

# Resultados de los Métodos de Exploración no Sísmica en la región central de la provincia de Matanzas, Cuba.

Manuel Enrique Pardo Echarte<sup>1</sup>

<sup>x1</sup> *Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET). Churruca, No.481, e/ Vía Blanca y Washington, El Cerro. C. P. 12000. La Habana, Cuba. E-mail: pardo@ceinpet.cupet.cu*

## RESUMEN

En diversas situaciones, cuando la adquisición sísmica es difícil y muy costosa y/o, la calidad de la información es pobre debido a la complejidad geológica, los métodos de exploración no-sísmicos aportan información sobre la presencia de zonas verticales de microfiltración activa de hidrocarburos ligeros, testigos de posibles ocurrencias en la profundidad. Los beneficios en el uso de los métodos no-sísmicos de exploración, integrados con los datos geológicos y de los métodos convencionales, se traducen en una mejor evaluación de los prospectos y del riesgo de exploración; tal es el propósito de la presente investigación. Se ofrece una versión de la cartografía de sectores de interés gasopetrolífero, vinculados al petróleo convencional de la Unidad Tectono-Estratigráfica Placetas, a partir de la presencia de un complejo de anomalías aerogammaespectrométricas indicadoras. Este complejo considera los mínimos de la relación K/Th y los máximos locales de U (RA) en su periferia, relacionados con presumibles zonas verticales de microfiltración activa de hidrocarburos ligeros. Para ello se procesó la aerogammaespectrometría a escala 1:100 000 del territorio. Los resultados de esta cartografía consideran cuatro áreas de interés principales, de este a oeste: Seboruco Sur, Alturas Relativas de Aptychus, Cantel y Continuación SE de Cantel. Los mismos constituyen un complemento de información no-sísmica imprescindible para la planificación y futura interpretación de la campaña sísmica que se acometerá, próximamente, en el territorio. Además, se presentan los resultados de la cartografía geólogo-estructural de la región de estudio, en base a los datos gravi-magnéticos y morfométricos. A tal

fin, se procesó el campo gravimétrico a escala 1:250 000, el aeromagnético a escala 1:50 000, y el Modelo de Elevación Digital 90 x 90 m. Como resultado de la cartografía geólogo-estructural se establece una amplia distribución del Terreno Zaza (volcánico+ofiolitas) en la región de estudio. Las principales depresiones estructurales se expresan en forma de franjas de dirección NO-SE y sublatitudinal, de campos no anómalos o mínimos, en el centro-sur del área investigada.

**Palabras clave:** Gravimetría; aeromagnetometría; aerogammaespectrometría; cartografía geólogo-estructural; cartografía prospectiva aerogammaespectrométrica.

**ABSTRACT** In various situations, when seismic acquisition is difficult and extremely expensive and / or, the quality of information is poor due to geological complexity, non-seismic exploration methods provide information on the presence of vertical zones of active light hydrocarbon microseepage, witnesses of possible occurrences in the depth. The benefits in the use of non-seismic exploration methods, integrated with geological data and conventional methods, result in a better evaluation of prospects and exploration risk; such is the purpose of the present investigation. A version of the cartography of sectors of gaso-petroleum interest, linked to the conventional oil of the Placetas Tectono-Stratigraphic Unit, is offered, based on the presence of a complex of indicator airborne gamma spectrometric anomalies. This complex considers the minimums of the K / Th ratio and the local maximums of U (RA) in its periphery, related to presumable vertical

zones of active light hydrocarbons microseepage. To do this, airborne gamma spectrometry at a 1:100 000 scale of the territory was processed. The results of this cartography consider four main areas of interest, from east to west: Seboruco Sur, Relative Heights of Aptychus, Cantel and Continuation SE of Cantel. They constitute a complement of non-seismic information essential for the planning and future interpretation of the seismic campaign that will be undertaken, soon, in the territory. In addition, the results of the geological-structural cartography of the study region are presented, based on the gravi-magnetic and morphometric data. For this purpose, the gravimetric field at scale 1:250 000, the aeromagnetic at scale 1:50 000, and the Digital Elevation Model 90 x 90 m were processed. As a result of the geological-structural cartography a wide distribution of the Zaza Terrain (volcanic + ophiolites) is established in the study region. The main structural depressions are expressed in the form of NW-SE and sublatitudinal direction bands, of non-anomalous or minimum fields, in the south-central area of the investigated area.

**Keywords:** Gravimetry; aeromagnetics; airborne gamma spectrometry; geological-structural cartography; a airborne gamma spectrometric prospective cartography.

## RESUMO

Em diversas situações, quando aquisição sísmica é difícil e extremamente caro e / ou qualidade da informação é fraca, devido à complexidade geológica, os métodos de exploração não-sísmica fornecer informação sobre a presença de zonas verticais microfiltração hidrocarboneto activa, testemunhas de possíveis ocorrências na profundidade. Os benefícios no uso de métodos de exploração não sísmica, integrados com dados geológicos e métodos convencionais, resultam em uma melhor avaliação dos prospectos e risco de exploração; tal é o objetivo da presente investigação. Uma versão da cartografia dos setores de interesse do petróleo é oferecida, ligada ao óleo convencional da Unidade Tectono-Estratigráfico Placetas, a partir da presença de um complexo de anomalias indicadoras de aerogama e espectrometria. Este complexo considera os mínimos da relação de K / Th e os máximos locais de U (RA) na sua periferia, relacionado a presumidas zonas verticais de microfiltração ativa de hidrocarbonetos leves. Para isso, a espectrometria de aerogama foi processada na escala 1:100 000 do território. Os resulta-

