

Cartografía geólogo-estructural y sectores perspectivas para hidrocarburos en Cuba Central a partir de métodos no-sísmicos de exploración

Manuel Enrique Pardo Echarte¹

¹ *Ingeniero Geofísico. Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor titular e investigador titular del Centro de Investigación del Petróleo. La Habana, Cuba. Correo electrónico: pardo@ceinpet.cupet.cu.*

RESUMEN

En la región de Cuba Central (norte de las provincias de Sancti Spíritus y Ciego de Ávila), donde están ubicados los bloques petroleros 13, 14, 21A y 21, la geología del territorio presenta una alta complejidad, caracterizada por el cabalgamiento de la Placa Caribe sobre el Margen Continental Norteamericano, tanto sobre sus facies de cuenca como de plataforma y sus cuencas superpuestas, complicada, además, por procesos de transcurrencia de dirección SO-NE, recubiertos o no discordantemente, por depósitos carbonatados del terciario de yacencia tranquila. A esto se suma la disímil distribución de las áreas perspectivas para hidrocarburos que consideran tanto la región de la Cuenca Central como la vinculada al Cinturón Plegado y Cabalgado. Esta investigación tiene por objetivo la cartografía geólogo-estructural y de sectores perspectivas para hidrocarburos en la región de Cuba Central a partir de métodos no-sísmicos de exploración. Para ello se procesan la gravimetría y la aeromagnetometría a escala 1:50000 y la aerogammaespectrometría a escala 1:100000. Los resultados de la interpretación gravimétrica (derivada horizontal total y primera derivada vertical) argumentan: los distintos alineamientos tectónicos trazados; una cartografía geólogo-estructu-

ral de la región y los sutiles máximos locales vinculados ocasionalmente a los sectores perspectivas para hidrocarburos. Los resultados de la interpretación magnética (primera derivada vertical) permiten establecer: al norte, los límites de la Unidad Tectono-Estratigráfica Remedios; en la región central, los correspondientes a la Cuenca Central y, dentro de ella, los de dos fajas ofiolíticas que se siguen desde el oeste (Bloque 13), saliendo de la cuenca al este (Bloque 21). La interpretación aerogammaespectrométrica permite establecer distintas áreas perspectivas para hidrocarburos (a partir de los mínimos de la relación K/Th y los máximos locales de U (Ra) en su periferia) y la cartografía de las principales estructuras salinas en el territorio, reflejadas también en el modelo de elevación digital (90x90 m).

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

ABSTRACT

In the region of Central Cuba (north of the provinces of Sancti Spíritus and Ciego de Ávila), where oil

blocks 13, 14, 21A and 21 are located, the geology of the territory presents a high complexity. This is characterized by the thrust of the Caribbean Plate on the North American Continental Margin, both on its basin and platform facies and its overlapping basins, complicated, in addition, by transcurrent processes of SO-NE direction, coated or not discordantly by deposits, mainly carbonated, of the tertiary of quiet lying. To this is added the dissimilar distribution of the prospective areas for hydrocarbons that consider both the Central Basin region and the one linked to the Folded and Thrusted Belt. This research aims at geological-structural mapping and prospective sectors in this region of Central Cuba (Blocks 13, 14, 21A and 21) based on non-seismic exploration methods. For this, gravimetry and aeromagnetometry at a 1:50000 scale, as well as airborne gamma spectrometry at a 1:100000 scale, are processed. The results of the gravimetric interpretation (total horizontal derivative and first vertical derivative) argue: the different tectonic alignments outlined; a geological-structural mapping of the region and; the subtle local maximums occasionally linked to the prospective sectors. The results of the magnetic interpretation (first vertical derivative) allow establishing: to the north, the limits of Remedios Tectonic-Stratigraphic Unit; in the central region, those corresponding to the Central Basin and, within it, those of two ophiolite strips that follow from the west (Block 13) leaving the basin to the east (Block 21). The airborne gamma spectrometric interpretation allows to establish different prospective areas for hydrocarbons (from the minimum of the K/Th ratio and the local maximums of U (Ra) in its periphery) and, the cartography of the main salt structures in the territory, reflected, also, in the Digital Elevation Model (90x90 m).

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

RESUMO

Na região de Cuba Central (norte das províncias de

Sancti Spiritus e Ciego de Ávila), onde estão localizados os blocos de petróleo 13, 14, 21A e 21, a geologia do território apresenta alta complexidade. Isso se caracteriza pelo montado da Placa caribenha na Margem Continental da América do Norte, tanto em suas fácies de bacia e plataforma quanto em suas bacias sobrepostas, complicadas, além disso, pelo processos de passagem da direção SO-NE, revestido ou não discordantemente pelo depósitos, principalmente carbonatados, do terciário da mentirinha quieta. A isto se acrescenta a distribuição dissimilar das áreas prospectivas de hidrocarbonetos que consideram tanto a região da Bacia Central quanto aquela ligada ao Cinturão Dobrado e Montado. Esta pesquisa visa o mapeamento geológico-estrutural e os setores de perspectiva para hidrocarbonetos nesta região do centro de Cuba (Blocos 13, 14, 21A e 21), com base em métodos de exploração não sísmica. Para isso, são processadas a gravimetria e aeromagnetometria na escala de 1:50000 e a espectrometria de aerogama na escala de 1:100000. Os resultados da interpretação gravimétrica (derivada horizontal total e primeira derivada vertical) argumentam: os diferentes alinhamentos tectônicos trazados; um mapeamento geológico-estrutural da região e; os máximos locais sutis ocasionalmente vinculados aos setores prospectivos de hidrocarbonetos. Os resultados da interpretação magnética (primeira derivada vertical) permitem estabelecer: ao norte, os limites da UTE Remedios; na região central, as correspondentes à Bacia Central e, dentro dela, aqueles de duas faixas ofiolíticas que seguem do oeste (Bloco 13), deixando a bacia para o leste (Bloco 21). A interpretação espectrométrica do aerogama permite estabelecer diferentes áreas de perspectiva para os hidrocarbonetos (desde o mínimo da razão K/Th e os máximos locais de U (Ra) em sua periferia) e a cartografia das principais estruturas salinas do território, refletidas, também, no Modelo Digital de Elevação (90x90 m).

