

# ***Particularidades geológicas del complejo ofiolítico de Moa a partir de los datos aeromagnéticos 1:50 000***

## ***Geological Particularities of Ophiolite Complex from Moa Starting from the Aeromagnetics Data 1: 50 000***

**José Alberto Batista Rodríguez<sup>1</sup>**  
**Alina Rodríguez Infante<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. Máster en Geofísica Aplicada. Profesor asistente de Geofísica. Investigador de la faja ofiolítica Mayarí-Moa-Baracoa.

<sup>2</sup>Departamento Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. Doctora. en Ciencias Geológicas. Profesora asistente de Geodinámica. Investigadora de morfotectónica y sismicidad de la región Moa-Baracoa.

**RESUMEN:** En este artículo se presentan los resultados obtenidos de la interpretación de los datos aeromagnéticos a escala 1:50 000 de la secuencia ofiolítica de la región de Moa.

Los datos fueron reducidos al polo, lo que permitió obtener un mapa de anomalías magnéticas más sencillo y representativo de las heterogeneidades geológicas presentes en el área de estudio. A partir de esta interpretación se ubicaron las zonas de posible desarrollo de alteraciones hidrotermales, se establecieron las variaciones espaciales de los diferentes tipos litológicos y de los espesores de las rocas ultrabásicas serpentinizadas, se delimitaron los posibles frentes de escamas de cabalgamientos y se aportaron nuevos elementos a considerar durante la prospección de cromita.

**Palabras claves:** Aeromagnético, alteraciones hidrotermales, serpentinitas, ofiolitas, anomalías magnéticas.

**ABSTRACT:** In this article the outputs got are introduced from the interpretation of the aeromagnetics data to scale 1: 50 000 of the ophiolite sequence of Moa region.

Such data were reduced to the pole, which allowed to get a map of magnetic simpler and representative anomalies of the geological heterogeneities present in the area of study. From this interpretation, possible zones of development of hydrothermals alterations were located, spatial variations of the several lithological types and of the thickness of the serpentine ultrabasic rocks, were settled down, possible fronts of overridden sheet were delimited and new elements were offered to consider during chromite prospecting.

**Key words:** Aeromagnetic, Hydrothermal, Alterations, Serpentine, Ophiolites, Magnetic Anomalies.

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los métodos geofísicos tienen una gran aplicación durante la cartografía geológica, la búsqueda y exploración de yacimientos minerales. Particularmente los datos aeromagnéticos han sido utilizados con mucha frecuencia para estos fines (Chang y otros, 1991; Batista 1998; Chernicoff y Claure, 1998; Chernicoff y Paterlini, 1998; Gerardo, 1998; Gunn y otros, 1998; Nash, 1998; Nash y Chernicoff, 1998).

La interpretación de las anomalías magnéticas es a menudo cualitativa debido a la incertidumbre de la relación entre las mediciones magnéticas y el cuadro geológico bajo la superficie (Batista, 1998).

La falta de información sobre la anisotropía de las propiedades magnéticas de las rocas, la relación modular y vectorial entre la magnetización inducida y remanente, así como de los parámetros de las rocas magnéticas, hacen de la interpretación cuantitativa un proceso complicado (Batista, 1998).

En el área de investigación, ubicada al nordeste de la provincia de Holguín (Figura 1), se han realizado numerosos trabajos geofísicos orientados fundamentalmente a la búsqueda de cromitas y áreas de desarrollo

