

## **LIBRO: EVALUACIÓN PETROFÍSICA DE FORMACIONES GASOPETROLÍFERAS CUBANAS**

**ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL:** Centro de Investigaciones del Petróleo

**AUTORA:** Olga Castro Castiñeira

### **COLABORADORES:**

Dr. José Álvarez Castro
Dra. Silvia Valladares Amaro
Dra. Norma Rodríguez Martínez
MSc. Juan Rodríguez-Loeches
Tec. Mariela Torres Díaz
MSc. Dolores González Despaigne
Dr. José Orlando López Quintero
Ing. Lisset Miquel González
Ing. Gilbert Ortiz Rabell
Ing. Denet Soler Toledo
MSc. Carlos Morales Echevarría
MSc. Carlos Perera Falcón
MSc. Magdalena López Fernández
MSc. Odalys Reyes Paredes
Dr. Evelio Linares Cala

### **AUTORA PARA LA CORRESPONDENCIA:**

Dra. Olga María Castro Castiñeira,  
Dirección postal: Churruca, No.481, e/ Vía Blanca y Washington, La Habana,  
C.P. 12000, Cuba.  
Correo electrónico: [olgac@ceinpet.cupet.cu](mailto:olgac@ceinpet.cupet.cu)

### **RESUMEN:**

A nivel mundial se puede hallar una extensa bibliografía acerca de la petrofísica y la evaluación de formaciones relacionadas con la exploración y explotación de petróleo y gas, desde libros propiamente de texto, hasta artículos, tesis y libros especializados; a partir de la introducción de Internet como herramienta de trabajo, se amplía considerablemente este horizonte.

Dentro de la bibliografía petrolera mundial no existe propiamente un libro o documento unificado sobre la experiencia en la evaluación de formaciones en Cuba. No obstante, existe sobre el tema un volumen considerable de artículos en diferentes revistas, memorias de eventos, tesis de grado, maestrías y doctorados, e informes que se encuentran en los archivos de universidades y entidades nacionales, que salvaguardan información geológica derivada de la evaluación de formaciones para la exploración y producción de hidrocarburos.

En el texto se ha unificado coherentemente en un texto una gran parte de la información dispersa y más vigente en materia de evaluación de formaciones cubanas a partir del trabajo de la petrofísica, para los diferentes tipos de rocas que integran los yacimientos, y puede servir como guía

metodológica en la interpretación de registros y otras evaluaciones de pozo para los reservorios cubanos. Se destaca la presentación de metodologías novedosas, desarrolladas por la autora y los colaboradores para el estudio y caracterización de los reservorios cubanos, a los cuales no es posible aplicar las metodologías que recoge la literatura especializada, debido a sus particularidades.

Se trata de un libro que constituye una base de estudio para adiestrados y especialistas en formación, y de consulta a cualquier petrofísico cubano, analista de registros, especialistas afines o interesados en la materia. Se ha distribuido en las universidades y politécnicos que se relacionan con el tema, además de las instituciones vinculadas con el trabajo de la geología y la geofísica.

### **COMUNICACIÓN CORTA**

Como dentro de la bibliografía petrolera mundial no existía propiamente un libro o documento unificado sobre la experiencia en la evaluación de formaciones en Cuba, se concibió la preparación de este libro a partir de la documentación existente sobre el tema en artículos en diferentes revistas, memorias de eventos, tesis de grado, maestrías y doctorados, e informes que se encuentran en los archivos de universidades y entidades nacionales, que salvaguardan información geológica derivada de la evaluación de formaciones para la exploración y producción de hidrocarburos.

En esto radica el objetivo principal de este trabajo: Unificar coherentemente en un texto una gran parte de la información dispersa y más vigente en materia de evaluación de formaciones cubanas a partir del trabajo de la petrofísica, para los diferentes tipos de rocas que integran los yacimientos, que pueda servir como guía metodológica en la interpretación de registros y otras evaluaciones de pozo para los reservorios cubanos.

Debe constituir una base de estudio para adiestrados y especialistas en formación, y de consulta a cualquier petrofísico, analista de registros, especialistas afines o interesados en la materia.

