



LA PROVINCIA SUR PETROLERA CUBANA, UN RETO PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS

Isabel Morales-Carrillo, Juan G. Lopez-Rivera y Orelvis Delgado

*Centro de Investigaciones del Petróleo, Cuba, Washington y Churrucá, Cerro, CP 11200,
isabelita@ceinpet.cupet.cu, jguillermo@*

RESUMEN

Con la apertura a la inversión extranjera en 1991 y la división en bloques para la exploración petrolera, entre las primeras áreas que fueron interesantes para compañías foráneas se encuentran los Golfos de Ana María y Guacanayabo, así como las cuencas Mercedes, Vertientes, Cauto y San Luis, todas ubicadas en la provincia sur. A partir de los resultados de los trabajos geológico - geofísicos realizados en el período 1993 – 2010, en la provincia gasopetrolífera sur, se perforaron seis pozos de exploración, ninguno de los cuales fue descubridor.

El mayor riesgo definido hasta hoy, en la provincia sur es el relacionado con la presencia de rocas madres, las cuales se espera que sean carbonatos de edad Jurásico Superior- Cretácico Medio, por analogía con la provincia norte. Sin embargo, la presencia de manifestaciones en cayos de Los Canarreos, Jardines de la Reina (Golfo de Ana María), pozo Manzanillo (cuenca Cauto), muestran la existencia de un sistema petrolero activo.

En 1986 se realiza un levantamiento sísmico regional de aguas profundas [2D, 2400%, equipo Sercel], del cual 11 líneas [cerca de 1800 km] se sitúan en la acuatoria sur entre Bahía de Cochinos y Cabo Cruz [provincia Granma], el procesamiento de la información fue con el sistema ruso SDS 3, el cual puede considerarse parcial, ya que sólo llegó a obtener sumas en tiempo, no obstante brinda información importante sobre la naturaleza geológica del área analizada. Esta información sísmica, junto a los resultados de análisis geoquímicos a muestras obtenidas en la cayería de Jardines de la Reina, permite pronosticar en áreas de aguas profundas y someras en la provincia sur (sistemas petroleros) diferentes a los de la provincia norte

ABSTRACT

With opening to foreign investment and the blocks division for oil exploration, among the first areas under contract by foreign companies were Ana Maria and Guacanayabo gulfs, and Mercedes, Vertientes, Cauto, and San Luis basins all of them located in the Cuban Oil South province. Taking into account the results of geological and geophysical investigations in the period 1993 – 2010, in the oil south province, six wells were drilled but no one was a discovery well. The main risk defined up today in this province is related to the presence of source rocks, it has been expected to be Upper Jurassic-Cretaceous carbonates, in analogy of the Northern Province. The presence of oil and gas seeps in Los Canarreos, Jardines de la Reina, Manzanillo well (Cauto Basin) shows the presence of active petroleum systems. In 1986, a regional seismic survey was recorded in deep waters (2D, 2400%, Sercel equipment), 11 lines with 1800 km, situated from Bahia de Cochinos to Cayo Cruz, gives geological information about the area. These seismic results analyzed with geochemical analysis to samples obtained in some keys from Jardines de la Reina, permit a prognosis for areas in deep and shallow waters of some petroleum systems different for those in Northern Province



INTRODUCCIÓN

Cuba cuenta con dos provincias petroleras: la norte y la sur (Fig. 1). La provincia sur está conformada por cuencas terciarias, separadas entre sí fundamentalmente por levantamientos de rocas volcánicas. La presencia de minas de asphaltita, manifestaciones superficiales y en pozos para agua han promovido la realización de estudios para la búsqueda de petróleo en la provincia sur, siendo los principales resultados hasta el presente el descubrimiento de los yacimientos Jatibonico y Cristales en Cuenca Central a mediados del siglo XX.