dos deste mapeamento considerar quatro principais áreas de interesse, de leste a oeste: Seboruco Sur, Alturas Relativas de Aptychus, Cantel y Continuación SE de Cantel. Estes constituem um complemento de informação não sísmica essencial para o planeamento e futura interpretação da campanha sísmica que será realizada, em breve, no território. Além disso, são apresentados os resultados da cartografia geológico-estrutural da região de estudo, com base nos dados gravi-magnéticos e morfométricos. Para este propósito, o campo gravimétrico na escala 1:250 000, o aeromagnético na escala 1:50 000, e o Modelo Digital de Elevação 90 x 90 m foram processados.. Como resultado da cartografia geológico-estrutural, uma ampla distribuição do Terreno Zaza (vulcânicos + ofiolitos) é estabelecida na região de estudo. As principais depressões estruturais são expressas na forma de bandas de direção NW-SE e subatitudinal, de campos não-anômalos ou mínimos, na área centro-sul da área investigada.

**Palavras-chave:** Gravimetria; aeromagnetometria; aerogamaspectrometria; cartografia geológico-estrutural; cartografia prospectiva aerogamaspectrométrica.

## INTRODUCCIÓN

En diversas situaciones, cuando la adquisición sísmica es difícil y muy costosa y/o, la calidad de la información es pobre debido a la complejidad geológica, los métodos de exploración no-sísmicos aportan información sobre la presencia de zonas verticales de microfiltración activa de hidrocarburos ligeros, testigos de posibles ocurrencias en la profundidad. Los beneficios en el uso de los métodos no-sísmicos de exploración, integrados con los datos geológicos y de los métodos convencionales, se traducen en una mejor evaluación de los prospectos y del riesgo de exploración; tal es el propósito de la presente investigación.

### Ubicación geográfica y características generales

El área de estudio (**Figura 1**) pertenece a la región central de la provincia de Matanzas, comprendida entre Seboruco Sur y la Bahía de Cárdenas, dentro de los límites aproximados de las coordenadas Lambert Cuba Norte X: 439715-490415; Y: 330000-370000.

La región de estudio, comprendida entre Seboruco Sur y la Bahía de Cárdenas, pertenece a la Franja Norte Petrolera Cubana (FNPC). Según el Colectivo de Autores (2009), la FNPC abarca la faja costera de las provincias de La Habana y Matanzas, incluyendo el acua-



Figura 1. Imagen satelital con la ubicación de la región de estudio.

rio adyacente, con unos 5 km de ancho y 150 km de largo, donde se han descubierto la mayoría y los más grandes yacimientos del país, aunque es posible que se extienda aún más hacia el Oeste y el Este. La densidad de los petróleos encontrados fluctúa entre 11° y 14° API, lográndose, a partir de la perforación dirigida con grandes ángulos (horizontal), pozos con entradas estables del orden de hasta 4 000 barriles/día.

La geología del subsuelo en este sector es una de las mejor conocidas del país. Según la fuente antes citada, se caracteriza por varios niveles de pliegues de rampa contra falla inversa de rocas del Margen Continental Norteamericano (MCN) y su cobertura. Estos pliegues han sido con probabilidad complicados, de forma adicional por accidentes de cizalla. Las rocas deformadas abarcan un intervalo de edad que va desde el Jurásico hasta el Eoceno. Los reservorios están representados por calizas muy fracturadas y lixiviadas cubiertas por un sello de arcillas del Paleoceno al Eoceno; ellas tienen sus análogos en los afloramientos de rocas del Margen Continental Norteamericano en Cuba Central (Unidad Tectono-Estratigráfica (UTE) Placetes). Los apilamientos de varios pliegues anticlinales de rampa es

uno de los principales objetivos exploratorios. Estos conforman antiformas que son cartografiables con mucha dificultad por la sísmica. La pobre imagen es el principal obstáculo para el desarrollo de los trabajos exploratorios; solo se observa como horizonte con alta definición dinámica el relacionado de modo directo con la envolvente de los pliegues escamas. De ahí, que el problema científico planteado en la investigación sea la baja efectividad geológica de la exploración, lo que supone la necesidad de integración de la información geológico-geofísica-geoquímica del territorio para elevarla, a fin de reducir sus riesgos.

Según López-Rivera *et al.* (2009), esta región, se consideraba como uno de los de mayor perspectiva exploratoria del país, no obstante, los resultados pobres en cuanto al descubrimiento de nuevos yacimientos y la magnitud de los mismos determinaron el abandono del bloque por parte de las compañías extranjeras. Según los mismos autores, el territorio investigado se caracteriza por una tectónica de mantos muy compleja que hace que el método sísmico (2D y 3D) empleado para el desciframiento de las bases estructurales a escala regional y local no fuera efectivo, dado el bajo nivel de información que

brindó, lo que se tradujo en la no confirmación o la confirmación, solo parcial, de las estructuras en las locaciones elegidas para los pozos exploratorios.

