

# UTILIZACION DE DATOS AEROGAMMA ESPECTROMETRICOS PARA LA LOCALIZACION DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTERMAL EN LA REGION SAGUA-MOA, CUBA ORIENTAL

**THE EMPLOY OF AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTROMETRY DATA FOR  
LOCATING HYDROTHERMAL ALTERATIONS ZONES IN THE SAGUA-MOA  
REGION, EASTERN CUBA**

**JOSE BATISTA RODRIGUEZ**

Instituto Superior Minero Metalúrgico.  
E-mail: jabatista@moa.minbas.cu

**LEDUAR RAMAYO CORTEZ**

Instituto Superior Minero Metalúrgico.

**RESUMEN:** En la región de Moa están presentes yacimientos minerales de cromitas y de lateritas ferroniquelíferas-cobaltíferas. Los yacimientos de cromitas se localizan en la zona de transición manto-corteza, y las lateritas ricas en Ni y Co se desarrollan como producto del intemperismo de las rocas ultramáficas. Estos yacimientos históricamente han constituido el soporte económico de la región. En los últimos años, en sedimentos fluviales y en placeres de playas de minerales pesados, se han establecido altas concentraciones de metales preciosos de origen hidrotermal. El objetivo de este trabajo es localizar áreas de alteración hidrotermal y aportar nuevos elementos que permitan orientar la prospección geológica a partir de la interpretación de los datos aerogamma espectrométricos. Para la identificación de tales áreas se analizó la información geológica disponible y los resultados del análisis combinado de los parámetros aerogamma espectrométricos siguientes: 1) anomalías de potasio; 2) bajos valores de  $eTh/K$  y  $eU/K$ ; 3) altos valores de  $eU/eTh$ , y 4) valores anómalos de  $F: K.eU/eTh$ . Como resultado, se logró localizar las principales zonas de alteración hidrotermal y establecer las condiciones aerogamma espectrométricas para detectarlas.

**Palabras claves:** datos aerogamma espectrométricos, alteraciones hidrotermales, potasio, Moa.

**ABSTRACT:** The Moa region is rich in chromites and ferronickeliferous laterites mineral deposits of chromites deposits occur in the mantle-crust transition zone and Ni-Rich and Co-Rich laterites are developed as a product of the weathering of ultramaphic rocks; these have traditionally been the economic support of this region. Significant concentrations of precious metals of hydrothermal origin have been established lately in sediment streams and in heavy mineral beach placers. This work aims at locating the areas of hydrothermal host-rock alteration and at adding new elements to focus geological prospecting, taking as a point of departure the interpretation of airborne gamma-ray spectrometry data. The geophysical identification of these areas was made by analyzing all the geological information and the results of the joint analysis of the following airborne gamma-ray spectrometry parameters: 1) potassium anomalies; 2) low rates of  $eTh/K$  and  $eU/K$ ; 3) high rates of  $eU/eTh$  and 4) anomalous values of  $F: K.eU/eTh$ . As result was detected the principal hydrothermal alterations zones as well as the airborne gamma-ray spectrometry conditions to detect them.

