

MODELOS MAGNÉTICOS 2.5 D DE LA REGIÓN NORORIENTAL DE CUBA

2.5 d magnetic models of the northeastern region of Cuba

José Alberto BATISTA-RODRÍGUEZ

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. E-mail: jabatista@ismm.edu.cu

RESUMEN- La modelación 2.5 D de los datos aeromagnéticos de la región nororiental de Cuba, permitió caracterizar las profundidades, formas, espesores y yacencias de las rocas ofiolíticas, principales causantes de las anomalías magnéticas positivas, sobre todo las rocas ultrabásicas serpentinizadas. Las anomalías magnéticas negativas se relacionan con el poco espesor de estas rocas cuando están aflorando o con grandes espesores de otros tipos de rocas que se encuentran en superficie. Las rocas ultrabásicas serpentinizadas alcanzan profundidades de hasta 3 km, mientras que los gabros no sobrepasan los 100 m, en los perfiles de interpretación estudiados.

Palabras clave: Cuba nororiental, modelación magnética, ofiolitas.

ABSTRACT- The 2.5 D modelling of aeromagnetic data of the north-eastern region of Cuba let to characterize, the depths, forms, thickness and position of the ophiolitic rocks, main sources of the positive magnetic anomalies, mainly the serpentinized ultrabasic rocks. The negative magnetic anomalies are related with the little thickness of these rocks when they are outcropping or with big thickness of other types of rocks that are in surface. The serpentinized ultrabasic rocks reach depths of up to 3 km, while the gabbros don't surpass the 100 m, in the studied interpretation profiles.

Key words: Eastern Cuba, magnetic modelling, ophiolites.

INTRODUCCIÓN

La región de estudio se ubica en el extremo nororiental de Cuba en la cual afloran fundamentalmente rocas ofiolíticas representadas por gabros y rocas ultrabásicas serpentinizadas. También están presentes rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias (Cobiella, 2000; Albear et al., 1988; Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1995, 1996a, b, c, 1998; Proenza, 1997, Proenza et al., 1999c). A pesar de que esta región en su mayor parte está cubierta por diversas investigaciones geológicas y geofísicas orientadas fundamentalmente a la prospección de cromitas y cortezas lateríticas Fe+Ni+Co (Adamovich y Chejovich, 1964;

Zamashikov y Tabachkov, 1971; Chang et al., 1990, 1991), no se conoce en profundidad la estructura de las ofiolitas y rocas asociadas.

Teniendo en cuenta que en las investigaciones geofísicas realizadas en esta región se ha utilizado en mayor medida el método magnético (Zamashikov y Tabachkov, 1971; Chang et al., 1990, 1991; Batista y Rodríguez, 2000; Batista et al., 2002; Batista, 2002), el cual posee una gran aplicación durante el mapeo de las estructuras geológicas (O'Brien, 1972; Naudy, 1971; Thompson, 1982; Bassay-Blum et al., 2000), en este trabajo se presenta la inversión 2.5 D de los datos aeromagnéticos de esta región nororiental de Cuba, con lo cual se aportan nuevos elementos sobre la geometría, profundidad y espesores de las rocas ofiolíticas, principales responsables del comportamiento magnético.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

Desde el punto de vista geológico, en la región nororiental de Cuba (Figura 1) afloran fundamentalmente unidades oceánicas correspondientes a las ofiolitas septentrionales, y a los arcos de islas volcánicos del Cretácico y del Paleógeno, y en menor grado formaciones sedimentarias (Cobiella, 1997, 2000; Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1995, 1996a, 1996b, 1996c, 1998; Proenza et al., 1999c).

Las ofiolitas septentrionales en la región de estudio están enmarcadas dentro de la llamada faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). Sus principales afloramientos están representados por los Macizo Mayarí-Cristal y Moa-Baracoa (Proenza et al., 1999a).

Esta faja ofiolítica constituye un cuerpo alóctono tabular con una longitud de 170 km, con un espesor que en ocasiones sobrepasa los 1000 m (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). Según Fonseca et al. (1985, 1992), Iturralde-Vinent (1996a, 1998); está constituida por diferentes términos litológicos representativos de una secuencia ofiolítica completa, aunque separados por contactos tectónicos. La secuencia de piso a techo estaría compuesta por peridotitas con texturas de tectonitas, "cumulados ultramáficos", cumulados máficos, diques de diabasas y secuencias efusivas-sedimentarias.

Estas ofiolitas se estructuran en forma de escamas tectónicas, cabalgando las rocas volcano-sedimentarias del arco de isla Cretácico, las cuales están cubiertas transgresivamente, por secuencias flyschoides y olistostrómicas del Maestrichtiano al Paleoceno. En ocasiones se observan imbricaciones entre las ofiolitas y estas secuencias infrayacentes, de manera que se intercalan en el corte (Iturralde-Vinent, 1996a, 1996b, 1998; Gyarmati et al., 1997; Cobiella, 2000).

Las rocas ofiolíticas muchas veces están cubiertas por materiales volcano-sedimentarios del arco de isla del Paleógeno y por secuencias terrígenas-carbonatas más jóvenes (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1996a, 1996b, 1998; Cobiella, 1997, 2000).

Macizo Ofiolítico Mayarí-Cristal

El macizo ofiolítico Mayarí-Cristal se ubica en la parte occidental de la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa, ocupando un área aproximada de 1200 km² (Figura 1). El mismo tiene una morfología tabular con un espesor de 1 a 1.5 km según Fonseca et al. (1985). En este macizo se han descrito, principalmente, los complejos ultramáficos y diques de diabasas; en cambio la existencia del complejo de gabros es polémica y el volcano-sedimentario no ha sido descrito (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998; Proenza et al., 1999a; Cobiella, 2000).

Las rocas ultramáficas están constituidas predominantemente por harzburgitas y dunitas, y raras veces lherzolitas y piroxenitas (Fonseca et al., 1985; Nekrasov et al., 1989; Navarrete y Rodríguez, 1991; Proenza et al., 1999a). En el macizo también están presentes diques de piroxenitas, los cuales cortan las peridotitas y los cuerpos de cromititas (Iturralde, 1996a, 1998; Proenza et al., 1999a; Cobiella, 2000).