Según la fuente anterior, en este territorio se conocen mantos tectónicos caracterizados por la conjugación de rocas de la UTE Placetas, con sus correspondientes sedimentos sinorogénicos. Así mismo, las rocas de la Asociación Ofiolítica y del Arco Volcánico Cretácico (Terreno Zaza), ocupan intervalos considerables, sobrecorridos sobre diferentes niveles estratigráficos. Por último, tanto en superficie como en pozos se presentan los sedimentos de la etapa postorogénica, con grandes extensiones en el territorio. De otro lado, la mayor parte de los sedimentos del MCN, presentes tanto en superficie como en pozos, corresponden a la UTE Placetas, representados por: Grupo Veloz, la Formación Constancia del Oxfordiano-Kimmerigiano Inferior, la Formación Cifuentes del Kimmerigiano Superior-Tithoniano, la Formación Ronda del Barremiano-Valanginiano, la Formación Morena del Hauteriviano-Barremiano, la Formación Santa Teresa del Aptiano-Albiano y la Formación Carmita del Cenomaniano-Turoniano. Estas rocas, según el caso, están cubiertas por los sedimentos sinorogénicos del Campaniano-Maastrichtiano (Formación Bacunayagua y Formación Amaro) y del Paleoceno Superior-Eoceno Medio (Formación Vega Alta).

### Tarea Geológica

La tarea geológica planteada al procesamiento e interpretación geofísica-geoquímica de la región de estudio y objetivo general de la investigación, consiste en el establecimiento de sectores de interés gasopetrolífero vinculados al petróleo y el gas convencional de la UTE Placetas, a partir de la presencia de un complejo de anomalías aerogammaespectrométricas indicadoras. Para ello se procesó la aerogammaespectrometría (AGE) a escala 1:100 000 del territorio. Como un objetivo específico, se planteó realizar la cartografía geólogo-estructural del territorio. A tal fin, se procesó el campo gravimétrico (Gb) a escala 1:250 000, el aeromagnético (DT) a escala 1:50 000, y el Modelo de Elevación Digital (MED) 90 x 90 m.

### Premisas Geológicas

Desde el punto de vista petrofísico, la tabla a continuación (**Tabla 1**) muestra los resultados de la Generalización Petrofísica de la provincia de Matanzas. Según la misma, por la alta densidad de los carbonatos jurásico-

cretácicos, las elevaciones del tope de los mismos pueden causar máximos gravimétricos locales de baja amplitud. No obstante, la pequeña escala del mapa utilizado (1:250 000), impidió la cartografía de estos máximos. Por la Susceptibilidad Magnética no existen contrastes de importancia en la referida sección, con excepción de los volcánicos y las ultrabasitas, por lo que solo se esperan anomalías vinculadas con estos objetivos, los cuales son cartografiados sin dificultad.

Desde el punto de vista de la Geoquímica Superficial, según Price (1985), Schumacher (1996), Saunders *et al.* (1999) y Pardo-Echarte y Rodríguez-Morán (2016), las Premisas Geológicas que fundamentan la aplicación de las técnicas geofísico-geoquímicas-morfométricas no convencionales de exploración son las siguientes:

- Las «Chimeneas Reductoras» son columnas de rocas mineralizadas por encima de los depósitos de hidrocarburos las cuales fueron modificadas por la migración vertical de estos y/o por alguna otra asociación de especies reducidas (iones metálicos) los cuales «se oxidan», por acción microbiana, para crear un ambiente reductor.
- Los principales productos de la oxidación microbiana de los hidrocarburos ( $\text{CO}_2$ ) y de la reducción microbiana del azufre ( $\text{H}_2\text{S}$ ), cambian de forma drástica el pH/eH del sistema.

Los cambios en pH / Eh resultan en cambios de la estabilidad mineral:

- Precipitación de diversos carbonatos.
- Descomposición de las arcillas (como consecuencia, aumentan las concentraciones de sílice y alúmina).
- Precipitación de la magnetita/maghemita, de los sulfuros de hierro (como la pirrotina y la griegita) o la coprecipitación del hierro y / o el manganeso con calcita en los cementos carbonatados sobre los depósitos de hidrocarburos.

La respuesta morfométrica, geofísica y geoquímica a los cambios de la estabilidad mineral anteriores es la siguiente:

	Edad	Litología	Densidad (t/m <sup>3</sup> )			Suscept. Magnét. (10 <sup>-3</sup> SI)				
			Cantd. Muest.	Min	Max	Prom	Cantd. Muest.	Min	Max	Prom
Jalmanitas	Pleistoc.	Calizas coralinas	48	1.70	2.44	2.12	-	-	-	-
Güines	N <sub>1</sub> <sup>1-2</sup>	Calizas	1094	1.96	2.98	2.45	178	0	0.04	0.02
		Dolomitas	632	2.71	2.85	2.80	-	-	-	-
Peñón	P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Brechas calcáreas	13	2.50	3.17	2.81	13	0.1	2.39	0.34
		Biocalcarenitas y margas	13	2.03	2.70	2.45	53	0	0.54	-
Perla	P <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Margas	68	1.48	2.84	2.11	97	0	0.54	0.05
Vía Blanca	K <sub>2</sub> <sup>cp-m</sup>	Flysch terrígeno	499	1.96	2.92	2.38	15	0	0.56	-
Carmita	K <sub>2</sub> <sup>cm-st</sup>	Calizas y silicitas	-	-	-	2.65	-	-	-	0.05
Amaro	K <sub>2</sub>	Brechas conglomerado calcáreo	32	2.44	2.70	2.58	32	0	0.34	0.16
Santa Teresa	K <sub>1</sub> <sup>4</sup> - K <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Silicitas y arcillas	17	1.85	2.63	2.32	5	0	5.29	-
Chirino	K <sub>1-2</sub>	Efusivos	-	-	-	2.57	-	-	-	8.71
		Tobas	-	2.45	2.60	-	-	0.16	18.30	5.43
Grupo Veloz	J <sub>3</sub> <sup>1</sup> - K <sub>1</sub> <sup>v</sup>	Calizas	152 /62	1.92	2.70	2.28/2.57	214	0	0.16	0.03 / 2
		Areniscas	13	2.30	2.40	2.36	-	-	-	-
Constancia	J <sub>1-2</sub> - J <sub>3</sub>	Calizas y areniscas	-	-	-	2.65	-	-	-	-
Complejo Ofiolítico	Tr- J	Serpentinitas	7/2	2.20	2.70	2.37/2.63	11/-	0.05	24.67	8.69/ -
		Ultrabasitas	-	-	-	-	-	23.87	39.79	-

