

## **Determinación de la base del terreno Zaza al norte de las provincias de Camagüey-Las Tunas, Cuba**

Anisleydis Montalvo Casanova

\* <sup>(1)</sup> *Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 #2906 e/29 y 31, La Lisa, la Habana, Cuba.*

[anisleydis@iga.cu](mailto:anisleydis@iga.cu)

ORCID: 0000-0003-1206-5330

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Recibido: enero 2020</i> | <i>Aceptado: agosto 2020</i> |
|-----------------------------|------------------------------|

### **Resumen**

El área de investigación está ubicada al norte del poblado Minas hasta Chaparra. Estudios del sector revelan la existencia de potentes espesores del Terreno Zaza; según evidencias geólogo-geofísicas se puede inferir la presencia de sedimentos del margen continental por debajo de este complejo rocoso; sin embargo, los pozos del área no reportan dichos sedimentos. Por tanto, surge la necesidad de determinar la profundidad de la base del Terreno Zaza en este sector, luego delimitar el tope de los sedimentos del margen continental. Como materiales se usaron: datos de campos potenciales, geológicos, de pozos y de superficie. Como metodología se realizó la interpretación cualitativa de los campos potenciales, luego la interpretación cuantitativa por el método de Talwani. Finalmente se obtuvo un mapa de isolíneas de profundidad donde el Terreno Zaza tiene menor espesor y un mapa de zonificación geológica de los campos potenciales donde se identifica la región más perspectiva para la exploración petrolera.

**Palabras claves:** campos potenciales, cuerpo magnético, modelación, Margen Continental, Terreno Zaza

## **Determination of the Zaza land base north of the provinces of Camagüey-Las Tunas, Cuba**

### **Abstract**

The research area is located north of the town of Minas to Chaparra. Studies of the sector reveal the existence of powerful thicknesses of the Zaza Land; according to geological-geophysical evidence, the presence of sediments from the continental margin below this rocky complex can be inferred; however, wells in the area do not report such sediments. Therefore, there is a need to determine the depth of the Zaza Land base in this sector, then delimit the top of the sediments of the continental margin. As materials were used: data from potential, geological, well and surface fields. As a methodology, the qualitative interpretation of the potential fields was carried out, then the quantitative interpretation by the Talwani method. Finally, a map of depth isolines was obtained where the Zaza Terrain has a lower thickness and a map of geological zoning of the potential fields where the most perspective region for oil exploration is identified.

**Key words:** potential fields, magnetic body, modeling, Continental Margin, Zaza Terrain.

## 1. Introducción

La Franja Norte de Crudos Pesados (FNCP) aporta el mayor volumen de hidrocarburos a la producción nacional. Esta ocupa el sector septentrional marino y terrestre de las provincias Mayabeque, Habana y Matanzas, entre Habana del Este y Majaguillar (Sorá y otros, 2003), asociadas a las unidades tectónico-estratigráficas (UTE) Placetas y Camajuaní (Hatten, 1988; Linares Cala, 2011). Dichas unidades, fueron depositadas originalmente en el talud del paleomargen continental, las cuales contienen tanto a las rocas generadoras como a los reservorios, según ha sido comprobado en los numerosos pozos de exploración y explotación en los yacimientos de Varadero, Yumurí, Seboruco y Puerto Escondido-Canasí de las provincias mencionadas (Linares Cala, 2011).

Según la información obtenida de la bibliografía consultada, existen argumentos geólogo-geofísicos que revelan la presencia de rocas generadoras de hidrocarburos asociadas a las unidades tectónico-estratigráficas (UTE) Placetas y Camajuaní pertenecientes al margen continental por debajo del complejo rocoso del Arco volcánico Cretácico y las ofiolitas (Rifá Hernández *et al.*, 2012). En tal caso se puede suponer que en el sector de estudio al norte de las provincias de Camagüey-Las Tunas, a mayores profundidades pudieran aparecer acumulaciones similares a las que actualmente se explotan en la costa norte de las provincias Habana, Mayabeque y Matanzas (Prol Betancourt, 2015). Por tanto con la correcta determinación de la base de los cuerpos magnéticos en el área, permitirá identificar estructuras perspectivas para la exploración de hidrocarburos mediante la interpretación geólogo-geofísica a profundidades que no sobrepasen los 3 y 5 km.

## 2. Materiales y métodos

El área de estudio está cubierta por levantamientos gravimagnetométricos a escalas 1:50 000 y 1:100 000 y geológicos a escalas 1:100 000 y 1:250 000 (Sora Monroy *et al.*, 2001). Para esta investigación se utilizó la hoja 22 del Mapa Geológico, perteneciente a la provincia de Camagüey a escala 1:250 000 (Iturralde Vinent, 2012) y datos de seis pozos perforados cercanos a este sector.

