

# Estudio morfotectónico del área enmarcada por las concesiones mineras La Delta, Cantarrana y Santa Teresita

Ivan Barea Pérez  
Mailín Barrera Veitía  
Alina Rodríguez Infante

## Resumen

Los yacimientos ferroniquelíferos del noreste de Holguín están afectados por estructuras tectónicas disyuntivas que deben considerarse en la planificación minera; es por ello que se caracterizan las fallas existentes en las concesiones mineras La Delta, Cantarrana y Santa Teresita, de la empresa Moa Nickel S.A.-Pedro Sotto Alba. En el estudio se utilizaron métodos de fotointerpretación geológica y geomorfológica y el análisis morfométrico del relieve, tomando como base las cartas topográficas y el modelo digital del terreno (MDT). Como resultado se obtuvo el cartografiado de las estructuras disyuntivas del área asociadas a distintos eventos tectónicos que han afectado la región, incluyendo algunas no reportadas con anterioridad, como las fallas Arco Norte y Arco Sur, estructuras de bajo ángulo; Teresa, Potosí y La Caoba, vinculadas al proceso de colisión del arco volcánico del Cretácico sobre el paleomargen de Bahamas, y la estructura Yamanigüey, originada por el proceso de relajación de los bloques tectónicos.

## Palabras clave

Cartografía geológica, fotointerpretación, geomorfología, Moa, morfotectónica, yacimientos ferroniquelíferos.

## **Morphotectonic study on the areas of the mining concessions The Delta, Cantarrana and Santa Teresita**

### **Abstract**

The laterite ore bodies in the northeast of Holguín are impacted by disjunctive tectonic structures that are required to be considered in the mining plan. A characterization of the faults present in the mining concession areas La Delta, Cantarrana and Santa Teresita in Moa Níkel S.A.-Pedro Sotto Alba site was carried out. Geological and geomorphological aerial photo-interpretation methods and morphometric analysis were conducted taking topographical mapping and digital terrain model (DTM) as a basis. This provided the mapping of the disjunctive structures of the areas associated to the various tectonic phenomena that occurred in the region; including the Arco Norte and Arco Sur faults, low angle structures, Teresa, Potosí and La Caoba, which are associated to the collision of the Cretacic Volcanic Arc with Bahamas paleo-margin, and Yamanigüey structure caused by the process of relaxation of tectonic blocks.

### **Key words**

Geological cartography, photointerpretation, geomorphology, Moa, morfotectonic, lateritic ore deposits.

## **INTRODUCCIÓN**

En los yacimientos lateríticos, el conocimiento de la tectónica es de mucha utilidad para la planificación de las labores mineras, teniendo en cuenta que ésta determina no solo las condiciones de formación, sino también la conservación de los depósitos minerales.

La investigación tuvo el objetivo de revelar y caracterizar las estructuras disyuntivas que atraviesan el área que abarcan las concesiones mineras La Delta, Cantarrana y Santa Teresita, con vistas a facilitar el establecimiento de dominios geomorfológicos que sirvan de referencia para la delimitación de los dominios mineros, empleándose como herramienta fundamental las cartas topográficas, el modelo digital del terreno (MDT) y las fotografías aéreas.

Fueron consultadas numerosas fuentes bibliográficas, específicamente las dirigidas al estudio de las estructuras disyuntivas en el área de estos yacimientos lateríticos. Destacan dentro de ellas las de Rodríguez (1998, 2000 y 2007), donde se propone la ubicación de las fallas Cayo Guam, Quesigüa y El Medio en diferentes sistemas definidos por la autora según la historia geológica de la región. Domínguez (2005) asocia las fallas Potosí y Yamanigüey al proceso de obducción del arco volcánico del Cretácico sobre el paleomargen de Bahamas.

Por otra parte, Blanco & Rodríguez (2001) proponen una falla rumbo-deslizante que refleja la existencia de fuerzas compresivas que empujan el bloque oriental cubano en dirección norte-noreste, originando complejos movimientos. Los resultados reportados por los trabajos antes referidos han constituido el punto de partida para la presente investigación.

## **CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio abarca aproximadamente 143 km<sup>2</sup>, comprendida entre las coordenadas del sistema Lambert X=705 000-717 000; Y=207 000-217 000; limitada geográficamente al norte con el río Quesigüa, al sur con el río El Feni, al este con los ríos Jiguaní y Yamanigüey y al oeste con el río Cayo Guam.