El complejo de gabros no se encuentra bien expuesto y su presencia ha sido cuestionada. Knipper y Cabrera (1974) han reconocido una zona compuesta por gabros normales, gabros anfibolitizados juntos con diabasas en el extremo noroccidental del macizo; en cambio, Fonseca et al. (1985) y Nekrasov et al. (1989) no reconocen la existencia del complejo de gabros. Navarrete y Rodríguez (1991), describen la presencia de gabros, microgabros y gabros-diabasas y los relacionan con el complejo cumulativo máfico, aunque plantean que el gabro no es la variedad predominante. Iturralde-Vinent (1996a, 1998) reconoce una zona de gabros junto con diques de diabasas.

Los diques de diabasas presentan pocos centímetros de espesor, se disponen paralelos, con una separación de 1 a 5 m (Iturralde-Vinent, 1996a, 1998). Este complejo tiene un espesor de 500 m (Fonseca et al., 1985).

En la columna sintética generalizada de este macizo (Figura 2) propuesta por Proenza et al. (1998b), se señalan de piso a techo: a) una zona de harzburgitas con textura de tectonitas; b) una zona de alternancia de harzburgitas y dunitas con abundantes cuerpos de cromititas y diques de piroxenitas (websterita); c) una posible zona correspondiente a los cumulos máficos (gabros), la cual de existir, sería extremadamente pequeña; y d) la zona del complejo de diabasas.

Macizo Ofiolítico Moa-Baracoa

El Macizo ofiolítico Moa-Baracoa se ubica en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa. El mismo ocupa un área aproximada de 1500 km² y presenta un desarrollo considerable de los complejos ultramáfico y de gabros (Proenza et al., 1999a, 1999b, 1999c) (Figura 1). Según Fonseca et al. (1985) el espesor aproximado del complejo ultramáfico es de 1000 metros y el de gabros de 500 metros.

El complejo ultramáfico desde el punto de vista petrológico se caracteriza por un predominio de harzburgitas, y en menor grado dunitas; también se han descrito dunitas plagioclásicas, wehrlitas, lherzolitas, y piroxenitas (García y Fonseca, 1994; Proenza et al., 1999a, 1999b).

Los cumulos de gabros forman grandes cuerpos incluidos en el complejo ultramáfico. La dimensión de estos cuerpos oscila entre 1 y 3 km de ancho, por 10 a 15 km de longitud. El contacto entre los gabros y el complejo ultramáfico generalmente es tectónico. Los principales tipos petrológicos descritos son: gabros olivínicos, gabronorita, gabros, anortositas y noritas (Ríos y Cobiella, 1984; Fonseca et al., 1985; Proenza, 1997; Proenza et al., 1999a, 1999b).

En la columna sintética generalizada de este macizo (Figura 3), propuesta por Proenza et al. (1998b, 1999c), aparecen de piso a techo: a) una zona de harzburgitas con texturas de tectonitas; b) una zona de harzburgitas que contienen fundamentalmente cuerpos de dunitas, dunitas plagioclásicas, sills de gabros, dique de gabros y pegmatoides gabroicos; c) la zona de los cumulos máficos (gabros), los cuales presentan en la base gran desarrollo de gabros bandeados (gabros olivínicos, gabronoritas), transicionando hacia la parte alta a gabros isotrópicos; d) la zona del complejo de diques de diabasas ? y e) el complejo efusivo-sedimentario.

Las secuencias del arco de islas volcánico del Cretácico están compuestas fundamentalmente por andesitas basálticas y basaltos, principalmente tobas y lavobrechas andesíticas, dacitas, tufitas, argilitas, lutitas volcanomícticas, lavas basálticas (Millán, 1996; Iturralde-Vinent, 1996c, 1998; Gyarmati et al., 1997; Cobiella, 2000).

Según Iturralde-Vinent (1996c), el basamento de este arco volcánico es una corteza oceánica de edad pre-Aptiano, la cual ha sido reconocida en Cuba oriental como anfibolitas Güira de Jauco.

Las unidades estratigráficas representativas del Campaniano Tardío-Daniano son secuencias típicamente olistostrómicas compuestas por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y de las rocas volcánicas cretácicas (Cobiella, 2000; Quintas, 1989,

1996). También aparecen calizas brechosas, conglomerados volcanomícticos, brechas, margas, tobas, calizas organo-detríticas, areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, lutitas y tufitas (Iturralde-Vinent, 1976).

Las secuencias del arco de islas volcánico del Paleógeno están representadas por tobas vitroclásticas, litovitroclásticas, cristalovitroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobaceas, calizas, conglomerados tobaceos, lutitas, margas, gravelitas, conglomerados volcanomícticos y algunos cuerpos de basaltos, andesitas, y andesitas-basálticas, los cuales alcanzan hasta 6000 m de espesor (Iturralde-Vinent, 1976, 1995, 1996b, 1998; Cobiella, 1997, 2000)

Desde el punto de vista tectónico la región se caracteriza por el predominio de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección nordeste y noroeste (Figura 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los datos aeromagnéticos reducidos al polo (ΔTrp), pertenecientes al levantamiento aerogeofísico complejo de la región oriental de Cuba, en el cual se realizaron las mediciones en líneas de vuelo con direcciones norte-sur, separadas cada 500 m y a una altura media de 70 m, con un error de ± 10 nT (Chang et al., 1990, 1991).

Se tomo como base geológica el mapa 1:250 000 (Albear et al., 1988) para toda la región de estudio, y otros a escalas más detalladas que no se muestran en el trabajo, tales como: 1:100 000 de la región Sagua-Moa (Gyarmati y Leye O'Conor , 1990), 1:50 000 de Mayarí (Adamovich y Chejovich, 1963) y 1:50 000 de Moa (Gyarmati y Leye O'Conor , 1990).

Los perfiles de interpretación se trazaron por las zonas de mayor interés según el comportamiento del campo magnético y las características geológicas, con el objetivo de establecer las principales características geométricas y físicas (formas, yacencia, dimensiones y profundidades) de los cuerpos geológicos causantes de las anomalías. Para esto se utilizó el *software Geomodel* 1.3 de modelación 2.5 D (G.R.J. Cooper 1991), el cual utiliza el algoritmo tipo Talwani para calcular las anomalías (Talwani, 1965). Durante la modelación se consideró que los cuerpos geológicos están magnetizados según la dirección del campo magnético actual. Además se emplearon los siguientes parámetros del campo magnético: $I = 90^\circ$, $D = 5.25^\circ$ y $T_0 = 43500$ nT, calculados para el año 1985. Como unidad de longitud se utilizó el metro, la susceptibilidad magnética (K) se trabajó en el SI y ΔT en nT.

CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA

El estudio de las propiedades físicas de las rocas y minerales es un aspecto imprescindible durante el desarrollo de las investigaciones geofísicas, y sobre todo durante la inversión de datos geofísicos, ya que permite confeccionar modelos preliminares más precisos y confiables, y brindar como resultado final modelos más acordes con la realidad.

