora (El Establo), y cerca de Cayajabos, las rocas de la sierra son cubiertas por la Fm. Capdevila, La naturaleza del contacto no ha sido aclarada, aunque hay fuertes evidencias de que es discordante (Cobiella-Reguera y Hernández-Escobar 1990). En la Fm. Capdevila, compuesta por sedimentos terrígeno-calcáreos, en gran parte turbidíticos, se presentan algunos afloramientos con pliegues sinsedimentarios (Figura 4).

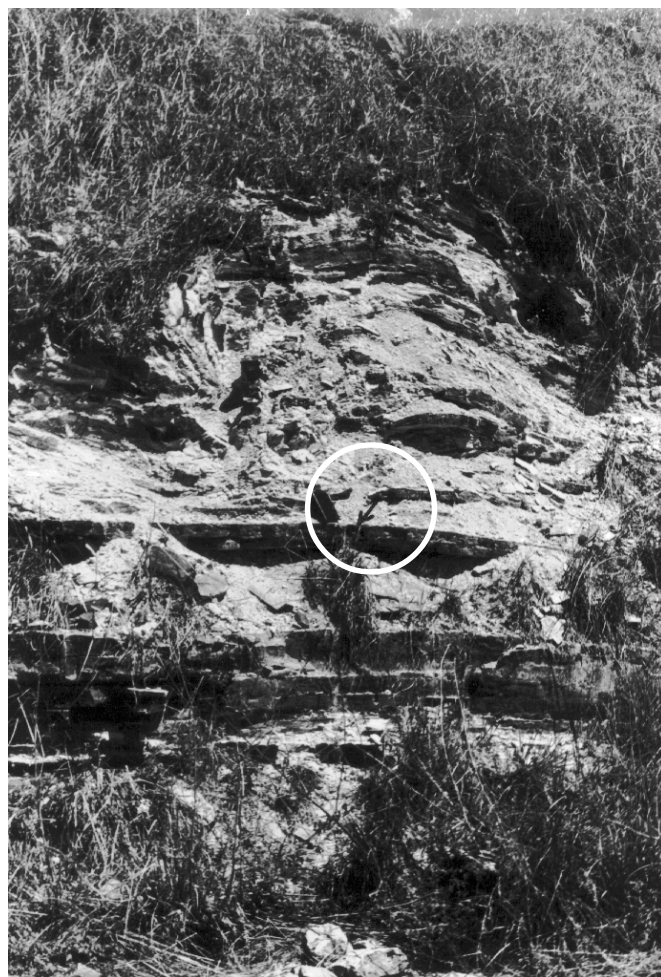


FIGURA 4. Horizonte con pliegues de deslizamiento submarino en las capas de la Fm. Capdevila (Eoceno Inferior), en la carretera Las Terrazas-Cayajabos, en la localidad El Establo (La Pastora). La flecha marca la base del horizonte dislocado.

TECTÓNICA

Al igual que el resto de la Cordillera de Guaniguanico, la Sierra del Rosario posee una compleja tectónica, cuyo rasgo más notable, pero no único, son los nappes. Como ya ha sido señalado por A. Pszczolkowski en varias oca-

siones (1978, 1987, 1994b), los nappes de la sierra pueden agruparse de acuerdo a su corte estratigráfico. Nuestras investigaciones comprobaron esta aseveración aunque, como se verá más adelante, se propone un esquema para el agrupamiento de los nappes que presenta otro enfoque. A continuación se presentan las ideas elaboradas por los autores sobre la estructura geológica de la sierra. Se pondrá particular énfasis en algunos aspectos que son de importancia para la evaluación de las potencialidades gasopetrolíferas de la Sierra del Rosario.

Los nappes de la Sierra del Rosario (Figura 5) son su elemento estructural más conspicuo. Este fenómeno fue establecido solo desde la década del 70 por el levantamiento geológico regional a escala 1:250000 (Pszczolkowski *et al.* 1975) pues investigaciones de reconocimiento anterior (Pardo, 1975), no lo definieron. En su más reciente trabajo, Pszczolkowski, (1994b) considera la existencia de dos grandes grupos o paquetes de nappes: *meridionales* y *septentrionales* con cortes estratigráficos diferentes en ciertos niveles y similares en otros, lo cual, evidencia que las rocas que los constituyen se acumularon no muy lejos entre sí.

Además de los nappes meridionales y septentrionales, dicho autor considera también la presencia

alóctona de la Fm. Guajaibón, cuya litología indica condiciones de origen muy distintas al resto del corte de Sierra del Rosario, como ya se vió en el epígrafe de estratigrafía. (Pszczolkowski, 1994b).