Palavras-chave: Gravimetria; aeromagnetometria; espectrometria de aerogama; mapeamento geológico-estrutural; mapeamento em perspectiva espectrométrico de aerogama.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que los métodos de exploración no-sísmicos (Pardo, 2019), ofrecen una necesaria e importante información sobre la cartografía geólogo-estructural de los territorios y sobre la presencia en ellos de zonas verticales de microfiltración activa de hidrocarburos ligeros, testigos de posibles ocurrencias en la profundidad. Es por eso que los beneficios en el uso de los métodos no-sísmicos de exploración, integrados con los datos geológicos, se traducen en una mejor comprensión de la geología, así como en una mejor evaluación de los posibles prospectos y del riesgo de exploración, tal es el propósito de esta investigación.

Como antecedentes se tienen los reportes de investigación (no publicados) sobre los resultados de la aplicación de los métodos no-sísmicos de exploración en los Bloques 13 (Pardo, 2015), 14 (Pardo, 2019) y 21A-21 (Morales, 2018).

En este se exponen la ubicación geográfica y los aspectos generales de la geología regional del territorio, la tarea geológica planteada, las premisas físico-químico-geológicas que fundamentan la aplicación de los métodos no-sísmicos de exploración y los

materiales y métodos utilizados. La investigación aborda, en primera instancia, los resultados de la cartografía geólogo-estructural del territorio a partir de datos gravimétricos y magnéticos a escala 1:50000 y a continuación, se enfoca en los resultados de la cartografía prospectiva aerogammaespectrométrica a escala 1:100000, conjuntamente con la información gravimétrica, la cual deriva en áreas perspectivas para hidrocarburos, ubicadas dentro del escenario cartográfico de la interpretación magnética.

Ubicación geográfica del territorio

La región de estudio (**Figura 1**) pertenece a la región central de Cuba, al norte de las provincias de Sancti Spiritus y Ciego de Ávila, comprendida por el área de confluencia de los bloques de exploración petrolera 13, 14, 21A y 21, dentro de los límites de las coordenadas Lambert Cuba Norte X: 675000-795000; Y: 238000-285000.

Marco geológico general

Según Cruz (2012), las unidades del margen de Bahamas afloran en el centro y oriente de Cuba formando