En la región se han realizado diversos trabajos petrofísicos durante la ejecución de levantamientos geológicos y geoquímicos, orientados fundamentalmente al estudio de las propiedades magnéticas de las rocas. Entre los trabajos más significativos se encuentran los de Zamashikov y Tobachkov (1971) en el macizo Moa-Baracoa, Chang et al. (1990, 1991) en la región Mayarí-Sagua-Moa, Rodríguez (1982) y Castillo (1980) en las rocas ultrabásicas de Cuba oriental, y Batista (2002) en la región de Moa.

Las propiedades físicas de las rocas varían de un tipo litológico a otro, e incluso dentro de un mismo tipo litológico, dependiendo del grado de mineralización y alteración que tengan los mismos (Logachev y Zajarov, 1986). La región de estudio se encuentra ocupada en su mayor parte por rocas ofiolíticas y en menor grado por rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias (Quintas, 1989; Iturralde-Vinent, 1996a). Según investigaciones realizadas en otras parte del mundo (Clark, 1997) y en la propia región de estudio (Zamashikov y Tobachkov, 1971; Chang et al., 1990, 1991; Rodríguez, 1982; Castillo (1980); Batista, 2002), en este mismo orden disminuyen los valores de susceptibilidad magnética (κ) de las rocas sin considerar su grado de alteración y mineralización. Según estas investigaciones dentro de las ofiolitas, las rocas ultrabásicas se caracterizan por las mayores variaciones de κ y pueden variar desde débil hasta fuertemente magnéticas, en correspondencia con su grado de serpentinización, debido a que durante este proceso ocurre la transformación del olivino o piroxeno en serpentina, quedando libre parte del hierro que se transforma en magnetita. Por lo tanto, los mayores valores de κ , se registran en las rocas más serpentinizadas.

Los gabros se caracterizan por ser débil o fuertemente magnéticos. Dentro de ellos las variedades de gabro-noritas y anortositas poseen los valores más bajos de κ . Los mayores valores se registran en aquellos que se encuentran enriquecidos en magnetitas o pirrotina. Los procesos posteriores en los mismos, tales como anfibolitización provocan una disminución en su κ (Logachev y Zajarov, 1986).

Los resultados de las mediciones de K en el territorio se recogen en la tabla 1, a partir de la cual se manifiesta que las rocas ígneas poseen los valores más altos de K , en orden le siguen las rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias, lo cual permite inferir que las mayores intensidades positivas del campo magnético deben estar relacionadas con las características geológicas y estructurales de las rocas ultrabásicas serpentinizadas, teniendo en cuenta que ocupan la mayor parte del territorio.

MODELACIÓN DE LOS DATOS AEROMAGNÉTICOS

En la región de estudio se trazaron cuatro perfiles de interpretación a través de las principales anomalías de interés presentes en el mapa residual calculado para la componente regional de los datos magnéticos reducidos al polo, obtenida esta componente a los 4 km aplicando la Continuación Analítica Ascendente (Figura 4).

Teniendo en cuenta las diferentes litologías presentes en la región y sus valores de K (Tabla 1) se elaboraron diferentes modelos, cuyas curvas teóricas se compararon con las curvas medidas durante la modelación. Se consideró que entre ambas curvas existía buen ajuste cuando sus diferencias no sobrepasaban los 30 nT, es decir, tres veces el error del levantamiento (± 10 nT). En esas condiciones se obtuvieron los modelos propuestos.

Para los modelos elaborados inicialmente se consideró que las anomalías magnéticas positivas eran producidas por cuerpos de rocas ultrabásicas. Las mayores intensidades se asociaron con las variedades serpentinizadas de estas rocas, fundamentalmente harzburgitas serpentinizadas, teniendo en cuenta que son las rocas ultrabásicas predominantes en la región de estudio.

Los modelos elaborados para las anomalías negativas se conformaron de rocas ultrabásicas con pocos espesores, en aquellos casos que las mismas afloran. Cuando estas no afloran los modelos se componen de cuerpos de gabros, y rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias.

RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

En los perfiles de interpretación solamente se muestran los modelos que conforman las rocas que tienen mayor influencia en el comportamiento del campo magnético.

En los modelos obtenidos a través de cada perfil de interpretación solo se muestran las rocas que tienen mayor influencia en el comportamiento del campo magnético.

Perfil I-I'

Los resultados obtenidos mediante la modelación señalan que los cuerpos que causan las anomalías observadas en el perfil I-I' (Figura 5), se extienden hasta 500 m de profundidad en el caso de las rocas ultrabásicas y hasta 100 m para los cuerpos de gabros, todos ellos con yacencias próxima a la vertical y formas de prisma. Las mayores profundidades, correspondientes a las rocas ultrabásicas, se localizan al NW de la Meseta Pinares de Mayarí.

Perfil II-II'

Con la modelación se estableció que los cuerpos de rocas ultrabásicas, causantes de las anomalías observadas en el perfil II-II' (Figura 6), poseen formas de cuñas y prismas inclinados, tanto hacia el oeste como al este. Los mismos se extienden hasta profundidades de 2 y 3 km, fundamentalmente al SE de la Meseta Pinares de Mayarí. En la zona de esta Meseta, donde se desarrollan cortezas de lateritas ferroniquelíferas, las harzburgitas serpentinizadas alcanzan los menores espesores en el perfil. Este resultado coincide con los obtenidos en interpretaciones cualitativas realizadas por Batista (2002) en esta zona.

Perfil III-III'

Con ayuda de la modelación se conoce que los cuerpos de rocas ultrabásicas que producen las anomalías observadas en el perfil III-III' (Figura 7) poseen forma de prismas, la mayoría, ligeramente inclinados hacia el SW, con profundidades que oscilan entre 0-800 m, alcanzando sus máximos valores al SE de Sagua de Tánamo. Se muestra que los valores negativos del campo magnético observado en al SW de Sagua de Tánamo, donde afloran harzburgitas serpentinizadas, se deben al poco espesor de las mismas y a sus menores valores de susceptibilidad magnética a lo largo de este perfil, coincidiendo con interpretaciones cualitativas realizadas anteriormente (Batista, 2002).