Consideramos que, efectivamente, en los distintos nappes, ubicados en diferentes posiciones en el edificio tectónico de la Sierra del Rosario hay representados diversas facies de depósitos cretácicos y que este hecho puede emplearse para clasificar los nappes. Sin embargo, existe otro fenómeno, la presencia de diferentes horizontes de despegue tectónico, que origina grupos de nappes con distintos diapasones estratigráficos en diferentes niveles estructurales. A nuestro entender, este hecho permite una clasificación y subdivisión más objetiva de los nappes que la empleada hasta el momento por A. Pszczolkowski en sus distintas obras. Los principales horizontes de despegue son (de arriba hacia abajo):

1. Fm. Manacas (Paleoceno Superior-Eoceno Inferior);
2. Fm. Moreno (Campaniano);
3. Base de la Fm. Guajaibón (Albiano-Cenomaniano);
4. Fm. Santa Teresa y el Mb. Roble de la Fm. Polier (Aptiano-Albiano);
5. Horizontes basales de la Fm. Lucas (Hauteriviano?);
6. Base de la Fm. El Sábalo (Oxfordiano o Calloviano);
7. Horizontes de la parte alta de la Fm. San Cayetano (Oxfordiano?).

A partir de lo anterior, el corte geológico de la Sierra del Rosario se puede dividir en varios paquetes de nappes, caracterizados individualmente por una estratigrafía propia. Del más elevado hacia abajo son:

- Paquete Guajaibón, formado exclusivamente por la formación homónima.
- Paquete Quiñones, constituido por las formaciones Manacas, Cacarajicara, Moreno, Pinalilla, Santa Teresa, Lucas.
- Paquete Las Terrazas, enorme melange, que comprende el corte desde la Fm. Polier, hasta la Fm. Manacas.
- Paquete La Caridad, donde participan las formaciones El Sábalo, Artemisa, Polier, Santa Teresa y Manacas.
- Paquete Peñas Blancas, formado por la parte alta de la Fm. San Cayetano y la Fm. Artemisa.

El paquete Peñas Blancas corresponde esencialmente a las unidades tectónicas meridionales de Pszczolkowski (1994b), en tanto que los paquetes La Caridad, Las Terrazas, Quiñones y Guajaibón, equivalen a las unidades tectónicas septentrionales de dicho autor. Estas estructuras se prolongan mas al oeste, en la porción oriental de las Alturas de Pizarra del Norte y la "zona Esperanza" (Pszczolkowski, 1994b).

En los mantos tectónicos hay gran cantidad de deformaciones, tanto plicativas (coherentes), como disyuntivas. Las características de las deformaciones están en función de la litología (a grosso modo, unidades litoestratigráficas), posición en el nappe (distancia

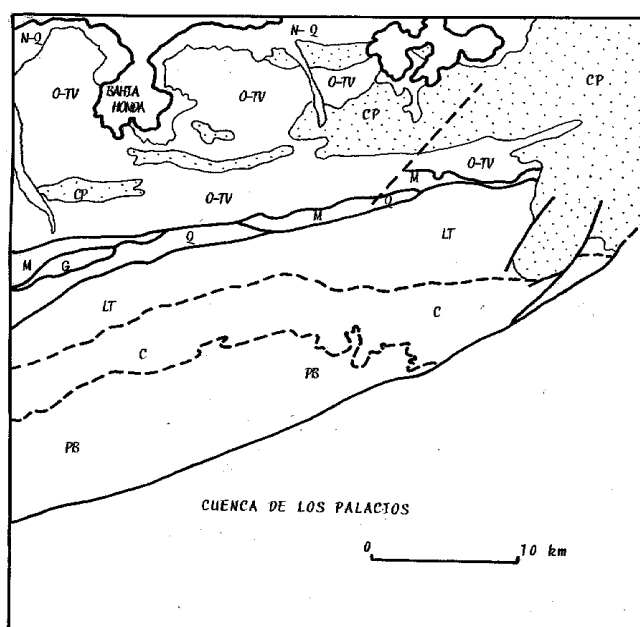


FIGURA 5. Esquema tectónico de la mitad oriental de la Sierra del Rosario y áreas adyacentes. PB: Nappes de Peñas Blancas, C: Nappes de La Caridad, LT: Nappes de Las Terrazas, Q: Nappe Quiñones, G: Nappe del Pan de Guajaibón, M: Faja de la Fm. Manacas en el margen septentrional de la sierra del Rosario, O-TV: Ofiolitas y terrenos volcánicos cretácicos, CP: Fm. Capdevila, N-Q: Sedimentos del Neógeno y Cuaternario. Los paquetes de nappes buzcan en general al norte, de ahí que los mas meridionales constituyen los mas bajos estructuralmente. Las ofiolitas y terrenos volcánicos descansan tectonicamente sobre las estructuras de la Sierra del Rosario, buzando también hacia el norte, en tanto que las capas de la Fm. Capdevila y los depósitos del Neógeno y Cuaternario cubren discordantemente los nappes. El emplazamiento de los nappes de la Sierra del Rosario, las ofiolitas y los terrenos volcánicos cretácicos debió ocurrir a inicios del Eoceno Temprano. La Fm. Manacas es la evidencia de ese evento.