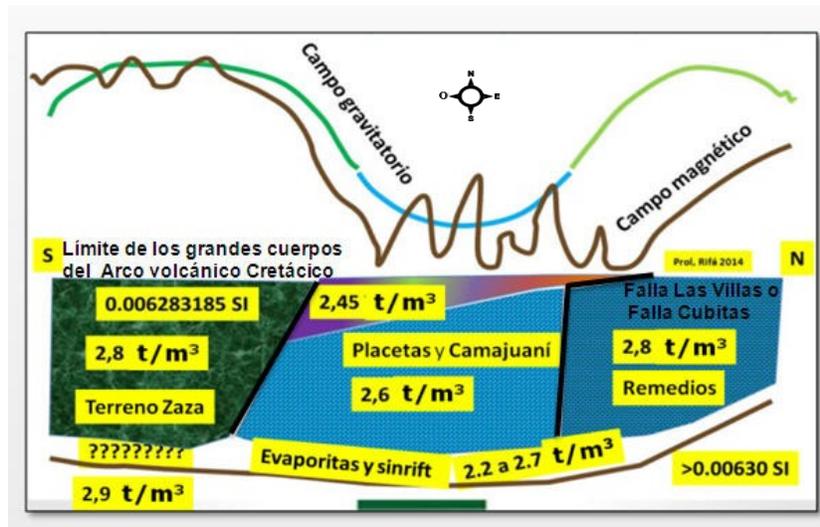
Los materiales que se utilizaron en la investigación fueron los siguientes: mapa gravimétrico de anomalía en Reducción Bouguer a escala 1:50 000, del cual a partir de la revisión de los respectivos informes se concluyó que la información cubre el área suficientemente y que sus errores son adecuados para el cumplimiento para la tarea geológica asignada; mapa de campo magnético de  $\Delta T$  anómalo a escala 1:500 000 (Soloviev. O.N., 1963), con un ajuste de estos levantamientos es de  $\pm 20$ nT, por lo que se estipula que para esta tarea el mapa será muy útil desde el punto de vista regional.

## 3. Resultados y discusión

El sector de estudio se encuentra ubicado en la porción centro-oriental de Cuba, específicamente al norte de las provincias de Camagüey-Las Tunas, en las inmediaciones de las poblaciones desde Minas hasta Chaparra. Según la revisión realizada a la bibliografía, el área fue atractiva para la búsqueda de hidrocarburos en el pasado como lo demuestran las perforaciones realizadas en el sector. El fracaso de estos pozos causó el abandono de la exploración en el área; pero tras las excelentes fundamentaciones científicas de los últimos años las perspectivas actuales son diferentes.

Las abundantes manifestaciones de petróleo en superficie y en pozos sugieren la presencia de rocas generadoras de hidrocarburos asociadas a las unidades tectónico-estratigráficas (UTE) Placetas y Camajuaní pertenecientes al margen continental por debajo del complejo rocoso del Arco volcánico Cretácico y las ofiolitas (Rifá Hernández *et al.*, 2012), basados en los amplios argumentos geólogo-geofísicos. Por lo que se puede suponer que en este sector, a mayores profundidades pudieran aparecer acumulaciones similares a las que actualmente se explotan en la costa norte de las provincias Habana, Mayabeque y Matanzas (Prol Betancourt, 2015).

Desde el punto de vista regional esta investigación se basó en el modelo geológico conceptual que relaciona las UTE Placetas, Camajuaní y Remedios y los campos que estas generan (Prol Betancourt y otros, 2014) (Fig. 1).



**Fig. 1.** Modelo esquemático conceptual. Relación entre las UTE y los campos que estas generan (Prol Betancourt y otros, 2014)

De sur a norte se observa un máximo gravimétrico y un máximo magnético asociados a grandes espesores del Terreno Zaza, que pueden alcanzar hasta 8km de profundidad. La presencia de cuerpos magnéticos en la región explica el carácter ruidoso de la anomalía y el máximo en la curva gravimétrica manifiesta las altas densidades de estas rocas del Cretácico (Prol Betancourt, 1975).

Seguidamente al norte, por debajo de la cuña del Terreno Zaza se encuentran los sedimentos de margen continental coincidiendo con el Mínimo Norte Cubano (Rifá Hernández, 2012). En esta anomalía de carácter regional se ubican todos los hallazgos de petróleo reportados hasta el presente (Prol Betancourt, 2015). Los datos de pozos han demostrado que la fuente generadora de tal anomalía es el apilamiento de sedimentos de cuenca muy plegados (Placetas y Camajuani), que subyacen a serpentinitas y a rocas vulcanógenas-sedimentarias muy fracturadas y a las secuencias sinorogénicas. La densidad de este paquete de rocas contrasta negativamente con las variedades efusivas del Arco volcánico Cretácico y con los sedimentos de banco carbonatado que se reportan al norte (Shaposnikova, 1969); aunque el campo magnético se presenta alterado e intranquilo con máximos y mínimos, la susceptibilidad de esta zona disminuye.