Perfil IV-IV'

A partir de la modelación realizada se conoce que los cuerpos de rocas ultrabásicas que ocasionan las anomalías observadas a través del perfil IV-IV' (Figura 8) poseen forma de prisma, algunos de ellos inclinados tanto hacia el SW como el NE. Los mismos poseen profundidades de hasta 900 m, alcanzando su máximo valor en el extremo SW del perfil. Los cuerpos de gabros presentes en el extremo NE del perfil poseen espesores de hasta 10 m, lo cual en combinación con su baja magnetización provoca una disminución de la intensidad del campo magnético en aquellos lugares donde afloran estos cuerpos. En las zonas del perfil

donde afloran rocas ultrabásicas y el campo magnético es negativo, disminuyen los espesores y la susceptibilidad magnética de estas rocas.

En la modelación realizada a lo largo de estos cuatros perfiles de interpretación, se muestra que la mayoría de los afloramientos de rocas ultrabásicas observados a lo largo de estos perfiles, poseen una pequeña cubierta sedimentaria o de otro tipo de roca, con baja magnetización.

Los resultados de esta modelación para el macizo ofiolítico Mayarí-Cristal muestran valores de espesores superiores a los reportados en investigaciones geológicas anteriores (Fonseca et al., 1985), mientras que para el macizo ofiolítico Moa-Baracoa ambos resultados son similares. De la misma manera en modelaciones 2D anteriores del área de Moa (Batista et al., 2002), se obtienen resultados similares a los obtenidos en esta investigación para dicha área. Es bueno señalar que las investigaciones geológicas anteriores se basan fundamentalmente en observaciones de campo, sin contar con perforaciones o datos geofísicos que avalen esos planteamientos, lo cuál justifica la importancia de esta modelación 2.5 D de los datos geofísicos en esta región.

CONCLUSIONES

A partir de la modelación 2.5 D de los datos aeromagnéticos de la región nororiental de Cuba se concluye que las anomalías magnéticas positivas presentes en cada uno de los perfiles de interpretación están asociadas a rocas ultrabásicas, fundamentalmente harzburgitas serpentinizadas. Por otro lado, las anomalías magnéticas negativas se asocian en algunos casos al poco espesor de las rocas ultrabásicas aflorantes y en otros casos a la presencia en superficie y profundidad de rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias y cuerpos de gabros.

Los cuerpos geológicos causantes de las anomalías observadas en los perfiles de interpretación, poseen profundidades que oscilan entre 0-3 km, con formas de prisma y cuñas, en algunos casos verticales y en otros inclinados. En los perfiles analizados los cuerpos de gabros aflorantes no sobrepasan los 100 m de profundidad. Estos resultados mencionados coinciden con la interpretación cualitativa previa de los mapas de ΔT reducido al polo y su CAA, pero discrepan con algunos resultados de investigaciones geológicas anteriores sobre los espesores de las rocas ofiolíticas del macizo Mayarí-Cristal.

El hecho de que tales investigaciones geológicas se basen fundamentalmente en observaciones de campo, sin contar con perforaciones o datos geofísicos que avalen esos planteamientos, justifica la importancia de esta modelación 2.5 D de los datos geofísicos en esta región. Teniendo en cuenta que las rocas ofiolíticas ocupan la mayor parte del área

investigada, la profundización en sus características geológicas y estructurales constituye un aspecto imprescindible para la correcta orientación de los trabajos de prospección de cromitas y lateritas Fe+Ni+Co, que constituyen las principales fuentes de materias primas minerales presentes en esta área.

AGRADECIMIENTOS

A la Oficina Nacional de Recursos Minerales de Cuba por facilitar el acceso a los principales levantamientos geofísicos realizados en la región oriental de Cuba.

A la dirección del Instituto de Geología y Paleontología, particularmente al Departamento de Geofísica, por facilitar los datos aeromagnéticos utilizados en este trabajo. A los doctores José Rodríguez, Alina Rodríguez, Joaquín Proenza, Jesús Blanco, Antonio Rodríguez y Ramón González Caraballo, por las sugerencias que permitieron enriquecer el trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamovich A. y V.D. Chejovich, 1963. Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente. O.N.R.M.,
- Adamovich A. y V.D. Chejovich, 1964.. Principales características de la geología y de los minerales útiles de la región nordeste de la provincia de Oriente. *Revista Tecnológica*, 2:14-20
- Albear, J.; I. Boyanov; K. Brezsnianszky; R. Cabrera; V. Chejovich; B. Echevarría; R. Flores; F. Formell; G. Franco; I. Haydutov; M. Iturralde-Vinent; I. Kantchev; I. Kartashov; V. Kostadinov; G. Millán; R. Myczynski; E. Nagy; J. Oro; L. Peñalver; K. Piotrowska; A. Pszczolkowski; J. Radoczj; Rudnicki; M.L. Somin, 1988. Mapa geológico de Cuba. Escala 1:250 000.
- Bassay-Blum, M.L., Bittencourt-Pires, A.C. y Vitoria de Moraes, R.A., 2000. Gravity inversion on granite-greenstone belt areas: crixás, guarinos and pilar de golás, brazil. *Revista Brasileira de Geociencias*, 30(3):547-550.
- Batista, J., 2002. Nuevas regularidades geológicas de la región Mayarí-Sagua-Moa a partir de la reinterpretación del levantamiento aerogeofísico 1:50 000. [Tesis doctoral]. CICT. ISMMM, Cuba. 115p.
- Batista, J. y A. Rodríguez, 2000. Particularidades geológicas del complejo ofiolítico de Moa a partir de los datos aeromagnéticos 1:50 000. *Minería y Geología*, 17(1): 17-25.
- Batista, J., A. Rodríguez, J. Blanco and J. Proenza, 2002. Estructura del macizo ofiolítico de Moa (NE de Cuba) según la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000. *Acta Geológica Hispánica*, 37, 4, 369-387.
- Castillo, L.R., 1980. Algunas particularidades petrofísicas de Cuna oriental. [Tesis de diploma]. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 81 p.
- Chang, J.L.; L. Corbea ; F. Prieto ; J. Hernández ; G. Brito, 1991. Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Sector Guantánamo sur). O.N.R.M, 260p.

