¡EXCLUSIVO!

EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA LATERITA le ofrece la posibilidad que Ud. espera

El Centro ejecuta investigaciones y pruebas que su firma necesita en el campo de la:

Pirometalurgia: Reducción de minerales oxidados de níquel a escala de Planta Piloto en hornos "Herreshoff".

Hifrometalurgia: Lixiviación amoniacal en Planta Piloto.

Extracción por solventes: De licores ácidos de la industria del Ni + Co.

Briquetización, aglomeración y metalización: De minerales y otros productos.

El Centro ofrece consultoría especializada sobre cualquier aspecto de las tecnologías de procesamiento de minerales oxidados de níquel y cobalto.

Diríjase a:

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA LATERITA
Carretera de Punta Gorda, km 5
Moa 83320, Holguín, Cuba
Telf: 6 7179
Telex: 021-322
Fax: (337) 335 302

Vol. XIII, No. 3, 1996

GEOLOGÍA DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGIÓN ORIENTAL DE CUBA

Ing. Carlos A. Leyva Rodríguez
*Dr. Leonid V. Kulachkov**
Ing. Haymée Barrera Pérez
Ing. Jorge Luis Urra Abraira

Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico. *Instituto de Minas de San Petersburgo

RESUMEN:

Se caracterizan geológicamente los distritos cuarcíferos de la región oriental comprendidos entre los de menor grado de conocimiento geológico en el país y de una elevada complejidad. Se describen los tipos de mineralización cuarzosa filoniana para cada sector y se revelan otros minerales útiles de gran importancia económica como el talco, la roca talcosa, feldespato, cuarcitas, espato de Islandia y piedras ornamentales.

ABSTRACT:

Quartz-districts of the eastern part of Cuba, which are poorly known, are geologically characterized and the quartz-filonean mineralization in each is described. Also are revealed other minerals of economical importance such as, talc, talcose rock, feldspar, quartzite, Iceland spar and ornamental rocks.

En Cuba la prospección de cuarzo filoniano comenzó en la década anterior, encontrándose la mayor parte de las manifestaciones y yacimientos asociada a los macizos metamórficos. Las mayores reservas se localizan en la región del Escambray, representadas fundamentalmente por las variedades blanco lechoso y semitransparente. En la Isla de la Juventud existen reservas de las mismas variedades reportadas en el Escambray, pero en menor cantidad.

La región oriental fue la última reportada como perspectiva para la localización de cuarzo filoniano de alta pureza (Agueev y otros, 1987 ; Kulachkov y Leyva, 1990). Es necesario aclarar que aunque se hace referencia a la región oriental, realmente los trabajos pronóstico-mineragénicos para el cuarzo filoniano han sido desarrollados en la región más oriental de las provincias Guantánamo, Holguín y Santiago de Cuba (Figura 1). Esto obedece a las regularidades específicas de distribución de esta materia prima.

Con anterioridad se han publicado diferentes trabajos que abordan esta temática, entre los que se destacan los de Kulachkov y Leyva (1993); Leyva y otros (1993); Leyva y Kulachkov (1995).

Características geológicas de la región

El territorio más oriental de Cuba se caracteriza por su complejidad geológica, dada por la presencia de secuencias de diferentes orígenes que comprenden el desarrollo de arcos insulares, corteza oceánica, cuencas marinas y continentales. Las secuencias de los arcos insulares están representadas por vulcanitas (cretácicas y paleogénicas) de diversa composición que afloran en la Sierra del Purial, Sierra Maestra, Sierra de Yateras y Segundo Frente. Algunas de estas formaciones están metamorfizadas en la facies de los esquistos verdes y glaucofánicos.

Quintas (1989) en su tesis doctoral expone el concepto de Asociación Estructuro Formacional (AEF) y lo aplica a la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Además, propone un esquema estratigráfico integrador, estableciendo un sistema de unidades estratigráficas bien fundamentadas de acuerdo con la información existente, y determina las AEF presentes en el área. Este valioso trabajo se perfecciona a medida que se profundiza en el conocimiento geológico del territorio.

En la región más oriental de Cuba están presentes las siguientes AEF:

AEF del Paleomargen Meridional

Está representada por las formaciones Asunción (metacarbonatada) y Sierra Verde (metaterrígena), metamorfizadas en la facies de los esquistos verdes. Existen diversas opiniones acerca de la procedencia de estas secuencias, así por ejemplo Quintas (1989) la ubica en el prisma de acreción del AIV del Cretácico, mientras que Iturralde-Vinent (1993) la nombra equivalente de las secuencias del paleotalud de la plataforma de Bahamas.

AEF de Corteza Oceánica (Asociación Ofiolítica)

Se distribuye extensamente en la Sierra Nipe-Cristal donde existe un amplio desarrollo del complejo de diques paralelos, y en las montañas Moa-Baracoa donde predomina el complejo cumulativo.

AEF del AIV del Cretácico

- Sub AEF del basamento: el basamento oceánico está constituido por ofiolitas metamorfizadas correspondientes a las metamorfitas Macambo, Güira de Jauco, la melange La Corea y parte de la megabrecha del arroyo Caletica, cerca de la punta de Maisí.
- Sub AEF efusiva sedimentaria: constituida por las metavulcanitas del grupo Sierra del Purial y otras formaciones vulcanógenas sedimentarias (Ténerne, Turquino y Santo Domingo).

AEF de las Cuencas Superpuestas de Primera Generación

Comprende las formaciones La Picota, Mícara y Gran Tierra las que pueden estar muy deformadas localmente y formar algunas melanges.

AEF del AIV del Paleógeno

La formación Sabaneta y el grupo El Cobre, de composición predominantemente andesítica y riolítica, son representativas de esta AEF en el área.

AEF de las Cuencas Superpuestas de Segunda Generación

Se incluyen dentro de éstas a las formaciones Charco Redondo (Puerto Boniato), San Ignacio, San Luis, Sabanalamar, Camarones, Maquey, Capiro, Sagua de Tánamo y Cabacú.

AEF del Estadio Neoplatafórmico

Está representada por las formaciones Majimiana y Punta de Maisí, entre otras.

Distrito cuarcífero Macambo

Este distrito se encuentra situado en la porción sur occidental del macizo montañoso Sierra del Purial, en la Sierra del Convento y comprende parte de los municipios de Imías y, además, San Antonio del Sur en la provincia Guantánamo (Figura 1).

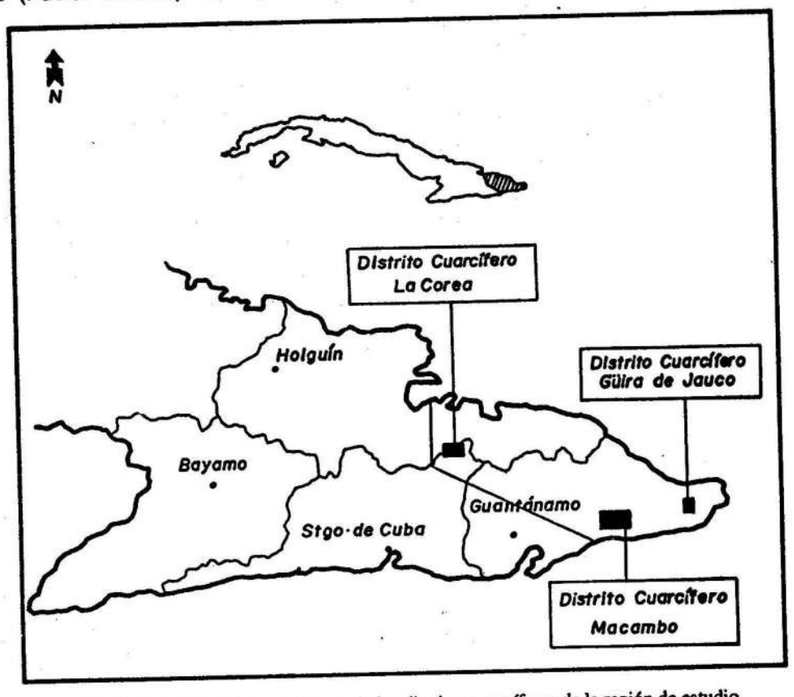

FIGURA 1. Ubicación geográfica de los distritos cuarcíferos de la región de estudio.

Geología

Las características geológicas del distrito cuarcífero Macambo son complejas, pues en él se encuentran diferentes litologías con relaciones tectónicas y distribución heterogénea. En esta área se desarrolla la melange Sierra del Convento (ofiolítica) representada por ultramafitas en mayor o menor grado serpentinizadas, peridotitas, metamorfitas Macambo, el grupo Sierra del Purial (Hernández 1995) y rocas marinas sedimentarias postpaleogénicas.

Como base para la ejecución del trabajo se utilizó el mapa geológico de A. Nicolaev y otros (1981), completado posteriormente por los autores con los trabajos de campo, particularmente en las localidades de El Palenque y Sabanalamar (Figura 2).