Luego de la apertura a la inversión extranjera en 1991, varios sectores de la provincia sur han sido objeto de estudio por diferentes compañías, con un concepto geológico similar al de la provincia norte en lo referido al tipo de roca madre, entre los principales resultados obtenidos están el aumento del conocimiento geológico de esta zona, y comprobar la potencialidad petrolífera de la misma, sin embargo a pesar de las premisas geológicas, que apuntan a la existencia de un sistema petrolero activo, no se han realizado nuevos descubrimientos durante la perforación de los últimos 6 pozos de exploración realizados en diferentes áreas de la provincia sur.

La República de Cuba estableció su zona económica, de acuerdo con la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, mediante el Decreto Ley 2 de 1977. A través del tiempo ha negociado con países vecinos su delimitación donde la extensión no puede alcanzar las 200 millas marinas, depositando dichos límites ante las Naciones Unidas, Fig. 1.

A finales de 1999 el Estado cubano extiende a su zona económica (exclusiva) en el Golfo de México los escenarios donde es posible invertir para realizar actividades E&P (Fig. 1), iniciándose las contrataciones en el año 2000, sin embargo las áreas ubicadas al sur no dejan de ser promisorias y por tanto necesitadas de estudio, a pesar de no haber sido descubiertas hasta el presente las rocas madre capaces de alimentar los sistemas petroleros que se desarrollen allí.



Figura 1.- Límites de la Zona Económica Exclusiva de la República de Cuba, provincias petroleras y, principales rasgos fisiográficos en la parte marina de la provincia sur

Como se conoce, los sistemas petroleros son la asociación de los elementos y procesos relacionados a la formación de yacimientos de hidrocarburos, entre los primeros están: la roca madre, el reservorio,



el sello, la trampa y como procesos están definidos el enterramiento, la maduración, la expulsión, la migración y el entrapamiento.

El objetivo del presente trabajo es un análisis de los posibles sistemas petroleros en los mares de la provincia petrolera sur de Cuba, teniendo en cuenta algunos elementos que indican diferencias respecto a la provincia norte.

Síntesis geológica

La provincia sur petrolera está formada por diferentes cuencas de tipo intra y retro-arco ubicadas en tierra, aguas someras y aguas profundas (tabla I).

Tabla I.-Cuencas presentes en la Provincia Sur Petrolera Cubana

UBICACION	CUENCAS
Tierra	Los Palacios Vegas - Aguacate Mercedes Cuenca Central Guántanamo
Tierra – Aguas Someras	Ana María – Vertientes Cauto – Guacanayabo
Aguas Someras	Los Canarreos
Aguas Profundas	Yucatán Prolongación de Cauto - Guacanayabo

Las áreas de interés para la exploración petrolera, en la provincia sur, son las cuencas de tipo intra y retro arco asociadas a las secuencias del arco volcánico cretácico y del arco volcánico paleógeno en la parte más oriental, conformadas por sedimentos sinorogénicos y terciarios post orogénicos.

A partir de la información geológica y geofísica en la provincia sur, se caracterizan el área terrestre, y la de aguas someras por la presencia de espesores sedimentarios, característicos de una corteza de tipo transicional, que se corresponden con los valores del campo gravitatorio en reducción de Bouguer, (J. L. Cuevas, 2003) según se observa en las figuras 2 y 2A.

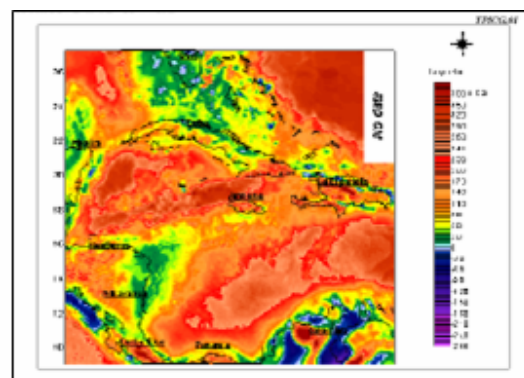
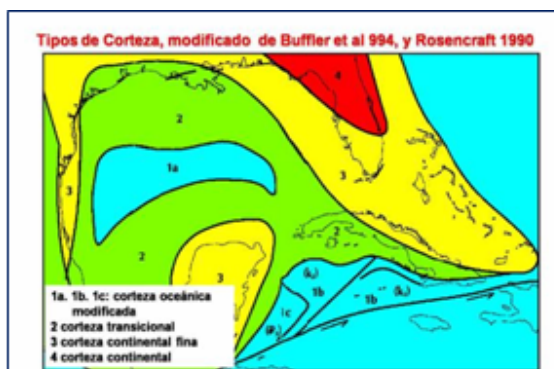