- Chang, J.L.; G. Gribniou; A. Brodoboï, 1990. Informe sobre resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias de Santiago de Cuba, Holguín, Granma y Guantánamo (Sector Pinares de Mayarí). O.N.R.M, 314p.
- Clark, D.A,1997. Magnetic petrophysics and magnetic petrology: aids geological interpretation of magnetic surveys. *AGSO J. Aust. Geol. Geophys.*, 17(2): 83-104.
- Cobiella, J.L, 1997. Zonación estructuro facial del corte Paleoceno Eoceno Medio de Cuba. *Minería y Geología*, 14(1): 3-12.
- , 2000. Jurassic and Cretaceous geological history of Cuba. *International Geology Review*, 42: 594-616.
- Fonseca, E.; V. Sladkevich; M. Santa Cruz; A. Morales; R. Rodríguez; C. Capote; M. Navarrete; I. García, 1992. Geología de los yacimientos cromíticos con evaluación pronóstico. Informe final tema 401-12. Unidad Minera Punta Gorda, Moa, Cuba, 127p.
- Fonseca, E.; V.N. Zelepugin; M. Heredia, 1985. Structure of the ophiolite association of Cuba. *Geotectonic*, 19: 321-329.
- García, I. y E. Fonseca, 1994. La mineralización cromítica y su relación con las cloritas en el yacimiento Amores. *Minería y Geología*, 11: 50-54.
- Gyarmati, P. y J. Leyé O'Connor, 1990. Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V, Guantánamo. O.N.R.M.
- Gyarmati, P.; I. Méndez ; M. Lay, 1997. Caracterización de las rocas del arco de islas Cretácico en la Zona Estructuro-Facial Nipe-Cristal-Baracoa. En: G. F. Furrázola, K. E. Núñez-Cambra (eds.). Estudios sobre Geología de Cuba, Ciudad de la Habana, Instituto de Geología y Paleontología, p. 357-364.
- Iturralde-Vinent, M.A, 1976. Estratigrafía de la zona Calabazas-Achotal, Mayarí Arriba. Oriente. *La Minería en Cuba*, 5: 9-23,
- , 1995. El segmento cubano del arco volcánico paleoceno-eoceno medio del Caribe. In: A. Ali y P.V. Young (Eds), *Transaction of the 3rd Geological Conference of the Geological Society of T&T*, 1, 343-362.
- ,1996 a. Geología de las ofiolitas de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364. Special contribution n.1*, , p. 83-120.
- , 1996 b. Introduction to Cuban Geology and Tectonics. En: Iturralde-Vinent, M. (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364. Special contribution n.1*, , p. 3-35.
- , 1996 c. Cuba: el arco de islas volcánicas del Cretácico. En: M. Iturralde-Vinent (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364*, p. 179-189.
- , 1998. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. *Acta Geológica Hispana*, 33(1-4): 9-56.

- Knipper, A. y R. Cabrera, 1974. Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el mio y el eugeosinclinal de Cuba y del cinturón hiperbasáltico de Cuba. En: Contribución a la geología de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba, p. 15-77.
- Logachev, A. A. y V. P. Zajarov, 1986. Exploración magnética. 4ta edición. Barcelona: Editorial Reverté S.A. Encarnación, 346p.
- Millán, G., 1996. Metamorfitas de la Asociación Ofiolítica de Cuba. En: Iturralde-Vinent, M.A. ed., Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP Project 364. Special Contribution n.1., p. 131-153.
- Naudy, H., 1971. Automatic determination of depth on aeromagnetic profiles. *Geophysics*, 36 :717-722 .
- Navarrete, M. y R. Rodríguez, 1991. Generalización petrológica del corte ofiolítico de los yacimientos de Pinares de Mayarí, Canadá y Luz Norte, Macizo Mayarí-Nícaro. *Minería y Geología*, 8: 3-10,.
- Nekrasov, G.YE.; J. Oro; S.D. Sokolov; R. Flores; M.V. Shavyrina, 1989. Ophiolites of Eastern Cuba. *Geotectonic*, 23: 60-71,
- O'Brien, D.P., 1972. CompuDepth- A New method for depth-to-basament calculation: Presented at the 42nd Ann. Internat. Mtg., *Soc. Expl. Geophysics.*, Anaheim.
- Proenza F.J., 1997. Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba): Ejemplo del yacimiento Mercedita.[Tesis Doctoral]. Centro de Información. ISMMM,. 227p.
- Proenza, J.A.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla; W. Lavaut; D. Revé; G. Rodríguez, 1998 b. Cromititas podiformes en la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). En: J.C. Melgarejo y J.A. Proenza (eds.). Geología y Metalogenia de Cuba: Una Introducción. Acta Geológica Hispánica, 33(1-4), p. 153-177.
- Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo; J.L. Bodinier, 1999 a. Al- and Cr-rich chromitites from the Mayarí-Baracoa ophiolitic belt (Eastern Cuba): Consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, 94: 547-566.
- Proenza, J.; F. Gervilla; J.C. Melgarejo, 1999 b. La Moho Transition Zone en el Macizo Ofiolítico Moa-Baracoa: un ejemplo de interacción magma/peridotita. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(3-4): 309-327.
- Proenza, J.; J.C. Melgarejo; F. Gervilla; J. Solé, 1999 c. Los niveles de gabros bandeados en el macizo ofiolítico Moa-Baracoa (Cuba). Gabros característicos de cumulos de ofiolitas de zonas de suprasubducción. *Minería y Geología*, 16 (2): 5-12.
- Quintas, F., 1989. Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis Doctoral. Centro de Información. ISMMM,. 161p.
- , 1996. Bioestratigrafía del corte Meso-Cenozoico del extremo oriental de Cuba. *Minería y Geología*, 13(1): 3-8,
- Ríos, Y.I. y J.L. Cobiella, 1984. Estudio preliminar del macizo de gabroides Quesigua de las ofiolitas del este de la provincia de Holguín. *Minería y Geología*, 2: 109-132.
- Rodríguez, J., 1982. Estructura geológica profunda de Cuba oriental en base a datos geofísicos. Tesis de Doctorado. (Archivo). Instituto de Minas de Leningrado (En ruso). 246p.

Talwani M. 1965. Computation with help of a digital computer of magnetic anomalies caused by bodies of arbitrary shape. *Geophysics*, 30(5):797-817

Thompson, D.T., 1982. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, 47, 31-37.

Zamashikov, M.E. y V. Tobachkov, 1971. Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda a escala 1:50 000 en la parte suroeste del macizo hiperbasáltico Moa - Baracoa. O.N.R.M..

FIGURAS Y TABLAS

TABLA 1. Susceptibilidad magnética ($K \times 10^{-6}/4 \pi SI$) de los principales tipos de rocas que conforman la región Mayarí-Sagua-Moa (tomados de Zamashikov y Tobachkov, 1971; Rodríguez, 1982; Castillo, 1980; Chang y otros, 1990, 1991; Batista, 2002).