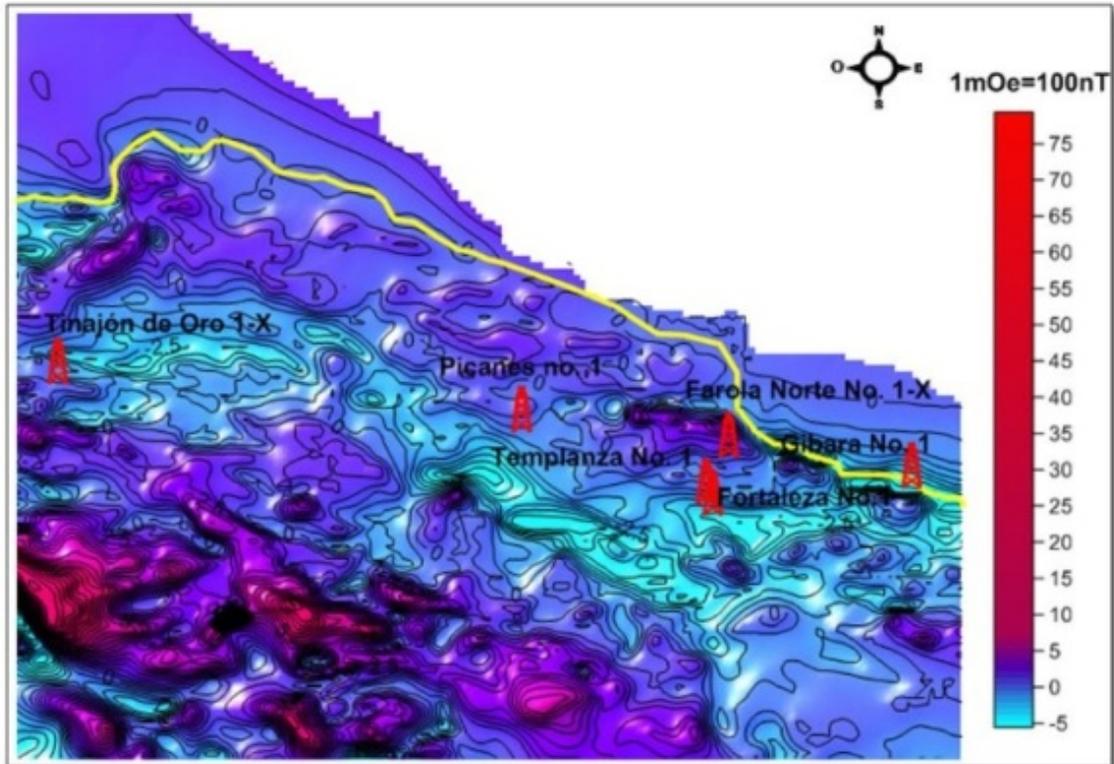
El predominio de rocas calcáreas en el campo magnético hace que este adopte un carácter tranquilo (Espinosa Graham, 2002). La presencia al norte de potentes espesores de calizas de banco, anhidritas y dolomitas pertenecientes a la paleoplataforma de Bahamas-Florida, genera un máximo regional gravitacional. Al norte de la provincia de Camagüey, el campo magnético asciende suavemente hacia el Norte, denotando el levantamiento de una frontera profunda, que se identifica posiblemente con el tope del basamento Pre-Jurásico, cuya profundidad oscila entre 8 y 10 km (Sorá y otros, 2003).

En profundidad se observa el basamento sobre el cual descansa todo el complejo de rocas descrito previamente, que presenta una alta densidad estimada de 2,9 t/m<sup>3</sup>, obtenida por datos de sísmica de correlación de ondas refractadas, analizando sus velocidades y comparándolas con los datos de densidad mediante relaciones establecidas, debido a que no ha sido posible encontrarlo en perforaciones ni se ha observado el contacto transgresivo que lo caracteriza.

En el modelo se señalan dos fallas importantes, la primera limita los grandes espesores de las rocas ígneas del Arco volcánico Cretácico; la segunda, conocida como Falla Las Villas o Falla Cubitas limita por el sur a la UTE Remedios. Se presume que entre estas dos fallas esté el menor espesor del Terreno Zaza, o sea, que los sedimentos de margen continental están más elevados, donde se espera la acumulación de hidrocarburos tal como sucede al norte de las provincias La Habana, Mayabeque y Matanzas (Tissot, 1982).

Por otra parte, la interpretación cualitativa del campo magnético aportó elementos que apoyan la idea sobre la existencia de los sedimentos de margen continental bajo el Arco volcánico Cretácico. El pozo Picanes no.1

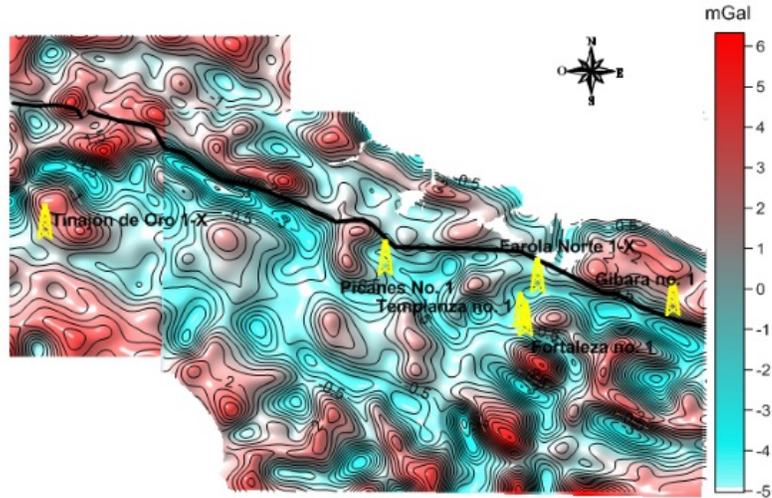
se adentró en un potente espesor del denominado Terreno Zaza, que incluye a las rocas del Arco volcánico Cretácico y las ofiolitas.



*Fig. 2. Mapa del campo magnético total anómalo. Tomado del mapa de O. Soloviev.*

La cadena de mínimos locales del campo magnético, que separa el campo tranquilo, del campo ruidoso, es el límite norte del Terreno Zaza (línea amarilla). Como se verá más adelante, de acuerdo con la inclinación del campo magnético en Cuba ( $54^\circ$ ), los cuerpos magnéticos terminan aproximadamente en un mínimo. Al norte de ese mínimo las isótopos del campo asumen un carácter más suave, lo que evidencia la ausencia de fuentes magnéticas cercanas a la superficie (Fig. 2). Esta zona es la UTE de Remedios. El campo magnético en este sector aumenta suavemente hacia el norte, debido al ascenso del basamento en esa dirección cuya profundidad es alrededor de 8km.