En el distrito se encuentran las siguientes litologías:

Metamorfitas Macambo: se localizan al suroeste de la Sierra del Purial, en las localidades Macambo y San Antonio del Sur. Según trabajos realizados por Kulachkov y Leyva (1990) las metamorfitas Macambo se disponen en áreas periféricas alrededor de las serpentinitas, ubicándose hipsométricamente en un nivel inferior. Hay que destacar que estas metamorfitas tienen un desarrollo mucho más amplio de lo que se conocía hasta ese momento. Se distribuyen en cuatro campos aislados :

- Cuenca del río Sabanalamar (cerca de 1,7 km^2).
- Alrededor del pueblo El Palenque (7 km^2).
- Al sur de la localidad Paso de Yeguas (2 km^2).
- Cerca del pueblo Posango (1,3 km^2).

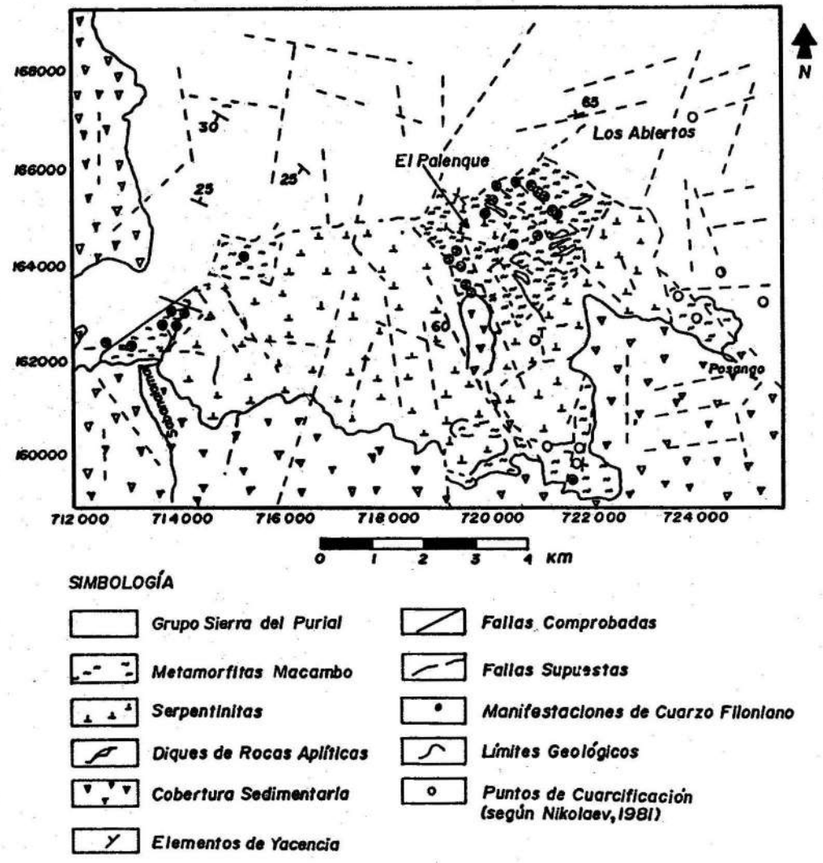

FIGURA 2. Mapa geológico esquemático del distrito cuarcífero Macambo (tomado de Kulachkov y Leyva, 1990).

Estas rocas están compuestas principalmente por anfibolitas, presentan además eclogitas, esquistos glaucofánicos, filones de cuarzo y otras rocas de apariencia granítica. Fueron descritas por Millán (1992) como "bloques de metamorfitas de alta presión cementadas por una serpentinita cizallada, cuyo conjunto aparece incluido dentro de un cuerpo de serpentinita". Se destacan, según este mismo autor, anfibolitas melanocráticas con clinozoisitas, mica blanca y granate, que conservan restos de estructuras magmáticas y de grandes cristales de piroxeno, a veces aparecen cortadas por metagranitoides zoisíticos; también afloran rocas zoisíticas, clinopiroxeno-zoisíticas y bandeadas, esquistos glaucofánicos, esquistos jadeíticos, rocas eclogíticas, metasilicitas granatíferas, hornblenditas densas y antigoritas.

Las anfibolitas presentan estructuras y texturas foliadas, de color gris a negro, granudas y en ocasiones de granos pequeños. Presentan anfíbol horblenda (en ocasiones sustituido por glaucofana), minerales del grupo de la epidota (zoisita y clinozoisita), cuarzo, mica moscovita, plagioclasa, albita y a veces granate almandino. La textura es nematoblástica, en ocasiones porfiroblástica. Como minerales accesorios presentan ilmenita, esfena y leucoxeno (Hernández y Canedo, 1995).

Según Somin y Millán (1981) todas las rocas sufrieron un polimetamorfismo de tres facies con una disminución gradual de la temperatura:

1. Facies eclogítica (facies mineral anfíbol-zoisita-eclogítica).
2. Facies epidoto-anfibolítica, en general se caracteriza por la sustitución clinopiroxeno (primario)-hornblenda, desarrollo de mica blanca, clinozoisita o clinozoisita-epidota, albita.
3. Facies de esquistos glaucofánicos, con la sustitución hornblenda-glaucofana y granate-glaucofana, formación de clorita y psilomelano.

Los diagramas AFM unidos a la composición petrográfica, quimismo y posición estructural, indican que dichas rocas son equivalentes metamorfizados de parte del corte típico de las rocas de la asociación

ofiolítica (Hernández, 1992), ubicándose en el campo de las vulcanitas básicas de composición toleítica (Campos y Hernández, 1987) y acercándose al campo de los cúmulos máficos (Hernández, 1995).

Ultramafitas: de colores verde oscuro y gris, a veces algo azuladas, la estructura es variable, desde masiva hasta brechosa y esquistosa. En secciones delgadas se han determinado minerales del grupo de la serpentina (antigorita y crisotilo); en ocasiones se encuentran talcitizadas. Como minerales accesorios se observan menas metálicas (pirita y magnetita) y esfena. Prácticamente en estas rocas hay ausencia de minerales relícticos, lo que dificulta establecer su pertenencia a una de las variedades de ultramafitas, están generalmente muy tectonizadas (Hernández y Canedo, 1995). También afloran en la melange serpentinítica peridotitas, aunque muy escasas, representadas por minerales del grupo de la serpentina, aislados clinopiroxenos comúnmente anfibolitizados y ortopiroxenos totalmente bastitizados.

Grupo Sierra del Purial: aflora en la parte norte del distrito y cubre tectónicamente a las rocas de la Fm. Macambo; está compuesto por secuencias de rocas vulcanógenas sedimentarias generalmente metamorfizadas en la facies de los esquistos verdes, llegando hasta esquistos glaucofánicos, localmente pueden presentarse no metamorfizadas. La estructura interna de este grupo es bastante compleja, su variada litología esta representada por rocas volcánicas de composición basáltica, andesítica hasta riolítica. También existen algunas capas de mármol con espesores de hasta 50 m.

En la zona del Palenque son muy abundantes los cuerpos filonianos cuarzo-feldespáticos aplíticos (Kulachkov y Leyva 1990) de granulometría media a fina que llegan a alcanzar hasta 60 m de potencia (Foto 1). La génesis magmática de estos cuerpos se explica a través de sus afloramientos, donde es posible observar que las rocas cuarzo-feldespáticas forman una matriz alrededor de los bloques angulosos de anfibolitas (Foto 2).

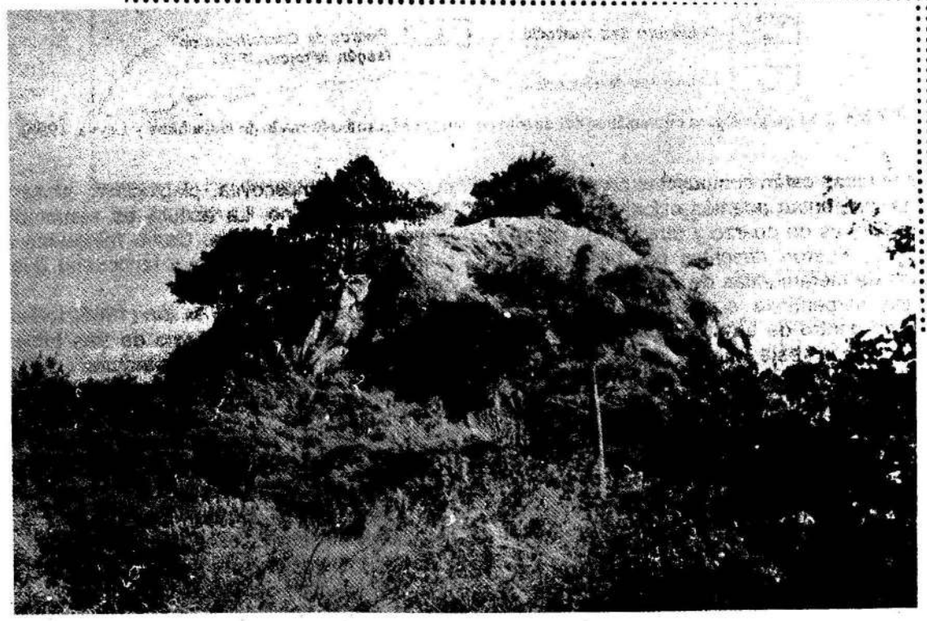

FOTO 1. Afloramiento de rocas cuarzo-feldespáticas aplíticas. Distrito cuarcífero Macambo.