**Tabla 1.** Generalización Petrofísica de la provincia de Matanzas, Cuba. (Pardo, 2016).

- La mineralización secundaria de carbonato de calcio y la silicificación, resultan en materiales superficiales más densos y resistentes a la erosión (formación de anomalías geomórficas y máximos de resistividad).
- La descomposición de la arcilla es la responsable de los mínimos de radiación reportados sobre los yacimientos de petróleo: el potasio es lixiviado del sistema hacia los bordes de la proyección vertical del depósito de hidrocarburos, donde precipita resultando en un «halo» de valores altos. El thorio permanece fijo de forma relativa en su distribución original dentro de los minerales pesados insolubles; de ahí que sean observados mínimos de la relación K/Th rodeados de máximos sobre los depósitos gasopetrolíferos. En la periferia se observan máximos (incrementos) de U (RA).
- La conversión de los minerales de hierro no magnéticos (óxidos y sulfuros) en variedades magnéticas más estables resulta en un aumento de la Susceptibilidad Magnética, correlacionable con el mínimo del Potencial Redox lo cual justifica la integración de ambas técnicas. También se observan anomalías de Polarización Inducida.
- El arribo a la superficie de los Iones Metálicos contenidos en los hidrocarburos (V, Ni, Fe, Pb, y Zn, entre otros) condicionan

la presencia de una sutil anomalía de estos elementos en el suelo. Estas anomalías son el principal indicador de la presencia de hidrocarburos en la profundidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Información y sus Fuentes

Los materiales utilizados y sus fuentes son las siguientes:

- Mallas del campo gravimétrico a escala 1: 250 000, aeromagnético a escala 1:50 000 y, aerogammaespectrométrico (canales: It, U, Th y K) a escala 1:100 000 de la República de Cuba (Mondelo *et al.*, 2011).
- El MED (90 x 90 m) empleado en este trabajo fue tomado de Sánchez-Cruz *et al.* (2015), con fuente en: <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation>.
- Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100 000. Colectivo de Autores (2010).

## RESULTADOS

### Procesamiento e interpretación de la información

El procesamiento de la información geofísica-geoquímica-morfométrica se llevó a cabo utilizando el software Oasis Montaj versión 7.01.

El campo gravimétrico (Reducción Bouguer, 2.3 t/m<sup>3</sup>) se sometió a la separación regional-residual (a partir de la Continuación Analítica Ascendente (CAA) para las alturas de 500, 2 000 y 6 000 m, dadas por el orden de profundidad de los posibles objetivos gasopetrolíferos y del estudio sísmico, aunque para la cartografía geológico-estructural, se utilizó la primera derivada vertical (DV) y la derivada horizontal total (DHT). En la DV, los máximos están asociados a la presencia del Terreno Zaza (volcánicos y ofiolitas) (V) y, los mínimos y el campo no anómalo, a depresiones estructurales (D) y/o la posible presencia de evaporitas en la profundidad.

En la aeromagnetometría, la capacidad de cartografiar rasgos geológico-estructurales se refuerza por la posibilidad de cartografiar anomalías de diferente amplitud; así, los cuerpos protusivos (ofiolitas) se pueden distinguir