A partir de los campos potenciales, específicamente el mapa de anomalías gravitatorias locales se identificó una cadena de máximos locales cuyo gradiente sur está generado por el contraste de densidad entre los sedimentos densos de la UTE Remedios (calizas, anhidritas y dolomitas), con las variedades de rocas alteradas del Terreno Zaza (Fig. 3). Esta falla es conocida como falla Las Villas o falla Cubitas (línea de color negro). Entre la línea negra y la línea amarilla el Terreno Zaza está recubriendo a la UTE Remedios.

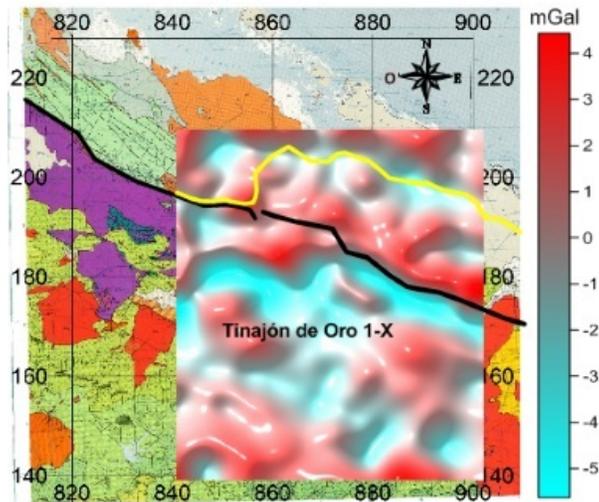


**Fig. 3.** Mapa de anomalías gravitatorias locales obtenidas con la resta de dos filtrados con  $k=8$  y  $k=16$  respectivamente

Este mapa de anomalías gravitatorias locales es resultado de la resta de dos filtros gaussianos con diferentes coeficientes de atenuación, uno obtenido con  $k$  igual a 8 y el otro con  $k$  igual a 16. La operación indicada funciona como un pasabanda que permite a la salida más de un 60 por ciento de las frecuencias entre 0.08 y 0.16, aumentando la atenuación para las frecuencias fuera del intervalo indicado.

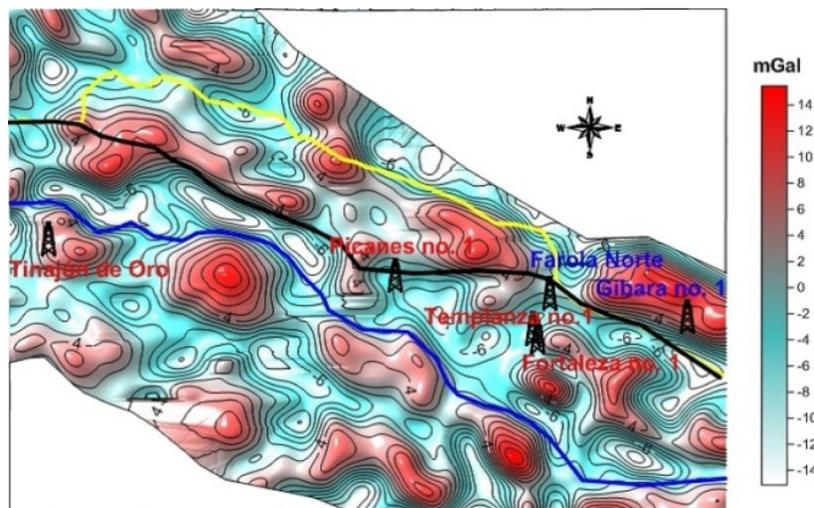
Se pudo comprobar que la diferencia entre el mapa obtenido con  $k$  igual a 8 y el obtenido con  $k$  igual a 16 representaba mejor la continuación de la Falla Las Villas.

Con el apoyo del Mapa Geológico de Cuba, a escala 1:250 000, se observó claramente la presencia de la falla Las Villas que aflora hacia el oeste del área investigada. Nótese que las líneas negras y amarillas coinciden con el contacto entre las calizas de la UTE Remedios y las serpentinitas (Fig. 4).



**Fig. 4.** Mapa de las anomalías gravitatorias locales compuesto con el mapa geológico

A partir del mapa de anomalías gravitatorias locales obtenidas con un filtro pasabanda, se marca el límite de los grandes cuerpos del Terreno Zaza, definido por los intensos máximos al sur del área (línea de color azul). Entre la línea azul y la línea negra se encuentra el menor espesor de los sedimentos del Terreno Zaza, donde se ubicaron los perfiles para el ajuste del campo magnético (Fig. 5). Según el modelo conceptual explicado por los especialistas, se espera que en la región señalada se encuentre el margen continental (Camajuaní y Placetas) yaciendo bajo el Terreno Zaza, lo que provoca valores mínimos regionales gravitacionales y valores mínimos regionales del campo magnético, esta zona se ubica entre el norte que limita los grandes cuerpos y la Falla Cubitas.