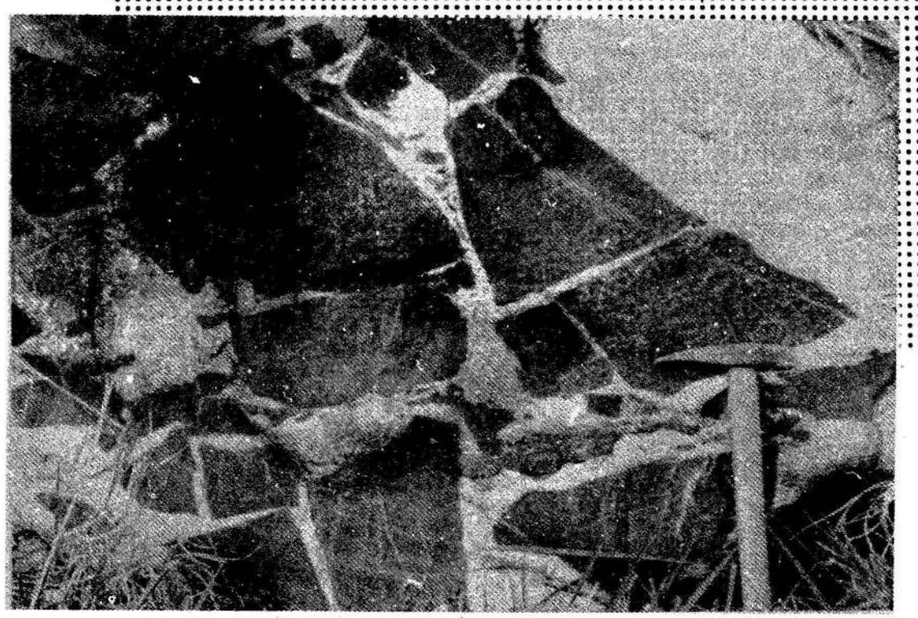

FOTO 2. Bloques de anfibolitas cementadas por sustancia cuarzo-feldespática. Distrito cuarcífero Macambo.

Las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas son de estructura micropegmatítica y textura masiva con poca esquistosidad. Mineralógicamente están compuestas por plagioclasa (30-40 %), feldespato potásico (20-30 %), cuarzo (25-35 %) y mica blanca (3-5 %). Se caracterizan por una alta concentración de sílice y poco contenido de elementos máficos (Kulachkov y Leyva, 1990). No se encontró abundancia de elementos raros, dispersos y radioactivos en ellas.

Atendiendo a la composición mineralógica y a las propiedades texturo-estructurales, las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas y los esquistos cristalinos cuarzo feldespáticos son rocas muy semejantes, lo que hace difícil su clasificación en el campo; ésta pudiera ser la causa de que aparezcan sobredimensionadas las áreas de distribución de las rocas magmáticas en la zona, según los mapas geológicos de Cuba a escalas 1: 500 000 (1985) y 1:250 000 (1988).

También pertenecen a las formaciones postmagmáticas de este distrito las vetas de cuarzo "calcedoniforme", que cortan tanto a las anfibolitas como a las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas; la zona de hematización y cuarcificación dentro de los esquistos verdes del grupo Sierra del Purial; las vetas de composición calcito-cuarzosas en las rocas anteriormente mencionadas y las manifestaciones de la mineralización talcosa en serpentinitas.

Manifestaciones de la mineralizacion cuarzosa filoniana

En el distrito Macambo fueron localizadas numerosas manifestaciones de materia prima cuarzosa filoniana (ver Figura 2), tanto *in situ* como en bloques eluvio-deluviales. De acuerdo con sus particularidades geológicas estas manifestaciones se pueden clasificar en dos grupos:

1. Vetas cuarzosas concordantes en las metamorfitas Macambo.
2. Nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas.

Las vetas cuarzosas concordantes constituyen el grupo más desarrollado en el distrito y a la vez el de mayor importancia, formado por cuarzo prácti-

camente monomineral que de acuerdo con sus características se agrupa en tres variedades: cuarzo blanco lechoso, cuarzo transparente y semitransparente, y cuarzo granular.

- Cuarzo blanco lechoso: los cuerpos de cuarzo de este tipo aparecen tanto *in situ* como en forma de bloques eluviales y deluviales. Generalmente varía de grano gigante (100 mm) a grueso (20-100 mm), vinculado estrechamente con fallas. La potencia vertical de algunas vetas puede llegar hasta 150 m y los cuerpos pueden alcanzar hasta 3 m de espesor. Las manifestaciones llegan a alcanzar en algunas ocasiones hasta 200 m de longitud. La forma de los cuerpos no siempre puede ser precisada, presentándose tanto en forma de vetas como de morfología muy compleja especialmente en las zonas donde el metamorfismo es más intenso. Como rocas encajantes se encuentran anfibolitas, esquistos cristalinos y glaucofánicos. El cuarzo transiciona generalmente a granulado, raramente tiene inclusiones de minerales visibles, pero cerca del contacto, en las grietas paralelas a él, se desarrollan cristales de mica clara de grano fino o de moscovita de hasta 3 cm de diámetro. En dos manifestaciones se observa cristal de roca vinculado con el cuarzo blanco lechoso. ver Foto 3.

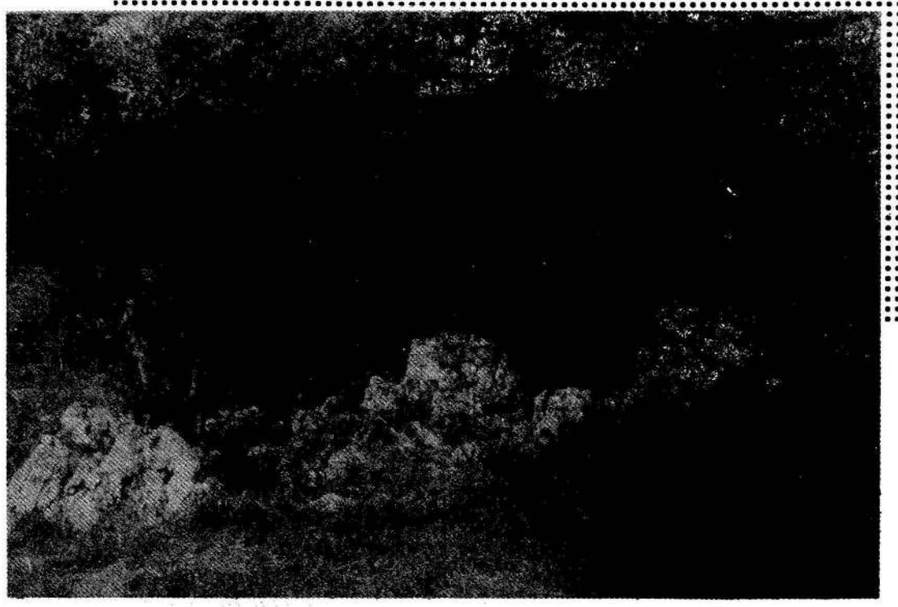

FOTO 3. Afloramiento de cuarzo filoniano. Distrito cuarcífero Macambo.

- Cuarzo semitransparente: generalmente es de grano grueso a medio, con diferentes grados de transparencia desde propiamente transparente hasta especies prácticamente no transparentes; la coloración comúnmente es gris a gris claro. Las rocas encajantes están representadas por anfibolitas, anfibolitas granatíferas, esquistos glaucofánicos y esquistos cuarzo-feldespáticos. El espesor de las vetas de cuarzo alcanza hasta 3 m, observándose, además, el desarrollo de mica clara de grano fino en las zonas de contacto de las vetas. Los cuerpos tienen forma de vetas con límites sinuosos. En las especies menos transparentes existen grietas antiguas rellenas de cuarzo con abundantes inclusiones gaso-

líquidas. El brillo de este cuarzo es graso, lo que evidencia sus alteraciones metamórficas (Korago y Kazlov, 1988).

Cuarzo granular: se encuentra en forma de vetas con espesores variables. Las rocas encajantes son esquistos cuarzo-feldespáticos y glaucofánicos. Generalmente es de grano medio (2-20 mm) a fino (0,1-2,0 mm), incoloro, de transparente a semitransparente, en ocasiones blanco, transformándose en algunos puntos a partir de cuarzo blanco lechoso es por eso que consideramos que por lo menos una parte del cuarzo granulado se formó durante el dinamo-metamorfismo de otras variedades de cuarzo (blanco lechoso o semitransparente).

Los nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas(*) se encuentran directamente relacionados con el cuarzo del grupo anterior. Según Leyva y Kulachkov (1995), en el campo cuarcífero Sabanalamar se reportaron acumulaciones eluviales-deluviales con cristal de roca, en asociación con fragmentos de cuarzo blanco y esquistos cuarzo feldespáticos.

Otros tipos de mineralización cuarzosa presentes en el área lo constituyen las vetas cortantes de cuarzo "calcedoniformes", las grietas mineralizadas y los cuerpos cuarzo-feldespáticos.

Las vetas cortantes de cuarzo "calcedoniforme" (de espesor de 0,3 a 0,1 m) cortan tanto a las anfibolitas como a las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas; también se localizaron fragmentos de este tipo de cuarzo en bloques deluviales. El mismo contiene inclusiones de pirita de grano grueso sustituido por hematita y pequeños nidos (de menos de 5 cm) de cristal de roca de grano fino (hasta 0,5 cm de longitud). Es evidente por la composición, la posición cortante y la presencia de los nidos la génesis hidrotermal postmagmática de estas vetas.