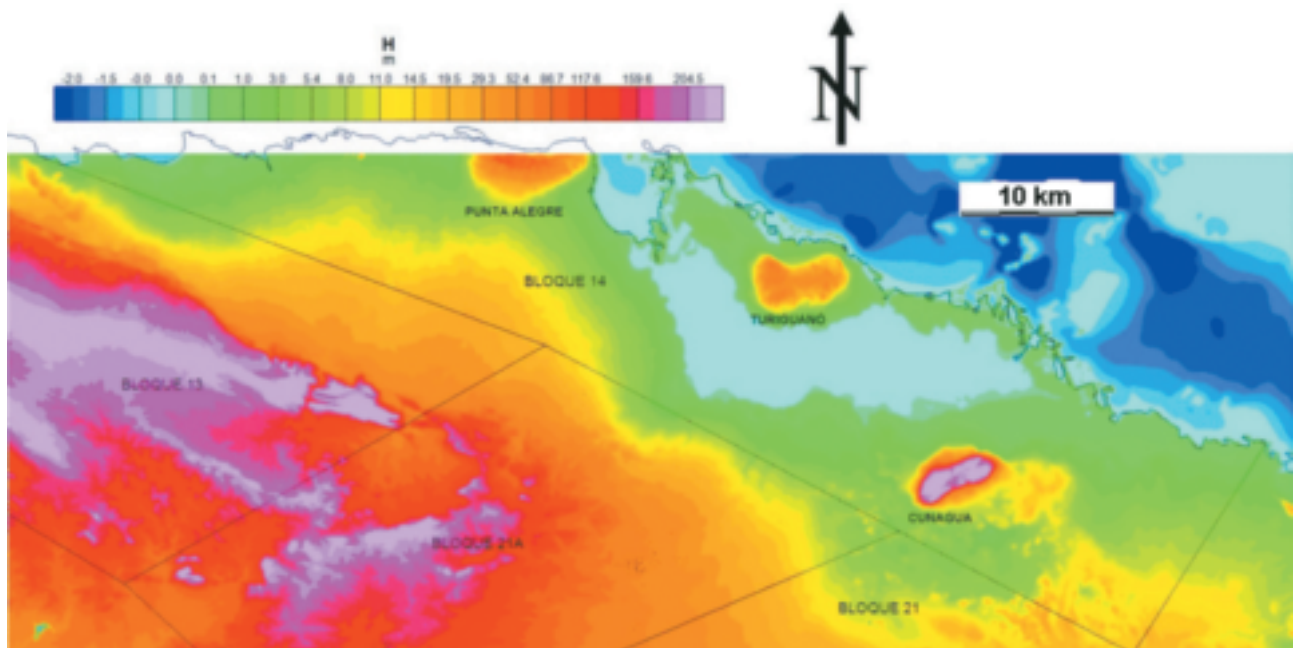


Figura 1. Modelo de elevación digital (MED) 90x90 m (Sánchez *et al.*, 2015) con la ubicación de la región de estudio. Observe, dentro del Bloque 14, la localización, de oeste a este, de las estructuras salinas Punta Alegre, Turiguanó y Cunagua.

afloramientos discontinuos en la parte norte del orógeno. La estratigrafía de dichas unidades constituye un típico margen pasivo progradante, en el cual se diferencian los dominios deposicionales de plataforma carbonatada y de cuenca marina abierta. Algunas unidades paleogeográficas se han identificado en la secuencia *post-rift*. De noreste a suroeste, las unidades tectonoestratigráficas (UTE) son: Cayo Coco, Remedios, Camajuani y Placetas.

Las unidades Cayo Coco y Remedios, que están formadas por rocas carbonatadas y evaporitas, pueden considerarse representantes de la plataforma continental, mientras que las unidades Camajuani y Placetas, compuestas de rocas calcáreas y silíceas, son los depósitos típicos de talud continental y cuenca profunda. Las estructuras salinas de Punta Alegre, Turiguanó y Cunagua, están constituidas por evaporitas del Jurásico Superior (Meyerhoff y Hatten, 1968). Las dos primeras se consideran alóctonas, en forma de capas y, la tercera, intrusiva (diapírica).

Las unidades de talud continental y de aguas profundas también aparecen involucradas en un sistema imbricado convergencia NNE. La estructuración es complicada, ya que parecen estar superpuestos varios estadios de acortamiento tectónico y también se registran variaciones estructurales de una región a otra.

Aunque en la literatura caribeña usualmente se suele mencionar un gran arco volcánico del Cretácico para unificar la actividad magmática registrada en dicha región, los datos geoquímicos actualmente disponibles permiten diferenciar varios estadios en la evolución de dicho arco e incluso la existencia de varios arcos independientes (Iturralde, 1996b; Kerr *et al.*, 1999). Así, en Cuba se han estudiado distintas secuencias magmáticas, entre ellas la de arco volcánico primitivo (PIA) del Cretácico Inferior y la de arco volcánico de afinidad calcoalcalina y edad pre-Aptiense–Campaniense. Aquí, las series de arco volcánico primitivo del Cretácico Inferior han sido identificadas principalmente en Cuba Central y como representativas de dicho arco se considera a las rocas de edad pre-Aptiense de la Fm. Los Pasos (Díaz de Villalvilla, 1988) en la región de Las Villas y a algunos clastos de

rocas plutónicas y volcánicas incluidos en las secuencias pre-Camujiro en la región de Camagüey (Iturralde-Vinent, 2019). Estas rocas son esencialmente basaltos, traquibasaltos y dacitas, que aparecen intercalados entre secuencias piroclásticas, epiclásticas y sedimentarias. Las series de afinidad predominantemente calcoalcalina del Cretácico afloran a lo largo de todo el territorio cubano, desde la región de Bahía Honda en Cuba occidental hasta las sierras de Nipe, Baracoa y Purial en Cuba oriental. Consiste en una sucesión plutónica-volcánica de edad Aptiense–Campaniense que muestra una transición en su composición desde toleítica a calcoalcalina y alcalina. La actividad magmática en la porción cubana de este arco finalizó cuando ocurrió la subducción-acreción del terreno Proto-Caribe. En términos generales, el arco volcánico calcoalcalino se entiende como la continuación natural del arco primitivo, constituyendo el resultado de estadios más maduros del magmatismo.

La compleja disposición estructural de las ofiolitas cubanas, así como sus características geoquímicas, sugieren que las mismas se formaron y se emplazaron en diversos contextos geológicos. Así, se diferencian: las ofiolitas del cinturón septentrional, que afloran fundamentalmente en la parte norte del orógeno, y otras ofiolitas que están incluidas como mantos tectónicos en algunos terrenos metamórficos. Las ofiolitas del cinturón septentrional constituyen los afloramientos más extensos. Estas tienen en común su posición a lo largo de la mitad norte de la isla de Cuba entre Pinar del Río y Guantánamo; no obstante, se diferencian dos conjuntos principales. Por una parte, las ofiolitas de Cuba occidental y central se interpretan como parte del antearco del sistema de arco del Cretácico y se encuentran en posición alóctona sobre las unidades de margen continental y están cabalgadas por el arco volcánico. Aparecen formando mélanges tectónicos con algunas rocas metamórficas y plutónicas de edad cretácica (Iturralde-Vinent, 1996a).