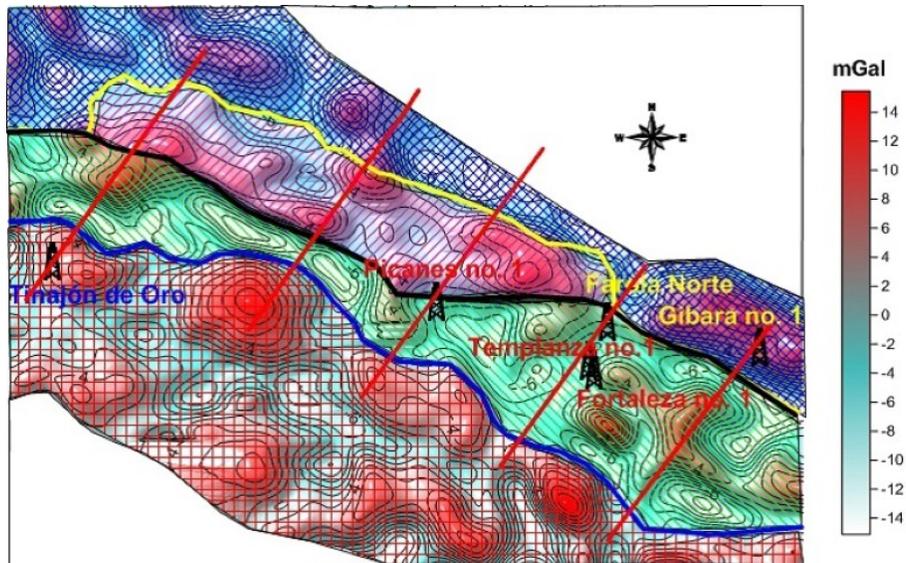
**Fig. 5.** Mapa de anomalías gravitatorias locales obtenidas con un filtro pasabanda entre longitudes de onda de 8km a 40km

De acuerdo a la geología se puede ver aflorando en la Sierra de Camaján, Camagüeyla Fm. Veloz y la Fm. Carmita (pertenecientes a la UTE Placetas), con límites estratigráficos discordantes y rasgos de sobrecorrimiento, mezclados de forma caótica con rocas de la asociación ofiolítica, como resultado de los movimientos tectónicos ocurridos en esta zona, lo que puede ser otro indicativo de que en este lugar los sedimentos del paleomargen continental se encuentran bajo el Terreno Zaza (Hernández, 2012; Paredes, 2014).

El pozo Tinajón de Oro1-X, cortó el Terreno Zaza a los 2.29 km sin salir de sus rocas hasta la profundidad de 2.8km. El pozo Picanes No.1, ubicado inmediatamente al sur de la falla Las Villas, cortó el Terreno Zaza a los 1.67 km, hasta la profundidad de 3.5km sin salir de estos. En el extremo noreste del área aflora la Formación Gibara que se incluye dentro de la UTE Remedios. El pozo Gibara No. 1 ubicado en su extremo, perforó más de 4 km de carbonatos de banco sin salir de la UTE Remedios (Linares Cala, 2011).

#### **Zonificación geológica y selección de perfiles a partir de las posibles zonas favorables.**

Los elementos de juicio para la zonificación geológica de los campos potenciales, permitieron la delimitación del sector donde se encuentra el menor espesor del Terreno Zaza, la mayor probabilidad de aparición de los sedimentos de margen continental apuntan hacia esta zona (Fig. 6), donde los pozos Farola Norte, Templanza No. 1 y Fortaleza No.1 perforados en el área cortaron en su mayoría rocas vulcanógeno-sedimentarias y ofiolitas, con manifestaciones de petróleo y gas; por lo que es de suponer que estos hidrocarburos son provenientes de mayores profundidades asociadas a la presencia de las UTE Placetas y Camajuaní. Esta zona constituye la más favorable para la continuación de las investigaciones en el futuro propuestas en este trabajo, localizadas en el sector donde se estiman los menores espesores del Terreno Zaza, localizados entre el límite de los grandes cuerpos del Terreno Zaza y la falla Las Villas. A partir de la delimitación de los principales rasgos tectónicos y estructurales, las UTE Placetas, Remedios y Camajuaní, y el límite de los grandes cuerpos del AVC y las ofiolitas de la zona de estudio, fue posible trazar cinco perfiles (I, II, III, IV, V en Fig. 6) constituidos por cuerpos de forma poligonal, limitados en el rumbo por planos (cuerpos 2.5 D), con el objetivo de desarrollar la modelación del campo magnético.



**Fig. 6.** Mapa de zonificación geológica y ubicación de perfiles

Para el ajuste de los modelos se tuvo en cuenta las formaciones que cortaban los perfiles y la susceptibilidad magnética determinada por Clara Shaposnikova en 1969, a partir de un estudio realizado a muestras reales en el sector norte de las provincias Camagüey-Las Tunas, indicando un modelo preliminar para iniciar el modelaje.

Antes de analizar las anomalías, se consideró la susceptibilidad, que a pesar de ser adimensional, su valor fue expresado en esta investigación en el Sistema Internacional (SI) (Shaposnikova, 1969). Esto es solo para llamar la atención de que el sistema a usar es el SI y no el CGS. Los valores pueden ser convertidos al SI con solo multiplicarlos por  $4\pi$ .

Una simple revisión al mapa geológico de Cuba a escala 1:250 000 (Iturralde Vinent, 2012), revela la existencia de varias rocas asociadas al AVC como por ejemplo conglomerados vulcanomícticos, tobas, tufitas y vulcanitas, dando una idea de que estas rocas responden a máximos en el campo gravitatorio por su alta densidad al igual que en el campo magnético por su alta susceptibilidad. En esta zona el campo está muy alterado pues no solamente hay fuentes someras del campo magnético que están aflorando (tope de los cuerpos magnéticos) sino que estos tienen un gran espesor (Kireev, 1963). De acuerdo a las litologías que caracterizan a cada formación se le asigna una susceptibilidad inicial a cada cuerpo. Según Linares (1989), en estudios realizados al norte de Las Villas, se ha determinado que el buzamiento de los cuerpos corresponde a  $70^{\circ}$ . Este fue otro elemento que se tuvo en cuenta para el modelaje.