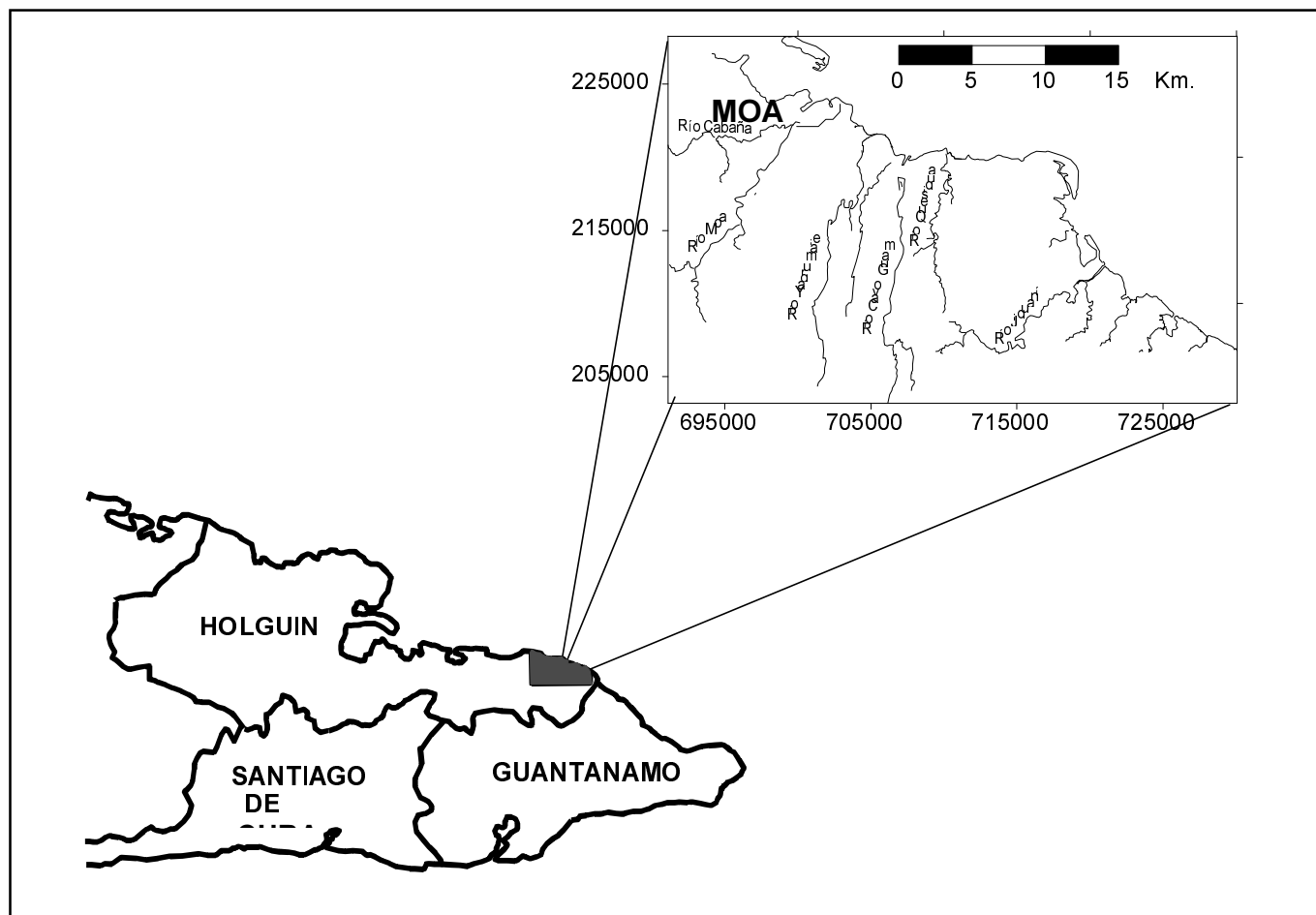


FIGURA 1. Mapa de ubicación geográfica.

de lateritas ferroniquelíferas (Zamashikov y Tobachkov, 1971; Dzueña y otros, 1974; Liuby, 1983; Chang, 1991), existiendo un levantamiento aeromagnético detallado a escala 1:50 000, sin embargo no se posee la información geológica y petrofísica suficiente que permita realizar la interpretación cuantitativa de alta precisión.

A partir de lo explicado anteriormente se establece como objetivo de trabajo profundizar en el conocimiento geológico de la región de Moa a partir de la interpretación cualitativa de los datos aeromagnéticos a escala 1:50 000.

### Características geológicas del territorio

Geológicamente el área se caracteriza por la presencia de las secuencias típicas del cinturón plegado a través de las unidades oceánicas correspondientes y las rocas del neoa autóctono (Iturralde-Vinent, 1994; 1996; Proenza, 1997).

Dentro de las rocas correspondientes a las unidades oceánicas, las ofiolitas septentrionales ocupan la mayor parte del área de investigación y van a estar representadas por el complejo ultramáfico, el complejo máfico y la secuencia efusiva-sedimentaria (Figura 2) (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997; Proenza, 1997).

El complejo ultramáfico está representado por rocas ultrabásicas serpentinizadas que afloran en toda

la porción central y meridional y están constituidas predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, herzolitas y piroxenitas, que se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997; Proenza, 1997). Estas rocas presentan un grado de serpentización variable, haciéndose más intensa hacia los bordes de los macizos sobre todo, en los límites tectónicos de sobrecorrimiento de estos sobre las rocas autóctonas, en las zonas de fallas interiores de los macizos y en las zonas de contacto con las rocas básicas (Rodríguez, 1997). Este comportamiento diferenciado de la serpentización influye en la complejidad de la interpretación de los datos aeromagnéticos (Batista, 1998).

Las rocas básicas están representadas por gabro olivínico, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques que se disponen preferentemente en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. En el área de estudio el más común es el gabro normal de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal y afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, y Farallones-Caimanes (Rodríguez, 1997).

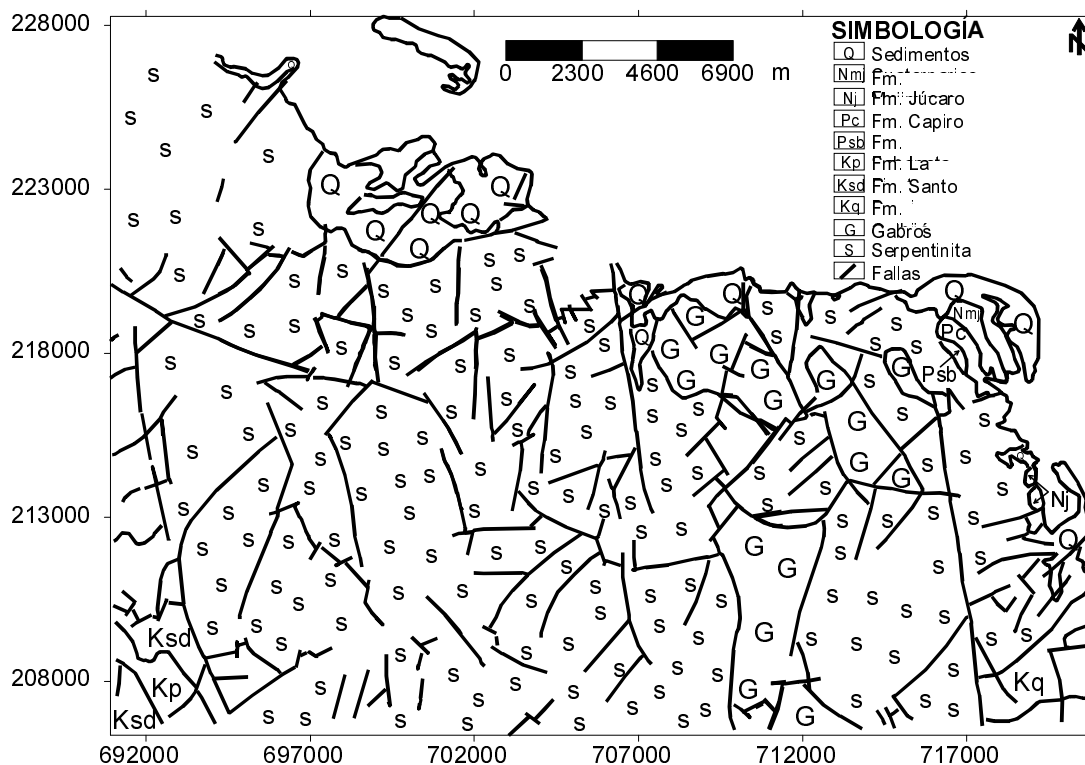


FIGURA 2. Mapa geológico (modificado de Quintas, 1989).

El complejo volcano-sedimentario está compuesto por la Formación Quibiján (Iturralde-Vinent, 1996) que aflora al sur de Yamanigüey y en un pequeño bloque en Cupey, estando constituida por lavas y lavas-brechas, aglomerados y tobas de diferentes granulometrías. En su conjunto son de color negro o verde oscuro. Las lavas son amigdaloides, rellenas de cuarzo y clorita. (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997). Dentro de su composición se incluyen basaltos amigdaloides y porfíricos en ocasiones con estructura de almohadilla, con intercalaciones de hialoclastitas, tobas, capas de *cherts* y calizas (Quintas, 1989). Desde el punto de vista geoquímico, son basaltos de afinidad toleítica oceánica (Torres y Fonseca, 1990), aunque los estudios realizados son insuficientes.