Tipos de rocas	Intervalo	Media
Sedimentarias	0 – 600	50
Volcano-sedimentarias	0 – 890	100
Diabasas	4 – 5 025	2 400
Gabros	10 - 900	107
Dunitas	500 – 3 200	1 000
Dunitas serpentinizadas	20 - 7200	1440
Harzburgitas	500 – 3 900	1 179
Harzburgitas serpentinizadas	10 – 9 150	1423
Piroxenitas	390 – 4 630	2 410
Lateritas	60 000 – 180 000	143 000

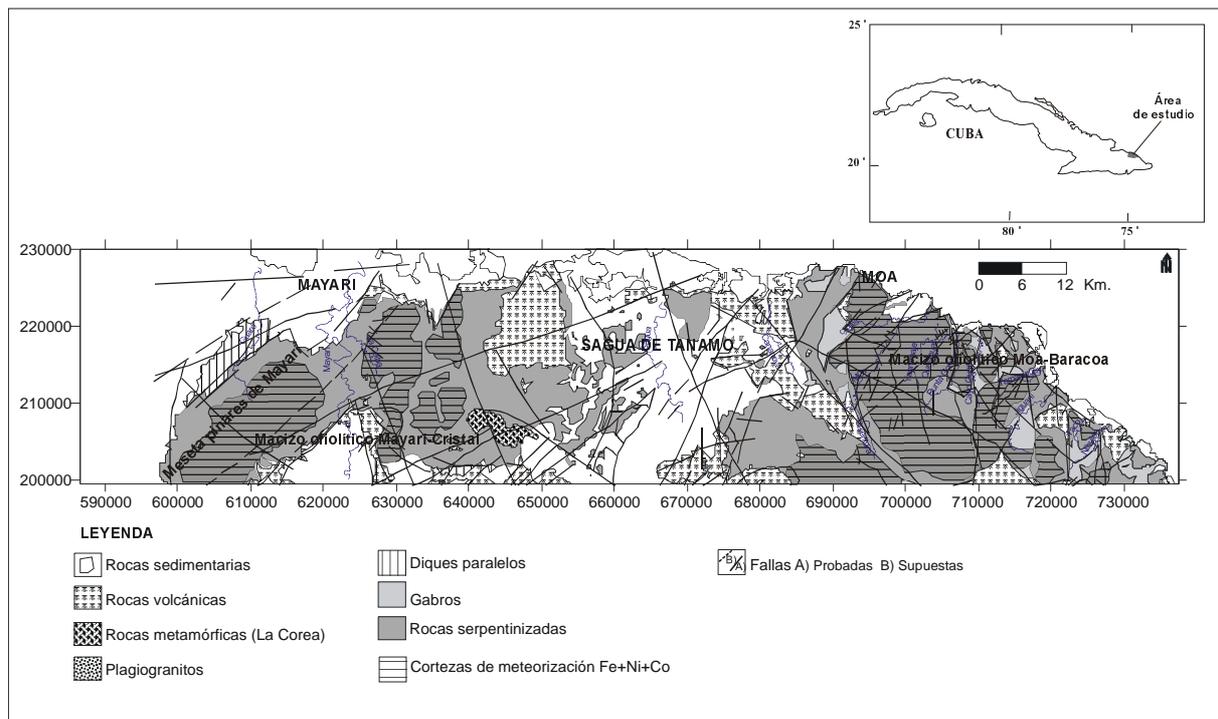


FIGURA 1. Esquema geológico de la región nororiental de Cuba (modificado de Albear y otros, 1988).

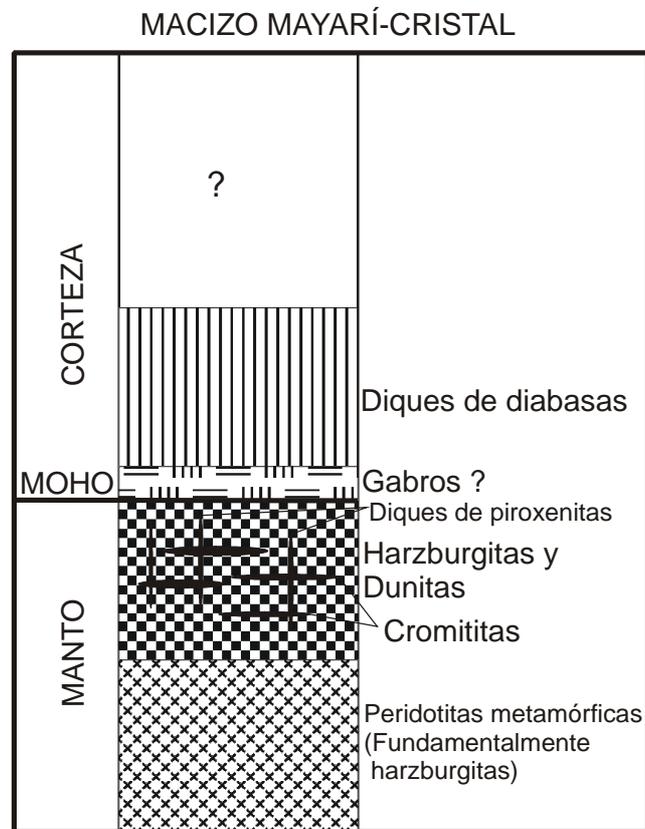


FIGURA 2. Columna sintética ideal del macizo Mayarí-Cristal, propuesta por Proenza (1997) y Proenza y otros (1998b), reconstruida a partir de datos de los propios autores y bibliográficos (Thayer, 1942; Iturralde-Vinent, 1989, 1994, 1996a; Fonseca y otros, 1985, 1992; Nekrasov y otros, 1989; Murashko y Lavadero, 1989; Navarrete y Rodríguez, 1991). La dimensión vertical no está a escala.

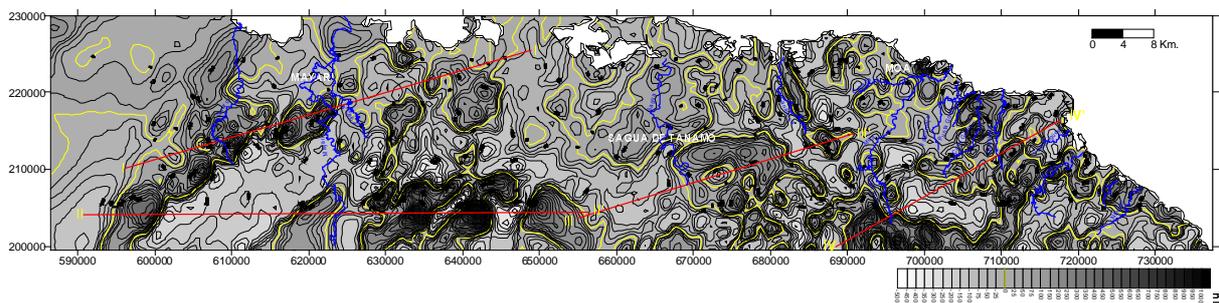


FIGURA 3. Columna sintética ideal del macizo ofiolítico Moa-Baracoa, propuesta por Proenza (1997) y Proenza y otros (1998b, 1999c), reconstruida a partir de datos de los propios autores y bibliográficos (Thayer, 1942; Guild, 1947; Ríos y Cobiella, 1984; Iturralde-Vinent, 1989, 1994, 1996a, Fonseca y otros, 1985, 1992). La dimensión vertical no está a escala.