Figura 1.- Tipos de Corteza en el área del Caribe Occidental y Golfo de México

Figura 2ª.- Mapa de Anomalías de Bouguer en Caribe Occidental y Golfo de México, J. L. Cuevas 2003



La zona de aguas profundas en la provincia sur se caracteriza por la presencia de corteza transicional y oceánica modificada (Fig. 2) esta última con espesores entre 10- 15 km según Donnelly, T. 1994. Los principales rasgos fisiográficos son la Cuenca de Yucatán y la Cresta de Caimán, las cuales junto a Cuba forman parte de la placa norteamericana.

La Cuenca Yucatán, Pindell, J., 1994, surge durante el Paleoceno – Eoceno Medio, como resultado de una disminución extrema de la corteza del arco volcánico de las Antillas Mayores y de una apertura intra arco entre Cuba, la Cresta de Caimán y la placa norteamericana.

La Cuenca Yucatán en su parte centro occidental es una planicie turbidítica, mientras que la partes este y sur son menos profundas de relieve variado; la articulación con Cuba es de origen indeterminado en la mayor parte de la misma, aunque se considera que puede ser convergente hacia el nordeste. El límite oeste contra Belice y México es escalonado y ampliamente fallado.

La Cresta de Caimán, según Grenville et al, 1994, pudiera ser un fragmento del Elevado de Nicaragua, separado del mismo debido a la apertura del Trinchera de Caimán. Por otra parte Jones, B. 1994, considera que la Cresta de Caimán es un bloque elevado compuesto fundamentalmente por carbonatos de aguas someras, cuyo espesor, aunque se conoce que es mayor que 1500 – 2000 m, no ha sido totalmente atravesado por ningún pozo.

Sistemas petroleros

Como es conocido el análisis de los sistemas petroleros, como técnica investigativa que contribuye a la disminución del riesgo exploratorio, ha significado un cambio de paradigma en la exploración petrolera al ir de la roca sedimentaria al petróleo y de la estructura al sistema.

Ante la demanda mundial de energía, cobra cada vez más importancia el estudio de sistemas petroleros no convencionales como los asociados al gas biogénico y los hidratos de gas o metano.



Figura 3.- Puntos con manifestaciones de gas en el Archipiélago de los Canarreos

Las investigaciones en la provincia sur se han realizado en un volumen mucho menor que en la provincia norte y han estado dirigidas fundamentalmente a las cuencas ubicadas en tierra y aguas someras, y en estas enfocadas principalmente hacia las secuencias cretácicas, en las que se ha considerado deban estar los principales niveles de rocas madre y reservorios por analogía con la provincia norte. Las rocas cretácicas sólo han sido cortadas en la cuenca Ana María - Vertientes

Como resultado de las investigaciones geólogo – geofísicas realizadas en esta región, ha quedado establecido la existencia de diferentes elementos del sistema petrolero como las trampas, principalmente las de tipo estructural asociadas al Eoceno y Paleoceno, y se ha constatado la posibilidad de encontrar trampas estratigráficas tanto en Los Palacios (Morales, I, Aballí, P., 1998),



Ana María, Cauto-Guacanayabo, y la prolongación de esta última hacia aguas profundas. Además la presencia de un amplio espesor terciario, de rocas carbonatadas de aguas someras en la Cresta de Caimán Jones, B. 1994, apuntan a la posible presencia de reservorios terciarios incluidos los estratigráficos en la zona de aguas profundas.