El paleoarco volcánico del Cretácico está representado por la formación Santo Domingo constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas (Iturralde-Vinent, 1996; Proenza y Carralero, 1995). Se incluyen además en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Las tobas ocupan más del cincuenta por ciento de la formación, apareciendo en la parte superior preferentemente, siendo comunes las variedades cristalovitroclásticas y vitroclástica. Las lavas aparecen en ocasiones con textura amigdaloidal, predominando las variedades porfidíticas, yaciendo en forma de mantos interestratificados casi concordantes con las tobas. A menudo, junto con las lavas se observan aglomerados de composición entre dacítica y andesítica, muy alterados. Se le asigna una edad Cretácico Aptiano-Turoniano.

Asociadas al paleoarco y correspondientes a la cuenca de *Piggy back* afloran las rocas de la formación La Picota (Figura 2), que aflora en la meseta de Caimanes y presenta una composición variable en cortas distancias. A veces presenta apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, con proporciones variables de la matriz y el cemento, este último carbonatado. Existen dudas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges acerca de su pertenencia a esta formación o si son brechas tectónicas. De acuerdo a las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del Cretácico e incluso en el Paleoceno inicial asociándose al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de suministro (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997).

El arco de islas volcánico del Paleógeno está representado en la región por la formación Sabaneta constituida por rocas volcanógenas-sedimentarias de granos finos frecuentemente zeolitizadas o montmorillonitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos (Quintas, 1989; Quintas y otros, 1994; Proenza y Carralero, 1995; 1996; Iturralde-Vinent, 1996) (Figura 2).

En la cuenca de *Piggy back* a este arco paleogénico se desarrolló la formación Capiro de edad Eoceno Superior, compuesta por areniscas, aleurolitas y margas bien estratificadas con intercalaciones de conglomerados finos compuestos por cantos de serpentinitas, calizas y cristaloclastos de piroxeno y cuarzo. En la base de la formación se localizan olistostromas de bloques de serpentinitas muy alteradas y diabasas.

En muchos lugares se observa una clara gradación de conglomerados y areniscas. Los olistolitos de calizas organodetríticas contienen fragmentos de serpentinitas, cuarzo y hematita. Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997).

Las rocas del neoaútóctono constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada que aflora en las cercanías de las costas formando una franja que cubre discordantemente los complejos más antiguos y que estructuralmente se caracterizan por su yacencia monoclin al suave u horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones jóvenes (Figura 2). En el área de estudio está representada por las formaciones Júcaro y Majimiana, así como los depósitos cuaternarios (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997).

La formación Júcaro está constituida por calizas margosas poco consolidadas y a veces por margas de edad Oligoceno-Mioceno, aflorando en la región de Yamanigüey.

La formación Majimiana está constituida por calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey.

Los depósitos cuaternarios constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis continental sobre todas las secuencias de rocas más antiguas, presentando pocos cambios diagenéticos y espesor. Están constituidos por calizas organodetríticas, aleurolitas

calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en las desembocaduras, cauces y márgenes fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial.

Desde el punto de vista tectónico la región se va a caracterizar por la abundancia de estructuras disyuntivas agrupadas en sistemas correspondientes a los diferentes estadios de la evolución geotectónica regional y que mantienen diferentes grados de actividad y reflejo en los rasgos morfológicos y que de una u otra forma, han determinado la variabilidad de la serpentización de las rocas del complejo ofiolítico y su disposición superficial actual.

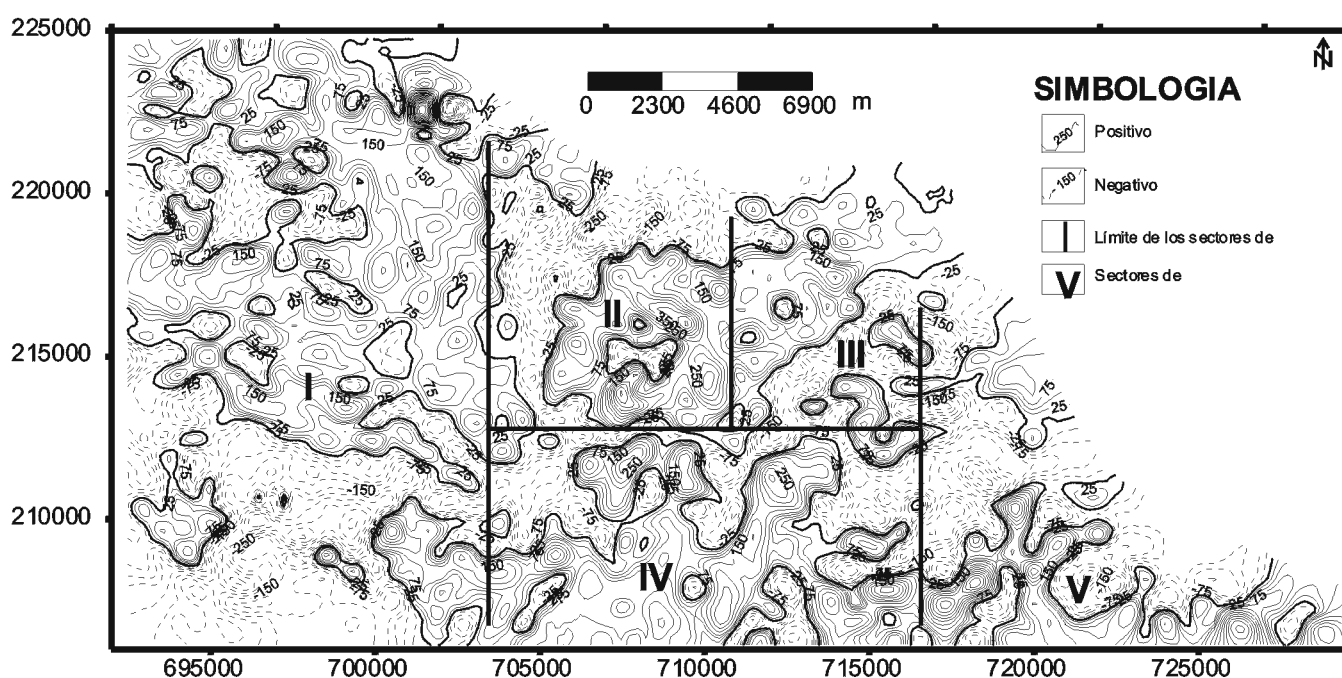
### INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS AEROMAGNÉTICOS

Para facilitar el procesamiento de la información y teniendo en cuenta la base material disponible el área de trabajo fue dividida en cinco sectores (Figura 3). Esta división se realizó al azar sin tener en cuenta las características geológicas y geofísicas.