Geológicamente el área se enmarca en el bloque oriental cubano caracterizado por una gran complejidad geológico-tectónica. La litología está mayormente constituida por hiperbasitas y en menor cuantía gabros, además de las formaciones del Cuaternario (Figura 1).

Desde el punto de vista tectónico, en el área se manifiestan estructuras disyuntivas con dirección noreste, norte-noroeste y dislocaciones de plegamiento complejo, sobre todo en las cercanías de los contactos tectónicos (Campos 1983, 1990).

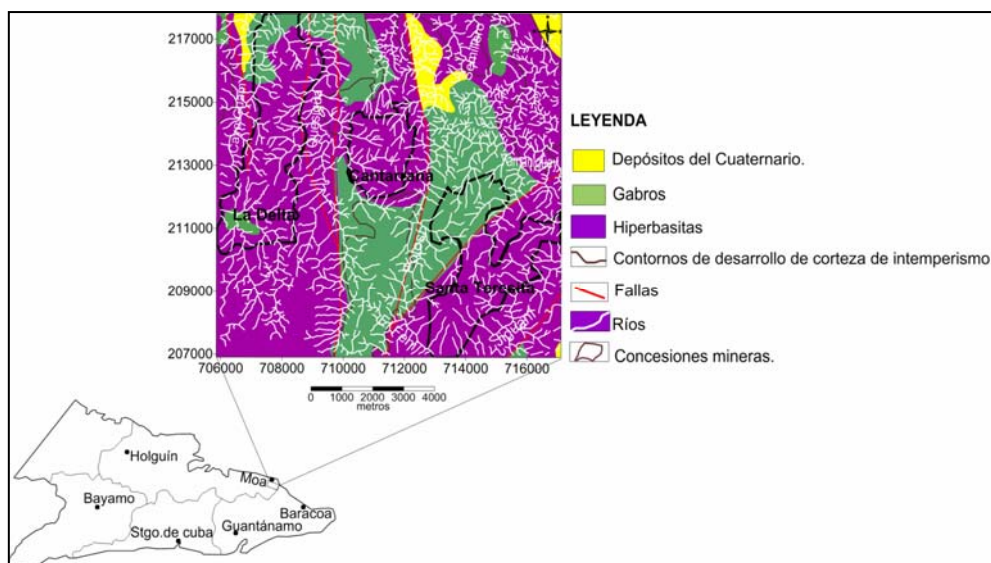


Figura 1. Mapa geológico del área de estudio. Escala 1:100 000 (Según Feseko 1976).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon las planchetas topográficas 5277-IV-B perteneciente a la edición de 1986 y la 5277-IV-D, de 1985, ambas a escala 1:25 000; el modelo digital del terreno (MDT), obtenido de la digitalización de las planchetas topográficas así como las fotos aéreas del proyecto K-10 de 1972. Para la información geológica de base se utilizó el mapa a escala 1:100 000 confeccionado por Feseko (1976) y el geomorfológico realizado por Rodríguez (1998), a escala 1:50 000.

Para determinar las estructuras se emplearon los mapas morfométricos red fluvial, pendiente, isobasitas de orden dos y tres, de diferencia de isobasitas y los de relieve residual de orden dos y tres, que

brindaron la mayor información morfotectónica (Figura 2), a la cual se sumó la información aportada por la fointerpretación geológico-geomorfológica.