De manera general se considera real la ocurrencia de sellos para toda la provincia sur cubana ya que han sido cortadas en diferentes pozos diferentes secuencias arcillosas de edad Paleoceno, Eoceno y Oligoceno de espesores variados.

Las vías de migración han sido establecidas a través de los procesos tectónicos relacionados con los cabalgamientos al ser estas cuencas de intra y retro arco.

El aspecto más discutido en el área es la presencia de rocas madre, en todos los estudios realizados para tierra y aguas someras, se ha supuesto su existencia asociada a rocas carbonatadas de edad Jurasico Superior- Cretácico Medio, por analogía con la provincia norte, sin embargo, se observan diferentes elementos aislados que al integrarse apuntan a un tipo de roca madre de edad y composición diferentes a las ya conocidas, entre estos elementos se encuentran:

- Manifestaciones de gas en Cauto – Guacanayabo, en calizas arrecifales.
- Manifestaciones de gas en el archipiélago de los Canarreos (Fig. 3).
- Se ha establecido por biomarcadores presencia de materia orgánica con origen en plantas superiores asociadas a las rocas madre en las muestras tomadas en varios cayos ubicados en Jardines de la Reina.

Rocas Madre

Pardo, G. 2006, plantea que al sur de Cuba se encuentra la trinchera ["trench"] Camagüey que ubicada al norte del sistema Caimán - Bartlett y al sur de las tierras emergidas en la actualidad, no es más que la huella de una zona de subducción, sobre la cual se encontró un prisma de acreción, debe señalarse que los sedimentos ubicados en los prismas de acreción, al penetrar a la litosfera y quedar en la parte superior de la misma pueden dar lugar a rocas madre generadoras de hidrocarburos de contar con la cantidad de materia orgánica requerida para ello.

Teniendo en cuenta lo expresado por Pardo, así como la presencia de manifestaciones de gas e hidrocarburos que coinciden espacialmente con la zona de ocurrencia del "Trench" Camaguey, se puede esperar la presencia de rocas madre en el sur de Cuba asociada a este evento,