#### *Caracterización magnética de la región de estudio*

#### *Mapa de $\Delta T$*

En el mapa magnético de la región de estudio (Figura 3) se aprecia que el campo magnético presenta intensidades que varían entre -517 y 522 nT, sin incluir la gran anomalía del extremo noreste del sector I, que se considera es provocada por la actividad antropogénica.



Las mayores intensidades del campo magnético negativo (superior a los  $-350$  nT) se localizan en la porción centro-meridional, septentrional y occidental de los sectores I, II y V respectivamente.

Generalmente las zonas de cambio de signo del campo magnético presentan altos gradientes y algunas de ellas están alargadas en una dirección determinada, indicando la posible existencia de estructuras disyuntivas.

El mapa magnético es más complejo hacia el extremo oriental donde se observan zonas de altos gradientes y varias anomalías de altas intensidades. En la parte meridional, oriental y suroccidental de los sectores II, IV y V respectivamente, se localizan anomalías con intensidades superiores a los  $400$  nT, indicando la gran heterogeneidad de tales áreas en cuanto a su grado de magnetización, demostrando la existencia de alta variabilidad en su estructura y composición. Este comportamiento del campo magnético en estos extremos es indicador del desarrollo de rocas ultrabásicas muy serpentinizadas sobre todo en las áreas de las anomalías más intensas donde esas rocas deben alcanzar su mayor grado de serpentización y espesor.

Teniendo en cuenta el comportamiento del campo magnético el sector II se divide en tres bloques: bloque I, ubicado en el occidente del sector el cual presenta valores positivos del campo; bloque II, constituido por la franja de valores negativos situada en el centro del mismo y el bloque III ubicado en la porción oriental y conformado fundamentalmente por valores positivos del campo.

Dentro del bloque III del sector II se observa un fuerte cambio en el carácter del campo magnético a partir de una zona alineada de dirección noreste-sudoeste ubicada en la parte oriental, indicando la posible exis-

tencia de una estructura tectónica disyuntiva en esa dirección, a lo largo de la cual ocurrió un aumento considerable de la serpentización, cuyo proceso no se manifestó continuamente sino que afectó con diferente intensidad, determinados bloques de rocas ultrabásicas, tal y como lo señalan las anomalías observadas.

Además de la zona mencionada, existen otras en el mapa con esta misma dirección, como es el caso de las que se encuentran en el extremo noroccidental, oriental y occidental del sector I, IV y V respectivamente.

### Mapa de DT reducido al polo

La reducción al polo se realiza con el objetivo de eliminar o minimizar la asimetría y los desplazamientos laterales de las anomalías del campo magnético total, relacionados con las desviaciones de las direcciones de magnetización y de la medida componente desde posiciones más verticales que la geometría de los cuerpos (Roy y Aina, 1986). Esto permite obtener anomalías más sencillas que responden a la verdadera ubicación de las heterogeneidades del medio, lo que posibilita el empleo de métodos de interpretación menos complejos (Batisa, 1998).

Esta transformación del campo magnético fue introducida por Baranov en 1957. A partir de ese momento varios investigadores se dedicaron a buscar algoritmos más eficientes para realizar dicha transformación (Baranov y Naudy, 1964; Bhattacharyya, 1965; Kanasevich y Agarwal, 1970; Gunn, 1975; Mendocan y Silva, 1993).

Los datos aeromagnéticos de la región de estudio fueron reducidos al polo utilizando como software el GEOSOFT v. 4.14, asumiendo que el vector de

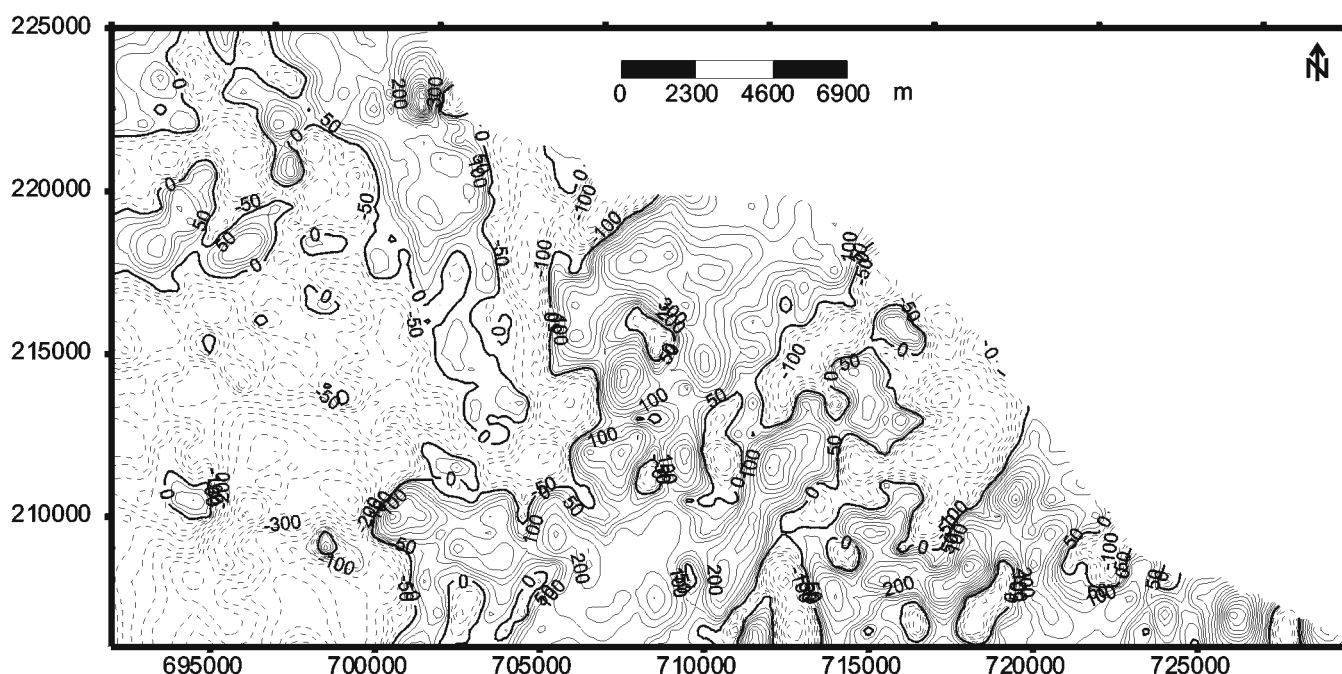


FIGURA 4. Mapa de  $\Delta T$  reducido al polo.