respecto a los planos de sobrecorrimento) y, posiblemente, profundidad a la cual ocurrió la deformación. En las formaciones con estratificación más gruesa no se observan pliegues o estos son mucho mayores y menos evidentes que en las bien estratificadas. Por ejemplo, en las capas de la Fm. El Sábalo casi no se aprecian pliegues tectónicos (aunque si sinsedimentarios) y en sus lechos se forman solo monoclinales (Figura 6) o pliegues muy abiertos. Igual ocurre con las capas masivas de la Fm. Cacarajícara, que presenta una yacencia monoclinial perturbada por fallas (nappe Sierra Chiquita de Pszczolkowski, 1978, su Figura 2). En cambio, las capas finamente estratificadas, con abundantes argilitas de las formaciones Polier y Santa Teresa están muy complejamente dislocadas en pliegues métricos. En las formaciones Artemisa y Polier son frecuentes los pliegues isoclinales o casi isoclinales con charnelas muy agudas (Figura 7). En la primera de estas unidades, las deformaciones son mas complejas en los niveles mas arcillosos.

Un elemento esencial en la tectónica de la sierra es la omnipresencia de fallas, desde niveles milimétricos hasta sobrecorrimentos que pueden por el rumbo se-

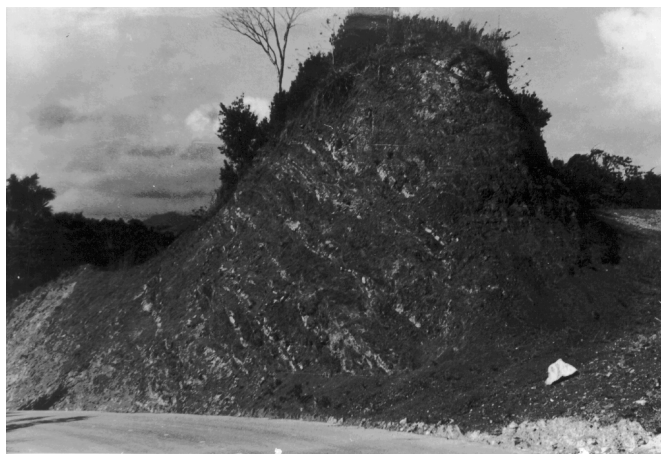


FIGURA 6. Yacencia monoclinial de las capas de la Fm. El Sábalo en un afloramiento en la carretera de montaña, en su localidad tipo. Las fajas de colores más claros son sedimentos, las más oscuras, diabasas.

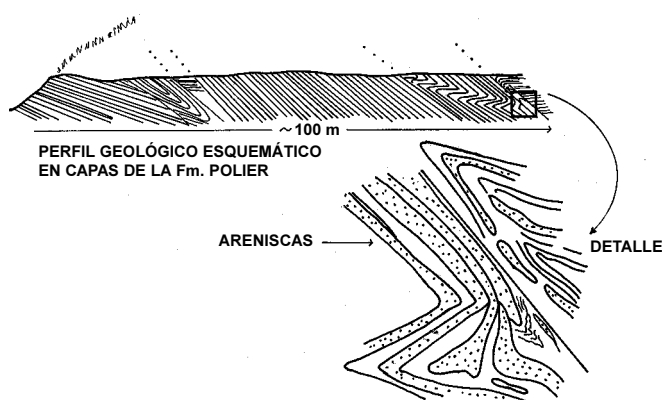


FIGURA 7. Deformaciones características de la Fm. Polier (Berriasiano-Aptiano). El plegamiento isoclinal presente es muy difícil de detectar cuando no son visibles las charnelas (observar cerca del extremo izquierdo de la figura).

guirse decenas de kilómetros (ver mapa geológico 1:250 000 de Cuba). En las secuencias finamente estratificadas cada plano de estratificación, especialmente según las argilitas, constituye una superficie de deslizamiento. En todo su volumen estas formaciones se han deslizado capa a capa, a la manera del flujo laminar en un material muy viscoso. Muchos de las fallas siguen, al menos en parte, los planos de estratificación. El paralelismo general entre el rumbo de las capas y el trazo de los planos de sobrecorrimento respalda esta aseveración (ver el mapa geológico 1: 250 000 de Cuba). En las cercanías de los planos de sobrecorrimento se disponen brechas tectónicas, zonas de rocas foliadas y lentes tectónicas. Ocasionalmente hay restos de hidrocarburos (HC) en los planos de falla e inmediaciones.

El espesor total del conjunto de nappes en la parte oriental de la sierra no debe ser inferior a varios kilómetros. Pozos perforados para búsqueda de HC (Pinar 2, Cayajabos 3) han rebasado los 2 km de profundidad, sin salir de sus cortes.