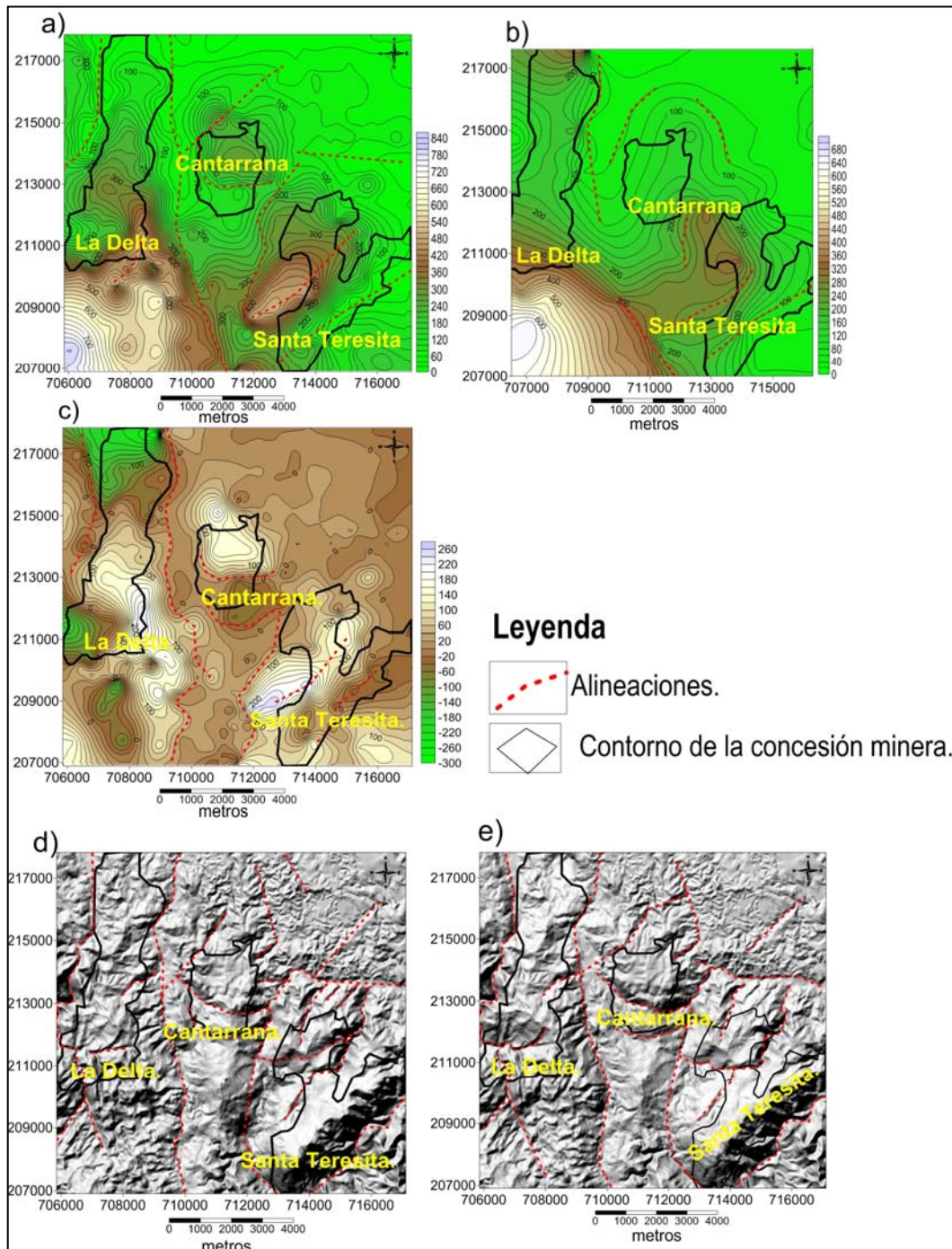


Figura 2. Mapas morfométricos a escala 1: 25 000; a) Mapa de isobasita de orden dos. b) Mapa de isobasita de orden tres. c) Mapa de diferencia de isobasita. d) Mapa de relieve residual de orden dos. e) Mapa de relieve residual de orden tres.

## **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

A partir de los resultados aportados por los mapas morfométricos y la interpretación de las fotos aéreas, en esta investigación se revelaron nuevas estructuras pertenecientes al primer, segundo y cuarto sistema de fallas, establecidos para la región por Rodríguez (1998).

### **Primer sistema de falla**

El primer sistema está asociado genéticamente al cese de la subducción que generó la colisión entre el arco insular y el margen continental, determinando el emplazamiento del complejo ofiolítico, por lo que las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites de los cuerpos máficos y ultramáficos dentro del complejo ofiolítico y de éste con las secuencias más antiguas. Las fallas en este sistema aparecen frecuentemente enmascaradas y cortadas por sistemas más jóvenes, así como por las potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre el complejo ofiolítico; en su mayoría son fallas pasivas, lo que se demuestra por su pobre reflejo en el relieve, siendo revelada su existencia fundamentalmente por el contacto alineado y brusco entre litologías diferentes, según Rodríguez (1998).

En la presente investigación se revelaron y caracterizaron dos fallas pertenecientes a este sistema que no habían sido descritas anteriormente: Arco Norte y Arco Sur (Figura 3). La inclusión de ambas fallas en este primer sistema está dada por su morfología de arco, que corresponde a estructuras de bajo ángulo de buzamiento desarrolladas bajo fuertes condiciones compresivas y al hecho de coincidir con contactos bruscos y curvos entre los gabros y las hiperbasitas.