magnetización de los objetos geológicos que producen las anomalías es paralelo al campo geomagnético actual de la Tierra. Se utilizó la inclinación de  $51.75^\circ$  y la declinación de  $5.25^\circ$  calculada para el año 1985.

En la región de estudio el campo magnético reducido al polo posee intensidades que oscilan entre -504 y 666 nT sin considerar la gran anomalía del extremo noreste del sector I que presenta 786 nT (Figura 4). En el mismo también existe un predominio en la parte occidental de valores negativos pero con la diferencia de que estos ocupan un área mayor que la observada en el original, sobre todo hacia la parte noroccidental. En el resto de la región el comportamiento del campo magnético se asemeja más al del mapa original.

### Interpretación del mapa de $\Delta T$ reducido al polo

El área está ocupada en su mayor parte por serpentinitas y en menor grado por gabros, rocas volcánicas y formaciones sedimentarias (Figura 2). En ella existen importantes yacimientos de lateritas ferroniquelíferas, como son: Moa, Punta Gorda, Atlantic, Camarioca Norte, Sur y Este, Cayo Guam y Cantarrana (Figura 5), los cuales han sido evaluados en diferentes categorías de reservas y por lo tanto aseguran la existencia de rocas ultrabásicas serpentinizadas infrayaciendo esta corteza laterítica, lo que se corrobora por trabajos geológicos realizados en la región (Ogarko, 1967; Zamashikov y Tobachkov, 1971; Liuby, 1983; Pinell, 1987; Quintas, 1989; Carballo, 1997). Sin embargo ge-

neralmente las áreas que ocupan estos yacimientos presentan valores negativos del campo magnético lo que pone en duda la difusión en profundidad de las rocas ultrabásicas serpentinizadas sobre todo la porción meridional del sector I, donde el campo negativo alcanza intensidades mayores de -450 nT lo cual puede estar dado por la poca potencia de las rocas ultrabásicas serpentinizadas, lo que a su vez puede estar motivado por que dicha área es una zona periférica del macizo ofiolítico que constituye un Horst tectónico donde ha ocurrido la erosión de las litologías más superficiales, lo cual se explica a partir de las dos fallas que la limitan.

El reporte de material volcánico y gabros en el extremo sudoeste del sector I y de estos últimos al noreste del sector II y en la parte oriental del bloque II de este mismo sector indica que tales litologías deben infrayacer las serpentinitas, las cuales en algunos casos se encuentran muy cercanas a la superficie, lo que se refleja por las altas intensidades del campo negativo, ejemplo: el extremo sur y noreste del sector I y II, respectivamente.

No se descarta la posibilidad de que en algunas partes de estas zonas de valores negativos afloren tales litologías o estén presentes fenómenos de alteraciones hidrotermales.

Independientemente de las causas que hayan originado las zonas de valores negativos del campo magnético, en la parte centro-meridional y centro-septentrional del sector I y II respectivamente, se alcanzan valores anómalos lo que sugiere que esas áreas sean estudia-

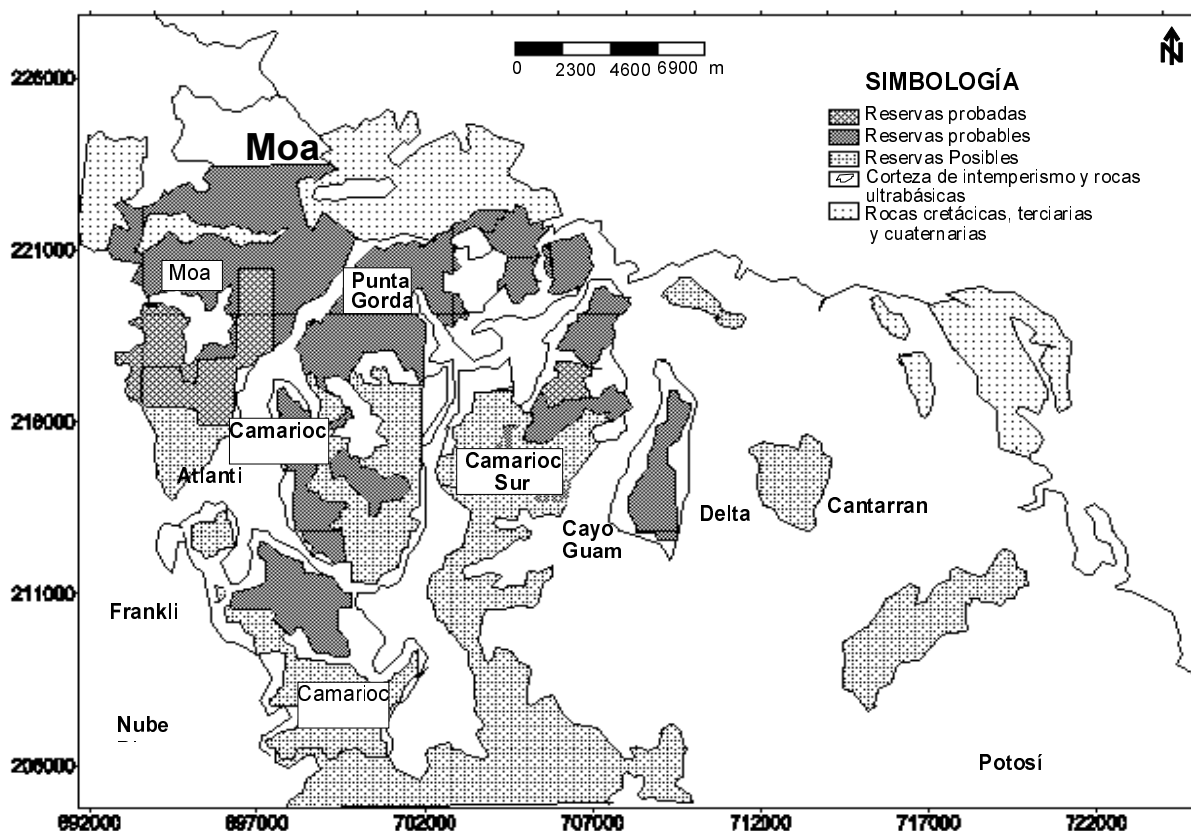


FIGURA 5. Esquema de ubicación de yacimientos ferroniquelíferos de la región de Moa (Rodríguez, 1987).

das con mayor detalle para profundizar en el conocimiento geológico regional.