La presente edición sintetiza una gran parte del conocimiento de la petrofísica que poseen los especialistas cubanos a través de la experiencia de trabajo de la autora. No se trata de un libro de geofísica de pozos o de evaluación de formaciones o de petrofísica típico, tal como se acostumbra a escribir a nivel internacional. Se trata de transmitir experiencias de trabajo y aspectos insoslayables para los que se desarrollan en este campo o con alguna vinculación: analistas de registros ocasionales o petrofísicos especializados, por lo que se incluyen temas como las definiciones de conceptos que se manejan en la literatura internacional de forma dispersa y que en esta obra se expresan claramente, formas de trabajar, de enfocar determinados estudios, dando así un criterio conceptual uniforme a seguir por los futuros petrofísicos.

En la parte de métodos y metodologías de interpretación, enfoca su estudio hacia los problemas más importantes para realizar una correcta interpretación compleja de registros, exponiendo técnicas novedosas que se están aplicando en los últimos tiempos en Cuba, tales como la resonancia

magnética nuclear, la tomografía axial computarizada y la espectrometría gamma de bajo fondo.

Miquel, L. y G. Ortiz: Empleo de técnicas nucleares analíticas en el estudio de las características litológicas y de las propiedades de las rocas sello y reservorio de los yacimientos petroleros cubanos, tesis presentada en opción al título de Ingeniero Físico Nuclear, InSTEC, 2012. Tutores: Olga Castro Castiñeira, Osvaldo Rodríguez Morán.

En esta tesis se trabaja por primera vez en Cuba con los métodos de espectrometría gamma de bajo fondo y tomografía axial computarizada para el estudio de los reservorios y sellos en los yacimientos gasopetrolíferos.

Miquel, L., G. Ortiz & O. Castro, 2017. Aplicación de la técnica de tomografía axial computarizada para mejorar la caracterización de las rocas sello y reservorio de los yacimientos petroleros cubanos. Boletín de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct>

Este artículo recoge el trabajo realizado con la tomografía axial computarizada en núcleos de pozos para el estudio de la estructura interna de las rocas que componen las formaciones y los valores cuantitativos de laporosidad que presentan.

También incursiona en aplicaciones no convencionales de la geofísica de pozos en la relación con la geoquímica orgánica y la sísmica.

López-Quintero, J. O, O. Castro: Cómo los registros geofísicos de pozos pueden ser utilizados en la solución de tareas de la geoquímica orgánica, Memorias de Geofísica'96, 3er Simposio Cubano de Geofísica, La Habana, 1996.

Se trabaja por primera vez en Cuba con la metodología de Passey para determinar el contenido orgánico total en el estudio de las rocas potencialmente productoras de hidrocarburos bajo las características de las formaciones cubanas.

Barcala R.: Caracterización petrofísica del sector Varadero Oeste, Franja Norte de crudos pesados de Cuba, tesis presentada en opción al título de Ingeniero Geofísico, Cujae, 2016. Tutores: Olga Castro Castiñeira, Rosa María Valcarce Ortega, Bárbaro Villavicencio García, Osvaldo López Corzo.

En esta tesis se aborda el tema del cálculo del carbono orgánico total en un yacimiento cubano por distintas metodologías y la corrección que necesita la porosidad por este componente. También se realiza una clasificación estadística de electrofacies presentes en el corte y se estudian sus rasgos estructurales en el yacimiento.

La evaluación de los reservorios cubanos tanto carbonatos, como volcánicos y ofiolitas, se concentra en la caracterización de las electrofacies y de los métodos y metodologías aplicadas o desarrolladas por especialistas cubanos para la obtención de los principales parámetros que caracterizan a los reservorios, como son la porosidad, saturación de fluidos, permeabilidad

y espesor efectivo. También describe la forma más moderna de evaluarlos, adaptados a Cuba de la literatura mundial, o desarrollados a partir de investigaciones propias, que servirá de base efectiva para los futuros analistas de registros y petrofísicos:

- Estudio en detalle de los carbonatos cubanos, donde se determina la presencia e influencia de la microporosidad, y se establecen modelos generales de electrofacies para su estudio y comprensión. Además, se hacen la propuesta de metodologías para modelos como el de triple porosidad, para la que hubo que reformular el cálculo de la porosidad de matriz a partir de una dependencia entre núcleos y registros para carbonatos, y porosidad de fractura por el registro de imágenes eléctricas, con lo que se demuestra su aplicabilidad a pesar de no tener núcleos en todos los pozos ni contar con los registros más avanzados como el de resonancia magnética y las imágenes sínicas.
- Establecimiento de una metodología para el estudio de reservorios no convencionales constituidos por distintos tipos de tobas, a partir de registros soviéticos convencionales y datos de muestras en laboratorio, con aplicabilidad en el estudio de los yacimientos de la Cuenca Central que no cuentan con el complejo más moderno de registros y que necesitan ser revaluados para actualizar sus reservas. En el caso de las ofiolitas, también reservorios no convencionales, se logró la caracterización de los litotipos establecidos desde la década de los años 80, con los registros geofísicos actuales.

Sobre estas metodologías puede encontrarse información en las referencias:

Castro, O., 2009: «Criterios para la evaluación petrofísica de las posibilidades productivas en los reservorios de pozos profundos noroccidentales de Cuba», Geociencias 2009: 3ra Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISBN 978-959-7139-83-6. La Habana.

Se analizan todos los criterios posibles contando con registros geofísicos convencionales para pronosticar las posibilidades productivas de los reservorios atravesados por pozos con objetivos gasopetrolíferos.

González, D.: «Desarrollo de modelos de interpretación petrofísica en reservorios carbonatados, aplicados en yacimientos de la Franja Norte de Crudos Pesados», trabajo final en opción al Título Académico de Especialista en Perforación de pozos de petróleo y producción de petróleo. Mención: Ingeniería de yacimientos, Archivo Técnico Ceinpet, 2011. Tutora: Olga Castro Castiñeira.

En esta tesis se aplica por primera vez en Cuba la metodología de Aguilera para reservorios de triple porosidad, que es frecuente encontrar en los yacimientos gasopetrolíferos cubanos. Se compara con los resultados para la evaluación por el modelo de doble porosidad.

García, C.: «Desarrollo de metodología para la interpretación compleja de los registros geofísicos en rocas vulcanógeno sedimentarias del yacimiento

Pina», tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas, InSTEC, 1996. Tutora: Norma Rodríguez Martínez.

Se prepara una metodología a partir de los registros de facturación soviética con que se cuenta en el yacimiento Pina, para evaluar las propiedades de reservorio, fundamentalmente la arcillosidad y la porosidad, apoyada en análisis de laboratorio en una gran cantidad de núcleos cortados en los pozos.

Torres, M.; O. Castro; S. Valladares et al: «Aportes del uso de nuevos perfiles de pozos en la discriminación de la secuencia ofiolítica en el sector Morro Santa María», Memorias de la IV Convención de Ciencias de la Tierra, 2011.

En el artículo se aplican los registros más modernos a la clasificación de las rocas ofiolíticas establecida por Valladares utilizando registros soviéticos anteriores a 1990.

Cierra con el tema de la formación de los sedimentos que conforman las Unidades Tectono-Estratigráficas (UTE) cubanas y de otros, como los vulcanógenos y ofiolíticos que se encuentran en diferentes regiones de nuestro país. Se incluye la descripción geológica y tectónica y los tipos de trampas de los principales yacimientos cubanos, en cuyo anexo se incluyen todos los datos de las formaciones estratigráficas que los componen con sus descripciones litológicas y los parámetros petrofísicos que caracterizan a los reservorios o sellos que en ellas se encuentran.

#### Informes y textos docentes

Álvarez, J. y otros: Evaluación del potencial de exploración del bloque 21, Región noreste de Cuenca Central, Archivo CEINPET, 1994.

Álvarez, J.; R. García y otros: Reservorios en las rocas carbonatadas del margen continental pertenecientes al dominio Las Villas en las bioconstrucciones del Cretácico-Terciario, etapa 7, proyecto 2006, «Reservorios carbonatados de Cuba», Archivo Técnico CEINPET, 1997.

Castro, O.: Métodos de evaluación de la resistividad del agua de formación. Contrato 012 06 55: «Evaluación de formaciones gasopetrolíferas por investigaciones de pozo», Archivo Técnico CEINPET, 1990.

