

Ministerio de Educación Superior; **Error! Marcador no definido.**  
Instituto Superior Minero Metalúrgico

**CARACTERISTICAS GEOLOGICAS, REGULARIDADES DE DISTRIBUCION Y  
PERSPECTIVAS DE UTILIZACION DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGION  
ORIENTAL DE CUBA.**

**Autor: Ing. Carlos Alberto Leyva Rodríguez**

*Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geológicas*

Febrero de 1996.  
Moa, Holguín.

**SINTESIS**

Se propone una clasificación de la materia prima cuarzosa filoniana, permitiendo esclarecer y unificar la terminología existente, ya que la misma está dispersa en la literatura especializada.

La metodología aplicada durante las investigaciones comprenden un complejo de métodos tales como: interpretación de fotos aéreas, levantamiento geológico, documentación y muestreo, así como análisis de laboratorio. Para la documentación de los trabajos de campo se propone una metodología, que recoge la experiencia acumulada en Cuba, así como la existente internacionalmente.

Se caracterizan tres áreas de estudio: Distritos cuarcíferos Macambo, Guira de Jauco y La Corea, las cuales están comprendidas entre las de menor grado de conocimiento geológico y elevada complejidad en el país. Además, se ofrecen hallazgos de otros minerales útiles de gran significación nacional, entre ellos, el talco y roca talcosa, feldespatos, cuarcitas, espato de islandia y piedras artesanales. Se realizaron las investigaciones analíticas de la materia prima tanto en instituciones nacionales como extranjeras (Alemania y Rusia); lo que nos permitió la caracterización cualitativa de la misma, compararla con otras regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud) y establecer sus perspectivas de utilización.

Se brinda una propuesta de clasificación para las variedades de la mineralización cuarzosa filoniana presentes en la región oriental de Cuba y se proponen y argumentan para ellas los mecanismos de formación. Se ofrece un esquema de subordinación de las áreas y objetos cuarcíferos para el Caribe Noroccidental, estableciéndose los controles de la mineralización cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba.

Asimismo, se exponen los trabajos pronóstico-mineragénico desarrollados para el cuarzo filoniano de Cuba oriental, tanto a escalas pequeña, media e incluso a escala grande para los campos cuarcíferos más prospectivos, para los cuales se realizó la cuantificación de los recursos existentes.

Se incrementan los recursos de cuarzo filoniano en el país, con la revelación de nuevos cuerpos y campos mineralizados, definiéndose el grado de prospectividad de los mismos.

## **INDICE**

**Pag.**

### **INTRODUCCION**

**1**

## **CAPITULO I.**

### **LUGAR DE LA MATERIA PRIMA CUARZOSA Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA. METODOLOGIA DE LAS INVESTIGACIONES.**

	<b>6</b>	
I.1	Clasificación de la materia prima cuarzosa y su utilización industrial.	<b>7</b>
I.2	Clasificación y aspectos fundamentales de la materia prima cuarzosa filoniana.	<b>10</b>
I.3	Metodología de las investigaciones.	<b>18</b>

## **CAPITULO II.**

### **CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGION ORIENTAL DE CUBA.**

	<b>28</b>	
II.1	Características geológicas de la región de estudio.	<b>28</b>
II.2	Distrito Cuarcífero Macambo.	<b>30</b>
II.2.1	Geología del Distrito Cuarcífero Macambo.	<b>30</b>
II.2.2	Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa Filoniana.	<b>35</b>
II.2.3	Manifestaciones de otros minerales útiles.	<b>40</b>
II.3	Distrito Cuarcífero Güira de Jauco.	<b>41</b>
II.3.1	Geología del Distrito Cuarcífero Güira de Jauco.	<b>41</b>
II.3.2	Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa Filoniana.	<b>46</b>
II.3.3	Manifestaciones de otros minerales útiles.	<b>48</b>
II.4	Distrito Cuarcífero La Corea.	<b>48</b>
II.4.1	Geología del Distrito Cuarcífero La Corea.	<b>49</b>
II.4.2	Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa Filoniana.	<b>51</b>
II.4.3	Manifestaciones de otros minerales útiles.	<b>56</b>