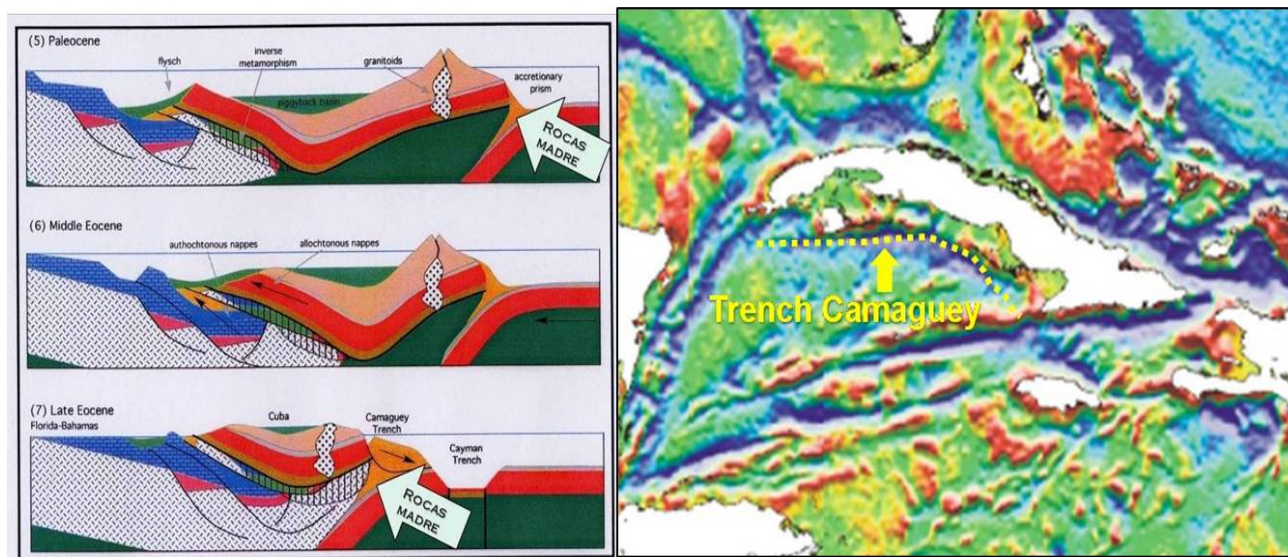


Figura 4.- Esquema de la ubicación de las rocas madre en el “trench” Camaguey, y ubicación de este último, modificado de Pardo 2006.

Gas Biogénico

El incremento de la demanda de fuentes energéticas en los últimos treinta años ha hecho atender y estudiar la presencia de gas biogénico, el cual es el resultado del proceso de biodegradación de la materia orgánica por bacterias, en sedimentos someros e inmaduros incluyendo aquellos formados en pantanos, lagos anóxicos de aguas frescas, y sedimentos marinos por debajo de la zona anaeróbica sulfato – reductora.

La acumulación de gas biogénico en cantidades comerciales requiere de: formación de trampas estructurales - estratigráficas, formación de sellos adecuados tempranos y altas velocidades de sedimentación.

Como resultado de los estudios realizados en el yacimiento de gas biogénico Terang – Sirasun en Indonesia (Noble, R. Henk, F, 1998), se demostró la roca madre presenta un bajo contenido de TOC (0,5 – 1,0%), y que la misma según biomarcadores es proveniente en gran parte de plantas superiores.

Las reconstrucciones geológicas realizadas durante el estudio del yacimiento Terang - Sirasun, permitieron conocer que el sello original del yacimiento fue removido por un corrimiento marino fuerte y otros procesos erosivos, y que el sello actual se debe a una deposición posterior, lo cual indicó que la metanogénesis se extendió por un período de 5 – 6 millones de años, por lo que se puede concluir que una gran acumulación de gas biogénico no sólo se asocia a un entrapamiento temprano del metano, sino que la recarga de las trampas es posible de existir las condiciones para ello.

Según López, J. O. 2010, la realización de un trabajo de detección de manifestaciones de petróleo en la superficie del mar en los Golfos de Ana María y Guacanayabo, durante la última década del siglo pasado, estableció la presencia de petróleo en las orillas de las playas, en forma de bitúmenes y bolas de alquitrán.

El resultado del estudio, a las muestras tomadas y la correlación con petróleos conocidos de las tres familias cubanas establecidas, demostró que los bitúmenes encontrados en las playas de los cayos



Tortuga Shoals, Rabihorcado, Caguma y Paloma, tienen un origen totalmente diferente al de las familias conocidas en Cuba.

Se estableció a partir de biomarcadores que estos hidrocarburos fueron generados por rocas madre con presencia de plantas superiores, cuya edad puede ser Cretácico Superior e incluso más jóvenes.

Hidratos de Gas o de Metano

Actualmente a nivel mundial se está dedicando tiempo al estudio de los hidratos de gas o metano, por la posibilidad que tienen de contaminar el ambiente, afectar la perforación para petróleo, pero también se estudia la posibilidad de encontrar yacimientos de hidratos de gas en zonas de aguas profundas en sedimentos jóvenes ubicados a profundidades menores que 1000 metros del lecho marino Clennell, Michael B. 2000.

La presencia de hidratos de gas o de metano se infiere en la sísmica a partir de la presencia de un reflector fuerte de amplitud negativa y sub paralelo al fondo marino, conocido como BSR de sus siglas en inglés (Bottom Simulating Reflector). En algunos lugares la presencia de hidratos de metano se asocia a la presencia de una reducción de los reflectores sísmicos llamada "blanking", la que es considerada provocada por la reducción de la impedancia acústica, asociada a la presencia del gas.