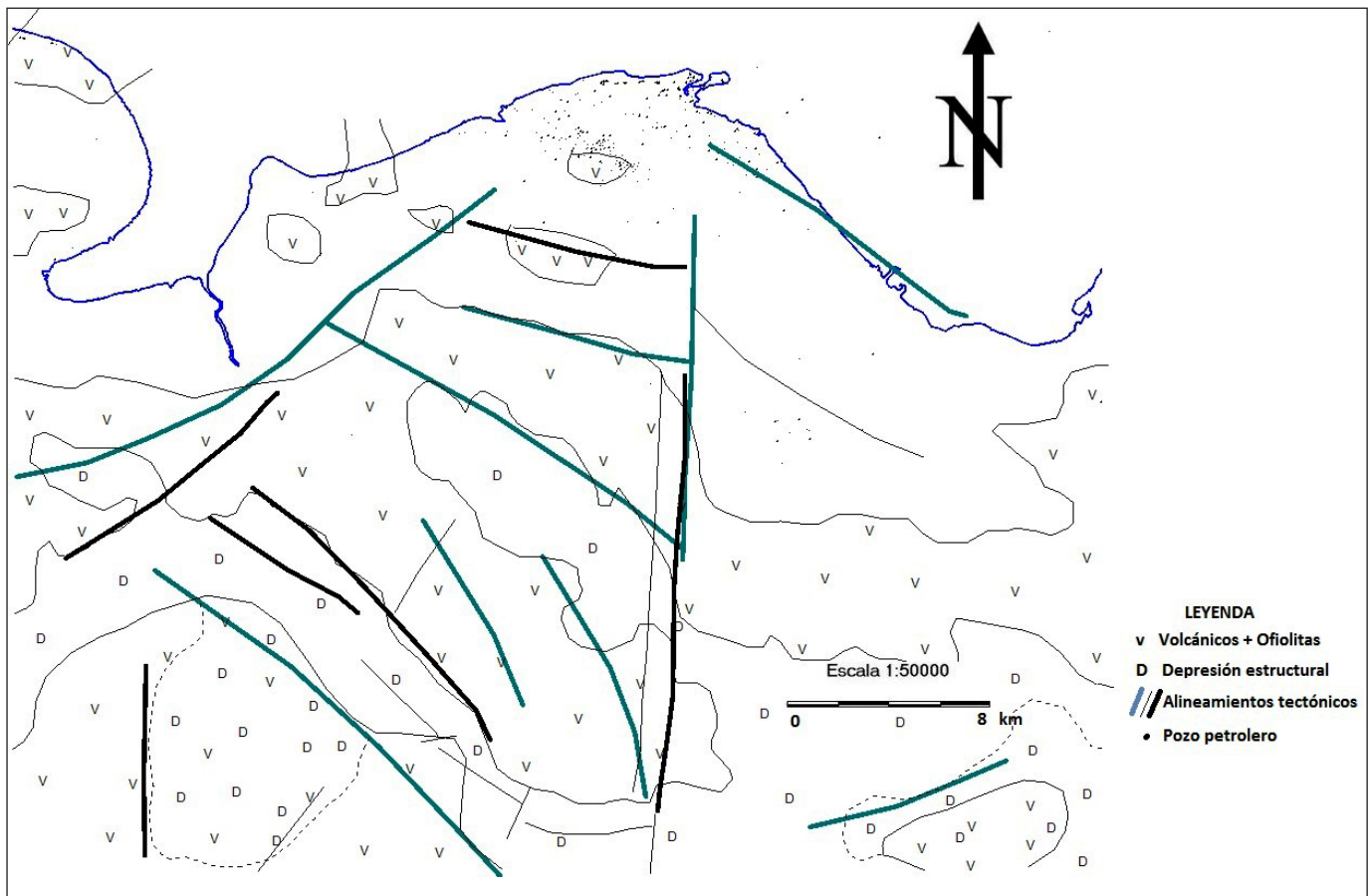
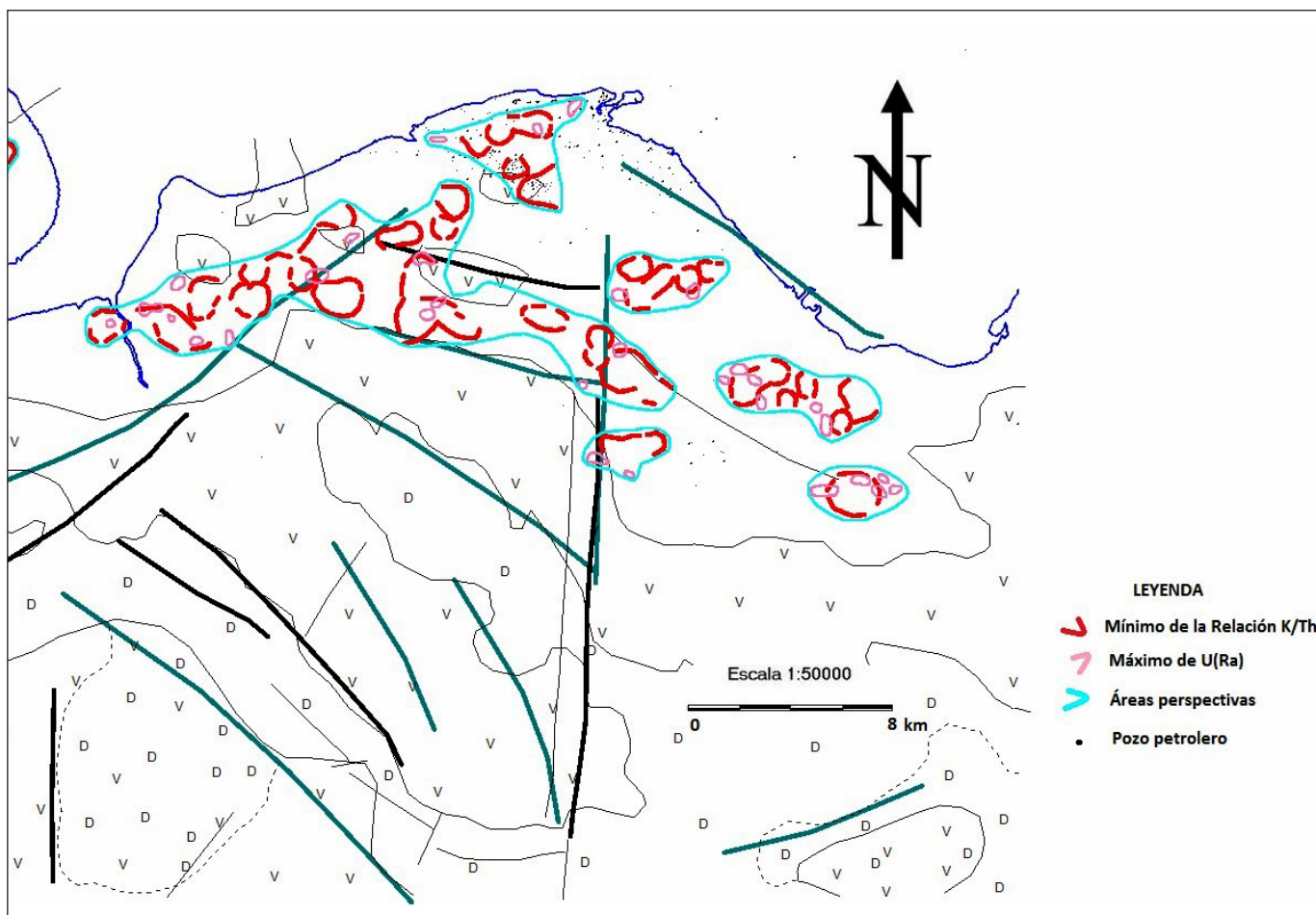