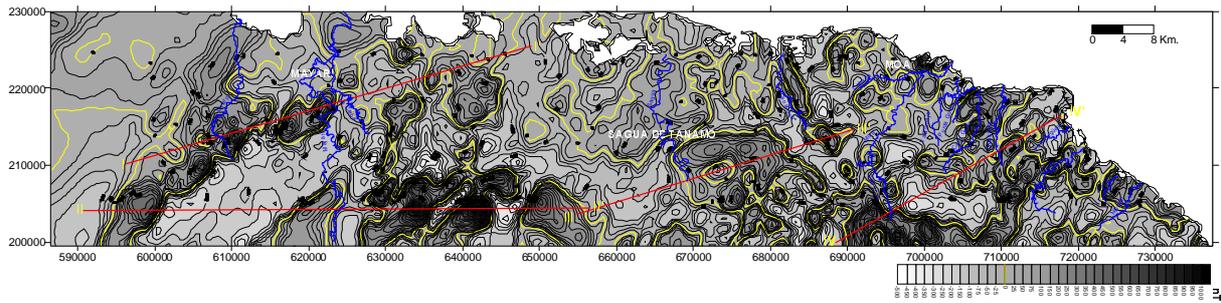


FIGURA 4. Mapa residual de ΔT reducido al polo de la región nororiental de Cuba, calculado para un regional obtenida a los 4 Km (tomado de Batista, 2002).

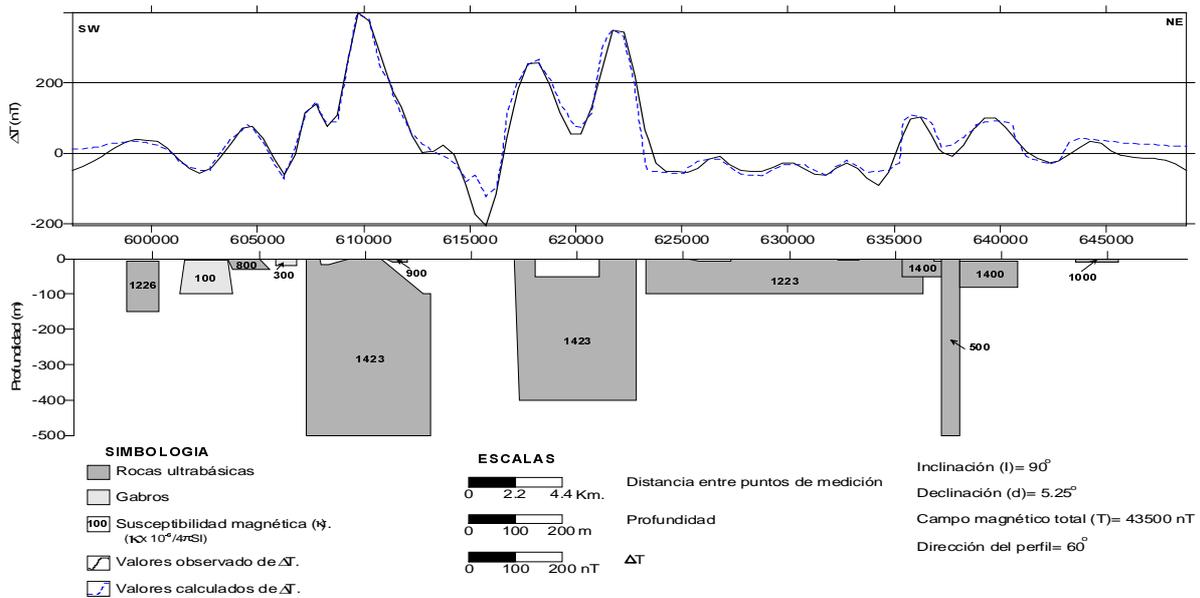


FIGURA 5. Modelo físico-geológico del perfil de interpretación I-I'.

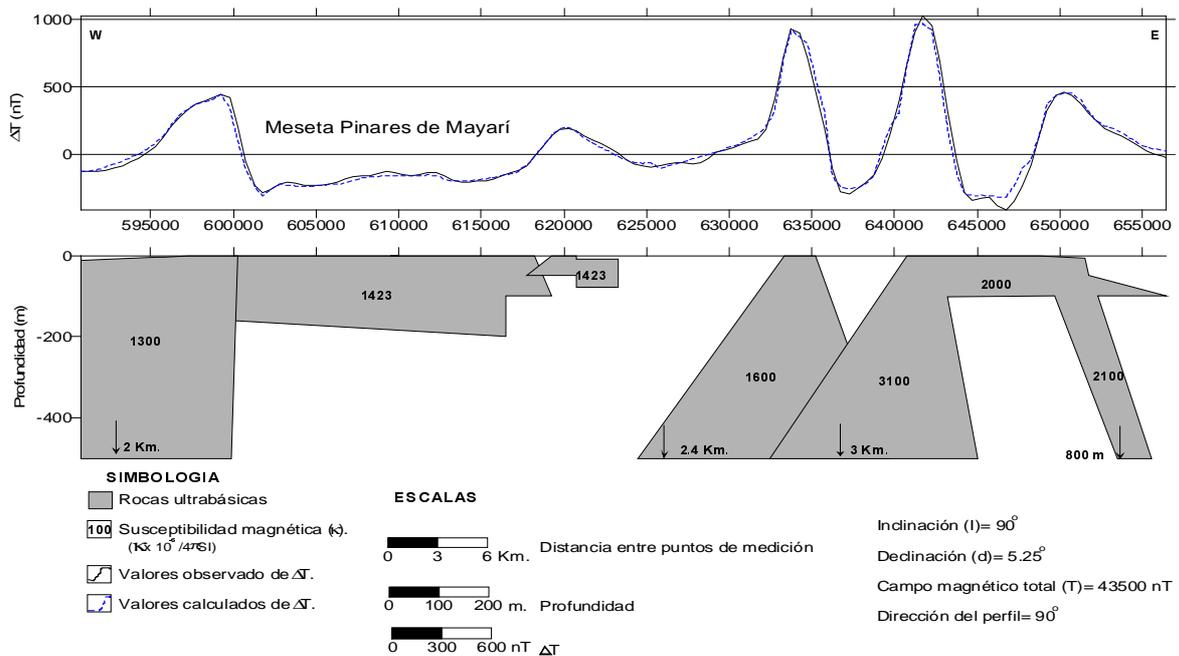


FIGURA 6. Modelo físico-geológico del perfil de interpretación II-II'.