Las grietas mineralizadas con cristales de cuarzo se ubican en rocas cuarzo-feldespáticas aplíticas, anfibolitas y esquistos glaucofánicos, su espesor puede llegar hasta 5 cm, habitualmente es de 2 a 3 cm. El cuarzo que rellena estas grietas es transparente o semitransparente, incoloro, en ocasiones con ausencia de caras cristalográficas.

Los cuerpos cuarzo-feldespáticos concordantes en las metamorfitas Macambo, se caracterizan por su yacencia concordante en las anfibolitas. Las potencias de las manifestaciones no son grandes, por lo que tienen poca importancia práctica.

Durante los trabajos de campo también se localizaron algunas variedades exóticas de cuarzo, entre ellas bloques de cuarzo filoniano negro, masivo y fragmentos de calcedonia de color gris.

Manifestaciones de otros minerales útiles

Vetas calcito-cuarzosas: se localizan en algunos puntos de la zona de desarrollo de los esquistos verdes del grupo Sierra del Purial (cerca del contacto con las rocas de la Fm. Macambo). Su potencia puede alcanzar los 8 m. La roca es masiva, de grano grueso, con una textura jaspeada, compuesta por un 40 % de calcita no transparente de color blanco y 60 % de cuarzo blanco. Según Kulachkov y Leyva (1990) estas vetas pudieran poseer mineralización aurífera.

Talco y rocas talcosas: se localizaron en esquistos talcosos y esquistos clorítico-talcosos. Estas rocas son descritas por Kulachkov y Leyva (1990) y Ponciano (1991), quienes se refieren a su posible utilización como materia prima en la farmacología y la perfumería, en la fabricación de electrodos y como materia prima de colección, especialmente para el caso del talco cristalino.

Mármoles: existen espesores considerables en algunas zonas, su principal limitante está relacionada con su elevado grado de agrietamiento, por lo que se hace necesaria una valoración detallada de su potencialidad.

Serpentinitas con zonas de asbesto: están ampliamente distribuidas en el territorio, especialmente cerca de la localidad de Posanco.

Rocas tipo jaspe: pueden ser utilizadas como piedra semipreciosa o de artesanía. Sus excelentes propiedades decorativas fueron comprobadas en investigaciones realizadas, su perspectiva está limitada por el agrietamiento abundante y la poca cuantía de los recursos.

Rocas cuarzo-feldespáticas aplíticas: fueron sometidas a pruebas tecnológicas en la planta de cerámica blanca de Holguín obteniéndose resultados satisfactorios, también pudieran evaluarse para la industria del vidrio. Es significativo destacar los volúmenes enormes de algunos cuerpos de estas rocas (ver Foto 1).

Micas: están asociadas a zonas tectónicas y afectadas por procesos metasomáticos-hidrotermales de alta temperatura (Duran, 1993). Los cuerpos con mineralización micácea se presentan muy irregulares.

Distrito cuarcífero Güira de Jauco

Este distrito está ubicado en el extremo oriental de la provincia de Guantánamo, en el municipio Maisí. Hacia el oeste limita con la gran falla submeridional Yumurí-Jauco.

La geología de esta región ha sido descrita por diferentes autores, entre los que se destacan, Cobiella y otros (1984); Hernández (1987 a, b) ; Hernández (1992); Somin y Millán (1981, 1985); Quintas (1989) ; Millán (1992). La presencia de cuarzo fue revelada por primera vez en el mapa de A. Nicolaev y otros (1981), en el que están representados una serie de puntos con testigos de cuarcificación.

Geología

En este distrito existe un amplio desarrollo de las rocas metamórficas de diferentes facies de metamorfismo: Fm. Güira de Jauco, Fm. Sierra Verde, Fm. Asunción, y el grupo Sierra del Purial; también están presentes rocas serpentiníticas y rocas sedimentarias más jóvenes (Fm. Cabo Cruz) ver Figura 3.

* Este grupo aparece ampliamente descrito en un artículo publicado en el no. 2 de 1995.

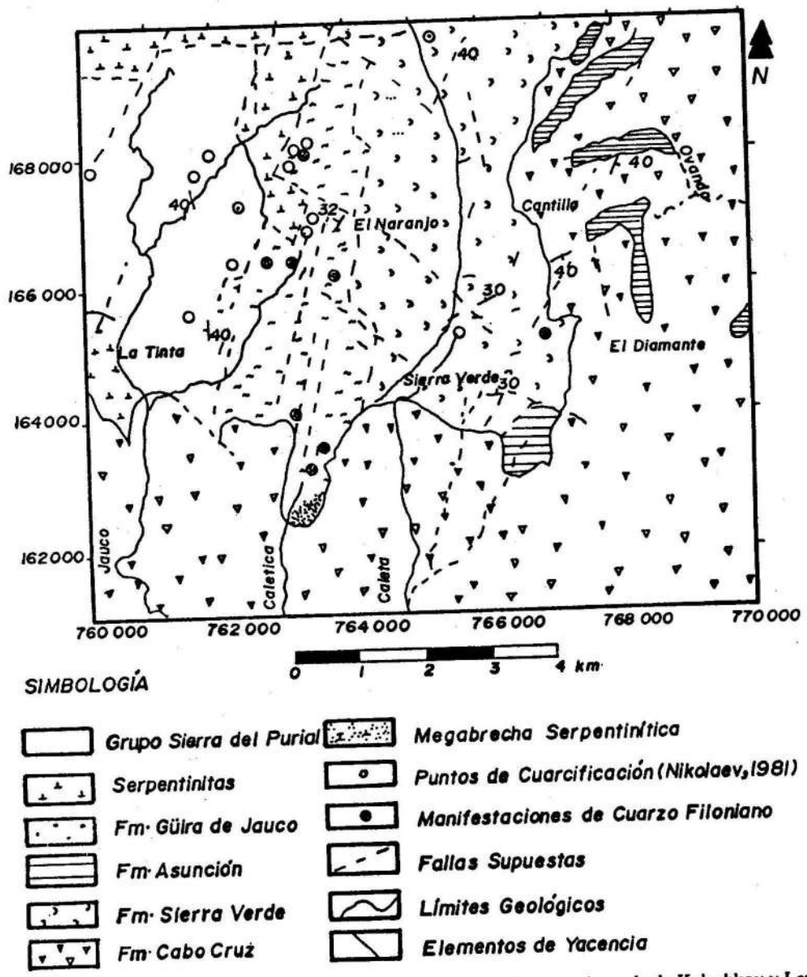

FIGURA 3. Mapa geológico esquemático del distrito cuarcífero Güira de Jaruco (tomado de Kulachkov y Leyva, 1990).

La Fm. Güira de Jauco aflora en las localidades La Tinta, Los Tibes y el Naranjo, en la porción suroriental de la Sierra del Purial, ocupando un área de 10 a 12 km^2, se distribuye en forma de dos cuerpos alargados con dirección meridional, uno en la cuenca del río Jauco y el otro, de menores dimensiones, en la cuenca del arroyo Manuel Ortíz. La misma contacta, tectónicamente, con las formaciones Sierra Verde, Sierra del Purial y con las serpentinitas, además, discordantemente, con las formaciones Imías y Punta de Maisí.

Las anfibolitas presentes en esta formación se caracterizan por una textura bandeada (o gnéisica). Están constituidas por hornblenda verde, plagioclasa (con una amplia variación en su composición, desde la serie albita-oligoclasa, raras veces andesina), cuarzo y en ocasiones feldespatos potásicos generalmente alterados (Hernández, 1987). Se destaca su enriquecimiento en minerales de titanio específicamente de ilmenita, esfena y leucoxeno.

Es característico dentro de las anfibolitas el desarrollo de migmatización con sustancia cuarzo-feldespática (Foto 4), además la presencia de cuerpos pegmatoides cuarzo-feldespáticos o moscovito-cuarzo feldespáticos. Las anfibolitas en ocasiones son granatíferas.

Por el método Pb-Pb se obtuvo un fechado menor o igual a cien millones de años en una variedad metagabróidica (Millán, 1992). El protolito de esta roca se corresponde con representantes del complejo ofiolítico (Hernández, 1987 b) abarcando los campos de los complejos basáltico, diabásico y graboide (Campos y Hernández 1987) y distribuyéndose, fundamentalmente, en el campo de los basaltos de la serie toleítica y en menor grado en el de los basaltos de la serie calcoalcalina.

Estas anfibolitas tienen un menor contenido de FeO y TiO_2 que las anfibolitas de Macambo (Hernández 1987 b, 1992) y un mayor contenido de SiO_2, lo que indica la naturaleza más básica de las anfibolitas de Macambo.