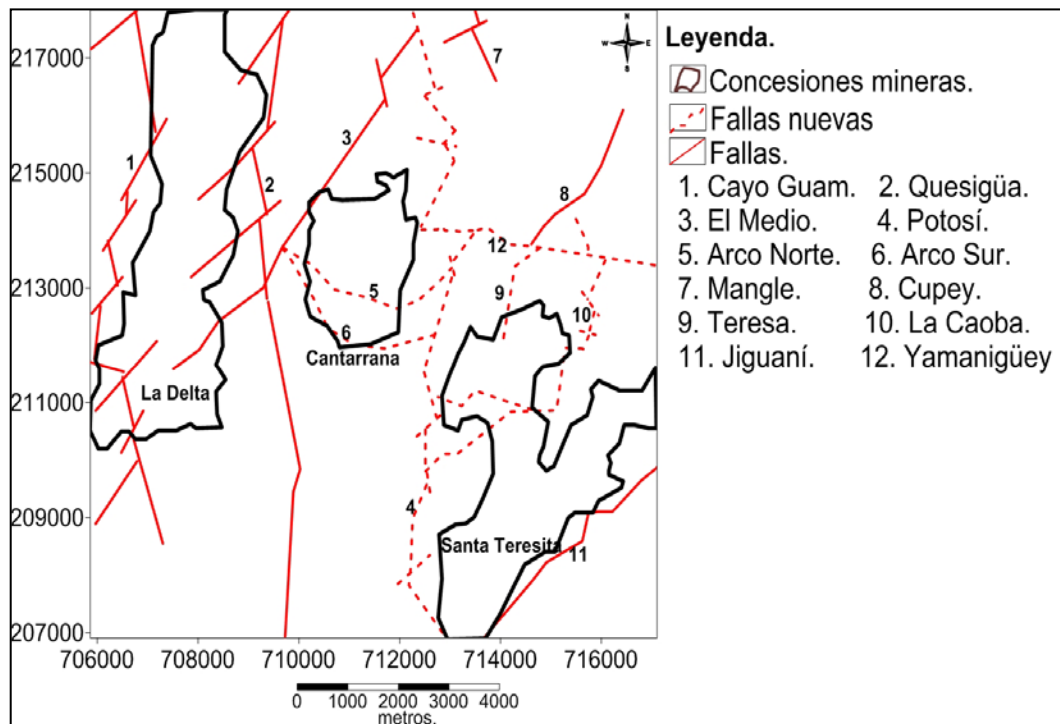


Figura 3. Mapa tectónico del área de estudio (Barea & Barrera 2008).  
Escala 1: 25 000.

*Falla Arco Norte:* Es una estructura que aunque ha sido mencionada en investigaciones anteriores (Batista 1998, Rodríguez 1998 y Blanco & Rodríguez 2001) no había sido caracterizada. Aparece en el relieve en forma de un arco cóncavo hacia el sur, presentando una dirección N34W en su parte más occidental y N60E en la porción oriental.

Esta estructura está limitada al este y al oeste por las fallas Potosí y El Medio, respectivamente; corta la concesión minera Cantarrana de este a oeste. Por su morfología se considera asociada al emplazamiento de las ofiolitas a través de un sistema de escamas. Los mapas morfométricos permitieron su identificación a partir de la presencia de alineaciones de los cauces fluviales, los que coinciden con la formación de barrancos y pendientes orientadas en forma de arco en dirección noreste entre los 25 y 40 grados, cambios bruscos en los valores de las isobasitas de orden dos y en las isolíneas del mapa topográfico, así como una anomalía de las isobasitas entre la parte norte y sur de la estructura en el mapa de diferencia de órdenes.

*Falla Arco Sur:* Se desarrolla paralela a la falla Arco Norte, presenta una forma semicircular extendiéndose desde los afluentes del río Quesigüa hasta el río Potosí, limitada por las estructuras Potosí, al este, y El Medio, al oeste. En sus tramos más rectos tiene dirección de N32W y N80E (Barea & Barrera 2008). Los criterios que permitieron su identificación fueron las alineaciones de los cauces fluviales de primer y segundo orden en las cuencas de los ríos Potosí y Quesigüa, un marcado contraste en el mapa de isobasitas y la existencia de una anomalía negativa en el mapa de diferencia de órdenes, laderas en forma de arco con pendientes que oscilan entre 10-20 grados, alineación del relieve residual en ambos mapas, tanto de orden dos como tres y alineación en forma de arco de los cauces fluviales, el fototono y el relieve en las fotografías aéreas, además del contacto alineado entre las harzburgitas y los gabros.