Figura 2. Esquema geológico-estructural en base a datos gravi-magnéticos y morfométricos.

de modo directo sobre la base de las observaciones magnéticas. El campo aeromagnético se sometió a la Reducción al Polo y a la DV. En este campo, los máximos están asociados a la presencia del Terreno Zaza (volcánicos y ofiolitas) (V) y, los mínimos y el campo no anómalo, a depresiones estructurales (D) y/o la posible presencia de evaporitas en la profundidad. Los resultados de la cartografía gravi-magnética se presentan en la **Figura 2**.

Para la AGE se determinó la relación K/Th, con el propósito de señalar los mínimos, vinculados, de forma presumible, con zonas activas de microfiltración vertical de hidrocarburos ligeros. Los resultados de la cartografía AGE (mínimos de la relación K/Th y máximos locales de U (Ra) en su periferia), de forma conjunta con los de la cartografía geólogo-estructural, se presentan en la **Figura 3**.



**Figura 3.** Esquema prospectivo aerogammaespectrométrico mostrando los límites de las áreas de interés gasopetrolífero.

El MED (90 x 90 m) se sometió a la separación regional-residual a partir de la CAA a 500 m, según la experiencia del autor, para señalar posibles máximos locales (vinculados con los procesos de ligera carbonatización y silicificación subsuperficiales que tienen lugar sobre la microfiltración vertical activa de hidrocarburos ligeros) y, los principales alineamientos morfométricos. En el primer caso, no se detectaron claros máximos locales coincidentes con las zonas anómalas AGE. Los resultados de la cartografía morfométrica (alineamientos)

se presentan, de modo conjunto con los datos gravi-magnéticos, en las **Figuras 2 y 3**.

Los alineamientos geofísicos (gravi-magnéticos) y morfométricos se corresponden, de modo fundamental, con dislocaciones tectónicas de carácter regional. Los mismos fueron trazados a partir del mapa de la DHT del campo gravimétrico, de la DV de los campos aeromagnético y gravimétrico y del MED residual a 500 m, considerando, fundamentalmente las cadenas de mínimos y, algunas de máximos, la linealidad, flexiones e interrup-

ción de las isolíneas, así como las zonas de elevado gradiente de las mismas. De igual manera, se reconocieron las principales depresiones estructurales (D), considerando un cambio en las características de los campos gravi-magnético (suavización, aplanamiento o mínimos), coincidentes con aplanamiento o mínimos del campo gravitatorio.

A los fines de la interpretación geológica se contó, además, con el Mapa Geológico de Cuba a escala 1:100 000 del IGP (Colectivo de Autores, 2010).

## DISCUSIÓN

Según Comunicación Personal con López-Rivera (2018), quien analizó, de forma detalla, los resultados de la cartografía prospectiva aerogammaespectrométrica (Figura 3), se pueden establecer cuatro áreas de interés gasopetrolífero principales, de este a oeste: Seboruco Sur, Alturas Relativas de Aptychus, Cantel y Continuación SE de Cantel. Como quiera que los resultados constituyen un complemento de información no sísmica imprescindible para la planificación y futura interpretación de la campaña sísmica que se acometerá, próximamente, en el territorio, se propone un esquema de distribución de las líneas sísmicas (volumen 117.4 km), representado en la Figura 4.

Una vez concluidos los trabajos sísmicos, en la etapa de interpretación, se propone la realización de los trabajos de reconocimiento por el *Complejo Redox*, con el propósito de establecer si las estructuras de interés están o no cargadas de hidrocarburos. A fin de ejemplificar los posibles resultados a alcanzar en esta etapa se presentan, en la Figura 5, los correspondientes al área del yacimiento Cantel (Potencial Redox), a partir de los trabajos desarrollados en el año 2002.

Como resultado de la cartografía geólogo-estructural a partir de los datos gravi-magnéticos y morfométricos (Figura 2) se observará una amplia distribución del Terreno Zaza (volcánico+ofiolitas) (v) en la región de estudio. En esta figura se establecerá, con buena aproximación, el límite norte donde el Terreno Zaza (volcánico+ofiolitas) (v) comienza a aumentar de espesor (hacia el sur), a partir de los campos gravi-magnético anómalos, lo cual es corroborado por una serie de pozos al sur y al norte de dicho límite. Las principales depresiones estructurales (D), de dirección NO-SE y sublatitudinal, están caracterizadas por los campos gravi-magnético no anómalos (tranquilo y/o de valores negativos). Estas no parecen corresponder con altos de los sedimentos del MCN, como lo han planteado otros autores.