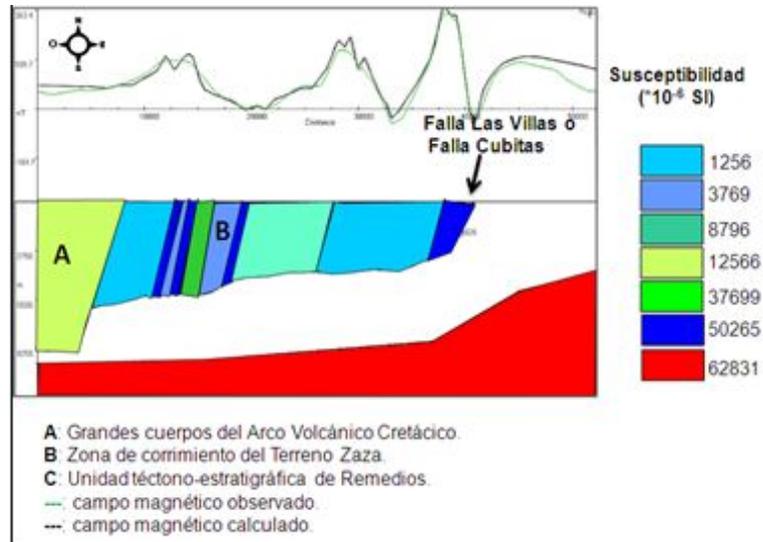
Con el uso del Geomodel y considerando la inclinación del campo magnético de  $54^{\circ}$ , tomando que el levantamiento es correspondiente al año 1955, se deriva la siguiente información que se muestra en la tabla I

**Tabla I.** Datos utilizados para el ajuste en Geomodel.

| Distancia (m) | Azimut topográfico (°) | Azimut geográfico (°) | Campo normal | Declinación | Inclinación |
|---------------|------------------------|-----------------------|--------------|-------------|-------------|
| 62.13         | 36.31                  | 37.64                 | 47313.9      | 0.36        | 54.5        |
| 57.82         | 35.45                  | 36.93                 | 47301.12     | 0.09        | 54.56       |
| 60.68         | 36.44                  | 38.01                 | 47300.63     | -0.06       | 54.59       |
| 48.57         | 35.98                  | 37.63                 | 47284.77     | -0.21       | 54.62       |
| 52.78         | 38.06                  | 39.79                 | 47276        | -0.35       | 54.65       |

Para el ajuste de estos modelos se utilizó el algoritmo de Talwani (Talwani, 1960), aplicado al campo magnético, con los parámetros del IGRF referidos a la fecha estimada del levantamiento (1955) y a su altura de vuelo (300 m), fue excluido el campo regional aplicando un *spline* cúbico a cada perfil que se ajustó a sus respectivas curvas medias, para de esta manera quedara excluido el efecto del basamento. Los ajustes realizados confirmaron:

- La presencia de cuerpos magnéticos con fuerte buzamiento hacia el norte noreste, llegan a alcanzar hasta  $50265 \times 10^{-6}$  SI valores de susceptibilidad magnética, localizándose sus bases a los 8 km de profundidad en lo que se refiere a cuerpos del Terreno Zaza (A en Fig. 7). Se asumió que el intenso buzamiento hacia el norte noreste ha sido ocasionado por el proceso compresivo contra la plataforma de Bahamas-Florida, la que constituyó una barrera natural durante el Cretácico Superior hasta el Eoceno Medio. Así, los cuerpos del AVC fueron emplazados en posición casi vertical, y en algunos sectores superpuestos sobre la UTE Remedios inclusive (Rifá Hernández, 2007). La imbricación entre sedimentos sinorogénicos y cuerpos de ofiolitas ha sido explicada en otras investigaciones para otros sectores del territorio cubano que pueden considerarse análogos al territorio estudiado en esta tesis (Rifá Hernández, 2012)
- Existe una variación entre estos cuerpos altamente magnéticos con otros de menores susceptibilidades, alternándose estos valores a lo largo del perfil.
- Al norte aparece una zona con una baja susceptibilidad magnética que puede alcanzar hasta  $3769 \times 10^{-6}$  SI y menores (B en Fig. 7). Se demostró que en esta zona disminuye considerablemente el espesor del Terreno Zaza.
- Finalmente la zona C, en ocasiones recubierta por el Terreno Zaza, que se afina y desaparece en ese sector, representa desde el punto de vista magnetométrico, un gran cuerpo cuya susceptibilidad es despreciable, y que corresponde a los sedimentos de la UTE Remedios. Esta zona se caracteriza por el campo poco perturbado que asciende suavemente hacia el norte, de donde se pudo inferir que la fuente del campo se encuentra en el basamento, alejada de la superficie a profundidades de 8 a 10 km. Los modelos calculados satisfacen en sus rasgos generales al modelo esquemático conceptual (Fig. 1).