En las zonas de valores positivos el espesor de las rocas ultrabásicas serpentinizadas es considerable, al no hacerse notar la influencia en el campo magnético de otras litologías.

En la región existen muchas zonas de cortezas lateríticas ferroniquelíferas que han sido desechadas durante los trabajos de búsqueda, motivado en algunos casos por la presencia de procesos de silicificación, los cuales son muy comunes en la región, particularmente en el extremo noroccidental del área de estudio según se reporta en trabajos geológicos anteriores (Marín y Romero, 1992; Jomarrón y Fonseca, 1993; Rodríguez, 1996a). Las zonas mencionadas y otras en las que estos autores reportan alteraciones hidrotermales, mineralizaciones secundarias y afloramientos de piedras semipreciosas coinciden en su mayor parte con pequeñas áreas de valores negativos del campo magnético con bajos gradientes e intensidades que oscilan entre  $-25$  nT y  $-100$  nT, las cuales se encuentran rodeadas de extensas áreas de valores positivos. Para profundizar en este análisis se ubicaron en el mapa magnético las muestras analizadas en dichos trabajos y se observó que la mayoría coinciden espacialmente con zonas donde el campo magnético posee las características antes mencionadas, corroborando los resultados anteriores.

En otras zonas de alteraciones hidrotermales con mineralización aurífera –detectada durante trabajos geoquímicos en ese extremo del área de estudio (Rodríguez, 1996b)– también se observa esa relación, sugiriendo el campo magnético que dichas alteraciones deben abarcar áreas mayores que las reportadas en tales trabajos. Es necesario destacar que algunas de estas zonas se encuentran en la periferia de determinados yacimientos ferroniquelíferos, como es el caso del yacimiento Moa donde el campo magnético con esas características se extiende hacia el interior, indicando la posible existencia de tales alteraciones, por lo que se recomienda que se tenga presente este elemento durante la exploración y explotación del yacimiento.

Aquellas zonas de alteraciones hidrotermales que no coinciden con valores negativos del campo magnético deben presentar poca extensión en área y profundidad, tal que su efecto no se destaque en el comportamiento del campo magnético a la escala analizada (1:50 000), de igual forma las zonas de valores positivos del campo magnético dentro de estos yacimientos indican que no están presentes alteraciones hidrotermales con profundidad y área perceptible en dicho campo.

Por todo lo anterior expuesto se puede concluir que con ayuda del mapa magnético se delimitan áreas en las cuales es posible que estén presentes alteraciones hidrotermales con las cuales pueden encontrarse asociadas mineralizaciones secundarias. Dichas zonas requieren de trabajos de campo posteriores orientados a verificar los resultados, debido a que tal comportamiento del

campo magnético puede estar asociado también a otras litologías de características magnéticas similares.

Este fenómeno analizado se presenta en el sector “Zona A” del yacimiento Moa, Atlantic, Camarioca Norte y Punta Gorda, por lo que se recomienda se tenga en cuenta por las entidades mineras debido a las afectaciones que este material siliceo provoca en el proceso metalúrgico, razón por la cual deben ser reevaluadas las reservas a partir de su composición químico-mineralógica.

La valoración sobre las variaciones espaciales de los espesores de las serpentinitas se sustenta en los resultados de investigaciones anteriores (Matos, 1997; Batista, 1998) en las cuales se determinan las profundidades de las fuentes magnéticas anómalas a través del modelaje geólogo-geofísico.

Hacia la parte centro-oriental del sector I el campo magnético es más sencillo, dando idea de una zona más homogénea con predominio del complejo cumulativo sobre el de tectonitas, lo que puede considerarse que corresponde a la zona de transición hacia el complejo cumulativo.

En el área donde se encuentra el yacimiento Punta Gorda se observa un aumento de las intensidades del campo magnético hacia el norte, indicando un incremento de los componentes del complejo ultramáfico y del espesor de las rocas ultrabásicas serpentinizadas.

Varios investigadores reportan gabros en el extremo noreste del sector II (Gutiérrez, 1982; Rodríguez, 1987; Rodríguez, 1997; Carballo, 1997), donde el comportamiento del campo magnético corrobora la presencia de tales litologías, pero sugiere que el límite meridional de la zona de afloramiento de gabros se ubique más al norte, debido a la presencia de una amplia anomalía con una intensidad superior a los 450 nT, la cual no debe estar asociada a esta litología sino a potentes espesores de serpentinitas.

El análisis de la superposición de la información geológica al mapa magnético indica que la zona de anomalía alargada con dirección noreste, localizada en el extremo oriental del bloque III del sector II, limita en su parte septentrional los gabros y las serpentinitas, evidenciando su carácter tectónico.

En el occidente del sector III el campo magnético presenta características que evidencian un predominio de los gabros dentro de los cuales deben encontrarse bloques de serpentinitas, responsables de pequeñas anomalías observadas en la parte central y occidental.

En este sector se ubica el yacimiento Cantarrana, en el cual el campo magnético posee un cambio de polaridad que puede estar producido por el contacto entre serpentinitas y gabros o por una variación brusca del espesor de las serpentinitas.