Los métodos modernos de adquisición y procesamiento de datos sísmicos como la inversión, el análisis de velocidades de alta resolución, la tomografía en tiempo de tránsito, y el análisis de AVO permiten la detección confiable y cuantificación parcial de acumulaciones de hidratos de gas. También el uso de las ondas de cizallamiento (ondas S) es de utilidad en este caso.

Teniendo en cuenta los criterios respecto a la imagen sísmica asociada a los hidratos de gas, se procedió a revisar las líneas sísmicas 2D existentes en la zona de aguas profundas de la provincia sur, correspondientes a la adquisición realizada en 1986 con técnica analógica y procesamiento estándar (migración en tiempo después de la suma), la cual cuenta con 11 líneas entre Bahía de Cochinos y Cabo Cruz, con un espaciamiento medio de unos 35 km para las líneas DIP, que son cortadas de manera general por dos líneas STRIKE que sirven de amarre al norte y al sur.

Este trabajo regional, el único existente en este sector de aguas profundas, a pesar de contar con una adquisición poco potente (sólo 2400%) y procesamiento básico, brinda información sobre el área y ha sido posible detectar en la línea B2, una zona de blanking y muy cercana a ella una elevación del fondo marino en forma de domo que pudiera estar asociado a un volcán de lodo. Esta zona de blanking se encuentra a una profundidad menor que 1000 metros del lecho marino (Fig. 5)