**Fig. 7.** Ajuste del campo magnético por el perfil IV

A partir de la interpretación cualitativa y cuantitativa que se realizó a los campos potenciales (gravimétrico y magnético), y considerando toda la información geológica-geofísica, se confeccionó el mapa de zonificación de las anomalías gravitacionales (Fig. 8). En el cuál se apreciarán las siguientes zonas:

- La zona A, denominada zona de grandes espesores del Terreno Zaza, cuya base se encuentra a una profundidad aproximada de 8 km, obsérvese como las anomalías son más intensas en esta zona.
- La zona B, reconocida como la zona de recubrimiento del Terreno Zaza sobre los sedimentos de la UTE Remedios correspondientes a carbonatos de banco de notable desarrollo de cuerpos dolomíticos y paquetes dolomíticos de origen diagenético.
- Mientras que la zona C se corresponde con la UTE Remedios, representado por el pozo Gibara No. 1 ubicado al norte del área. Este pozo cortó en su totalidad los carbonatos de banco pertenecientes a la unidad tectónica de Remedios.
- Entre la Falla Las Villas, y el límite norte del AVC, se delimitó el sector donde el Terreno Zaza se afina considerablemente. Esto significa que el medio geológico que se encuentra debajo tiene una susceptibilidad magnética insignificante, similar a la que caracteriza a los sedimentos del margen continental. Se asumió entonces que tales sedimentos se acercan a la superficie en ese sector, especialmente en los alrededores de los pozos Fortaleza, Templanza y Farola Norte donde se ha estimado la base entre 2.8 y 1.5 km.

La información de los pozos Farola Norte, Templanza No. 1 y Fortaleza No. 1 sirvió de apoyo para corroborar los resultados obtenidos dado que estos pozos cortaron rocas vulcanógenas-sedimentarias a pequeñas profundidades, pero en los tres casos hubo manifestaciones de petróleo y gas en el sondeo.

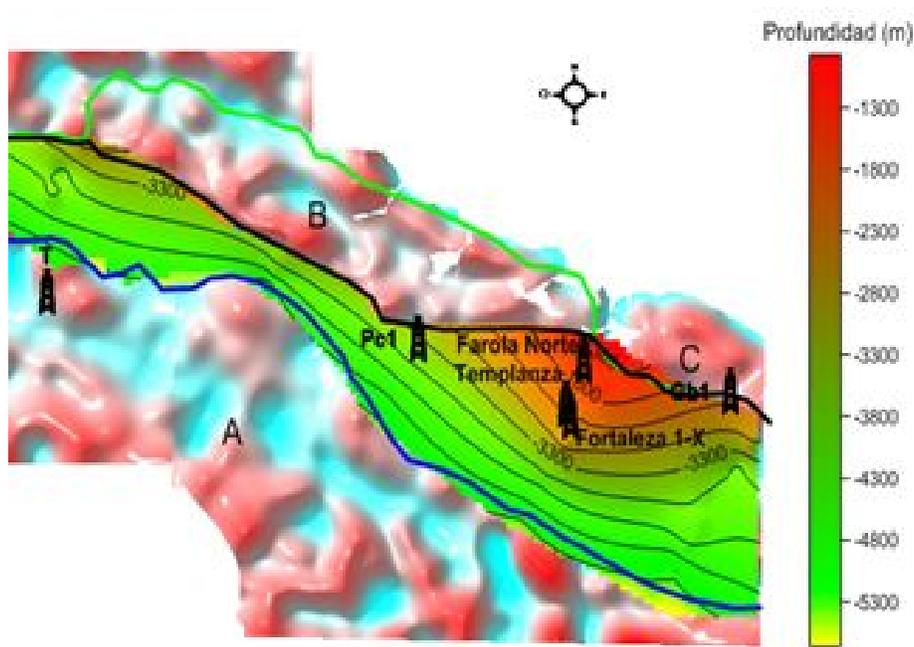
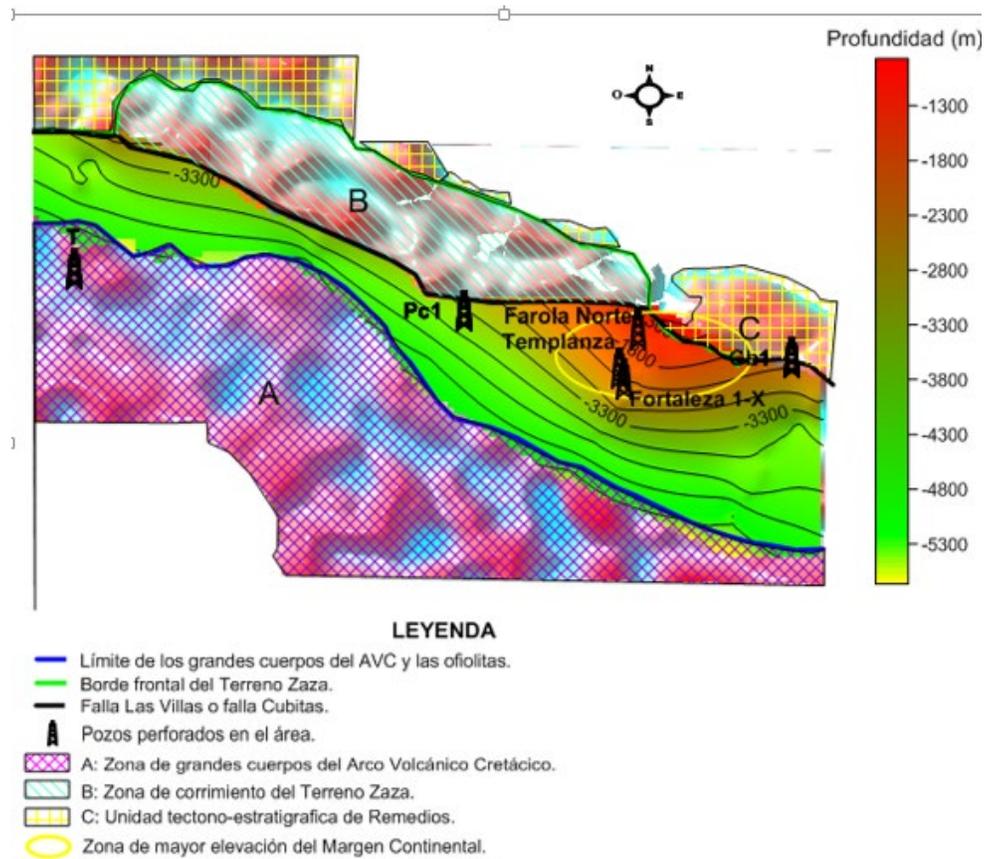