La mayor parte del sector IV está ocupada por serpentinitas con la excepción de algunas zonas de gabros reportadas en el centro y occidente (Gutiérrez, 1982). Al sudoeste de esta litología ubicada en la parte central se observa un área de gradientes muy bajos los

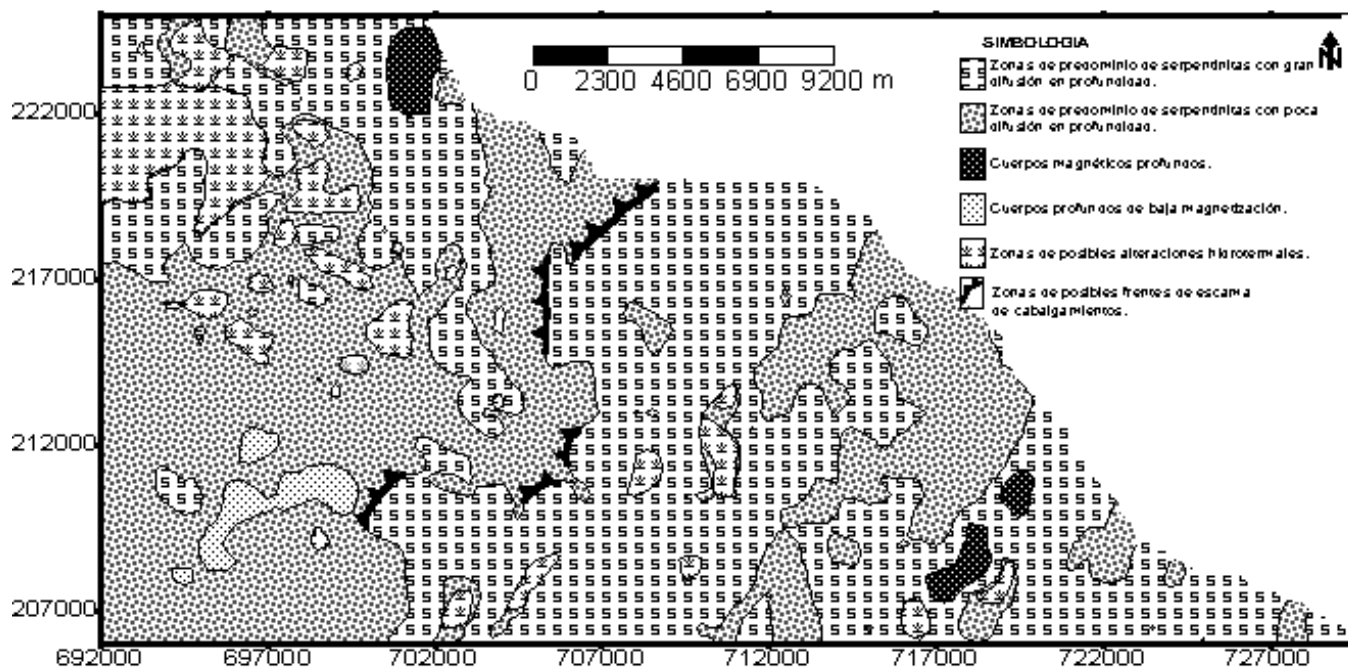


FIGURA 6. Esquema resultante de la interpretación del levantamiento aeromagnético.

que aumentan hacia su periferia destacando el límite de ella. Estas características del campo magnético sugieren que esa zona está ocupada por gabros cuyos límites con la serpentinitas se denota por las zonas de altos gradientes alineados que recalcan su carácter tectónico.

Los gabros reportados al noroeste coinciden con valores negativos. Según la interpretación efectuada en el sector I y II toda esta zona de valores negativos debe estar ocupada por rocas volcánicas y quizás cuerpos de gabros bajo una pequeña cubierta de rocas ultrabásicas serpentinizadas.

En el noroeste y noreste de este sector existen minas de cromo abandonadas las cuales se encuentran ubicadas próximas al límite de cambio de polaridad del campo magnético. La ubicación de estas minas es muy importante ya que las mineralizaciones cromíferas se ponen de manifiesto en zonas de transición entre los complejos de tectonitas y cumulativos, por lo que se sugiere tener presente este elemento durante la ejecución de futuros trabajos geólogo-geofísicos orientados a la prospección de cromo.

En el sector V existen rocas volcánicas y gabros en zonas de valores positivos del campo magnético, indicando su poco espesor y la presencia de serpentinitas que la subyacen.

En el mapa magnético se observan zonas de gradientes muy pronunciados, ubicados al norte-noroeste de áreas positivas de bajos gradientes e intensidades, como es el caso del límite entre el bloque II y III del sector II, el contacto entre las zonas positivas y negativas en la parte sur del sector I y noroeste del IV, las cuales indican la posible existencia de frentes de escamas de cabalgamientos. El esquema resultante de la interpretación geólogo-geofísica se muestra en la figura 6.

## CONCLUSIONES

En el área investigada existe un predominio del complejo de tectonitas en superficie, exceptuando las zonas costera donde existen sedimentos cuaternarios y aquellas donde han sido reportados gabros o rocas volcánicas. Es necesario destacar que en el sector I hacia la parte central y meridional aumenta la presencia del complejo cumulativo, y llega a aflorar en la superficie en el extremo suroeste, mientras que hacia el sur los valores negativos del campo indican la presencia de pequeños espesores de serpentinitas.

La estructura que se deduce a partir de la zona de anomalías alargadas con dirección noreste ubicada en el bloque III del sector II, constituye el límite entre la zona de mezcla de los complejos de tectonita y cumulativo y aquella en la cual existe un predominio del cumulativo, hacia el este. Este hecho le da una gran importancia a esa estructura para la prospección de yacimientos minerales, ya que se considera perspectiva para cromo y otros metales, los cuales generalmente se asocian a las zonas de transición entre los complejos de tectonitas y cumulativo.

Del análisis realizado se deduce que en pequeñas áreas donde el campo magnético posee valores negativos que oscilan entre  $-25$  y  $100$  nT y bajos gradientes, las cuales a su vez están rodeadas de extensas áreas de valores positivos, pueden encontrarse alteraciones hidrotermales con las cuales se pueden asociar importantes mineralizaciones secundarias. La delimitación de esas áreas en el interior de los yacimientos ferroniquelíferos permiten orientar los trabajos de exploración y explotación minera.