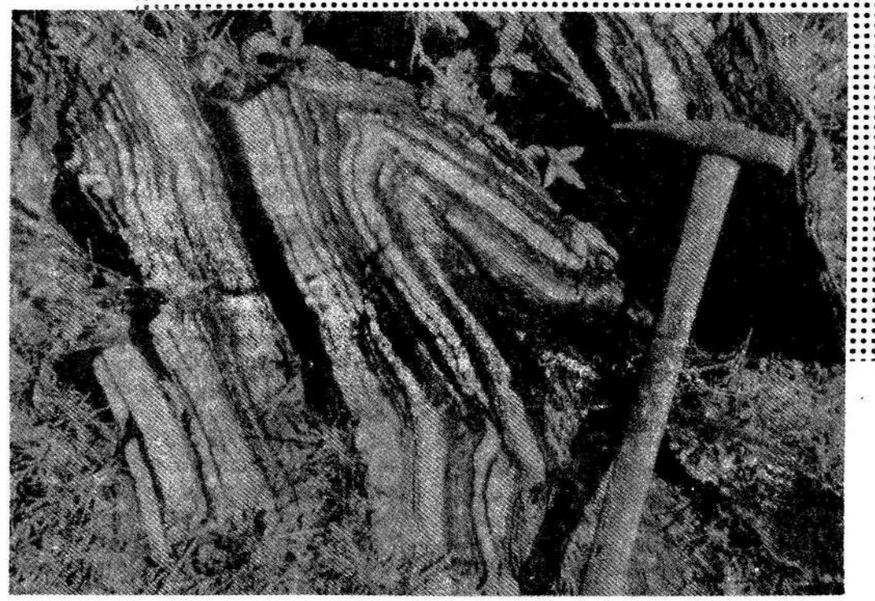

FOTO 4. Anfibolitas migmatizadas pertenecientes a la formación Güira de Jauco.

La Fm. Sierra Verde contacta tectónicamente con la Fm. Güira de Jauco. Se caracteriza por la presencia de rocas terrígenas débilmente metamorfizadas, lo que se evidencia por la presencia de minerales de composición sericítico-arcillosos, pequeños clastos relícticos de cuarzo y, en raras ocasiones, de circón y turmalina como accesorios (Hernández, 1987 a). Según Millán (1992) se trata de una sucesión de filitas lustrosas y metapsamitas finas, ricas en material grafítico, con intercalaciones de metavulcanitas básicas (principalmente basaltos), calizas cristalinas grises y de metasilicitas radiolaríticas. Según este mismo autor, el protolito de estas rocas es de edad Thitoniano-Cretácico Inferior, y debe sobreyacer estratigráficamente a la Fm. Asunción. Las asociaciones minerales determinadas en estas rocas permiten, agruparlas en la facies de los esquistos verdes, pero en los límites de temperatura más bajos de ésta (Hernández, 1987 a).

La Fm. Asunción se localiza en el extremo este del distrito cuarcífero Güira de Jauco. Está constituida por una sucesión de mármoles esquistosos bien estratificadas, de color gris oscuro, con intercalaciones de paquetes de mármoles de colores claros (cremosos y rosáceos). Los de colores oscuros a veces son ricos en materia carbonosa y pueden ser fétidos o bituminosas. Según Millán (1992) la edad probable de esta formación es Jurásico Superior para su protolito. Las asociaciones minerales principales evidencian la facies de los esquistos verdes, en especial la zona de la clorita (en los límites de temperatura más bajos).

El grupo Sierra del Purial contacta tectónicamente con la formación Güira de Jauco y se localiza en la parte occidental del distrito. Las características de este grupo fueron descritas en el Distrito Cuarcífero Macambo. La actividad postmagmática en el distrito cuarcífero está reflejada en forma de vetas y vetillas cuarzo-sulfurosas cortantes, las mismas se encuentran frecuentemente en las zonas de trituración (de 1 a 2 m de potencia) dentro de las rocas metamórficas, y se acompañan de piritización diseminada y vetilloso-diseminada en las rocas encajantes.

Otras formas de actividad hidrotermal son la presencia de vetas calcíticas con potencias de hasta 1 m y zonas de brechamiento con matriz calcítica en rocas carbonatadas-calcíticas.

Manifestaciones de la mineralización cuarzosa filoniana

En este distrito las manifestaciones de la mineralización cuarzosa filoniana pertenecen al grupo de cuerpos concordantes de cuarzo en las anfibolitas de la formación Güira de Jauco. El cuarzo filoniano se caracteriza por una alta pureza y se encuentra en forma de vetas concordantes en las anfibolitas de la Fm. Güira de Jauco. Una veta típica de este cuarzo aflora a ambos lados del arroyo Los Tibes, donde contiene restos de anfibolitas en forma de placas finas con esquistosidad y dirección concordantes con las rocas encajantes. El cuarzo presente es blanco lechoso, macroscópicamente monomineral, con diámetro de los granos de 2 a 4 mm. Los análisis químicos demuestran la alta pureza de este cuarzo (Tabla 1).

Otros tipos de mineralización cuarzosa ubicadas en el distrito están representadas por vetas cortantes de cuarzo y rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas.

Las vetas cortantes de cuarzo se ubican en bloques de rocas moscovito-feldespáticas pegmatíticas como fragmentos de vetas de poco espesor (hasta 30 cm) de cuarzo de grano fino, prácticamente no metamorfizado y poco agrietado. Este cuarzo tiene un aspecto "calcedoniforme" muy similar al descrito en el distrito cuarcífero Macambo. Su contacto con la pegmatita tiene un carácter cortante y probablemente constituye una formación hidrotermal más tardía. Por sus pequeñas dimensiones estas vetas no son de interés industrial.

Las rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas se localizan en las anfibolitas de la Fm. Güira de Jauco. Dentro de los rasgos más comunes de localización de estos cuerpos es necesario señalar, su yacencia concordante, su orientación submeridional con buzamiento suave (10 a 15 grados) y su espesor (entre 0,3 y 3 m). Los cuerpos tienen forma de lentes y de vetas lentiformes, de composición cuarzo-albítica, a veces sólo de feldespatos, de granos medios a grandes. El cuarzo presente es de color gris, con granos de diámetro de hasta 2 cm. En estas rocas no se encontraron concentraciones de cuarzo de interés industrial. Las impurezas están representadas por anfíbol, clorita, talco y moscovita en forma de cristales muy deformados con diámetros de hasta 35 mm y de pequeña longitud. Algunos de estos cuerpos han sido descritos anteriormente (Coutin y Vento, 1976) con énfasis en la posibilidad de su utilización como fuente de moscovita. En nuestra opinión existen pocas perspectivas de utilización de este recurso, debido a su poco volumen, pequeño tamaño de los cristales y a su deformación producto de los movimientos tectónicos. La utilización para otras ramas de la industria está limitada por la poca cuantía de los recursos.

Manifestaciones de otros minerales útiles

Calcita de granos gigantes con fragmentos transparentes: tienen perspectivas para ser utilizadas en la industria óptica (Kulachkov y Leyva, 1990).

Onice de mármol: asociado a las vetas calcíticas, con excelentes propiedades para la industria artesanal.

Mineralización veteada-diseminada de sulfuros (pirita): se vincula, probablemente, con las zonas cortantes de trituración tectónica y vetillas cuarzosas observadas en ocasiones en las anfibolitas.

Mármoles: pertenecientes a la formación Asunción, a pesar de estar en su mayor parte muy tectonizados, consideramos necesaria una valoración más detallada en algunos sectores.

Esquistos talcosos: pueden ser evaluados para materia prima talcosa.

Distrito cuarcífero la Corea

Este distrito se encuentra en el flanco sur de la Sierra Cristal, cerca de los límites de las provincias de Holguín y Santiago de Cuba, al noroeste de Mayarí Arriba y posee un área de aproximadamente 50 km^2 (ver Figura 1).

Geología

Las variedades litológicas predominantes en la megabrecha de La Corea, según Quintas y otros (1987), son cuarcitas y cuarcitas micáceas, esquistos glaucofánicos, esquistos moscovíticos y moscovítico-cuarzosos, esquistos grafítico-moscovíticos, anfibolitas gneísicas, gneis cuarzo-albito-moscovítico, serpentinitas, gabros y diabasas, ver Figura 4.

Incluidas dentro de las metamorfitas de La Corea, afloran rocas de diferentes grado de metamorfismo, composición mineralógica y origen. Los bloques muchas veces aparecen aislados y gran parte de ellos son representativos de un solo tipo de roca metamórfica. El conjunto de bloques está incluido como una megabrecha tectónica dentro de la melange ofiolítica, pero ocupa una posición estratigráfica más o menos definida, cercana a la base del manto ofiolítico.

Las anfibolitas presentan una textura predominantemente esquistosa, aunque existen variedades gnéisicas. La estructura es algo variada, predominando la cristaloblástica y la nematoporfidoblástica (Quintas, 1989). De acuerdo con su composición las anfibolitas se pueden clasificar en: anfibolitas de horblendas y plagioclasas; anfibolitas granatíferas; anfibolitas con plagioclasas, actinolita y hornblenda; anfibolitas compuestas por plagioclasa, hornblenda, mica, epidota y como mineral accesorio la esfena; anfibolitas con hornblenda, talco, clorita, cuarzo y esfena. En diferentes afloramientos el conjunto está atravesado por numerosas vetas de cuarzo de diversos espesores.

Según Quintas (1987) las características geológicas de estas secuencias son típicas de la zona de contacto entre las regiones oceánicas y continentales, considerando posible que el metamorfismo regional de estas secuencias pueda estar relacionado con una zona de subducción. Por su parte Millán (1992) tiene en cuenta que el protolito de estas anfibolitas parece ser la sección superior de una asociación ofiolítica.