### **Segundo sistema de falla**

El segundo sistema está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte-noroeste, que se cortan y desplazan mutuamente constituyendo las dislocaciones más abundantes y de mayor extensión de la región, que afectan todas las litologías presentes. Su origen se encuentra asociado al proceso de obducción del arco volcánico del Cretácico sobre el paleomargen de Bahamas (Rodríguez 1998). Dentro de este sistema se incluyen tres nuevas estructuras caracterizadas en la presente investigación: las fallas Teresa, Potosí y La Caoba, que se muestran en la Figura 3.

*Falla La Caoba:* Esta estructura posee una dirección de N43E extendiéndose desde el río Yamanigüey hasta el Potosí, atravesando toda la concesión Santa Teresita y a su vez es cortada y desplazada por fallas más jóvenes de dirección noreste. Fue posible su identificación por presentar una red fluvial alineada, con cierre positivo y altos gradientes de las isobasitas, presencia de contacto alineado de los gabros con las hiperbasitas, pendientes abruptas que oscilan entre los 20-30 grados, laderas escarpadas y variación brusca de los niveles hipsométricos a ambos lados de la estructura, además de observarse claramente la alineación del relieve en las fotos aéreas.



*Falla Teresa:* Ubicada entre el río Potosí y afluentes del río Yamanigüey, con un rumbo de N80E, cortando parte norte del área de la concesión Santa Teresita. Se encuentra limitada hacia el norte por la falla Yamanigüey. Su presencia se evidenció por la red de drenaje alineada al igual que las pendientes que oscilan entre los 20-30 grados comportándose de igual forma las curvas de nivel cerradas. Sin embargo las isobasitas contrastan de forma perpendicular a la estructura, desarrollándose hacia el sur escarpes alineados que se definen claramente en las fotos aéreas.

*Falla Potosí:* Ubicada a todo lo largo del río Potosí, con un rumbo de N30E, se extiende desde el arroyo Semillero hasta la porción sur-occidental del área donde está enmarcada la concesión Santa Teresita. Esta falla está desplazada por un conjunto de estructuras más jóvenes en dirección noreste y noroeste. La falla Potosí ha sido mencionada con anterioridad y Domínguez (2005) la caracterizó, pero con un cartografiado diferente al determinado por el presente estudio, así como su relación con la estructura Yamanigüey, que la corta y desplaza en dirección oeste. Los criterios que permitieron rectificar su cartografiado fueron la presencia de red fluvial alineada con cauces profundos en dirección norte franco, escarpes abruptos, barrancos y pendientes con valores entre 20-30 grados, preferentemente hacia el sur y contacto anómalo entre los gabros y las hiperbasitas. En el mapa de isobasitas de orden dos se evidencian cambios bruscos a ambos lados de la estructura y en las fotografías aéreas se puede observar una alineación del relieve, constituyendo este criterio la base fundamental para su reorientación.

#### **Cuarto sistema de falla**

Las características de las estructuras de este sistema permiten suponer su génesis asociada a procesos de descompresión de bloques, por disminución de las tensiones horizontales que mantienen cohesionado los macizos rocosos, debido a su desarrollo en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento. El mayor número de estructuras con estas características en el área de estudio mantienen una orientación norte-sur, mientras otras se orientan este-oeste.

La edad de este sistema es considerado posterior al Mioceno, momento en que se inicia el proceso de ascenso definitivo del territorio actual de Cuba oriental como tendencia general (Rodríguez 1998).

En las estructuras de este sistema no siempre se encuentran desplazamientos geológicos y geomorfológicos apreciables y su expresión está dada por la formación de barrancos, alineaciones fluviales, líneas rectas y netas de tonalidades más oscuras, y en algunos casos se han determinado rasgos evolutivos en la comparación entre fotos de años diferentes, según Domínguez (2005).

En este sistema es la falla Yamanigüey la más importante para el área de estudio, la cual se extiende en dirección este-oeste, entre el río Potosí y el río que lleva su propio nombre, con un rumbo de N75W. El rasgo fundamental de esta estructura disyuntiva, que no había sido determinado ni tenido en cuenta en trabajos anteriores, es que corta y desplaza a las fallas Potosí y Cupey.