Castro, O.; M. Rodríguez y R. Segura: Elementos para el análisis de riesgo en los reservorios y sellos de Cuba, etapa 6 del proyecto «Actualización del potencial de hidrocarburos en Cuba», Archivo Técnico CEINPET, 2003.

Castro, O.; J. Fernández y J. Hernández: «Definición de las Electrofacies en el Yacimiento Puerto Escondido», 2007.

Díaz, A., O. Castro y otros: «Estudio de los gradientes de presión y la hidrogeología del Bloque 6», Archivo Técnico CEINPET, 1995.

Morales, C. y otros: «Estudio litológico facial, Informe de Sellos, etapa 3 del proyecto 7043: «Estudio integral de las rocas sellantes en los yacimientos petrolíferos de Cuba», 2011.

Rodríguez N. y otros: «Geoquímica, Sellos y Colectores de Cuba Occidental», tema 4502, Archivo Técnico del Ceinpet, 1985.

Rodríguez, M., O. Castro: «Importancia del estudio integral de los datos en la interpretación de la geofísica de pozo», revista Serie Geológica, CIDP (4), 1987.

Rodríguez, M.: Metodología para la evaluación de rocas vulcanógeno-sedimentarias aplicada en el yacimiento Pina, Archivo Técnico CEINPET, 1992.

Rodríguez, N.; C. García; A. Sotolongo y otros: «Técnicas Nucleares en la prospección de pozos de petróleo y gas», libro electrónico de pregrado, [www.intranet.instec.cu](http://www.intranet.instec.cu), 2006.

Rodríguez, N.: Petrofísica. Estudio de rocas. «Manual para el entrenamiento de postgrado», InSTEC, 2011.

Sánchez Arango, J.; S. Valladares y otros: Reservorios carbonatados pertenecientes a la UTE Colorados, etapa VI, proyecto 2 006, «Reservorios carbonatados de Cuba», Archivo Técnico CEINPET, 1996.

Valladares, S. y otros: «Reservorios carbonatados pertenecientes a las UTE Placetas, Camajuaní, Remedios y Cayo Coco», etapas I, II, III y IV del Proyecto: Reservorios carbonatados de Cuba», Archivo Técnico Ceinpet, 1998.

Valladares, S.; J. Hernández; J. Fernández, et al: Informe del Proyecto 2612: «Reservorios Carbonatados Sinorogénicos del Terciarios en la Franja Norte Cubana». Etapa 1, informe inédito, Archivo Técnico CEINPET, 2006.

### Artículos

Álvarez, J.; G. Barceló: «Evolución de la Cuenca del Cauto». Segundo Congreso Cubano de Geología y Minería, Libro de resúmenes, Santiago de Cuba, 1994.

Álvarez, J. y S. Valladares: «Tipos de trampas y sellos existentes en Cuba», en Petroleum Systems of Caribbean, II, AAPG/SVG International Congress and Exhibition, Caracas' 96, 1996.

Brey, D. y O. Castro: «Catálogo de Imágenes FMS y FMI en pozos de la Franja Norte de Crudos Pesados de Cuba», CD Memorias Geofísica'2005, I Convención de Ciencias de la Tierra, 5 al 8 de abril de 2005, La Habana, Cuba.

Castro, O.; S. Valladares y M. Rodríguez: «Evaluación de Formaciones en la República de Cuba», volumen de resúmenes del Tercer Simposio Cubano de Geofísica '96, Biblioteca CEINPET, 1996, p.34.

Castro, O., J. Rodríguez-Loeches, O. López, J. Fernández, L. Pérez, & A. Flores, 2003. «Estudio petrofísico en los sedimentos de cuenca a cuesta (piggy-back) en el ejemplo de Los Palacios», Geomin'2003: V. Congreso Cubano de Geología y Minería, CD-R ISBN 959-7117-11-8. La Habana.