Las rocas volcánicas, plutónicas y ofiolíticas de Cuba, a pesar de que pudieron haber tenido un origen y evolución diferenciados, suelen agruparse como partes del terreno Zaza (Hatten *et al.*, 1958). Conse-

cuentemente, dicho terreno es un resultado de la superposición de varios eventos magmáticos y tectónicos; y su composición y estructura registra, en buena medida, la evolución magmática pre-Paleógeno del Caribe noroccidental.

Según Cruz (2012), la cubierta sedimentaria del Orógeno cubano registra tres estadios principales en su evolución. Dos de estos estadios se refieren a eventos sinorogénicos coetáneos con la subducción-acreción del Proto-Caribe durante el Cretácico tardío y con la colisión paleogénica entre el orógeno incipiente y el Margen Continental Norteamericano, respectivamente. El tercer estadio (post-Eoceno) está relacionado con el período posterior a la sutura del orógeno con el margen continental, cuando se terminaron de colmar las cuencas con sedimentos clástico-carbonatados que se depositaron en medios marinos someros y transicionales.

La sedimentación durante el Cretácico terminal (Campaniense–Maastrichtiense) cubrió discordantemente las rocas del arco volcánico Cretácico, marcando su extinción. Las secuencias sedimentarias postvolcánicas del intervalo Campaniense Superior–Maastrichtiense Inferior se caracterizan por sucesiones siliciclásticas —derivadas de la erosión del arco y las ofiolitas— que fueron depositadas en medios marinos de profundidad variable, mientras que las del Maastrichtiense Superior constituyen sucesiones carbonatadas depositadas en medios marinos someros hasta medios profundos. Las deformaciones sinorogénicas en las secuencias sedimentarias del Cretácico terminal son escasas. A partir del Paleoceno, cuando comenzó la convergencia del arco volcánico extinto (orógeno incipiente) con el Margen Continental Norteamericano, se desarrollaron extensas cuencas sintectónicas a lo largo de todo el cinturón orogénico. En estas cuencas se depositaron sedimentos flyschoides y molásicos que registran la evolución de la convergencia.

De acuerdo con Cruz (2012), las cuencas sinorogénicas de Cuba Central se formaron en un contexto de colisión. Un análisis tectonoestratigráfico de dichas cuencas ha permitido distinguir diferentes estilos estructurales en el Cinturón Orogénico de Cuba

Central. Se reconocen tres dominios estructurales diferentes: (1) el Complejo Metamórfico Escambray, (2) la Zona Axial, y (3) el Cinturón de Deformación del Norte (Cinturón Plegado y Cabalgado).

La evolución estructural del Complejo Metamórfico Escambray incluye una fase compresional del Cretácico tardío que es seguida por una fase extensional durante el Paleógeno. La compresión dio lugar a la formación de un apilamiento antiformal en un ambiente de subducción, y la extensión produjo su exhumación en un contexto de intra-arco. La Zona Axial fue muy deformada y acortada desde el Cretácico tardío hasta el Eoceno. La compresión se produjo en una fase inicial y a continuación tuvo lugar la deformación transpresiva durante el Eoceno Medio. El Cinturón de Deformación del Norte (Cinturón Plegado y Cabalgado Norte Cubano) consiste en un sistema imbricado que se formó desde el Paleoceno hasta el Eoceno Medio; los pliegues y las fallas se produjeron en secuencia normal, con el transporte tectónico dirigido hacia el NNE.

En el Cinturón Orogénico de Cuba Central, algunas importantes estructuras NE–SO son coetáneas con el sistema imbricado cubano que se extiende en dirección NO–SE, formándose corredores tectónicos y/o fallas de transferencia que facilitaron un régimen de partición de la deformación mientras se producía la colisión. El acortamiento rotó en sentido horario durante la deformación desde una dirección SSO–NNE hasta otra OSO–ENE. La sincronía de la compresión en el norte con la extensión en el sur es coherente con la apertura de la cuenca de Yucatán. Asimismo, la evolución desde regímenes de compresión-extensión hasta regímenes de transpresión está en consonancia con el aumento de la oblicuidad de la colisión entre las placas del Caribe y Norteamérica.

Tarea geológica

La tarea geológica planteada al procesamiento e interpretación geofísica de la región de estudio y objetivo general de la investigación, consiste en la cartografía geólogo-estructural del territorio, a partir de datos gravimagnéticos, con el establecimiento de sectores de in-

terés exploratorio vinculados al petróleo y el gas convencional de las UTE Camajuaní y Placetas, a partir de la presencia de un complejo de anomalías aerogammaespectrométricas y gravimétricas indicadoras. Para ello se procesa el campo gravimétrico (GB) y aeromagnético (DT) a escala 1:50000, y la aerogammaespectrometría (AGE) a escala 1:100000 del territorio.

Premisas físico-químico-geológicas

Desde el punto de vista petrofísico, la alta densidad media de los carbonatos jurásico-cretácicos, los volcánicos y las ofiolitas justifica que las elevaciones del tope de los mismos causen máximos gravimétricos locales de baja amplitud. Del mismo modo, debido a la alta susceptibilidad magnética de las ultrabasitas, estas presentan la respuesta anómala más destacada en el campo magnético y sus derivadas.