**Key words:** airborne gamma-ray spectrometry, hydrothermal alteration, potassium, Moa.

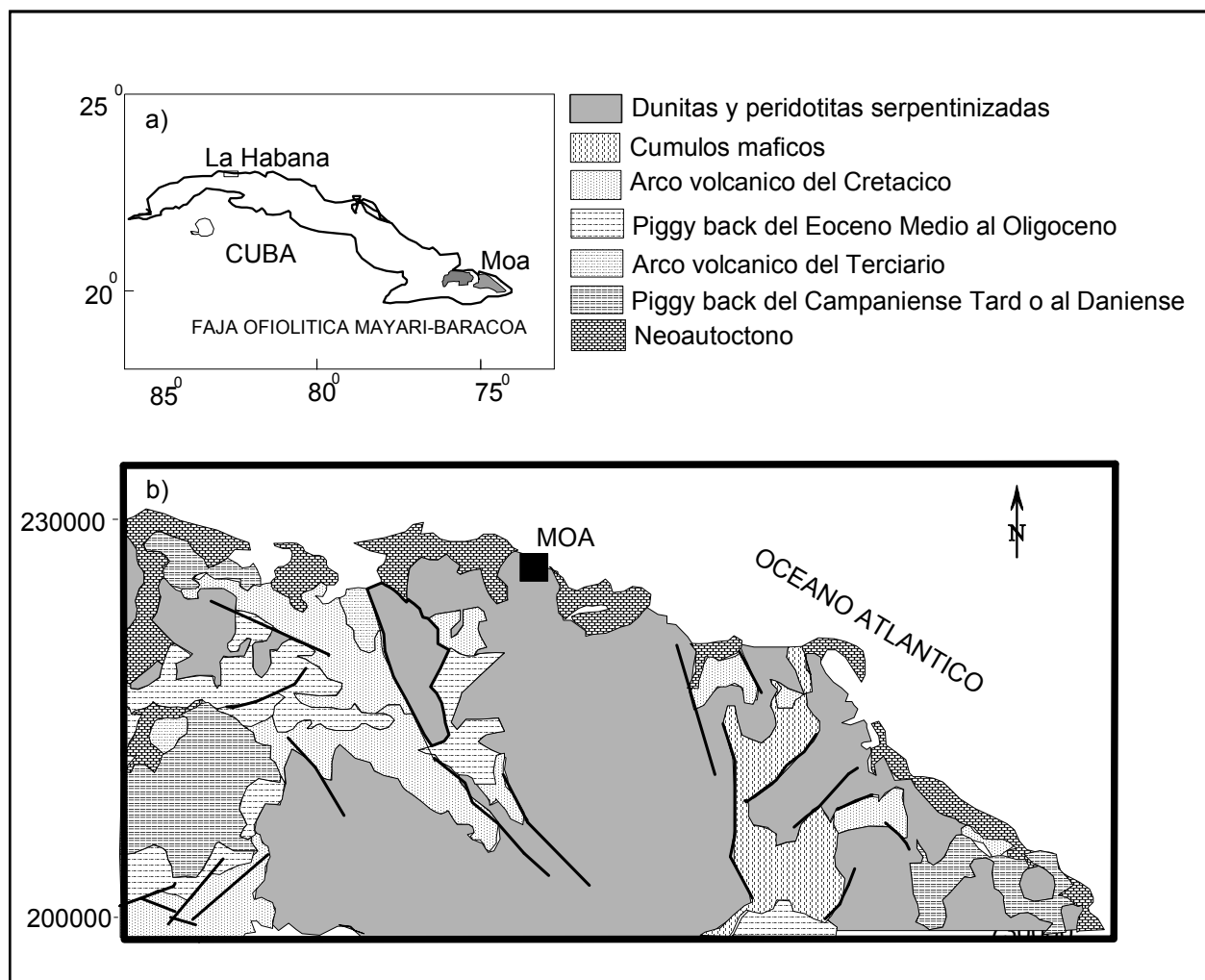


Figura 1a. Ubicación del área de estudio y distribución de la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa. b. Geología simplificada de la región de Moa, que muestra las principales unidades tectono-estratigráficas (modificado de Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990). Nota: Las coordenadas están en metros.

## INTRODUCCIÓN

La espectrometría aérea de rayos gamma suministra mediciones de las concentraciones superficiales totales de los tres elementos radiactivos más abundantes: uranio, torio y potasio; tal información es interpretable en términos de geoquímica de superficie (Galbraith y Saunders, 1983; Grasty et al., 1985 y 1997). Este método, al igual que los estudios geoquímicos de superficie, ofrece información sobre la composición de los materiales intemperizados. Su relación con la composición de las rocas duras se infiere de datos complementarios suministrados por mapas geológicos, fotos aéreas, imágenes satelitales y trabajos de campo (Darnley y Ford, 1989). Esta técnica es ampliamente utilizada en la actualidad para apoyar la cartografía y la exploración geológicas, el monitoreo de radiaciones ambientales y el manejo de terrenos (Charbonneau et al., 1973; Darnley, 1991; Shives, 1995 y 1997, y Ford et al., 1998). Las posibilidades del uso de esta técnica dependen de la distribución de esos

radioelementos en las diferentes litologías, de cómo la mineralización haya afectado dicha distribución y de que el contenido de radioelementos en las rocas frescas se refleje en la composición de los materiales superficiales (Ford et al., 1998 y Torres et al., 1998).

La región septentrional de Cuba oriental ha sido objeto, desde inicios de este siglo, de numerosos trabajos dirigidos a ampliar el conocimiento geológico del área y a la prospección y exploración de recursos minerales. Entre los trabajos realizados se destacan los levantamientos geofísicos, los cuales han tenido como finalidad la prospección de cromita y, en menor grado, de lateritas ferroniquelíferas, sin ahondar en las características geológicas del área y en otros metalotectos no vinculados a las rocas ultramáficas. En los últimos años se han revelado en los aureolas mecánicas de dispersión y en depósitos laterales tipo playa significativas concentraciones de metales nobles de origen hidrotermal (Rodríguez, 1994; Díaz, 1997, Ramayo, 1996). El presente trabajo tiene como objetivo localizar zonas de altera-