Castro, O.; D. Brey y J. Hernández: «Main electrofacies in carbonates of the heavy crudes northern belt of Cuba», SPWLA 47th Annual Logging Symposium, June 4-7, en [http://www.spwla.org/cgi-bin/shop.pl?choice=display; item\\_id=2910](http://www.spwla.org/cgi-bin/shop.pl?choice=display; item_id=2910), 2006. **Se anexa página**

Castro, O., 2009. «Criterios para la evaluación petrofísica de las posibilidades productivas en los reservorios de pozos profundos noroccidentales de Cuba». Geociencias 2009: 3ra Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISBN 978-959-7139-83-6. La Habana.

López-Quintero, J. O, O. Castro: «Cómo los registros geofísicos de pozos pueden ser utilizados en la solución de tareas de la geoquímica orgánica, Memorias de Geofísica'96, 3er Simposio Cubano de Geofísica, La Habana, 1996.

Montero, M. E.; N. Rodríguez y otros: «Multielemental characterization of volcanic and vulcanosedimentary rocks from Pina petroleum ore, Central Cuba», en Nuclear Geophysics, [ISSN 0969-8086](https://doi.org/10.1016/0029-5647(94)90001-1), vol. 8, no. 4, pp 361-371, 1994.  
[https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:25071362](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:25071362) **Se anexa página**

Reyes, O.; M. Varona: «Caracterización de un corte volcánico utilizando gráficos de abanico», Memorias de Geofísica 2002, La Habana, 2002.

Rodríguez, M.; O. Castro y J. Hernández: «Una experiencia en el empleo de cross-plots MN para la determinación litológica en un corte vulcanoclástico», Memorias del evento, 1995.

Rodríguez, N. y otros: GEONUC, «Sistema modular para la interpretación compleja de los registros geofísicos de pozo de petróleo y gas», Memorias del VII Congreso Venezolano de Geofísica, pp. 222-225, 1994.

Rodríguez, N. et al: «Sistema Modular para la Interpretación compleja de registros geofísicos obtenidos con diferentes tecnologías y para distintos tipos de rocas (carbonatadas, terrígenas y vulcanógenas sedimentarias) », Memorias del VII Simposium de Geofísica, Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración, pp. 305-313, 1996.

Rodríguez, N.; C. García y F. Millán: «Fundamentación geofísica de la división estratigráfica de las formaciones Dagamal y Bruja en los pozos del

yacimiento Pina utilizando el sistema GEONUC», Memorias del VIII Congreso Venezolano de Geofísica, 1996.

Rodríguez-Loeches, J.: «Nueva técnica para el estudio del espacio poral: la Resonancia Magnética Nuclear, Memorias del Congreso de Geofísica, 2001.

Rodríguez, N. et al: «Técnicas analíticas nucleares y software para el procesamiento de datos geológicos, geofísicos en el estudio de los reservorios de los pozos de petróleo», Revista Brasileña de la Sociedad Brasileira de Geofísica, 2003.

Rodríguez, N., C. García, A. L. Sotolongo y L. García: «La adquisición, el procesamiento y la interpretación de la información geólogo-geofísica utilizando un sistema modular complejo diseñado para los pozos de hidrocarburos de Cuba», revista electrónica Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, Vol 2, No. 1, 2012.

<http://www.revistaccuba.cu/index.php/acc/article/viewFile/110/92> **Se anexa página**

Torres, M.; O. Castro; S. Valladares et al: «Aportes del uso de nuevos perfiles de pozos en la discriminación de la secuencia ofiolítica en el sector Morro Santa María», Memorias de la IV Convención de Ciencias de la Tierra, 2011.

Valladares, S.: «Desarrollo de las investigaciones geofísicas de pozo, petrofísica y su interpretación compleja en Cuba», Mesa Redonda: Evolución de la Geofísica en Cuba, Evento Internacional 3er Simposio de Geofísica, GEOFÍSICA '96, La Habana, octubre de 1996, Libro de resúmenes, 1996.

### Tesis

Barcala R.: «Caracterización petrofísica del sector Varadero Oeste, Franja Norte de crudos pesados de Cuba», tesis presentada en opción al título de Ingeniero Geofísico, Cujae, 2016. Tutores: Olga Castro Castiñeira, Rosa María Valcarce Ortega, Bárbaro Villavicencio Garcia, Osvaldo López Corzo.