MELANGES DE LA SIERRA DEL ROSARIO

Un punto de trascendental importancia en la tectónica de la sierra son los melanges. Este tema fue tratado recientemente por uno de los autores (Cobiella-Reguera, 1998), por eso nos limitaremos a una breve síntesis del citado artículo.

Aunque definido por Greenly a inicios del presente siglo (Hsu 1968) el término melange no fue ampliamente utilizado en geología hasta fines de la década de los 60, gracias, en buena medida, a K.J.Hsu. A lo largo de los años ha existido un prolongado debate sobre el empleo del término. Se impone entonces precisar el uso que se dará a la palabra melange en las siguientes líneas. Como tal se considerarán los macizos rocosos cartográficos a escala 1:25 000 a 1:50 000 o menores caracterizados por una estructura interna caótica, originada por la molienda, escamadura y mezcla con su entorno, excepto aquellos más jóvenes que pueden descansar estratigráficamente sobre el melange. Los melanges se localizan invariablemente en zonas de importantes deformaciones tectónicas y se vinculan especialmente con la tectónica de mantos alpinos.

El término olistostroma se emplea para designar a cuerpos geológicos sedimentarios caracterizados por una estructura interna caótica originada por el transporte gravitacional de sedimentos. Frecuentemente los olistostromas se generan frente a nappes que se deslizan hacia una cuenca y que, al avanzar, cubren y trituran los depósitos caóticos originados a partir de ellos (Cobiella, 1978; Belostostki, 1970). Durante este proceso los olistostromas son molidos, escamados, e incluso, mezclados con las rocas basales de los nappes que lo cabalgan, transformándose en melanges. Lo anterior implica que, a menudo, no existe una frontera precisa olistostroma/melange.

Formando parte del apilamiento tectónico en la porción oriental de las montañas de Guaniguanico se encuentran diferentes melanges, distinguiéndose dos grandes variedades genéticas:

1. Melanges formados mayormente a partir de olistostromas depositados frente a mantos en avance y posteriormente triturados por los propios nappes que los originan. Ellos constituyen lo que habitualmente se ha denominado Fm. Manacas (Fm. Pica-Pica en el mapa geológico 1:250 000 de Cuba) y que aquí también denominaremos melanges α .
2. Melanges creados a partir de la trituración tectónica de diversas formaciones mesozoicas durante la génesis del edificio de nappes. Ellos pueden contener lentes más o menos importantes de la Fm. Manacas (melanges β).

Cada una de estas variedades de melanges contiene diferentes tipos. Cobiella-Reguera (1998) estudia en detalle estas variedades en otra publicación, a la cual se remite al lector que desee ampliar sobre el tema.

Es interesante anotar que, a nivel regional (cordillera de Guaniguanico), se observan ciertas regularidades en la abundancia y composición de los melanges. Estructuras semejantes a los melanges β no han sido reportados en el resto de la cordillera, ni los autores las han detectado en sus recorridos. Esto puede tener su origen en el papel muy subordinado de las rocas arcillosas en los cortes mayormente carbonatados del Jurásico Superior y Cretácico en la Sierra de los Órganos. Por otra parte, las rocas de la Fm. Manacas están casi totalmente ausentes en las Alturas de Pizarras del Sur y en la porción SW de las Alturas de Pizarras del Norte (al sur del nappe La Paloma) y solo son abundantes en la mitad norte de las últimas elevaciones, que contienen la prolongación de los nappes mas bajos de la Sierra del Rosario.

SOBRE EL POTENCIAL GASOPETROLÍFERO DE LA SIERRA DEL ROSARIO Y ÁREAS ADYACENTES

El estudio de la estratigrafía y tectónica de la Sierra del Rosario realizado en las páginas precedentes lleva, de forma natural, a un examen de su posición en la geología de Cuba, tema de indiscutible interés científico y económico. En los próximos párrafos debatiremos tan importante cuestión.

De gran importancia en el desciframiento de las relaciones geológicas entre la Sierra y las regiones adyacentes es el artículo de Pszczolkowski (1994b), en el que dicho autor arriba a varias conclusiones de gran interés, resumidas a continuación.

1. Los nappes de las Alturas de Pizarra del Norte y la "zona Esperanza" son la prolongación hacia el oeste de las estructuras de la Sierra del Rosario. Los nappes mas septentrionales se encuentran mas alto en la es-

tructura y provienen de localidades mas meridionales (ver tambien Cobiella- Reguera, 1996a).