Desde el punto de vista de los métodos geofísico-geoquímicos superficiales (AGE), según Pardo (2019), las premisas geológicas que fundamentan su aplicación son las siguientes:

Los principales productos de la oxidación microbiana de los hidrocarburos (CO_2) y de la reducción microbiana del azufre (H_2S), cambian drásticamente el pH/Eh del sistema roca-mineral. Los cambios en pH/Eh resultan en cambios de la estabilidad mineral provocando, entre otros, la descomposición de las arcillas. Esta 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 torio permanece relativamente fijo 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 de estos se observan máximos (incrementos) de U(Ra).

MATERIALES Y MÉTODOS

Información y sus fuentes

Los materiales utilizados y sus fuentes son las siguientes:

- ¥ Mallas del campo gravimétrico y aeromagnético a escala 1:50000 y aerogammaespectrométrico (canales: It, U, Th y K) a escala 1:100000 de la República de Cuba (Mondelo *et al.*, 2011).
- ¥ El MED (90x90 m) empleado en este trabajo fue tomado de Sánchez *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 1:100000. Colectivo de autores (2010), utilizado a los fines de la interpretación geológica.

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

RESULTADOS

Procesamiento e interpretación de la información

El campo gravimétrico (Reducción Bouguer, 2.3 t/m^3) se sometió a la separación regional-residual a partir de la continuación analítica ascendente (CAA) para las alturas de 500, 2000 y 6000 m, dadas por el orden de profundidad de los posibles objetivos gasopetrolíferos y del estudio sísmico, aunque para la cartografía geólogo-estructural, se utilizó la primera derivada vertical (GbDV)) y la derivada horizontal total (GbDHT).

A partir de la GbDV (**Figura 2**) se realizó una cartografía geólogo-estructural basada en la regionalización del campo, distinguiendo las zonas de valores máximos intensos (MM), máximos (M), valores intermedios (i), mínimos (m) y mínimos intensos (mm). Los máximos y máximos intensos pudiesen asociarse a los carbonatos de Remedios y a las ofiolitas, respectivamente. Los mínimos y mínimos intensos se pueden asociar a los sedimentos de la Cuenca Central y a las secuencias de la UTE Camajuaní y Placetas. Las estructuras salinas cartografiadas por la AGE y el MED se revelan por valores mínimos e intermedios del campo GbDV.

El campo aeromagnético se sometió a la Reducción al Polo y a la DV. A partir del campo DTDV

(Figura 3) se realizó una cartografía geólogo-estructural basada en la regionalización del campo, distinguiendo las zonas de valores máximos intensos (MM), máximos-intermedios (M y mínimos (m). Los valores máximos-intermedios pudiesen asociarse a las rocas de la UTE Remedios. Los valores máximos intensos pa-

recen responder a la presencia de las ofiolitas y, los mínimos, a los sedimentos de la Cuenca Central y a las rocas de la UTE Cayo Coco.

En la AGE se cartografiaron los mínimos de la relación K/Th (a partir de los mínimos de K) y máximos locales de U (Ra) en su periferia, con el propó-

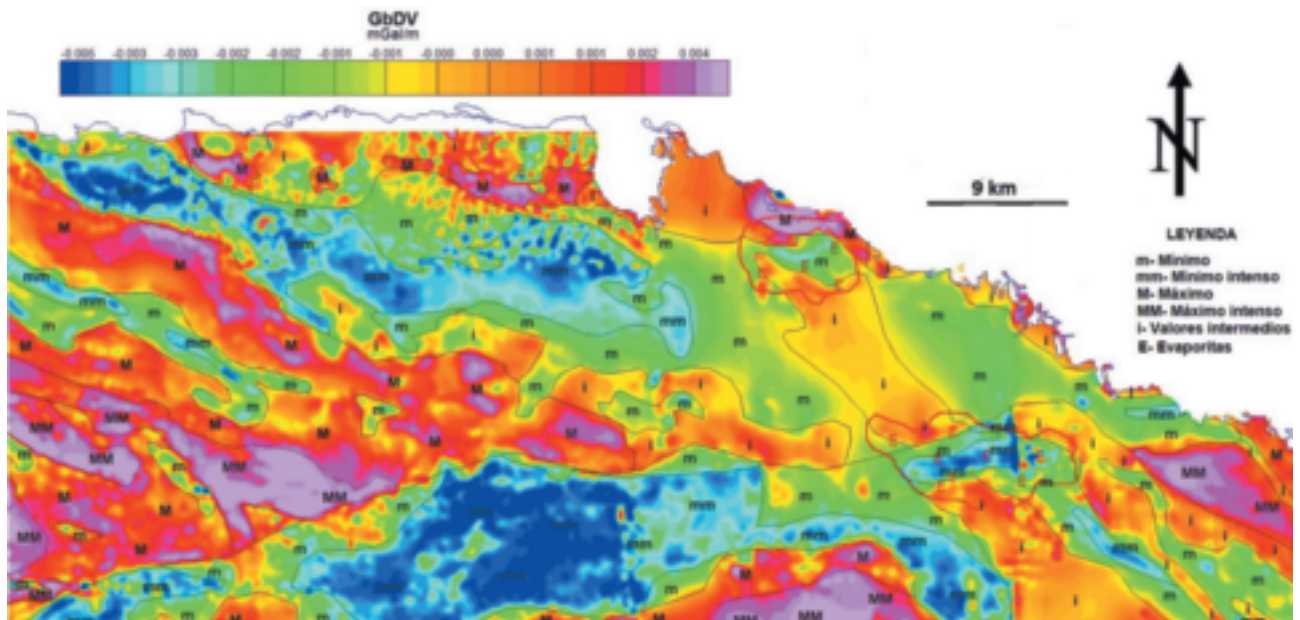


Figura 2. Resultados de la cartografía geólogo-estructural en base al campo GbDV.