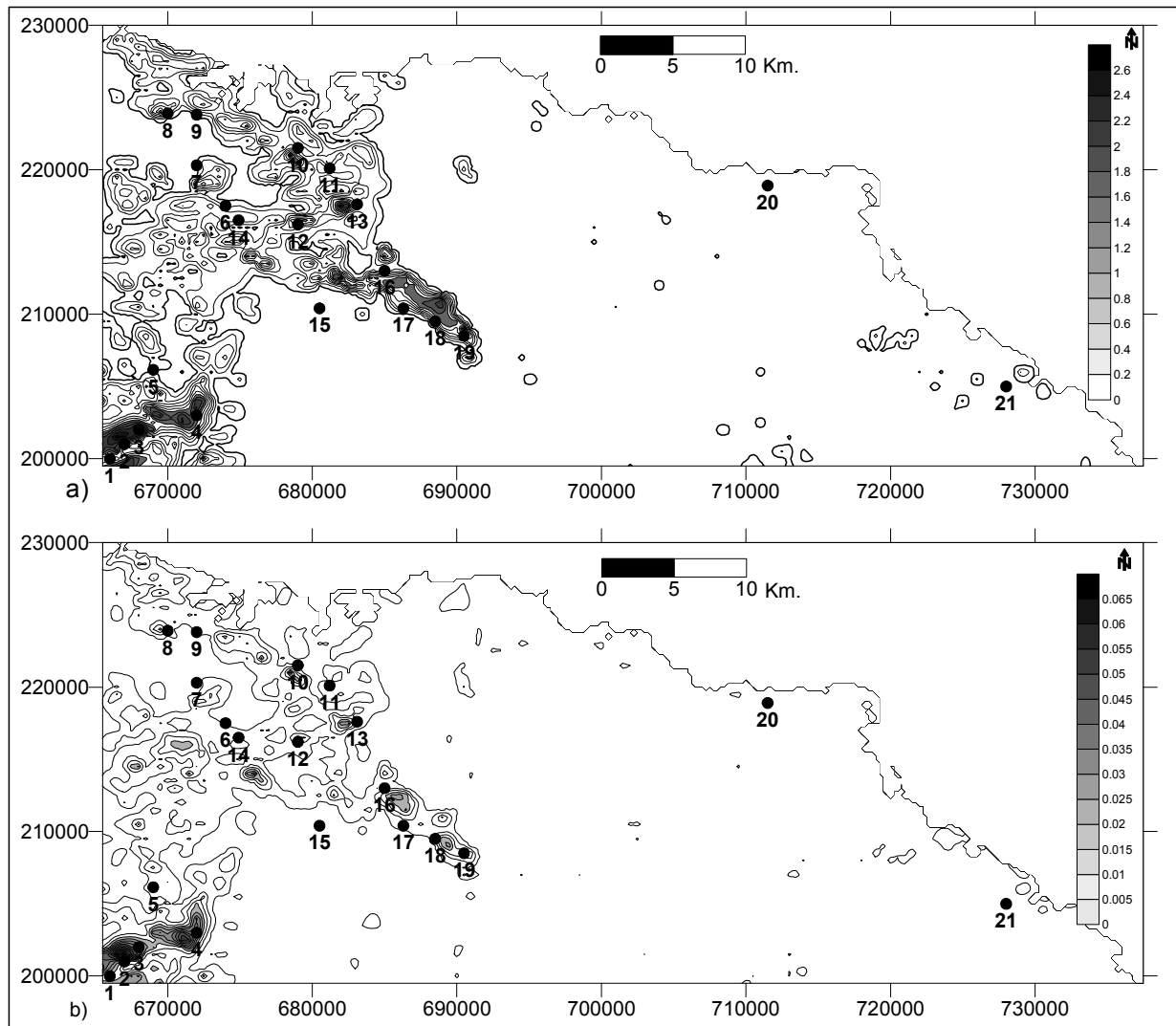


Figura 2 a. Mapa de isocontenidos de K (%). b. Mapa de isocontenidos del factor F:  $K.eU/eTh$ . La isolínea de mayor grosor limita las rocas de naturaleza volcánica y zonas de alteración hidrotermal. Nota: Las localidades referidas en el texto se denotan con números: 1 Cupeyes, 2 El Sopo, 3 Maguey, 4 Naranja Dulce, 5 Las Ánimas, 6 El Rifle, 7 Quemado del Aguacate, 8 Cayo Acosta, 9 Saltadero, 10 Melena, 11 Cananova, 12 San Pedro, 13 Los Indios, 14 Los Calderos, 15 Hato Viejo, 16 Amansa Guapo, 17 La Colorada, 18 Gran Tierra, 19 Calentura, 20 Quesigua y 21 Jiguani.

ción hidrotermal y aportar nuevos elementos que permitan orientar los trabajos geológicos de prospección, a partir de la interpretación de los datos aerogamma espectrométricos pertenecientes al levantamiento aerogeofísico complejo de la región oriental de Cuba a escala 1:50 000.