2. Los nappes de la Sierra del Rosario, Alturas de Pizarras del Norte y la "zona Esperanza" yacen estructuralmente sobre las unidades de la Sierra de los Órganos. A su vez, las rocas de la Sierra del Rosario están cubiertas por los nappes de ofiolitas y rocas volcánicas cretácicas y su cobertura (terreno Bahía Honda, sensu Pszczolkowski 1994b). El transporte del "terreno Bahía Honda" hacia el norte fue la causa principal de las deformaciones de las secuencias de Guaniguanico.
3. La posición originalmente mas meridional de las secuencias de la Sierra del Rosario, con respecto a las de la Sierra de los Órganos viene dada, no solo por su posición estructural, sino también por el arribo mas temprano a la primera de clastos derivados de la erosión de las secuencias volcánicas (Campaniano tardío), con relación a la Sierra de los Órganos (Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano).
4. No existe una zona de fallas de deslizamiento por el rumbo separando la Sierra del Rosario de las estructuras más al oeste.

Desde principios de los años 80, diferentes autores han expresado ideas sobre la semejanza de los cortes de la Sierra del Rosario y la zona Placetes del margen continental de Norteamérica en el norte de Cuba central (Pszczolkowski, 1982, 1986; Cobiella-Reguera, 1992; Cobiella Reguera *et al.* 1997), aunque tambien se ha propuesto considerarla parte de los llamados terrenos sudoccidentales, junto a la Isla de la Juventud y el Escambray (Iturralde Vinent 1996).

Si se comparan los cortes cretácicos de la Sierra del Rosario presentados en este artículo y los de la zona Placetes (Pszczolkowski, 1982, 1986a; Pardo, 1975), saltan a la vista las estrechas similitudes entre ellos. La mayor diferencia es el no registro en la zona Placetes de equivalentes de la Fm. Moreno la que, como se señaló, casi no aflora en la sierra. Respecto al Jurásico, las semejanzas son menores, aunque los nuevos datos de la prospección de HC indican que el Kimmeridgiano superior y el Tithoniano de Placetes es de carbonatos de aguas profundas (Alvarez Castro *et al.* 1998), muy similar a la Fm. Artemisa, en tanto que los sedimentos del Oxfordiano y Kimmeridgiano bajo, son mayormente siliciclásticos, sin equivalentes litológicos coetáneos en el occidente de Cuba. Por otra parte, tanto en la Sierra del Rosario, como sobre la zona Placetes, los sedimentos del Terciario inferior son olistostromas con clastos de ofiolitas, volcanitas y rocas del margen continental, depositados en una cuenca de antepaís que recibió sedimentos de un orógeno mas meridional (Cobiella-Reguera, 1997). Tanto en el occidente como en el centro de Cuba, las ofiolitas y el terreno volcánico cretácico se emplazaron desde el sur sobre la citada cuenca de antepaís (Pardo 1975; Iturralde Vinent, 1996; Pszczolkowski, 1994b; Cobiella-Reguera, 1997).

En resumen, el corte estratigráfico a partir del Tithoniano (y posiblemente, desde el Kimmeridgiano),

posición tectónica y evolución geológica de la Sierra del Rosario y la zona Placetas (incluyendo los depósitos del Terciario inferior) son muy semejantes y son una evidencia de que ambos territorios debieron pertenecer a los mismos dominios paleogeográficos. La zona Placetas contiene los mayores yacimientos de petróleo y gas de Cuba (Echevarría *et al.*, 1991). Si la Sierra del Rosario presenta muchas semejanzas en su corte estratigráfico, estilo tectónico, posición estructural e historia geológica con dicha zona y si, además, hay gran cantidad de manifestaciones superficiales de HC y buenos indicios en el subsuelo, resultan obvias las enormes potencialidades del territorio de la Sierra del Rosario de contener importantes yacimientos de HC.

Sin embargo, la situación geológica en el occidente de Cuba difiere en algunos aspectos de la presente mas al este. Las relaciones estructurales expuestas por Pszczolkowski (1994b), presentadas al inicio del presente epígrafe, permiten extraer interesantes propuestas para la prospección de petróleo y gas.

1. Los cortes de la Sierra de los Órganos pueden extenderse, a profundidades variables, por debajo de las restantes unidades (Alturas de Pizarra del Norte y del Sur, Sierra del Rosario). Los cortes de la Sierra de los Órganos (cuya estratigrafía entre el Tithoniano y el Cenomaniano guarda similitudes con la de los depósitos coetáneos de la zona Camajuaní) poseen el gran atractivo de los bancos carbonatados del Jurásico Superior (Hatten, 1957, 1967), en tanto que las formaciones Manacas y San Cayetano pueden actuar como sellos. Son particularmente atractivas, desde este punto de vista, la parte occidental de la Sierra del Rosario y las Alturas de Pizarras del Sur.
2. Debido a la superposición tectónica creada por el apilamiento de nappes en Cuba occidental, es posible tener en una misma área, varios niveles de interés para la prospección. Por ejemplo, en la región de Bahía Honda, bajo los nappes de ofiolitas y volcanitas cretácicas, descansan los cortes de la Sierra del Rosario (incluyendo la Fm. Guajaibón) y, bajo estos, a profundidades considerables, es posible que yazgan los de la Sierra de los Órganos. En el campo Martín Mesa es posible que, bajo los nappes de la Sierra del Rosario, que es donde se encuentra el yacimiento, se localicen cortes de la Sierra de los Órganos. La prospección sísmica en Cuba occidental debe tener en cuenta estas fronteras al interpretar los cortes.