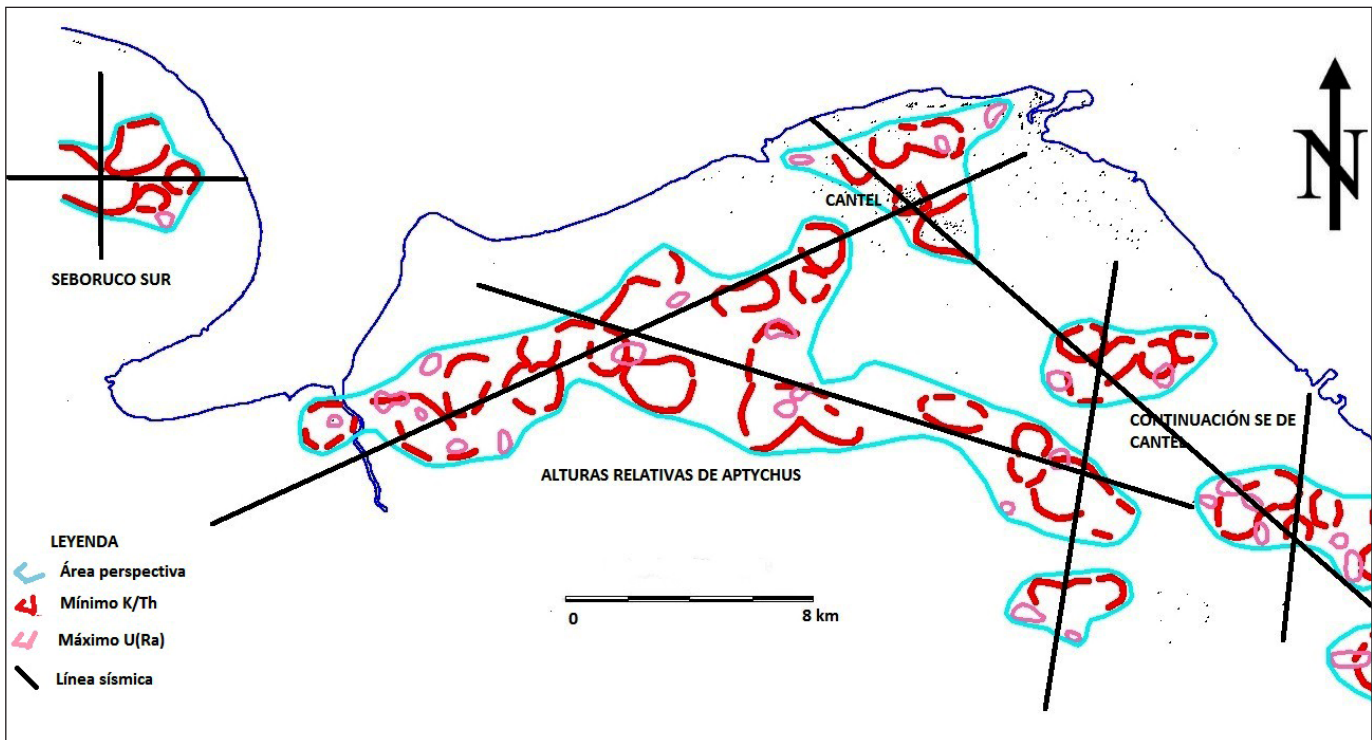
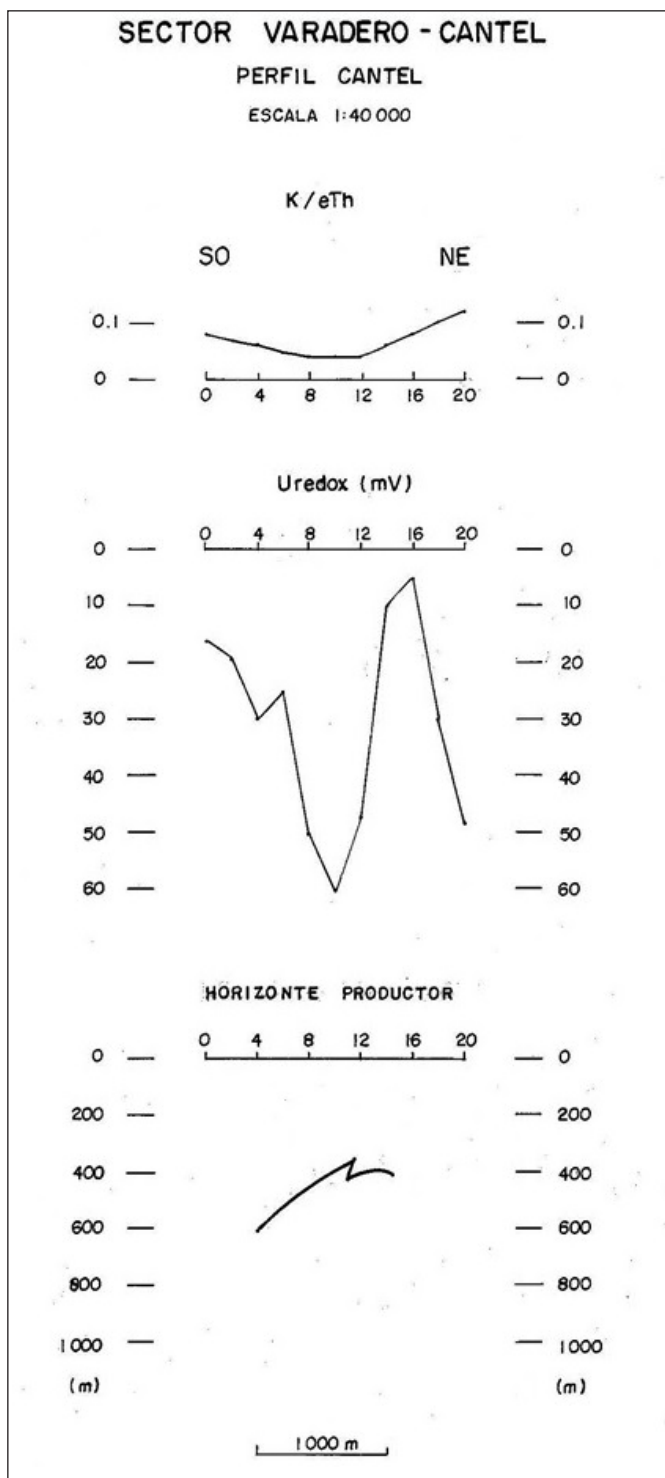