**MARCO GEOLÓGICO**

La zona de estudio está situada al NE de Cuba oriental (Fig. 1). En esta región se pueden reconocer seis unidades tectono-estratigráficas fundamentales: 1) rocas de afinidad ofiolítica, 2) rocas volcánicas y volcano-sedimentarias pertenecientes al arco de islas cretácico, 3) materiales depositados en cuencas relacionadas con una colisión del Campaniense Tardío al Daniense, 4) rocas volcanoplutónicas y volcanosedimentarias pertenecientes al arco de islas terciario, 5) materiales depositados

en las cuencas desarrolladas del Eoceno Medio al Oligoceno, y 6) materiales asociados a un estadio neoplatafórmico “neoaútctono”, desde el Oligoceno hasta el Reciente.

Las rocas de afinidad ofiolítica presentan la mayor distribución en el área y se pueden reconocer todos los niveles de un corte ofiolítico ideal, aunque desmembrado éste tectónicamente (Proenza, 1997): peridotitas con texturas de tectonitas, rocas de la Moho Transition Zone, cúmulos máficos, diques de diabasas y niveles efusivos sedimentarios. Estas rocas de afinidad ofiolítica constituyen la denominada Faja Mayarí-Baracoa.

Las secuencias mantélicas y los cúmulos máficos se han datado como Jurásico-Cretácico Temprano y los niveles efusivos sedimentarios como Hauteriviense (?)-Campaniense (?) (Iturralde-Vinent, 1996).

Figura 3 a. Mapa de isocontenido de la relación eTh/K. b. Mapa de isocontenido de la relación eU/K.

Las rocas volcánicas y volcanosedimentarias de edad cretácica están representadas por la Fm. Santo Domingo. Ésta se compone por tobas y tufitas con cuerpos de lavas y calizas intercaladas (Iturralde-Vinent, 1996). Los materiales de esta formación se encuentran imbricados tectónicamente con las rocas de afinidad ofiolítica de la Faja Mayarí-Baracoa. La actividad volcánica se extendió desde el Aptiense al Campaniense Medio y fue el resultado de una subducción intraoceánica.

Los materiales depositados en las cuencas relacionadas con una colisión del Campaniense Tardío-Daniense están representados por las formaciones Mícara y La Picota, las cuales están compuestas por fragmentos y bloques procedentes de la secuencia ofiolítica y del arco volcánico cretácico. En consecuencia, estas unidades litoestratigráficas constituyen un registro temporal del emplazamiento tectónico (obducción) de las rocas de afinidad ofiolítica, el cual estuvo enmarcado en el tiempo de desarrollo de estas cuencas.

Las rocas volcanoplutónicas y volcanosedimentarias de edad Paleógeno-Eoceno Medio están representadas por la Fm. Sabaneta, la cual ha sido depositada en una cuenca de back arc (Iturralde-Vinent, 1996). La unidad se compone, fundamentalmente, por tobas y tufitas (Quintas, 1989). Estas rocas pertenecientes al arco de islas terciario, yacen sobre los materiales deformados del arco de islas cretácico, las rocas de afinidad ofiolítica y las cuencas superpuestas del Campaniense Tardío-Daniense.

Las series asociadas a las cuencas desarrolladas del Eoceno Medio al Oligoceno están constituidas por formaciones terrígeno-carbonatadas (Quintas, 1989): a) Fm. Charco Redondo (calizas micro-cristalinas y calizas margosas); b) Fm. San Luis (areniscas y facies terrígeno-carbonatadas hacia el norte); c) Fm. Maguey (margas, areniscas calcáreas y calizas organógeno-detríticas).

Por último, las rocas del "neautóctono" constituyen una secuencia terrígeno-carbonatada que aflora en las cercanías de la costa, formando una franja que cubre de