CONCLUSIONES

1. El corte estratigráfico presente en la Sierra del Rosario comprende rocas cuya edad va desde el Jurásico (pre Oxfordiano medio) hasta el Eoceno Inferior. La columna estratigráfica regional se divide naturalmente en cinco grandes secuencias de muy desigual duración, todas acumuladas en condiciones marinas.
 - Secuencia del Jurásico Medio?- Jurásico Superior, Oxfordiano medio.

- Secuencia del Jurásico Superior (Oxfordiano medio) Cretácico Superior, Cenomaniano (localmente Turoniano).
 - Secuencia del Cretácico Superior, Campaniano.
 - Secuencia del Cretácico Superior, Maastrichtiano superior (o límite K/T).
 - Secuencia del Paleoceno Superior- Eoceno Inferior.
2. Las capas de las dos primeras secuencias citadas se acumularon en un margen continental. Al menos a partir del Tithoniano este margen fue la prolongación occidental del paleomargen mesozoico del norte de Cuba Central (zona Placetas), con condiciones de fondos poco ventilados, de aquí que la coloración oscura general de sus sedimentos, debido a la abundancia en materia orgánica. La secuencia del Cretácico Superior, Campaniano, también es un depósito del mismo margen, pero acumulado en condiciones de una mejor ventilación. La cuarta secuencia es un depósito de acumulación instantánea, desde el punto de vista geológico, vinculado posiblemente a un evento catastrófico en el límite Cretácico-Terciario (K/T). Gran parte de sus sedimentos es un redepósito de aguas someras. La secuencia del Paleoceno Superior-Eoceno Inferior se acumuló bajo un nuevo régimen tectónico en una cuenca de antepaís (*foredeep*).
 3. Los sedimentos de la Fm. Capdevila parecen cubrir discordantemente las capas deformadas de las secuencias de la Sierra del Rosario al este de estas montañas.
 4. Los sedimentos de la Fm. Guajaibón son depósitos de un banco carbonatado de edad Albiano-Cenomaniano, emplazados tectonicamente en el borde norte de la sierra. Sus relaciones actuales con las unidades litoestratigráficas que lo rodean son siempre tectónicas. La presencia de numerosas intercalaciones de sedimentos calcáreos, con fósiles o partículas de aguas someras en los cortes de aguas profundas que caracterizan el Jurásico Superior y Cretácico de Sierra del Rosario, permite suponer la existencia de bancos carbonatados formados en aguas no muy lejanas a aquellos donde se encuentran sus redepósitos. Es posible que algunos de estos bancos yazgan en nappes en el corte profundo de la sierra.
 5. El corte geológico de la Sierra del Rosario presenta numerosos nappes. De acuerdo a su composición estratigráfica pueden distinguirse varios paquetes de nappes. Los horizontes basales de los paquetes de nappes se hacen más antiguos hacia el sur de la sierra, indicando que las superficies de despegue tectónico son mas profundas en esa dirección. El edificio de nappes tiene una potencia de varios kilómetros, posiblemente no menos de 3-4 km.
 6. Los principales horizontes de despegue tectónico de los nappes de Sierra del Rosario son, de mas bajo a mas alto:
 - Intervalos ricos en argilitas en la parte alta de la Fm. San Cayetano.