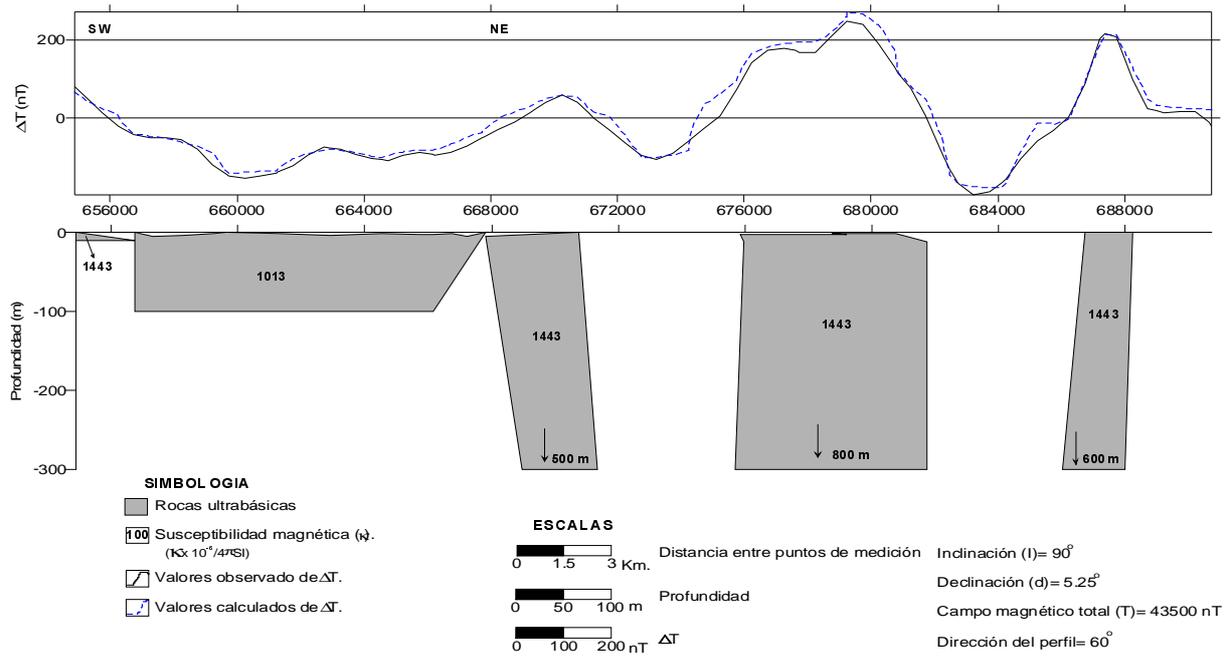


FIGURA 7. Modelo físico-geológico del perfil de interpretación III-III'.

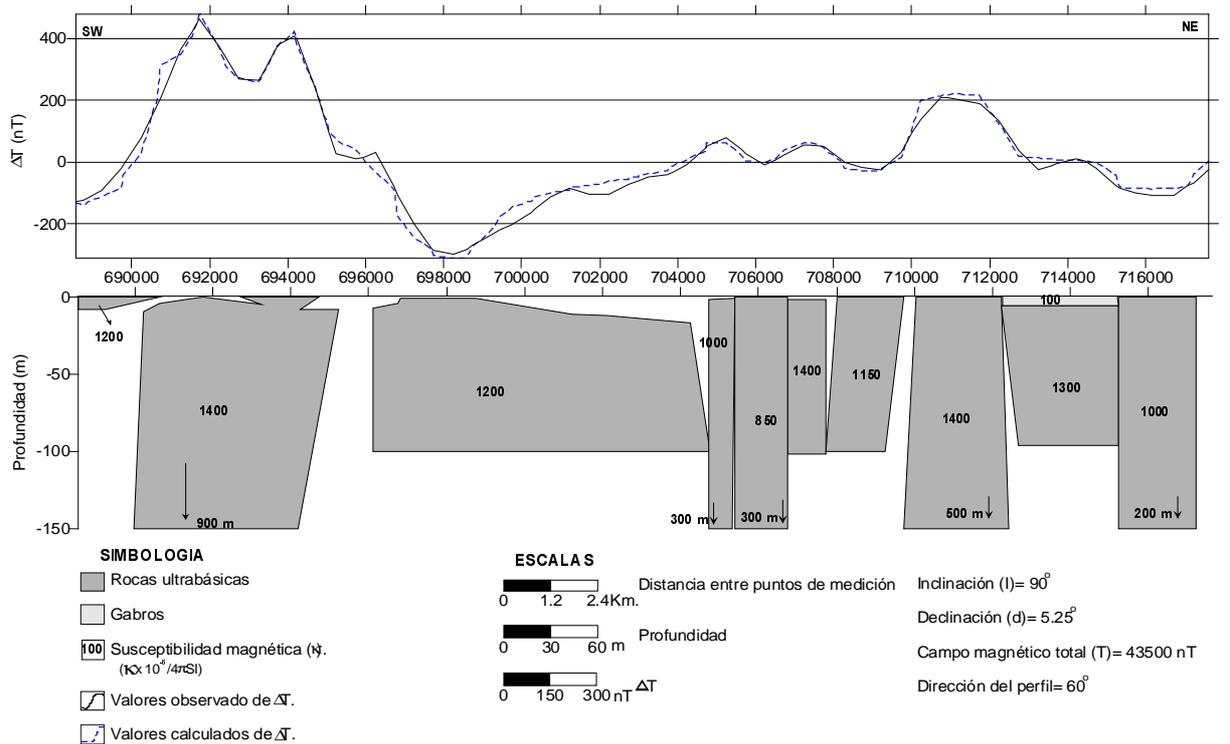


FIGURA 8. Modelo físico-geológico del perfil de interpretación IV-IV'.