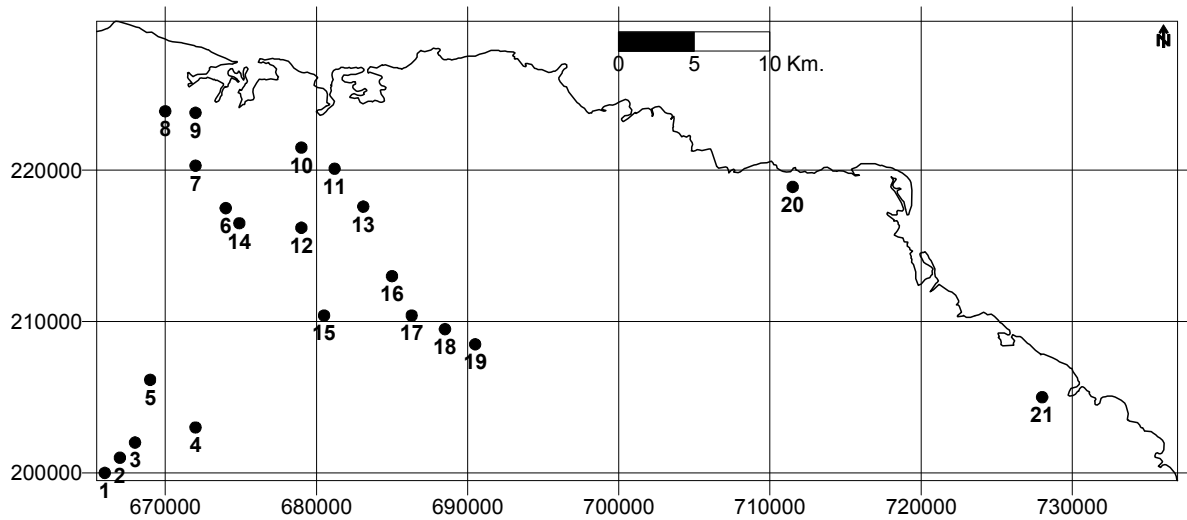


Figura 4. Ubicación de áreas perspectivas para la realización de trabajos de prospección de depósitos minerales relacionados a procesos hidrotermales. 1 Cupeyes, 2 El Sopo, 3 Maguey, 4 Naranja Dulce, 5 Las Ánimas, 6 El Rifle, 7 Quemado del Aguacate, 8 Cayo Acosta, 9 Saltadero, 10 Melena, 11 Cananova, 12 San Pedro, 13 Los Indios, 14 Los Calderos, 15 Hato Viejo, 16 Amansa Guapo, 17 La Colorada, 18 Gran Tierra, 19 Calentura, 20 Quesigua y 21 Jiguaní.

forma discordante los complejos más antiguos y que estructuralmente se caracteriza por su yacencia monoclinale suave u horizontal (Quintas, 1989; Rodríguez, 1997).

La región se destaca por sus depósitos minerales, tanto exógenos como endógenos. Asociados a los cuerpos duniticos se encuentran yacimientos de cromo y como consecuencia de la meteorización de las rocas ultrabásicas se han desarrollado importantes depósitos de lateritas ferroniquelíferas, las cuales constituyen la base económica de la región.

#### METODOLOGÍA EMPLEADA

Los datos aerogamma espectrométricos utilizados en esta investigación fueron adquiridos durante el levantamiento aerogeofísico complejo a escala 1:50 000 que abarcó la parte oriental del país (Chang y otros, 1991). Las líneas de vuelo tienen dirección norte-sur, separadas cada 500 m y con una altura media de vuelo de 70 m; las mismas contienen la información proveniente de los canales de K (%), U (ppm), Th (ppm) y la intensidad total ( $\mu\text{r/h}$ ).

Los errores cuadráticos medios de tales mediciones son los siguientes:

- Canal de potasio -- 0,3%
- Canal del uranio -- 0,4 ppm
- Canal del thorio -- 0,8 ppm
- Intensidad total -- 0,09  $\mu\text{r/h}$

Además, se utilizaron los materiales siguientes:

- Mapa geológico de Cuba oriental, 1:50 000 (Adamovich y Chejovich, 1963).
- Mapa geológico de Sagua-Moa, 1:100 000 (Gyarmati y Leyé O'Connor, 1990).

- Mapas topográficos, 1:50 000 y 1:100 000.

- Bases de datos de trabajos geoquímicos, petrológicos y otros.

La información disponible fue llevada a formato digital. Se realizó un análisis estadístico descriptivo preliminar al conjunto de datos aerogamma espectrométricos y se calcularon diferentes relaciones entre ellos: eU/eTh; eU/K, eTh/K y F: K.eU/eTh, con el objetivo de apoyar la interpretación.

Los datos obtenidos en cada canal y las relaciones calculadas se representaron en forma de imágenes con el Surfer 6.02 (Golden Software, Inc., 1996). Para su representación, cada matriz de datos se regularizó utilizando como método de interpolación el Kriging, con una distancia entre puntos y perfiles de 500 m, en correspondencia con las características del levantamiento y un radio de búsqueda de 750 m, con el objetivo de no generar valores en las zonas donde no se realizaron mediciones, luego se realizó la interpretación geólogo-geofísica de los mapas representados. Por último, se realizaron tareas de campo para comprobar la existencia de zonas de alteración hidrotermal.

#### INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con el objetivo de facilitar la interpretación se confeccionó una especie de Sistema de Información Geográfica (SIG). La identificación de zonas de alteración hidrotermal se logró a través del análisis de la información geológica, geoquímica y los siguientes parámetros gamma espectrométricos: 1) anomalías de K; 2) bajos valores de las relaciones eTh/K y eU/K denotan un enriquecimiento de K