Como resultado del análisis de las características del campo magnético, esencialmente los gradientes en algunas zonas de la región se determinó la posible ubicación de frentes de escamas de cabalgamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARANOV, V.: "A New Method for Interpretation of Aeromagnetic Maps", en *Geophysics*, 22, pp. 59-383, 1957.
- BARANOV, V. y H. NAUDY: "Numerical Calculation of the Formula of Reduction to the Magnetic Pole", en *Geophysics*, 29, 1964, pp. 67-79.
- BATISTA, J.: Caracterización geológica y estructural de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000, Tesis de maestría, ISMM de Moa, ICT, 1998, p. 80.
- BHATTACHARYA, B.K.: "Two-Dimensional Harmonic Analysis as a Tool for Magnetic Interpretation", en *Geophysics*, 30, pp. 829-857, 1965.
- CARBALLO, A.: "Metodología para la evaluación geólogo-económica de los yacimientos lateríticos de níquel y cobalto de la región de Moa", Tesis doctoral, ISMM de Moa, ICT, 1997, p. 112.
- CHANG, J.L. y otros: "Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo en el territorio de las provincias Guantánamo y Holguín (Sector Guantánamo sur)", O.N.R.M., 1991, p. 320.
- CHERNICOFF, C. y M. CLAURE: "Estudio preliminar de interpretación geológica del levantamiento aeromagnético del área Las Petas, República de Bolivia", en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Simposio Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998, pp.81-86.
- CHERNICOFF, C. y C. PATERLINI: "Interpretación geológica de la anomalía magnética del Departamento Mártires, provincia del Chubut, Argentina", en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Simposio Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998, pp. 31-42.
- DZUENA, A. y otros: Trabajos geológicos y búsqueda de cromitas entre los ríos de la región Moa-Jiguani-Baracoa, O.N.R.M., 1974, p. 160.
- GERARDO, B.: Respuestas geofísicas de yacimientos de tipo cobre porfirico, en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Simposio Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998 pp. 9-20.
- GUNN, P.J.: "Linear Transformations of Gravity and Magnetic Fields". *Geophysics Prospecting*, 23, 1975, pp. 300-312.
- GUNN, P., T. MACKAY y T. MEIXNER: "Magnetic, Radiometric and Gravity Signatures of Localities of Epithermal Gold Deposits in Fiji, en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica. Simposio Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998 pp. 43-52.
- GUTIÉRREZ, M.L.: "Estudio geológico y petrográfico de los gabros de Quemado del Negro", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1982, p. 88.
- ITURRALDE-VINENT, M.A.: "Cuba Geology: A New Plate-Tectonic Synthesis", en *Journal of Petroleum Geology*, 17, 1994, pp. 39-70.
- ITURRALDE-VINENT, M.A.: "Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba" en *IGCP Project 364, Special contribution n.1*, 1996, p. 254.
- JOMARRÓN, T. y F. FONSECA: "Estudio de prefactibilidad y de nuevas áreas de distribución de piedras semipreciosas en la región de Moa", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1993, p. 59.
- KANASEWICH, E.R. y R.G. AGARWAL: "Analysis of Combined Gravity and Magnetic Fields in Wavenumber Domain", en *J. Geophysics Res.*, 75, 1970, pp. 5702-5712.
- LIUBY, L.I.: "Informe sobre los resultados del levantamiento aerogeofísico complejo realizado en el territorio de las provincias de Holguín y Guantánamo", O.N.R.M. 1983, p. 420.
- MARÍN, A. y M. ROMERO: "Estudio y caracterización preliminar de las variedades de piedras semipreciosas de la región de Moa", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1992, p. 56.
- MATOS, M.: "Reinterpretación del levantamiento aeromagnético 1: 50 000 de la región comprendida entre Sagua de Tánamo y Moa", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1997, p. 50.
- MENDOCAN, C. A., J.B.C. SILVA: "A Stable Truncated series Approximation of the Reduction to the Pole Operator", en *Geophysics*, 58, 1993, pp. 1084-1090.
- NASH, C.: "Lithostructural Interpretation of Imaged Shallow-Source Aeromagnetic data", en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Simposio: Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998, pp. 87-112.
- NASH, C. y C. CHERNICOFF: "Integrated Interpretation of Reconnaissance Aeromagnetic and Landsat TM data, Precordillera Region, Northwest Argentina", en X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Simposio: Geofísica Aérea y Geoquímica en la Prospección Geológica-Minera, 1998, pp. 21-30.
- OGARKO, V.M.: "Informe sobre los trabajos geológicos de búsqueda de minerales de Níquel realizados en el 1965 en el área de Moa-Baracoa", O.N.R.M., 1967, p. 98.
- PINELL, A.: "Estudio petrológico en el basamento del yacimiento ferroniquelífero Moa oriental, provincia Holguín", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1987, p. 58.
- PROENZA, J.: "Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba), Ejemplo del yacimiento Mercedita", Tesis Doctoral, ISMM de Moa, ICT, 1997, p. 227.
- PROENZA, J. y N. M. CARRALERO: "Un nuevo enfoque sobre la geología de la parte sur de la cuenca de Sagua de Tánamo", en *Minería y Geología*, 11, 1995, pp. 3-10.
- QUINTAS, F.: "Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas", Tesis Doctoral, ISMM de Moa, ICT, 1989, p. 145.
- QUINTAS, F.; M. HERNÁNDEZ; M. CAMPOS: "Asociaciones estructurales del mesozoico en Cuba Oriental y la Española", en *Minería y Geología*, 3, 1994, pp. 3-9.
- RODRÍGUEZ, I. A.: "Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes", Tesis doctoral, ISMM de Moa, ICT, 1998, p. 160.
- RODRÍGUEZ, F.J.: "Estudio aerofotogeológico de la región de Moa y zonas aledañas", Trabajo de diploma, ISMM de Moa, ICT, 1987, p. 63.
- RODRÍGUEZ, V.A.: "Mapeo de zonas de silicificaciones en la región de Moa", Inédito, Departamento de Geología, I.S.M.M de Moa, 1996, p. 38.
- \_\_\_\_\_: "Estudio de zonas indicios de mineralización auríferas en la región de Moa", Inédito, Departamento de Geología, I.S.M.M de Moa, 1996, p. 35.
- ROY, A.; A.O., AINA: "Some New Magnetic Transformations", en *Geophysical Prospecting*, 34, 1986 : 1219-1232.
- ZAMASHIKOV, M.E. y V. TOBACHKOV: "Informe sobre los resultados de los trabajos de búsqueda a escala 1:50 000 en la parte suroeste del macizo hiperbasítico Moa-Baracoa", O.N.R.M., 1971, p. 167.