- Capas basales de la Fm. El Sábalo.,
 - Horizontes bajos? de la Fm. Lucas.
 - El Mb. Roble y la Fm. Santa Teresa.
 - La base de la Fm. Guajaibón.
 - La Fm. Moreno?.
 - La Fm. Manacas.
7. Las distintas formaciones que integran el corte geológico de la sierra se han deformado de diferente manera en los nappes. Estas deformaciones son más complejas en general mientras mas finamente estratificadas y mas ricas en argilitas son las formaciones; también influye la proximidad de los planos de sobrecorrimiento, hacia donde la disgregación de las rocas aumenta.
- En las formaciones finamente estratificadas todo el paquete rocoso se ha deslizado capa a capa a la manera de un material muy viscoso con flujo laminar. Muchas de sus innumerables fallas siguen en gran parte de su trayecto los planos de estratificación. Las formaciones con estratificación mas gruesa se comportan como materiales mas rígidos, disgregándose en bloques de diferentes dimensiones, muchas veces incluidos en melanges.
8. En la Sierra del Rosario abundan los melanges. Se distinguen dos grandes variedades: a) melanges formados a partir de olistostromas (Fm. Manacas), melanges β , b) melanges de génesis estrictamente tectónica, melanges β , originados a partir de la trituration y mezcla de diferentes unidades litoestratigráficas durante los sobrecorrimientos. Debido a que los melanges poseen una matriz muy fragmentada y pulverizada, esta meteoriza rapidamente y frecuentemente su presencia puede pasar por alto en una inspección rápida de los afloramientos, evaluándose los grandes bloques que contienen como rocas en situ, con la consecuente interpretación errónea de la estratigrafía.
9. Existen numerosos indicios perspectivas para la localización de yacimientos de HC en la Sierra del Rosario, dada su gran similitud con la zona Placetas (donde se encuentran los principales yacimientos de Cuba) y las manifestaciones de HC en superficie y pozos. La estructura de nappes de Cuba occidental, al norte de la falla Pinar, permite suponer la superposición en una misma localidad de varios niveles de interés para la prospección de HC.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo constituye el resultado de más de diez años de trabajo de los autores en la Sierra del Rosario. Durante ese tiempo recibieron la ayuda de estudiantes y profesores del departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, así como de los muchos pobladores de la sierra, en especial de Las Terrazas. Silvia Blanco Bustamante y José Fernández Carmona del Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET) y Gustavo Furrázola Bermúdez, así como

Jorge de Huelbes Alonso del Instituto de Geología y Paleontología (IGP), todos ellos paleontólogos, colaboraron con la determinación del contenido fosilífero de muchas secciones delgadas a lo largo de toda la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ CASTRO, J., R. GARCÍA SÁNCHEZ, R. SEGURA SOTO, S. VALLADARES AMARO: "Historia geológica del desarrollo de las rocas del margen continental del dominio Las Villas basada en la evolución sedimentaria de la paleocuenca", en *Memorias Geología y Minería* 98, vol. I, 1998, pp. 20-23.
- BELOSTOTSKI, I.: "Zonas de melange y estructuras caóticas", en: *Manual de Geología Estructural de las secuencias complejamente dislocadas* (en ruso), Editorial Nedra, Moscú, 1970, pp.170-191.
- COBIELLA-REGUERA, J.: "Una melange en Cuba Oriental", en *La Minería en Cuba*, vol. 4, 1978, pp. 46-51.
- _____: "Pliegues de deslizamiento submarino en sedimentos y lavas de la Fm. El Sábalo, sierra del Rosario, Pinar del Río", en *Revista Tecnológica*, vol. XXII, no.1, 1992, pp. 3-10
- _____: "Estratigrafía y eventos jurásicos en la cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental", en *Minería y Geología*, vol. XIII, no. 3, 1996a, pp. 11-25.
- _____: "El magmatismo jurásico (caloviano?-oxfordiano) de Cuba occidental: ambientes de formación e implicaciones regionales", en *Revista Asociación Geológica Argentina*, vol. 51, n.1, 1996b, pp.15-28.
- _____: "Zonación estructurofacial del Paleoceno-Eoceno Medio de Cuba", en *Minería y Geología*, vol. XIV, no.1, 1997, pp.3-12.
- _____: "Melanges de Sierra del Rosario, Cuba occidental. Tipos e implicaciones regionales", en *Minería y Geología*, vol. XV, no. 2, 1998, pp. 3-10.
- COBIELLA-REGUERA, J. Y A. HERNÁNDEZ-ESCOBAR: "Estudio geológico de la Sierra del Rosario entre Soroa y Cayajabos, provincias de Pinar del Río y La Habana", Informe, Universidad de Pinar del Río, 1990.
- COBIELLA-REGUERA, J. Y A. HERNÁNDEZ-ESCOBAR, N. DÍAZ-DÍAZ, P. OBREGÓN-PÉREZ: "Estudio de algunas areniscas de las formaciones San Cayetano y Polier, Sierra del Rosario, Cuba occidental", en *Minería y Geología*, vol. XIV, no.3, 1997, pp. 59-68.
- DÍAZ-OTERO, C., G. FURRAZOLA-BERMUDEZ, E. M. ITURRALDE-VINENT: "Estratigrafía del banco carbonatado cretácico "Remedios" del área Cuba norte-Bahamas", en *Minería y Geología*, vol. 3, no. 3, 1992, pp. 19-32.
- ECHEVARRÍA-RODRÍGUEZ, G., G. HERNÁNDEZ PÉREZ, J. LÓPEZ-QUINTERO, J. LÓPEZ-RIVERA, R. RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, J. SANCHEZ-ARANGO, R. SOCORRO-TRUJILLO, R. TENREYRO-PÉREZ, J. IPARRAGUIRRE-PENA: "Oil and Gas Exploration in Cuba", en *Journal of Petroleum Geology*, vol. 14, no. 3, 1991, pp. 259-274.
- GIL GONZÁLEZ, S., B. ECHEVARRÍA-HERNÁNDEZ, W. HIDALGO ALDANA, E. ALONSO CABRERA, M. GARCÍA GARCÍA: "Los depósitos carbonatados del Pan de Guajaibón: un acercamiento litológico y paleoambiental a su origen", en *Minería y Geología*, vol. XIV, no. 3, 1997, pp. 43-49.
- HACZWESKI, G.: "Sedimentological Reconnaissance of the San Cayetano Formation: An Accumulative Continental Margin in the Jurassic of Western Cuba", en *Acta Geológica Polónica*, vol. 26, no. 2, 1976, pp. 331-353.