**TABLA 1. COMPOSICION QUIMICA DE ELEMENTOS MENORES EN LAS ZONAS DE ALTERACION**

ELEMENTOS	Au	As	Ba	Sb	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	Mn	S	LOCALIDADES
Unidades	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	
L m. deteccion	2	0,5	50	0,1	2	1	4	1	1	1	0,01	
LQ-1	176	54,7	4600	4,2	7	28	12	38	20	23	0,15	Quesigua
LQ-2	4250	9	340	2,2	45	325	260	469	90	31	0,13	Quesigua
LQ-3	3020	0,9	<50	0,5	8	16	<5	4	13	84	<0,01	Quesigua
LR-4	<2	1,1	<50	0,2	5	3000	-5	2	100	131	<0,01	El Rifle
LR-5	280	2,3	150	-0,1	-2	32	<5	47	57	1564	0,11	El Rifle
LR-6	760	1,3	<50	0,2	8	14533	<5	394	129	74	0,11	El Rifle
LR-7	<2	6,5	<50	0,4	9	17586	<5	362	92	55	0,1	Los Calderos
LR-8	890	1	<50	0,2	5	99999	<5	89	54	29	0,13	Los Calderos
LR-9	3	1	<50	<0,1	<2	21	<5	29	1770	716	0,14	El Quemado
LAV-10	3	1,7	<50	0,2	3	6820	<5	32	287	949	0,48	La Yuita
LAV-11	3	2,6	530	0,3	<2	23	5	46	583	589	<0,01	La Yuita
LAV-12	<2	5,2	<50	0,4	<2	928	<5	40	205	894	0,31	Hato Viejo
LAV-13	<2	4,6	<50	0,5	<2	7990	<5	36	288	846	0,5	Hato Viejo
LAV-14	<2	5,1	<50	0,4	2	9230	<5	36	319	872	0,53	Hato Viejo

Nota: Las muestras fueron encapsuladas, irradiadas y medidas por el metodo de activacion neutronica (INAA) para Au + 34 elementos. En este trabajo no se incluyen datos quimicos de vetas y brechas, solo se considero el encajante alterado.

respecto al U y al Th; 3) elevados valores de la relación eU/eTh indican mayores concentraciones de U en relación con el Th, y 4) valores anómalos del parámetro F: K.eU/eTh, muestran una abundancia de K respecto al eU/eTh y un incremento del U comparado con la relación eTh/K.

#### MAPA DE CONTENIDO DE K (%) Y DE F: K.eU/eTh

Los mayores contenidos de K en la región están relacionados con rocas volcanosedimentarias cretácicas y terciarias (Fig. 2a). De forma general, tales rocas poseen contenidos superiores a 0,4%, por lo que es posible delimitar sus áreas de afloramiento con la isolínea de ese valor, siempre que éstas posean una extensión areal representativa en la escala del levantamiento aéreo (1:50 000). Por otra parte, los contenidos por debajo de 0,4% delimitan las áreas de desarrollo de rocas de afinidad ofiolítica, sedimentarias y metamórficas. En el extremo SW de la región, en las localidades de Cupeyes y El Sopo, se registran los mayores contenidos de este elemento (2,75%) relacionados con andesitas, dacitas, tobas y cuerpos subvolcánicos pertenecientes a la Fm. Santo Domingo. Esta zona anómala posee forma alargada, según la dirección de los principales sistemas de fallas que allí se localizan.

La anomalía de mayor extensión en la región se extiende desde Mejías hasta Calentura. Ésta se caracteriza por estar estructuralmente controlada por los sistemas de fallas NE-SW y NW-SE. Al oeste de Los Indios, se observan los mayores contenidos de K (2,4%) en rocas pertenecientes a la Fm. Sabaneta, compuesta por tobas ácidas, vitroclásticas y tufitas. En algunas zonas, donde aflora la Fm. Mícara, se registran contenidos por encima de 1,4%, por ejemplo en la zona de San Pedro próximo a la carretera Sagua-Moa. En el resto de las formaciones sedimentarias se observan contenidos de K (%) que oscilan entre 0,4-0,6% y, en ocasiones, menores.

Las zonas de afloramiento de rocas de afinidad ofiolítica poseen los menores contenidos de este elemento, por debajo de 0,4%; aunque dentro de estas secuencias se observan algunas áreas que tienen contenidos superiores al mencionado, por ejemplo: en Hato Viejo, asociado a brechas hidrotermales; en Centeno, relacionado con chert, y en las proximidades de los ríos Quesigua y Jiguaní relacionado a zonas de silicificación.

El parámetro F: K.eU/eTh se ha utilizado con el objetivo de identificar áreas de desarrollo de procesos de alteraciones hidrotermales (Fonseca y Stevanato, 1998; Lipski y Vasconcello, 1998). El mapa de dicho parámetro

(Fig. 2b) guarda una estrecha relación con el de distribución de potasio, por lo que se diferencian claramente las rocas de naturaleza volcánica. La mayoría de los máximos del parámetro F coinciden con los de K, y alcanzan los mayores valores en las localidades de Cupeyes, El Sopo, Maguey, Amansa Guapo, El Rifle, Los Calderos, Hato Viejo, y Jiguaní.