De acuerdo con las asociaciones mineralógicas presentes en los bloques de metamorfitas, éstas están constituidas por rocas metamórficas de diferentes facies, predominando las correspondientes a la facies epidoto-anfibolítica, aunque también están presentes las facies de esquistos verdes, anfibolítica y de esquistos glaucofánicos (Quintas y otros, 1987).

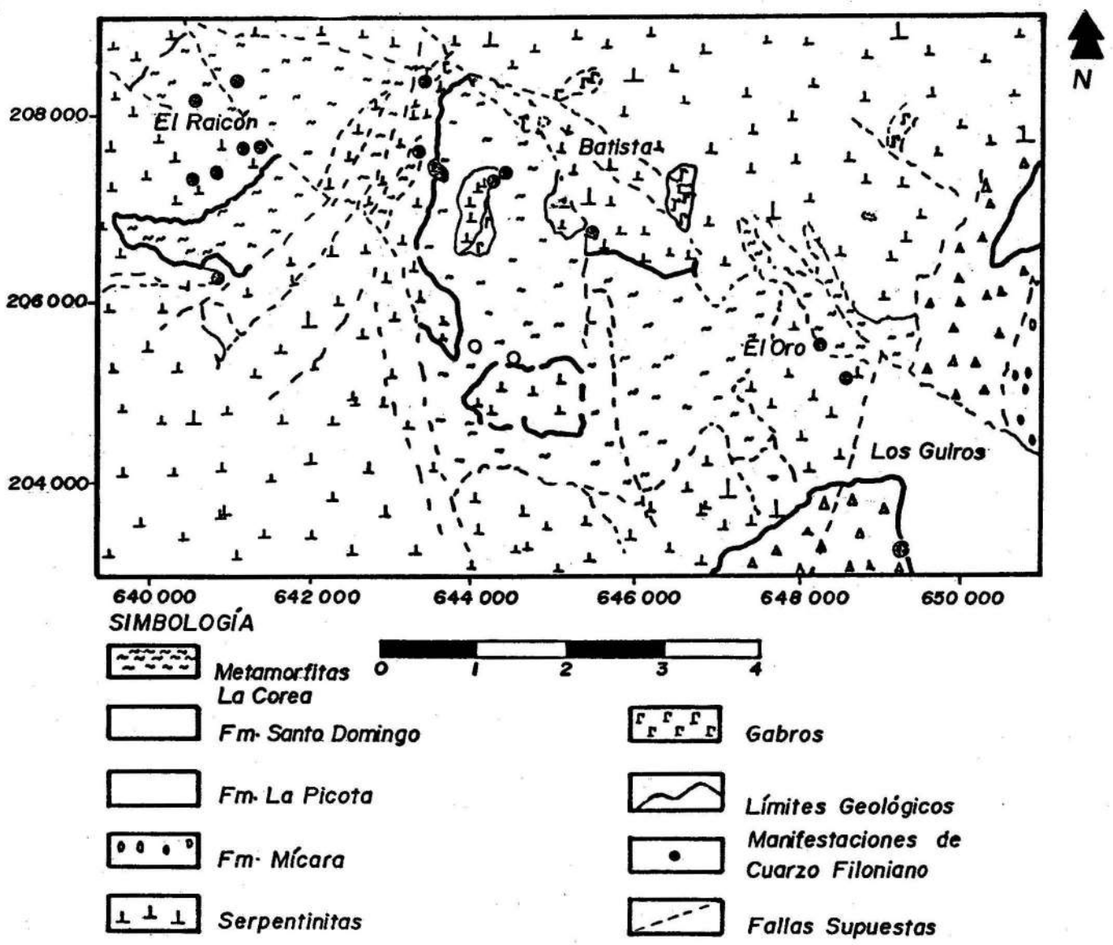

FIGURA 4. Mapa geológico esquemático del distrito cuarcífero La Corea (tomado de F. Quintas, 1987).

En La Corea se reportan por V. Svoboda (1963) bloques de pegmatitas graníticas, describiendo nueve cuerpos de estas rocas y señalando su importancia como materia prima cerámica, como fuente de mica, e incluso, la presencia de cuarzo hialino dentro de las pegmatitas.

En esta área están presentes también las siguientes unidades:

Fm. Santo Domingo: aflora hacia el sureste, está compuesta esencialmente por tobas de composición básica, color pardo, muy agrietadas, sólo en ocasiones es visible la estratificación. El grado de deformación aumenta hacia el norte. Las tobas van desde psamíticas hasta aleurolíticas. Las variedades principales son las tobas litoclásticas y las tobas vitroclásticas. Según F. Quintas (1987) es posible que algunas rocas tobáceas, incluidas en la melange de La Corea, sean bloques de esta formación.

Fm. Mícara: compuesta por areniscas bien estratificadas de granos medios a finos, a veces muy arcillosas y calcáreas, además de clastos de vulcanitas básicas (Quintas y otros, 1987). También están presentes facies terrígenas y terrígeno-carbonatadas de edad Maestrichtiano a Daniano. La secuencia inferior es de tipo molásico y la superior de tipo flysch.

Fm. La Picota: se propaga hacia el sureste y constituye la base de la melange ofiolítica. Se compone de olistrostromas de serpentinitas, gabros, diabasas y en menor cantidad calizas cristalinas. La matriz es muy variable, así como, el material cementante. Los cantos, generalmente angulosos y los minerales, están poco alterados, lo que evidencia una fuente cercana y una sedimentación rápida. Se estima que se acumuló a finales del Cretácico e incluso en el Paleoceno Inicial, asociándose con el emplazamiento de las ofiolitas, pues éstas constituyen su principal fuente de suministro (Quintas, 1989).

Ofiolitas: constituyen una secuencia muy deformada compuesta por diversos tipos de serpentinitas, gabros y diabasas. Según Quintas y otros (1987) es posible que algunos bloques que componen la brecha de La Corea formen parte de este conjunto, especial-

mente los esquistos talcosos actinolíticos, algunas anfibolitas y esquistos glaucofánicos.

También están presentes variedades de serpentinitas, entre éstas, harzburgitas y dunitas serpentinizadas, siendo frecuente la presencia de minerales metálicos diseminados. Asociadas a las serpentinitas aparecen tanto rocas básicas (diabasas, basaltos y gabros) como rocas metamórficas (anfibolitas, gneiss y cuarcitas).

Manifestaciones de la mineralización cuarzosa filoniana

Se localizaron manifestaciones de cuarzo filoniano que de acuerdo a sus particularidades geológicas se clasifican en tres grupos:

1. Vetas concordantes de cuarzo en las metamorfitas La Corea.
2. Núcleos de cuarzo en las rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas.
3. Nidos de cristal de roca en vetas de cuarzo.

En general, las manifestaciones de vetas concordantes de cuarzo se presentan en forma de cuerpos fragmentados de dimensiones variables, y tienen una orientación preferencial SO-NE. Se han reportado los tres tipos industriales de la mineralización cuarzosa que son blanco lechoso, semitransparente y granular, aunque es de destacar el predominio del cuarzo blanco lechoso de grano grueso.

- Cuarzo blanco-lechoso: es el desarrollado más ampliamente en el área estudiada, posee alto grado de turbidez, lo que está determinado por su intenso agrietamiento y por la gran cantidad de inclusiones gaso-líquidas. Este tipo de cuarzo filoniano se caracteriza por presentar granos gruesos, en ocasiones granos gigantes. Según los análisis químicos de seis muestras, posee un contenido de SiO promedio de 99,86 %, lo que demuestra su alta pureza.
- Cuarzo semitransparente: se encuentra formando pequeñas manifestaciones, es de textura masiva y los granos varían desde medios hasta gruesos, predominando los últimos. El cuarzo filoniano en una misma veta varía desde una alta hasta una baja transparencia (aparecen especies prácticamente no transparentes). El contenido promedio de SiO en seis muestras es de 99,73 %.
- Cuarzo granular: generalmente se presenta de grano fino (1-2 mm) a medio (2-5 mm), pero la mayor perspectiva en el mismo está relacionada con los núcleos de cuarzo en las pegmatitas.

Los núcleos de cuarzo en las rocas pegmatíticas poseen diámetros de uno a dos metros, y en los mismos se observan contactos bien definidos entre el cuarzo filoniano y las pegmatitas. Durante los trabajos de campo se pudo comprobar la existencia de cuerpos pegmatíticos con núcleos de cuarzo de yacencia *in situ*. Los cuerpos pegmatíticos tienen, como regla, una forma ovalada alargada en el plano y los núcleos de cuarzo poseen forma compleja. También afloran pegmatitas, pero no se reportan núcleos de cuarzo en ellas.

En uno de los principales afloramientos, las rocas encajantes están representadas por esquistos grafito-sericítico-cuarzosos. El contenido de cuarzo en la roca alcanza el 50 %, pero en ocasiones está ausente. En la zona de exocontacto entre la pegmatita y el cuarzo se observa un aumento de la concentración de este último y de moscovita con diámetro de los cristales de hasta 10 mm, pero de poca altura (menos de 2 mm). El tamaño de los granos de cuarzo en el endocontacto es de 5 a 15 mm. La forma de los granos es compleja. Poseen un elevado grado de transparencia y con mucha frecuencia se encuentran especies absolutamente transparentes. La calidad del cuarzo granular es alta.