- HACZWESKI, G.: "Reconocimiento sedimentológico de la Fm. San Cayetano. Un margen continental acumulativo en el Jurásico de Cuba occidental", en *Contribución a la Geología de la provincia de Pinar del Río*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1987, pp. 228-247.
- HATTEN, CH.: "Geology of Central Sierra de los Organos, Pinar del Río Province, Cuba", Informe inédito, en *Fondo Geológico de Cuba*, La Habana, 1957.
- HATTEN, CH.: "Principal Features of Cuban Geology", Discussion, *American Association of Petroleum Geologist*, vol. 51, no.5, 1967, pp. 780-789.
- HSÜ, K.J.: "Principles of Melanges and their Bearing in Franciscan-Knoxville Paradox", en *Geological Society of America*, vol. 79, 1968, p. 1063-1074.
- KHUDOLEY, K. Y A. MEYERHOFF: "Paleogeography and Geological History of Greater Antilles, en *Geological Society of America*, Memoria 120, 1971.
- PARDO, G.: "Geology of Cuba", en *The Oceans Basins and Margins*, vol. 3, The Gulf of Mexico, Plenum Publications Corporation, 1975, pp. 553-615.
- PSZCZOLKOWSKI, A.: "Geosynclinal Sequences of the Cordillera de Guaniguanico in Western Cuba, their Lithostratigraphy, Facies Development and Paleogeography", en *Acta Geológica Polonica*, vol. 28, no. 1, 1978, pp. 1-96.
- _____ : "Cretaceous Sediments and Paleogeography in the Western part of the Cuban miogeosyncline", en *Acta Geológica Polonica*, vol. 32 (1-2), 1982, pp. 135-161.
- _____ : "Secuencia estratigráfica de Placetas en el área limítrofe de las provincias de Matanzas y Villa Clara (Cuba)", en *Bulletin of the Polish Academic of Sciences, Earth Sciences*, vol. 34, no. 9, 1986a, pp. 67-79.
- _____ : "Megacapas del Maastrichtiano en Cuba occidental y central", en *Bulletin of the Polish Academic of Sciences, Earth Sciences*, vol. 34, no. 1, 1986b, pp. 81-94.
- _____ : "Secuencias miogeosinclinales de la cordillera de Guaniguanico. Litoestratigrafía, desarrollo de facies y paleogeografía", en *Contribución a la Geología de la Provincia de Pinar del Río*, Editora Científico-Técnica, 1987, pp. 5- 84.
- PSZCZOLKOWSKI, A., D. GARCÍA, D. E. PÉREZ: "Late Maastrichtian Foraminifera, Glass Fragments and Evidence from Violent Erosion Near K/T Boundary in Western Cuba", en *Programa y Resúmenes*, 13a Conferencia Geológica del Caribe, 1992, pp.127.
- PSZCZOLKOWSKI, A.: "Lithostratigraphy of the Mesozoic and Paleogene rocks of Sierra del Rosario, Western of Cuba", en *Studia Geologica Polonica*, vol. 105, 1994a, pp.39-64.
- PSZCZOLKOWSKI, A.: "Geological cross-sections thorough the Sierra del Rosario thrust belt, western Cuba", en *Studia Geologica Polonica*, vol. 105, 1994b, pp. 67-90.
- PSZCZOLKOWSKI, A. Y J. F. ALBEAR: "La secuencia vulcanógeno-sedimentaria de la sierra del Rosario, provincia de Pinar del Río, Cuba", en *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, no. 6, 1982, pp. 41-52.
- PSZCZOLKOWSKI, A. K., PIOTROWSKA, R. MYCZINSKI, J. PIOTROWSKI, A. SKUPINSKI, J. GRADZICKI, D. DANIELEWSKI, G. HACZEWSKI: "Texto explicativo del Mapa Geológico a escala 1: 250 000 de la Provincia de Pinar del Río", Informe inédito, Oficina Nacional de Recursos Minerales, 1975.
- WILSON, J.: Las Facies Carbonatadas en la Historia Geológica (en ruso), editorial Nedra, Moscu, 1980.