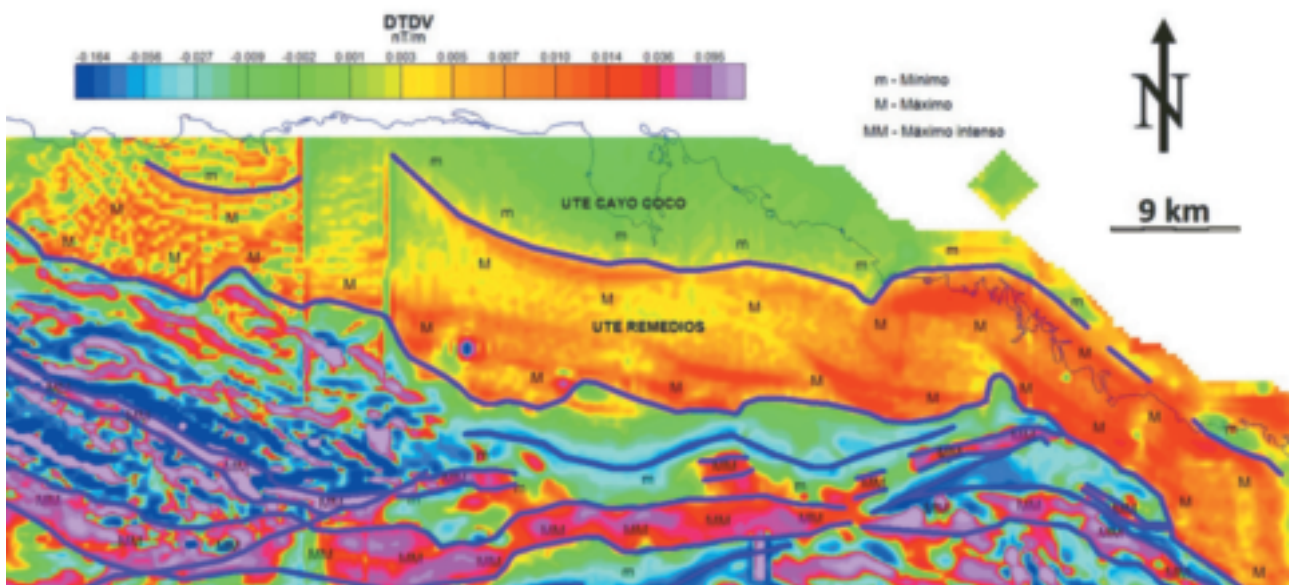


Figura 3. Resultados de la cartografía geólogo-estructural en base al campo DTDV. Observe la ancha faja ofiolítica (no aflorante) al sur de la ventana tectónica Jarahueca que se extiende al este atravesando toda la Cuenca Central.

sito de señalar las localidades vinculadas, presumiblemente, con zonas activas de microfiltración vertical de hidrocarburos ligeros. Los resultados de la cartografía prospectiva AGE se presentan en la **Figura 4**, dentro de un marco estructural de alineamientos tectónicos por gravimetría (a partir de GbDHT) y máximos locales gravimétricos (presumibles levantamientos estructurales) del campo GbDV. En esta figura se reflejan las tres estructuras salinas conocidas, cartografiadas por zonas de valores incrementados de K. En general, todas las localidades anómalas cartografiadas se encuentran al sur de la UTE Remedios lo que refuerza el criterio del interés gasopetrolífero por el petróleo y el gas convencional de las UTE Camajuaní y Placetas.

DISCUSIÓN

A los efectos de la integración de la información interpretada se procedió a la cartografía de áreas perspectivas para hidrocarburos en el territorio. Las mismas consideran las agrupaciones o clusters de anomalías AGE y máximos gravimétricos locales de baja amplitud espacialmente próximos, las cuales, a los fines de una interpretación integrada, se presentan en el marco de la interpretación magnética (**Figura 5**). En esta figura se observan, al oeste (Bloque 13), cadenas de anomalías perspectivas con dirección cubana (NO-

SE), correspondiendo espacialmente con las secuencias de las UTE Camajuaní y Placetas. Las mismas parecen extenderse al este (Bloque 21), más allá de la Cuenca Central (Bloque 21A).

Dentro de la cuenca, las anomalías son más numerosas y pequeñas y en general tienen su rumbo (NE-SO). Como aspecto de interés, se observa la correspondencia espacial de una cadena de estas anomalías perspectivas con una faja ancha de ofiolitas cartografiadas en la cuenca. En esta faja, las anomalías consideradas incluyen los yacimientos de Pina y Brujo, así como el prospecto Paraíso. También, según la **Figura 5**, en el límite norte de la cuenca, en contacto tectónico con la UTE Remedios y al sur de la misma, tiene lugar la estructura salina Cunagua, al parecer de origen intrusivo frío (diapírico), a la cual se asocian sendas anomalías perspectivas en sus límites NO y SE, correspondiendo espacialmente con las secuencias de la UTE Camajuaní. Estas anomalías revisten un particular interés dada su asociación a este tipo de estructura salina.