Castro, O.: «Evaluación de las Formaciones Gasopetrolíferas en las UTE Placetas-Camajuaní de la Región Habana-Matanzas», tesis presentada en opción al Grado de Doctora en Ciencias Geológicas, CUJAE, Archivo Técnico CEINPET, 1992. Tutora: Silvia Valladares Amaro.

García, C.: «Desarrollo de metodología para la interpretación compleja de los registros geofísicos en rocas vulcanógeno sedimentarias del yacimiento Pina», tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas, InSTEC, 1996. Tutora: Norma Rodríguez Martínez.

González, D.: «Desarrollo de modelos de interpretación petrofísica en reservorios carbonatados, aplicados en yacimientos de la Franja Norte de



Crudos Pesados», trabajo final en opción al Título Académico de Especialista en Perforación de pozos de petróleo y producción de petróleo. Mención: Ingeniería de yacimientos, Archivo Técnico Ceinpet, 2011. Tutora: Olga Castro Castiñeira.

Miquel, L. y G. Ortiz: «Empleo de técnicas nucleares analíticas en el estudio de las características litológicas y de las propiedades de las rocas sello y reservorio de los yacimientos petroleros cubanos», tesis presentada en opción al título de Ingeniero Físico Nuclear, InSTEC, 2012. Tutores: Olga Castro Castiñeira, Osvaldo Rodríguez Morán.

Valladares, S.: «Metodología para la evaluación de los colectores y sus propiedades de las rocas pertenecientes al complejo Alóctono Eugeosinclinal», tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Biblioteca CEINPET, La Habana, 1985. Tutor: Miroslav Kobr.

#### Otros artículos relacionados

Castro, O., 1994. «Evaluación de las formaciones gasopetrolíferas en las UTE Placetas y Camajuaní para la región Habana-Matanzas por investigaciones de pozo», Geomin'94: Segundo Congreso Cubano de Geología y Minería. Libro de resúmenes del Congreso, Santiago de Cuba, Cuba, p. 118

Castro, O., Rodríguez, J., Hernández, J., 1998. «Properties of naturally fractured reservoirs in Cuba» revista CODICID, 77-85. **Se anexa página**

Castro, O., O. Pascual y otros, 2002. «Clasificación de los petróleos en el yacimiento Pina mediante técnicas de la estadística multivariada», revista Latino Americana de Geoquímica Orgánica. Vol 6, pp.40-50. **Se anexa página**

Castro, O., J. Rodríguez-Loeches & D. Brey, 2003. «Modelo determina porosidad», revista Petróleo Internacional, Junio 2003, Año 62, No.3, EUA, pp 24-28. **Se anexa página**

Castro, O. & D. Brey, 2007. «Las electrofacies en los reservorios sinorogénicos de la Franja Norte de Crudos Pesados de Cuba», Geociencias 2007: 2da Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISBN 978-959-7117-16-2. La Habana.

Castro, O., 2013. «Sobre la evaluación petrofísica de las formaciones cubanas: proyecto en preparación», Geociencias 2013: 5ta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISSN 2307-499X. La Habana. (Sólo el resumen).

Castro, O., & C. Moya, 2015. «Flujo de trabajo para optimizar el uso de registros geofísicos convencionales al caracterizar reservorios carbonatados», Geociencias 2015: 6ta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISSN 2307-499X. La Habana.

Castro, O., 2017. «Comportamiento petrofísico de los reservorios y sellos de la Zona Económica Exclusiva de Cuba en el Golfo de México y sus alrededores», Geociencias 2017: 6ta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, CD-R ISSN 2307-499X. La Habana.

Miquel, L., G. Ortiz & O. Castro, 2017. «Aplicación de la técnica de tomografía axial computarizada para mejorar la caracterización de las rocas sello y reservorio de los yacimientos petroleros cubanos. Boletín de Ciencias de la Tierra», Universidad Nacional de Colombia. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct> **Se anexa página**

García C, Frías D, Rodríguez N y Millán F 1997. «Log evaluation of oil bearing volcanic sedimentary rocks in the Pina oil fields in Central Cuba», Serie Ciencia Técnica Petróleo. Petrobras S.A., pag 27-36