#### MAPAS DE eTh/K Y eU/K

En los mapas que se muestran en la figura 3 se observa una zona de bajos valores de eTh/K (Fig. 3a) y eU/K (Fig. 3b) lo que indica mayores contenidos de K respecto al Th y U. Dentro de ella el área más significativa está relacionada con la Fm. Santo Domingo, en las cercanías de Cupeyes y El Sopo, vinculada a un sistema de fallas de dirección NE-SW. Entre Sagua de Tánamo y Moa los mínimos se registran en formaciones volcánicas y en algunas zonas donde afloran las formaciones Mícara y La Picota. Estos mínimos siempre están controlados tectónicamente.

Los menores valores se ubican en la Fm. Sabaneta, en las localidades de La Colorada y Arroyo Blanco; en la Fm. Mícara, en Quemado del Aguacate y El Rifle; y en la Fm. Santo Domingo se ubican en las cercanías de Cupeyes y El Sopo.

#### MINERALIZACIÓN HIDROTHERMAL

En la figura 4 se muestran las zonas más probables para la localización de alteraciones hidrotermales. A los efectos de poder corroborar los resultados de la interpretación geofísica se tomaron 14 muestras para análisis químicos (2 en Los Calderos, 3 en El Rifle, 3 en Hato Viejo, 1 en El Quemado, 2 en La Yuíta y 3 en Quesigua). Estas zonas, además de ser las de mayor perspectiva para la prospección, son las de más fácil acceso. Durante los trabajos de campo se demostró que las anomalías aerogamma espectrométricas están relacionadas con la alteración de la roca caja (silicificación, carbonatización y argilitización).

En la zona comprendida entre El Rifle y Hato Viejo, vinculada al sistema de fallas NW-SE, afloran brechas mineralizadas y oxidadas. La distribución de arcillas, vetillas de calcita, óxidos de Fe-Mn, carbonatos de Cu y sulfuros son mapeables a lo largo de dicha estructura. La oxidación de esta zona es casi completa, por lo que durante el mapeo no se pudo diferenciar la mineralización hipogénica de la supergénica. La silicificación en esta zona es menor, aunque aparecen grietas rellenas de ópalo, calcedonia negra y jasperoides en menor proporción.

En las cercanías de la desembocadura del río Quesigua aparecen vetas de cuarzo lechoso de hasta 1,5 m de espesor. Estas vetas presentan dirección SW-NE y cortan rocas intensamente argilitizadas.

En la Tabla 1 aparecen los resultados de los análisis químicos y las localidades donde se tomaron las mues-

tras. Los análisis fueron realizados por Activation Laboratories Ltd. (ACTLABS, Ontario).

#### CONCLUSIONES

- Los parámetros aerogamma espectrométricos analizados: anomalías de K; bajos valores de las relaciones eTh/K y eU/K; elevados valores de la relación eU/eTh y valores anómalos del parámetro F: K.eU/eTh, permitieron localizar zonas de alteración hidrotermal en la región Sagua-Moa.
- Los mayores contenidos de K corresponden a las formaciones volcanosedimentarias (Santo Domingo, Sabaneta), y a algunas áreas de la Fm. Mícara. Las rocas del arco de islas volcánicas del Paleógeno poseen mayores contenidos de K que sus homólogas cretácicas, excepto algunas áreas donde estas últimas están afectadas por estructuras disyuntivas.
- Los contenidos de K superiores a 0,4% en algunas áreas donde ha sido descrita la Fm. Mícara están relacionados con afloramientos del basamento de dicha formación, es decir, rocas volcánicas cretácicas y zonas intensamente argilitizadas.
- En rocas de afinidad ofiolítica con manifestaciones de actividad hidrotermal se registran contenidos de K superiores a 0,4%.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por los doctores Antonio Rodríguez Vega, Roberto Díaz Martínez y Jesús Blanco Moreno, y también al máster Alberto Vila Sánchez, durante la planificación y ejecución de los trabajos de campo, así como en la revisión de dicho trabajo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ADAMOVICH A., CHEJOVICH V.: "Estructuras geológicas y minerales útiles de la región Nipe - Cristal, provincia de Oriente", ONRM, 1963.
- 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)", ONRM, 1991, p. 320.
- CHARBONNEAU, B. W., K. A. RICHARDSON AND R. L. GRASY: "Airborne Gamma-Ray spectrometry as an aid to geological mapping township 155, Elliot lake area, Ontario", Geological Survey of Canada, Paper 73-1, Part B, 1973: 39-47.
- DARNLEY, A. G.: "The development of airborne gamma-ray spectrometry: case study in technological innovation and acceptance", Nuclear Geophysics, 5(4): 377-402, 1991.
- DARNLEY, A. G. AND FORD, K. L.: Regional airborne gamma-ray surveys: a review. In: G.D. Garland (Ed.), Proceedings of Exploration '87: Third Decennial International Conference on Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Groundwater, Ontario Geological Survey, Special volume 3: 229-240, 1981.
- DÍAZ, R.: "Caracterización geológica del Placer Mejías mediante el estudio fotogeológico y la interpretación de anomalías magnéticas", revista Minería y Geología (Cuba). (14) 1: 13.14, 1997.
- FONSECA, J. F. Y R. STEVANATO: "Caracterização de domínios geofísico-geológicos aplicada ao mapeamento geológico e à exploração mineral", en Libro de resúmenes del XL Congreso Brasileño de Geología, 328 pp., Exposeo'98, Exposición brasileña de Geología, 1998.
- FORD, K. L., R. B. K SHIVES, AND B. W. CHARBONNEAU: Application of airborne gamma-ray spectrometry to geological mapping, mineral