Según los análisis de termometría realizados en la Universidad Técnica, Academia de Minas de Freiberg (Sajonia, RFA), bajo la dirección del Dr. H.I. Blankemburg, las condiciones de formación del cuarzo granulado de esta manifestación corresponden a temperaturas entre 525 y 625 °C y presiones entre 5,5 y 6,5 Kb (550-650 MPa).

En las demás regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud) esta variedad de cuarzo granular grueso de alta transparencia no se ha reportado; de forma general, las manifestaciones de cuarzo granular poseen muy escasa distribución.

Los nidos de cristal de roca en las vetas cuarzosas fueron reportados en el extremo noreste del distrito cuarcífero La Corea, donde se reportan acumulaciones eluviales-deluviales sobre cuerpos cuarcíferos concordantes ubicados dentro de esquistos cristalinos micáceo-feldespático-cuarzosos. En el eluvio se hallan drusas de cristal de roca y algunos cristales aislados de hasta 80 mm de longitud (Leyva y Kulachkov, 1995).

Otros tipos de mineralización cuarzosa presentes son las vetillas cortantes de cuarzo, las cuales se encuentran en bloques y afloramientos *in situ*, con mineralización sulfurosa diseminada y mica moscovita, turmalina y fragmentos de esquistos. La potencia de estas vetillas no supera los 15 cm. Debido a la presencia de gran cantidad de impurezas y a las pequeñas dimensiones de las manifestaciones, este cuarzo no es de interés como materia prima.

Manifestaciones de otros minerales útiles

Asbesto: se localizaron diversas manifestaciones, las de mayor importancia se detectaron en las cercanías del campo cuarcífero El Halcón donde afloran numerosas vetas.

Grafito: forma parte de los esquistos grafítico-micáceo-cuarzosos, con intercalaciones de esquistos micáceos en las proximidades de El Halcón. Quintas (1987) propone esta materia prima como perspectiva en el área para ser evaluada debido a la alta frecuencia de las intercalaciones y al área que ocupan.

Arena cuarcífera: los mayores volúmenes se localizan al norte de El Halcón, según Svoboda (1965) existen 5 000 t distribuidas en cinco manifestaciones. Determinadas cantidades de estas arenas fueron estraídas en la década pasada por la empresa niquelífera René Ramos Latour, de Nicaro, para ser empleadas como arenas de moldeo en los talleres de fundición de esta industria (Leyva y Pons, 1996).

Micas: Las rocas metamórficas micáceas están ampliamente propagadas en todo el distrito. Las variedades más frecuentes son la moscovita y la sericita. En investigaciones experimentales se obtuvieron concentrados de micas, a partir de muestras de esquistos micáceos, que avalan la perspectiva de esta materia prima en el territorio.

Cuarcitas: la región de El Oro es la de mayor perspectiva para esta materia prima por presentar la mayor cantidad de manifestaciones concentradas. Sería conveniente su evaluación para diferentes usos, entre ellos como material de revestimiento de hornos (Leyva y Pons, 1996) y posiblemente para la producción de ferrosilicio.

Pegmatitas: se localizaron en grandes bloques distribuidos caóticamente en las brechas tectónicas, los minerales principales de éstas son feldespato, moscovita y cuarzo. Svoboda (1966) recomienda su explotación por sus altos contenidos de mica moscovita y feldespato, considerando además, que pueden evaluarse para vidrio, cerámica y la industria eléctrica. Coincidimos con él en lo que respecta a la cerámica y al vidrio, no siendo así para el caso de su uso en la industria eléctrica, ya que estas pegmatitas están muy tectonizadas, por lo que no es posible el uso de los cristales con este fin.

CONCLUSIONES

1. En Cuba oriental las manifestaciones de cuarzo filoniano de alta pureza se localizan en los distritos cuarcíferos Macambo, La Corea y Güira de Jauco, pudiéndose señalar para cada uno de ellos como los grupos más importantes los siguientes:
   - Distrito cuarcífero Macambo: vetas cuarzosas concordantes en las metamorfitas Macambo y nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas.
   - Distrito cuarcífero Güira de Jauco: Vetas cuarzosas concordantes en la formación Güira de Jauco.
   - Distrito cuarcífero La Corea: Vetas cuarzosas concordantes en las metamorfitas La Corea y los núcleos de cuarzo en rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas.
2. Resultan de gran importancia las manifestaciones de otros minerales útiles reportadas en los distritos cuarcíferos investigados, especialmente las de talco y roca talcosa, materia prima feldespática, espato de Islandia, micas y las vetas calcito-cuarzosas con mineralización metalífera.
3. Realizando una comparación entre el distrito cuarcífero La Corea y el distrito cuarcífero Macambo, tenemos que en el primero existe mayor desarrollo de la variedad de cuarzo filoniano granular, la cual es considerada la más valiosa y escasa, mientras que en el segundo existen condiciones geográfico-económicas más favorables, así como una mayor cuantía de los recursos de cuarzo filoniano.
4. En la región oriental el cuarzo filoniano se asocia preferentemente a las rocas de procedencia ofiolítica, a diferencia de las demás regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud) donde está asociado a rocas siálicas.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMOVICH y CHEJOVICH: *Levantamiento geológico en la zona de Sierra Nipe Cristal (escala 1:50 000)*, 1962.

AGUEEV B., I.: *Mineragenia del cuarzo de fajas metamórficas de alta presión (en los ejemplos de los Urales y de Cuba)*, Resumen de tesis doctoral, Rusia, 1993.

———: *Informe sobre los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo en el área La Corea, provincia Santiago de Cuba*, Fondo Geológico, 1987.

ALMAGUER T., R.: *Presente y futuro de las rocas y minerales industriales*, Memorias del Encuentro Hispano-Mexicano sobre Geología y Minería, pp. 57-70, 1992.

BANDERA G., D. y otros: *Generalización de materias primas no metálicas de la región oriental*, T.T.P., EGMO, 1995.

BARRERA P., H. y J.L. URRA: *Características geológicas del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba*, Trabajo de diploma, ISMM, 1995.

BLANCO, J. y J. PROENZA: "Terrenos tectono-estratigráficos en Cuba oriental", *Minería y Geología*, 11 (3), 1994.

BUSTILLO M., A.: "Las rocas silíceas como materia prima en la industria actual", Boletín Geológico y Minero de España, no. 6, 1989.

CAMPOS D., M.: *Posición estructural e interpretación tectónica de las metamorfitas mezosoicas*, II Congreso Cubano de Geología y Minería, 1994.

CAMPOS D., M. y M. HERNÁNDEZ: "Acerca de la posible correlación de las metavulcanitas de la Sierra del Purial con las rocas de la asociación ofiolítica", *Minería y Geología*, (2), 1987.

COUTIN C., D. y V. PANTALEÓN: "Manifestaciones de pegmatitas feldespato-micáceas en el extremo oriental de Cuba", Serie Geológica no. 23, 1976.

COBIELLA R., J.: "Sobre la posición tectónica de la secuencia metaterrígena-carbonatada de la región de Maisí", *Minería y Geología*, (3), 1983.

COBIELLA R., J. y otros: *Geología de la región central y suroriental de la provincia Guantánamo*, Editorial Oriente, 1984.

CHANG B., J. y L. CORBEA: *Cuba oriental. Nuevas concepciones tectónico-estructurales prepaleogénicas de su constitución geológica*, Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería, Santiago de Cuba, 1994.

DONOVAN K., S. y T. JACKSON: *Caribbean geology. An introduction, Jamaica*, 289 p., 1994.

ESTÉVEZ, J.: "Utilización del cuarzo cubano en la producción de fibras ópticas", *Ingeniería Eléctrica Automática y Comunicaciones*, vol. X, no. 1, 1989.

HEIKO, I.: *Investigación de materiales silíceos de la República de Cuba*, Academia de Minería de Freiberg (en alemán), 42 p., 1990.

HERNÁNDEZ S., M.: "Zonación metamórfica del macizo Sierra del Purial", *Minería y Geología*, (3), 1987.

———: "Particularidades petroquímicas de las metavulcanitas del complejo metamórfico Sierra del Purial", *Minería y Geología*, (2), 1987.

———: "Análisis petrológico comparativo de las secuencias metavulcanógenas del AIV Mesozoico en las Antillas Mayores", *Minería y Geología*, Edición especial, 1991.

HERNÁNDEZ S., M. y Z. CANEDO: Geoquímica de las ofiolitas meridionales de Cuba oriental", *Minería y Geología*, 12 (3), 1995.

Léxico Estratigráfico de Cuba. IGP, 1989.

ITURRALDE-VINENT, M.: "Cuban geology: A new plate-tectonic syntesis", Journ. Petrol. Geol., 17 (1), pp. 39-70, 1989.

———: *Eventos magmáticos y desarrollo de las cortezas oceánicas del Caribe en el ejemplo de Cuba*, Resumen de Tesis, MCTMA, 1995.