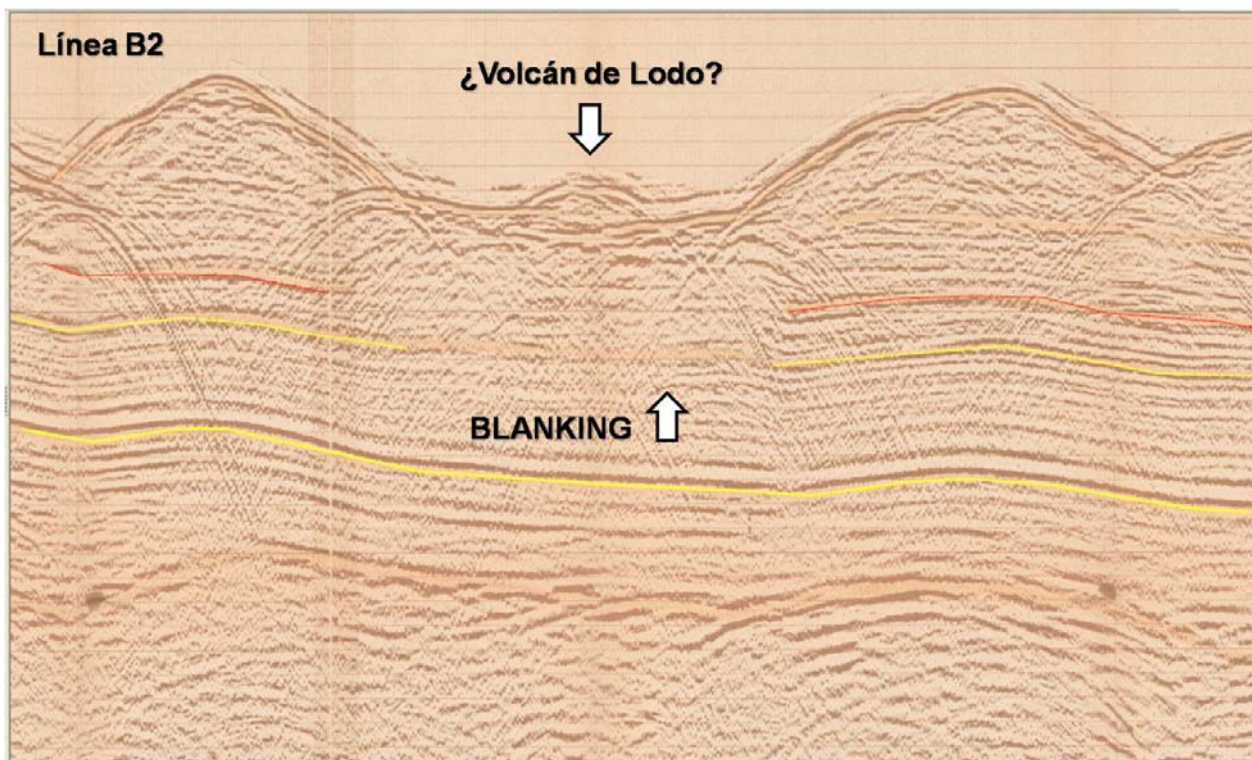


Figura 5.- Línea B2, ubicada en aguas profundas al sur de Cuba, donde se observa un blanqueamiento de la sección sísmica y un posible volcán de lodo.

CONCLUSIONES

Es posible pronosticar la presencia de varios sistemas petroleros activos en la parte marina de aguas someras y profundas en la provincia petrolera sur cubana.

Estos sistemas petroleros difieren de los encontrados hasta el presente en la provincia norte en lo referido a:

- Enterramiento de las rocas madre: unas asociadas a zonas de subducción y otras ubicadas en sedimentos terciarios a profundidades menores que 1000 m del fondo marino.
- Composición de la materia orgánica: rocas madre con presencia de plantas superiores.

Los sistemas petroleros que se pronostican deben dar origen a yacimientos de petróleo y gas, estos últimos asociados al gas biogénico y a los hidratos de metano.



BIBLIOGRAFÍA

- Clennel, Michael B. 2000, Hidrato de gas submarino: natureza, ocorrência e perspectivas para exploração na margen continental brasileira. *Revista Brasileira de Geofísica*. Vol 18, No.3, 2000, ISSN 0102-261X. Idioma portugués.
- Cuevas, José L. et al, 2003. Mapas Generalizados de las Anomalías Gravimétricas del Caribe Occidental y América Central, Memorias GEOMIN 2003, Sociedad Cubana de Geología, ISBN 959-7117-11-8
- Donnelly, T. 1994. Caribbean Geology, (Chapter III: The Caribbean Sea Floor). The University of the West Indies Publishers' Association (UWIPA), idioma inglés, ISBN 976-41-0033-3
- Grenville, D., T. A. Jackson, S. K. Donovan, 1994. Caribbean Geology. (Chapter I: Geologic Provinces of the Caribbean Region). The University of the West Indies Publishers' Association (UWIPA), idioma inglés, ISBN 976-41-0033-3
- Jones, B. 1994. Caribbean Geology (Chapter V: The Cayman Islands). The University of the West Indies Publishers' Association (UWIPA), idioma inglés, ISBN 976-41-0033-3
- López -Quintero, José O. 2010 ¿Nueva familia de petróleos cubanos en la plataforma marina sur de Cuba? Una incógnita de la geología cubana. Memorias V Jornada Calidad del Centro de Investigaciones del Petróleo, Cuba.
- Morales, I. Aballí, P., 1998. Potencial de Trampas Estratigráficas en la cuenca "Los Palacios" a partir de datos sísmicos. Memorias II Congreso Geofísica, Sociedad Cubana de Geología.
- Noble, R.A, F. H. Henk, 1998 Hydrocarbon charge of a bacterial gas field by prolonged methanogenesis: an example from the East Java Sea, Indonesia. *Org. Geochem*. Vol. 29, No 1-3: 301-314. Idioma inglés.
- Pardo, G., 2006. The Geology of Cuba. Idioma inglés.
- Pindell, J.L. 1994. Caribbean Geology. (Chapter II: Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean). The University of the West Indies Publishers' Association (UWIPA), idioma inglés, ISBN 976-41-0033-3