CONCLUSIONES

- ∞ Se realizó la cartografía geólogo-estructural del territorio, a partir de datos gravimagnéticos, con el establecimiento de numerosos (31) sectores de interés explo-

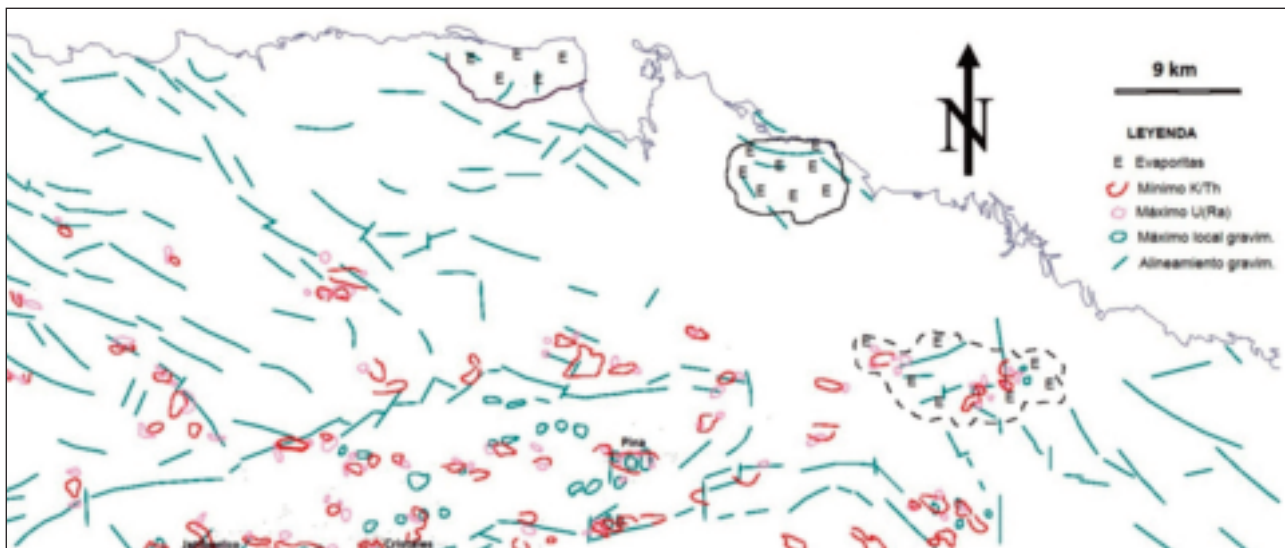


Figura 4. Resultados de la cartografía prospectiva por datos AGE dentro de un marco estructural gravimétrico.

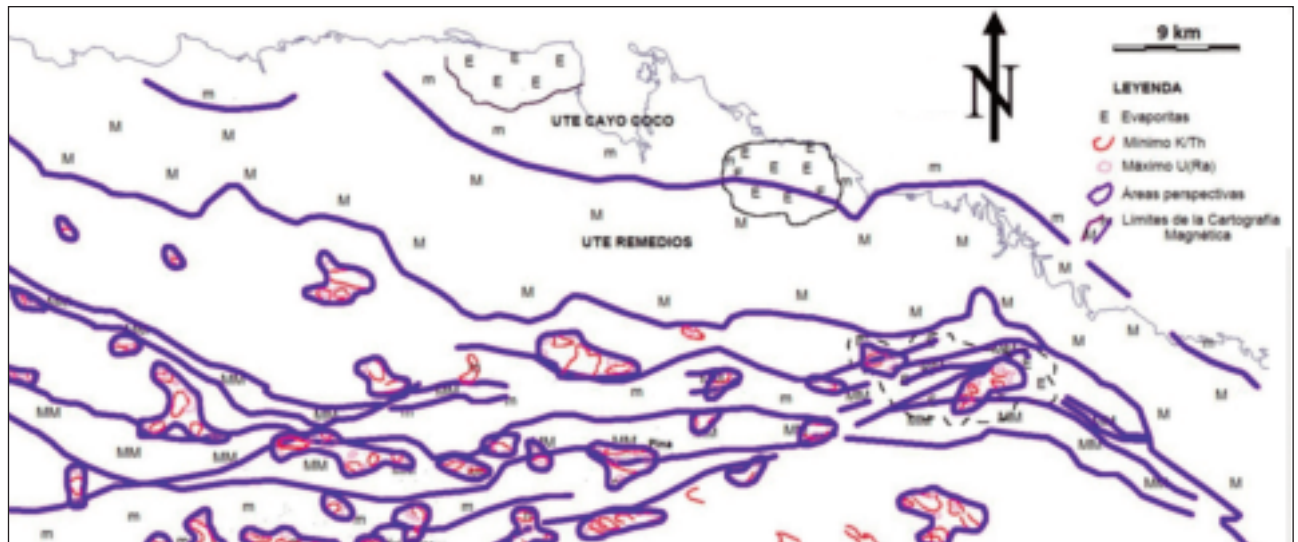


Figura 5. Resultados de la cartografía de áreas perspectivas para hidrocarburos en el marco de la interpretación magnética.

ratorio vinculados al petróleo y el gas convencional de las UTE Camajuaní y Placetas, a partir de la presencia de un complejo de anomalías aerogammaespectrométricas y gravimétricas indicadoras.