- exploration and land-use planning. In: X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de geología económica. Simposio: Geofísica aérea y geoquímica en la prospección geológica-minera, 131-150, 1998.
- GALBRAITH, J. H. Y D. F. SAUNDERS: "Rock classification by characteristics of aerial gamma-ray measurements", *Journal of Geochemical Exploration*, 18 : 9-73, 1983.
- GRASTY, R. L., J. E. GLYNN AND J. A. GRANT: "The analysis of multichannel airborne gamma-ray spectra", *Geophysics* 50 (12): 2611-2620, 1985.
- GRASTY, R. L., ST. B. JOHN SMITH AND B. R. S. MINTY: Developments in the standardization and analysis of airborne gamma-ray data. In: A.G. Gubins (Ed.), *Geophysics and Geochemistry at the millenium, Proceedings of Exploration '97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, 725-732, 1997.
- GYARMATI, P. Y J. LEYÉ O'CONOR: "Informe final sobre los trabajos de levantamiento geológico en escala 1:50 000 y búsqueda acompañante en el polígono CAME V", Guantánamo, ONRM, 1990.
- ITURRALDE-VINENT, M. A.: Geología de las ofiolitas de Cuba. Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. IGCP project 364, Special contribution no.1: 83-120, 1996.
- KOGAN, R. M., I. M. NAZAROV AND SH. D. FRIDMAN: Gamma spectrometry of natural environments and formations, 337 pp., Trans. By Israel Program for Scientific Translations Ltd., available from the U.S. Dept. of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, Va. 22151, 1971.
- LIPSKI, M. Y E. VASCONCELLOS: "Caracterização de fácies de granito Anhangava (PR) utilizando dados aerogammaespectrométricos", en Libro de resúmenes del XL Congreso Brasileño de Geología, 383 p., Expogeo'98, Exposición brasileña de Geología, 1998.
- PROENZA, F. J.: "Mineralización de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba). Ejemplo del yacimiento Merceditas", 227 pp., Tesis Doctoral, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 1997.
- : "Al-Rich and Cr-Rich Chromites from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt: Consequence of the interaction between Volatile-Rich Melts and Peridotites in Suprasubduction Mantle", *Economic Geology*, 94: 547-566, 1998.
- QUINTAS, F.: "Análisis estratigráfico y paleogeografía del Cretácico Superior y del Paleógeno de la provincia Guantánamo y áreas cercanas", 145 pp., Tesis Doctoral, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 1989.
- RAMAYO, L.: "Estudio geoquímico de los flujos mecánicos de dispersión de la faja ofiolítica Moa-Baracoa", 32 pp., Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, 1996.
- RODRÍGUEZ, A.: "Sobre la existencia de alteraciones epitermales en el Complejo Ofiolítico Moa-Baracoa", Resúmenes del Segundo Congreso de Geología de Cuba, 1994, p. 45.
- : *Geoquímica general*, 273 pp., Ed. Félix Varela, La Habana, 1997.
- SHIVES, R. B. K., K. L. FORD AND B. W. CHARBONNEAU: Applications of gamma-ray spectrometric /VLF-EM survey-Workshop Manual, Geological Survey of Canada Open File 3061, 1995: 82 pp.
- SHIVES, R. B. K., B. W. CHARBONNEAU AND K. L. FORD: The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry - recognition of alteration related to mineralization. In: A. G. Gubins (Ed.), *Geophysics and Geochemistry at the Millenium, Proceedings of Exploration '97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, 1997: 741-752.
- TORRES, M. A., A. PENTEADO, C. R. DE SOUZA: "Identificação de áreas favoráveis a mineralizações auríferas na região de gentio do auro (BA) através da integração de dados exploratórios regionais", en Libro de resúmenes del XL Congreso Brasileño de Geología, 332 pp., Expogeo'98, Exposición brasileña de Geología, 1998.

# minería y geología

Revista científica del Instituto Superior Minero Metalúrgico  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
coauspiciada por la Universidad de Pinar del Río  
Hermanos Saíz Montes de Oca

**Dirija sus artículos a:**

**Ing. Barbara Fuentes Herrera**  
e-mail: [bfuentes@moa.minbas.cu](mailto:bfuentes@moa.minbas.cu)



**Solicitudes de suscripción, correspondencia y canje:**

**Ing. Lic. Josefa Mestre Lamoru**  
e-mail: [jmestre@moa.minbas.cu](mailto:jmestre@moa.minbas.cu)