Figura 4. Esquema propuesto para la distribución de las líneas sísmicas en el territorio.





**Figura 5.** Resultados de los métodos no-sísmicos y no-con-  
vencionales (Potencial Redox) en el yacimiento Cantel  
(Pardo-Echarte y Rodríguez-Morán, 2016).

## CONCLUSIONES

- Una versión de la cartografía de sectores de interés gasopetrolífero, vinculados al petróleo convencional de la UTE Placetas, a partir

de la presencia de un complejo de anomalías aerogammaespectrométricas indicadoras se obtuvo en la región central de la provincia de Matanzas (Bloque 9A). Este complejo considera los mínimos de la relación K/Th y los máximos locales de U (RA) en su periferia, relacionados con presumi-  
bles zonas verticales de microfiltración activa de hidrocarburos ligeros. Los resultados de esta cartografía revelan cuatro áreas de interés principales, de este a oeste: Seboruco Sur, Alturas Relativas de Aptychus, Cantel y Continuación SE de Cantel. Los mismos constituyen un complemento de información no sísmica imprescindible para la planificación y futura interpretación de la campaña sísmica que se acometerá, próximamente, en el territorio.

- La cartografía geólogo-estructural de la región de estudio, en base a los datos gravimagnéticos y morfométricos, constituye uno de los principales resultados de la metodología aplicada. A partir de ellos se establece una amplia distribución del Terreno Zaza (volcánico+ofiolitas) (v) en la región de estudio. Las principales depresiones estructurales (D) se expresan en forma de franjas de dirección NO-SE y sublatitudinal en el centro-sur del área investigada.

## AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a su institución, Centro de Investigaciones del Petróleo, por permitirle publicar información, no-confidencial, de sus investigaciones y del archivo técnico. Igualmente, quiere agradecer a la Dra. Norma Rodríguez Martínez y al Dr. Reinaldo Rojas Consuegra, investigadores titulares de su centro, por la exhaustiva y rigurosa revisión del manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colectivo de Autores**, 2009, Expediente Único del Proyecto 6004, «Exploración en la Franja Norte Petrolera Cubana». Inédito. Archivo, Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), La Habana, Cuba.
- Colectivo de Autores**, 2010, Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100 000.

- Inédito. Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba, La Habana.
- López-Rivera, J. G., García-Delgado, D., García-Sánchez, R., et al.**, 2009, Proyecto 6004 «Exploración en la Franja Norte Petrolera Cubana (FNPC): Generalización geológico-petrolera del Bloque 9 y su entorno». Inédito. Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, 35 pp.
- Mondelo, F., Sánchez-Cruz R. et al.**, 2011, Mapas geofísicos regionales de gravimetría, magnetometría, intensidad y espectrometría gamma de la República de Cuba, escalas 1:2 000 000 hasta 1:50 000. Inédito. IGP, La Habana, 278p.
- Pardo-Echarte, M. E.**, 2016, Generalización Petrofísica de la Provincia Matanzas. Inédito. Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana.
- Pardo-Echarte, M. E. y Rodríguez-Morán O.**, 2016, Unconventional Methods for Oil & Gas Exploration in Cuba. Springer Briefs in Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-319-28017-2.
- Price, L. C.**, 1985, A critical overview of and proposed working model for hydrocarbon microseepage. US Department of the Interior Geological Survey. Open-File Report 85-271.
- Sánchez-Cruz, R., Mondelo, F. et al.**, 2015, Mapas Morfométricos de la República de Cuba para las escalas 1:1 000 000 - 1:50 000 como apoyo a la Interpretación Geofísica. Memorias VI Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, VIII Congreso Cubano de Geofísica. Fuente: <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation>.
- Saunders, D. F., Burson K. R. and Thompson C. K.**, 1999, Model for Hydrocarbon Microseepage and Related Near-Surface Alterations. AAPG Bulletin, V. 83 (1999), No. 1 (January 1999), P. 170-185.
- Schumacher, D.**, 1996, Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments; in D. Schumacher and M. A. Abrams, eds., Hydrocarbon migration and its near-surface expression: AAPG Memoir 66, p. 71-89.

Manuscrito recibido: 04 de septiembre de 2018

Manuscrito corregido: 04 de octubre de 2018

Manuscrito aceptado: 16 de noviembre de 2018