- ∞ Los resultados de la interpretación gravimétrica argumentan: los distintos alineamientos tectónicos trazados; una cartografía geólogo-estructural de la región y los sutiles máximos locales vinculados, ocasionalmente, a los sectores prospectivos para hidrocarburos. Los resultados de la interpretación magnética permiten establecer: al norte, los límites de la UTE Remedios; en la región central, los correspondientes a la Cuenca Central y dentro de ella, los de dos fajas ofiolíticas que se siguen desde el oeste (Bloque 13) saliendo de la cuenca (Bloque 21A) al este (Bloque 21). La interpretación aerogammaespectrométrica permite establecer distintas áreas perspectivas para hidrocarburos (en total, 31) y la cartografía de las principales estructuras salinas en el territorio, reflejadas también en el modelo de elevación digital (90x90 m).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a su institución, el Centro de Investigación del Petróleo, por permitirle publicar información no confidencial de sus investigaciones y del archivo técnico. Igualmente quiere agradecer a los doctores C. Norma Rodríguez Martínez, C. Reinaldo Rojas Consuegra, C. Juan Guillermo López Rivera y C. Evelio Linares Cala, investigadores titulares, por la exhaustiva y rigurosa revisión del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colectivo de autores**, 2010, Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1:100000. Inédito. Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba, La Habana, Cuba.
- Cruz Orosa, I.**, 2012, Las cuencas sinorogénicas como registro de la evolución del orógeno cubano: Implicaciones para la exploración de hidrocarburos. Memoria de tesis presentada para optar al grado de doctor en Geología por la Universitat de Barcelona dentro del Programa de Doctorado Modelización de Procesos Geológicos (Bienio 2004-2006). Barcelona, 193 pp.
- Díaz de Villalvilla, L.**, 1988, Caracterización geológica y petrológica de las Asociaciones Volcánicas del Arco Insular Cretácico en Cuba

- Central: Instituto de Geología y Paleontología. Tesis de doctorado en Ciencias Geológicas. 1-161: Instituto de Geología y Paleontología, La Habana, Cuba.
- Hatten, C. W., O. E., Schooler, Giedt, N. and Meyerhoff, A. A.**, 1958, Geology of central Cuba, eastern Las Villas and western Camagüey provinces, La Habana, Cuba, Archivo del Servicio Geológico Nacional, Unpublished Report.
- Iturralde-Vinent, M. A.**, 1996a, Geología de las Ofiolitas de Cuba, en Cuban ophiolites and volcanic arcs. Special Contribution no. 1 to IGCP Project 364, edited by M. A. Iturralde-Vinent, pp. 83–120, Miami, Florida.
- Iturralde-Vinent, M. A.**, 1996b, Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico, en Cuban ophiolites and volcanic arcs. Special Contribution no. 1 to IGCP Project 364, edited by M. A. Iturralde-Vinent, pp. 179–189, Miami, Florida.
- Iturralde-Vinent, M. A.** (Editor), 2019. Geología de Cuba y del Caribe. Compendio, Tercera edición. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
- Kerr, A. C., Iturralde-Vinent M. A., Saunders A. D., Babbs T. L. and Tarney J.**, 1999, A new plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks, GSA Bulletin, 111, 1581–1599.
- Meyerhoff, A. A. and Hatten, C. W.**, 1968, Diapiric structure in central Cuba, AAPG Memoir, 8, 315–357.
- Mondelo, F., Sánchez Cruz, R. et al**, 2011, Mapas geofísicos regionales de gravimetría, magnetometría, intensidad y espectrometría gamma de la República de Cuba, escalas 1:2000000 hasta 1:50000. Inédito. IGP, La Habana, Cuba. 278 pp.
- Morales, G. J. y Pardo E.M.E.**, 2018, Reporte de investigación «Resultados de los métodos no-sísmicos de exploración en los Bloques 21A y 21». Inédito. Centro de Investigación del Petróleo, La Habana, Cuba. 15 pp.
- Pardo, E. M. E.**, 2015, Reporte de investigación «Resultados de los métodos no-sísmicos de exploración en el Bloque 13». Inédito. Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba. 13 pp.
- Pardo, E. M. E.**, 2019, Reporte de investigación «Resultados de los métodos no-sísmicos de exploración en el Bloque 14». Inédito. Centro de Investigaciones del Petróleo, La Habana, Cuba. 14 pp.
- Pardo, E. M. E., Rodríguez Morán, O. & Delgado López, O.**, 2019, Non-seismic and Non-Conventional Exploration Methods for Oil and Gas in Cuba. Springer Briefs in Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-030-15824-8.
- Sánchez, C. R., Mondelo, F. et al**, 2015, Mapas Morfométricos de la República de Cuba para las escalas 1:1000000–1:50000 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>.

Fueron recibidos	10-marzo-2020
corregidos	14-mayo-2020
aprobados	29-mayo-2020