Fig.8. Mapa de la base de los cuerpos magnéticos

En el mapa se ofrecen las isolíneas de profundidad que revelan la zona donde se encuentra más elevado el margen continental (Fig. 9), esto se corroboró con la información de los pozos cercanos al área, determinando que las profundidades a las que se halla el cuerpo anómalo oscila entre 1 y 3km.



**Fig. 9.** Mapa de zonificación geológica de los campos potenciales

## Conclusiones

- La base de los cuerpos magnéticos se encuentra en la zona de interés entre la falla que delimita a los grandes cuerpos del Arco volcánico Cretácico y la falla Las Villas, a profundidades que oscilan entre 1 y 3 km.
- Los modelos ajustados demuestran la existencia de una imbricación de cuerpos ígneos de diferentes susceptibilidades magnética, emplazados en posición casi vertical, bajo los cuales la susceptibilidad magnética es despreciable.
- Las fallas más importantes que cortan la región se delimitan claramente en los campos físicos, el límite norte de Terreno Zaza se identifica a lo largo de una cadena de mínimos locales magnéticos. La falla Las Villas o Cubitas coincide con el gradiente intenso que se ubica al sur de los máximos locales de campo gravitatorio. El límite norte de los grandes cuerpos del Arco volcánico Cretácico se identifica como el gradiente norte de las grandes anomalías locales del mapa obtenido con un pasabanda con longitud de onda de 8 a 40 km.

## Referencias bibliográficas

- Hatten, C.W. 1988. *Tectonostratigraphic units of central Cuba*. Barbados <http://www.redciencia.cu > geobiblio > paper > 19.TECTONOSTRATIGRAPHIC UNITS OF CENTRAL CUBA>
- Linares Cala, E. 1997. Manifestaciones superficiales y someras de hidrocarburos en las regiones de las provincias de Camaguey-Las Tunas y Holguín. CEINPET, Nro. 1997.
- Linares Cala, E. 2011. *Yacimientos y manifestaciones de hidrocarburos de la República de Cuba*. La Habana: CEINPET.
- Prol Betancourt, J.R.H., M. 2014. Modelo geológico conceptual de Cuba a partir de los campos potenciales y de los últimos criterios sobre la evolución tectónica del territorio cubano. Inédito. La Habana, Cuba.
- Rifá Hernández, M.P.B., J. L. , 2012. Zonificación de las anomalías gravitatorias para la exploración petrolera en el archipiélago cubano y sus aguas someras. En: coord., *XXXVIII Convención Panamericana de Ingenierías*, La Habana, Cuba.
- Rifá Hernández, M.P.B., J. L. 2007. Posibilidades de encontrar sedimentos de talud profundo debajo del arco volcánico cretáceo en la cuenca central mediante el estudio del campo gravitacional. *I Congreso de Petróleo y Gas (Petrogas 2007)*.
- Shaposnikova, C. 1969. Propiedades físicas de las rocas en el Norte de Las Villas y Camaguey.
- Soloviev, O.N. 1963. Mapa magnetométrico de la República de Cuba a escala 1:500 000
- Sorá, A.M., G.; Ojeda, R.; Prol Betancourt, J.L. ; Amejeira, G. . 2003. *Incremento de la efectividad del método sísmico en el Cinturón Plegado Cubano (I Etapa)*. CEINPET.
- Talwani, M.E., M. 1960. Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape. *Geophysics.*, **25**(1), 203-225.
- Telford, W.M.G., L.P.; Sheriff, L.E. 1976. *Applied Geophysics*. England Cambridge University.
- Tissot, B.W., D. 1982. El petróleo, su formación y localización. En: eds. *El petróleo, su formación y localización*. México: Consejo Nacional de Ciencia y tecnología.

Acerca de los autores:

**Anisleydis Montalvo Casanova:** Graduada de la Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE) en el año 2015 como Ingeniera Geofísica. Desde 2015 y hasta la actualidad trabajo en el Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA) como Especialista para la ciencia, la tecnología y el medio ambiente y actual Jefa del Servicio Estatal de Datos Ionosféricos, Estación Habana. He cursado varios posgrados de geociencias, seminarios, talleres y cursos que fomentan mi carrera profesional. He participado en dos proyectos de

levantamiento geomagnético en la Habana, Mayabeque, Matanzas y Pinar del Rio, en la confección de la tarea técnica, adquisición y procesamiento de datos.