Los datos morfométricos establecieron que esta estructura presenta una red fluvial alineada con cambios bruscos en su dirección lo que muestra un control tectónico de su cauce. Presenta un comportamiento diferenciado de las isobasitas y las curvas de nivel de la parte sur con respecto a la parte norte de la estructura, alineación del relieve en dirección este-oeste; contacto alineado entre dos topografías y zonas geomorfológicas diferentes y cambio en el fototono de la parte norte con respecto a la sur.

## **CONCLUSIONES**

Quedaron caracterizadas nuevas estructuras en tres de los cuatro sistemas establecidos para el área de estudio. En el sistema más antiguo, correspondiente a los procesos de acreción del complejo ofiolítico, se describen las fallas Arco Norte y Arco Sur como estructuras de bajo ángulo que cortan y afectan la concesión minera Cantarrana. En el segundo sistema se encuentran las estructuras Teresa, La Caoba y Potosí, asociadas al proceso de colisión del arco volcánico del Cretácico sobre el paleomargen de Bahamas; en el cuarto y más reciente sistema, asociado a los procesos de relajación de los bloques, está la

estructura Yamanigüey con una dirección este-oeste que corta y desplaza a la falla Potosí. Dentro de las estructuras determinadas se le concede una mayor importancia a las fallas Arco Norte y La Caoba, que afectan de forma directa a las concesiones Cantarrana y Santa Teresita, por lo que deben ser tenidas en cuenta en el establecimiento de los dominios geológicos y en la explotación de los yacimientos.

## REFERENCIAS

- BAREA-PÉREZ, I. & BARRERA-VEÍTIA, M. 2008: Estudio morfotectónico del área enmarcada por las concesiones mineras La Delta, Cantarrana y Santa Teresita para el establecimiento de los dominios geomorfológicos. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Trabajo de diploma] 101 p.
- BATISTA-RODRÍGUEZ, J. A. 1998: Características geológicas y estructurales de la región de Moa a partir de la interpretación del levantamiento aeromagnético 1:50 000. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Tesis de maestría] 117 p.
- BLANCO, J. & RODRÍGUEZ, A. 2001: Falla de deslizamiento por el rumbo en la región de Moa, Cuba. *Minería y Geología* 17 (1): 43-48.
- CAMPOS, M. 1983: Rasgos principales de la tectónica de la porción oriental de las provincias de Holguín y Guantánamo. *Minería y Geología* 1 (2): 51-75.
- CAMPOS, M. 1990: Tectónica y minerales útiles de la asociación ofiolítica de los complejos vulcanógenos del Arco Insular Cretácico en Cuba Oriental. Departamento de Geología del ISMM (inédito).
- DOMÍNGUEZ, L. 2005: Morfotectónica del área comprendida entre el poblado de Yamanigüey y la ciudad de Baracoa con vista a la planificación turística. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Tesis de maestría] 106 p.
- FESEKO, G. 1976: Mapa geológico del área de estudio. Escala 1:100 000. Empresa PSA. Moa.
- RODRÍGUEZ, A. 1998: Estudio morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Tesis doctoral] 124 p.
- RODRÍGUEZ, A.; CARRALERO, N. & CONDE, M. 2000: Estudio de las estructuras sismogeneradoras Quesigua y El Medio al este de la ciudad de Moa. *Minería y Geología* 17 (3-4): 87-90.

RODRÍGUEZ, A. & BATISTA, J.A. 2007: Falla Moa: caracterización geodinámica y riesgos tectónicos asociados. *Minería y Geología* [en línea] 23 (2). [Consulta: 20-11-2008]. Disponible en: <http://www.ismm.edu.cu/revistamg>

**Ivan Barea Pérez**

Ingeniero geólogo. Profesor instructor. Departamento de Geología.  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba

[ibperez@ismm.edu.cu](mailto:ibperez@ismm.edu.cu)

**Mailín Barrera Veitía**

Ingeniera geóloga. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara,  
Moa, Cuba

[mbveitia@ecg.minbas.cu](mailto:mbveitia@ecg.minbas.cu)

**Alina Rodríguez Infante**

Ingeniera geóloga. Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora  
Auxiliar. Departamento de Geología. Instituto Superior Minero  
Metalúrgico de Moa, Cuba

[rinfante@ismm.edu.cu](mailto:rinfante@ismm.edu.cu)