KULACHKOV L., V. y C. LEYVA: *Informe sobre los resultados de los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo filoneano en la parte oriental de Cuba*, Dpto. de Geología, ISMM, 1990.

———: "Materia prima cuarzosa: terminología, clasificación e importancia económica", *Minería y Geología*, 10 (2), 1993.

KORAGO A., A. y A.B. KOZLOV.: *Texturas y estructuras del cuarzo filoniano*, San Petersburgo, Ed. Niedra, 1988.

LEYVA R., C. y otros: "Características y perspectivas del cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba", *Minería y Geología*, 10 (2), 1993.

LEYVA R., C. y L.V. KULACHKOV: *Características geológicas y regularidades de distribución del cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba*, Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería, Santiago de Cuba, 1994.

———: "Hallazgos de cristal de roca en la parte oriental de Cuba", *Minería y Geología*, 12 (3), 1995.

LEYVA R., C. y J. PONS: "Posibilidades de utilización de materias primas de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel", *Minería y Geología* 13 (1), 1996.

Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1:250 000, MINBAS, 1988.

MARTÍN C., G.: *Materia prima mineral cuarzosa. Glosario de términos vinculados con ellas y su utilización industrial*, C. Habana, 1986.

MARTÍNEZ S., J. y L. KLEN: *Memoria al mapa mineragénico-pronóstico de la República de Cuba*, I.G.P., MINBAS, 1993.

MILLÁN T., G.: "Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas", *Minería y Geología*, Edición especial, 1991.

NICOLAEV, A. y otros: *Informe geológico sobre los resultados de los trabajos de búsquedas y levantamiento geológico a escala 1:100 000, en las montañas de la Sierra del Purial, al este de la provincia de Guantánamo*, Fondo geológico, 1981.

PÉREZ G., M. y C. LEYVA: *Proyecto para la búsqueda detallada y evaluativa de cuarzo filoniano, pegmatita y cuarcita en la Provincia Santiago de Cuba, en el área de La Corea, Municipio II Frente*, E.G.M.O., 1988.

QUINTAS C., F. y otros: *Informe preliminar sobre los trabajos de reconocimiento geológico en la zona de La Corea. Municipio II Frente*, Santiago de Cuba, Fac. de Geología, 1987.

QUINTAS C., F.: *Estatigrafía y Paleogeografía de la provincia Guantánamo y áreas cercanas*, Tesis doctoral, Centro de Información Científico-Técnica ISMM, ISMM, 1989.

QUINTAS C., F. y otros: "AEF del Mesozoico en Cuba oriental y la Española", *Minería y Geología*, 11 (3), 1994.

RODRÍGUEZ D., A.: *Particularidades geológicas de las manifestaciones de talco, aplita y micas de la zona El Palenque de Imías, Guantánamo*, Trabajo de diploma, Facultad de Geología, ISMM, 1993.

SOMÍN M., L. y G. MILLÁN: "Geología de los complejos metamórficos de Cuba", Editorial Nauka, Moscú (en ruso), 1981.

———: *Nuevos datos sobre la geología del macizo montañoso de la Sierra del Purial, Cuba oriental*, Reporte de Investigación del Instituto de Geología y Paleontología, no. 2, 1985.

SVOBODA, V.: *Informe geológico final de la región Alto de La Corea, Levisa, Batista y Moreiro donde se encuentran los yacimientos de pegmatitas y la presencia de arena sílice y asbesto*, Fondo Geológico, 1965.

TSIOUTSKI S., S.: *Evaluación preliminar de las manifestaciones de la materia prima cuarzosa de la República de Cuba y recomendaciones para la dirección ulterior de los trabajos de prospección geológica*, C. de La Habana, 1985.

FACULTAD DE ELÉCTRICA

El ingeniero que forma resuelve de manera independiente y creadora tareas como la explotación y proyección de sistemas de alumbrado, redes eléctricas de medio y bajo voltajes, sistemas de tierra y pararrayos, selección y explotación de medios eléctricos y electrónicos de accionamiento de cargas mecánicas industriales, mediciones técnicas de regulación y control eléctricas y electrónicas.

El posgrado se desarrolla en sus formas académicas y de superación profesional. Se cursan dos maestrías: Electromecánica Minero-Metalúrgica y Control de Plantas Minero Metalúrgicas, además, existe una especialidad de eficiencia energética de la industria Minero Metalúrgica que se imparte por un claustro de excelencia de doctores en Ciencias Técnicas, profesores titulares y auxiliares.

Se imparten cursos de posgrado en las temáticas:

- Ahorro de energía.
- Bombas, ventiladores y compresores.
- Accionamiento y automática.
- Transporte hidráulico.
- Electrónica industrial.
- Instrumentación y control.
- Suministro eléctrico.
- Sistemas electroenergéticos.

Vol. XIII, No. 3, 1996

DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE SÓLIDOS MINERALES IRREGULARES USANDO SPLINE CÚBICO NATURAL

Lic. Arístides A. Legrá Lobaina
Lic. Alfonso M. Puentes Martín

Departamento de Matemáticas. Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN:

Se presenta un algoritmo para determinar los vértices del polígono convexo frontera de una región que contiene n puntos conocidos del plano, así como un criterio para definir polígonos no convexos. Se propone el cálculo de áreas planas mediante interpolación por spline cúbico natural en coordenadas polares donde se tiene en cuenta un criterio para manejar numéricamente la zona de influencia. A partir de estos resultados se obtienen volúmenes de regiones del espacio mediante el Método de Perfiles Horizontales.

ABSTRACT:

In order to determine the vertexes of a convex polygon which is boundary of an n point region presented is an algorithm as well as a criterion to define no convex polygons. Through interpolation by cubic natural spline and vertexes it's possible to calculate plain areas on polar coordinates systems where a criterion is taken into consideration to manage the influence zone. As a result, volumens of spatial regions through the method of horizontal cross-section are obtained.

Muchos problemas de la minería y de la geología se modelan matemáticamente como un conjunto de *n* puntos del plano, donde se hace necesario determinar entre ellos los *k* puntos que constituyen los vértices del polígono que es frontera de la región del plano que contiene los *n* puntos, y donde dichos vértices son algunos o todos los puntos dados. Si imponemos la condición de convexidad al polígono, entonces el problema tiene solución única, cuestión que es evidente; en caso contrario no siempre hay solución única y se necesita algún criterio que defina el nivel de la no convexidad.

Dentro de las ciencias geológicas y mineras son problemas actuales, el cálculo automatizado y eficiente del área de la región limitada por una curva, de la cual conocemos *k* puntos de su frontera, considerando, o no, alguna zona de influencia y el cálculo de volúmenes de un sólido mineral irregular del que sabemos algunos puntos.

Por otra parte, se ha planteado anteriormente (Legrá, 1994) que el cálculo de volúmenes geólogo-mineros sobre redes no rectangulares es reducible al cálculo sobre cierta red rectangular asociada, y para realizarlo se necesita conocer cuáles puntos de la proyección en XY son parte de la frontera de la proyección de todos los puntos en el plano.

En este artículo presentamos un algoritmo para determinar los *k* puntos de la frontera poligonal convexa de *n* puntos dados, así como un criterio para medir la no convexidad global. Además, proponemos un método para el cálculo del área de la región usando interpolación por spline cúbico natural en coordenadas polares, teniendo en cuenta, o no, una zona de influencia. Finalmente, se describe el algoritmo para calcular el volumen de un sólido mineral irregular, del que conocemos algunos puntos.

Supongamos que tenemos los *n* puntos del plano $P1(X1,Y1)$, $P2(X2,Y2),\ldots,Pn(Xn,Yn)$ donde $n>2$ y al menos dos de los puntos no son colineales.

Algoritmo del ángulo mínimo

Busquemos el punto $A1(xa,ya)$ tal que:

a) $ya = \text{mín}\{yi\}$ b) $xa = \text{mín}\{xi\ ;\ yi = ya\}$

Hacemos la traslación $x1_i = xi - xa\ ;\ y1_i = yi - ya$, nótese que $y1_i$ es no negativo.

Buscamos entre todas las rectas que unen a cada punto $Pi(x1_i,\ y1_i)$ diferentes de $A1$ con el punto $(x1, y1)=(0,0)$ a la que cumpla que el ángulo $B1$ que forman sea :

$$B1 = Mín \begin{cases} \arctan(y1i/x1i) \text{ si } x1_i > 0;\ y1_i \geq 0 \\ pi/2 \text{ si } x1_i = 0,\ y1_i > 0 \\ pi + \arctan(y1_i/x1_i) \text{ si } x1_i < 0,\ y1_i \neq 0 \\ 3pi/2 \text{ si } x1_i = 0,\ y1_i < 0 \\ 2pi - \arctan(y1_i/x1_i) \text{ si } x1_i > 0, y1_i < 0 \end{cases}$$

A este punto le llamaremos $A2(X1a,\ y1a)$.
Realizamos el cambio de coordenadas:

$$x2 = x1\cos(b1) + y1\,\text{sen}(b1) - x1a$$

$$y2 = -x1\,\text{sen}(b1) + y1\cos(b1) - y1a$$

Esto equivale a tomar el centro en $(x1a,\ y1a)$ y rotar los ejes un ángulo $B1$ en el sentido positivo usual (Efimov, 1969; Kindle, 1977) (ver Figura 1).