## **CAPITULO III.**

### **CRITERIOS DE EVALUACION PRONOSTICO Y PERSPECTIVAS DE UTILIZACION DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGION ORIENTAL DE CUBA.**

**58**

III.1	Clasificación de las variedades naturales del cuarzo filoniano para la región oriental de Cuba.	<b>58</b>
III.2	Acerca de la génesis del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba.	<b>59</b>
III.3	Criterios de evaluación pronóstico del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba.	<b>62</b>
III.4	Perspectivas de utilización del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba..	<b>70</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>77</b>
	<b>REFERENCIAS.</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXOS TEXTUALES.</b>	
	<b>ANEXOS GRAFICOS.</b>	

## **INTRODUCCION.**

En los últimos años ha existido en nuestro país un considerable avance en las ramas mas importantes de la economía que emplean la materia prima cuarzosa filoniana, lo cual presupone, la necesidad del incremento constante de estos recursos. Este incremento es imposible de materializar sin el perfeccionamiento de la metodología del pronóstico geológico,

el cual es considerado en la actualidad, como la parte mas importante de todo el complejo de trabajos geólogo -explorativos.

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo, establecer cualitativamente la evaluación pronóstico a escala media de las perspectivas de la región oriental del país en materia prima cuarzosa filoniana; siendo necesario para este fin obtener los resultados siguientes:

- Descripción de las características geológicas y de los tipos de mineralización cuarzosa filoniana, en las áreas de distribución pertenecientes a la región oriental de Cuba.
- Determinación de las regularidades de distribución y establecimiento del complejo de criterios pronósticos de la mineralización.
- Evaluación pronóstico cualitativa del territorio oriental de Cuba y caracterización cuantitativa de los campos mineralizados mas prospectivos.

Con anterioridad, en nuestro país, no han sido elaborados hasta el momento, trabajos de tesis de doctorado, acerca del pronóstico geológico en materia prima cuarzosa y la bibliografía relacionada con esta temática es sumamente escasa, como lo son también los trabajos que se dedican a la mineragénea especial, puesto que los intentos anteriores abarcan solamente la mineragénea general. Por estas razones, los contenidos tratados, así como, la experiencia acumulada, puede ser utilizada en los trabajos futuros, contribuyendo a enriquecer la labor que desarrollan los especialistas vinculados a esta importante materia prima en el país. Igualmente en el aspecto metodológico puede resultar de interes a todos los técnicos de la rama geólogo-minera, especialmente aquellos que se dedican a la materia prima no metálica.

Se sustenta la hipótesis de que los yacimientos de cuarzo filoniano de alta pureza en la región oriental de Cuba, estan asociados a las rocas de edad mesozoica de mayores grados de metamorfismo, preferentemente, a aquellas de procedencia ofiolítica relacionadas con la zona de subducción que generó el Arco Insular Volcanico Cretácico.

Es necesario esclarecer, que aunque nos referimos a la región oriental de Cuba, realmente los trabajos pronóstico-mineragénicos para el cuarzo filoniano han sido desarrollados fundamentalmente en la región más oriental de las provincias Guantánamo, Holguin y Santiago de Cuba (ver figura 2). La demarcación del territorio investigado obedece a las

regularidades específicas de distribución de esta materia prima, las cuales son tratadas en el Capítulo No. III.

Las investigaciones efectuadas en los distritos cuarcíferos poseen una mayor trascendencia, debido al carácter complejo de los trabajos (al haber sido revelados otros minerales útiles con muy buenas perspectivas: talco y roca talcosa, materia prima feldespática, espato de islandia, cuarcita, etc), así como debido al incremento en el grado de conocimiento geológico de estas áreas, las cuales están comprendidas entre las de menor grado de conocimiento geológico en el país.

Actualmente en el mundo los principales tipos de materia prima cuarzosa empleadas en la industria son: cuarzo piezoóptico, cristal de roca, cuarzo filoniano (blanco lechoso, granular, transparente y semitransparente), cuarcitas y arenas cuarzosas. Los dos primeros tipos no existen hasta el momento en nuestro país como acumulaciones industriales, mientras las cuarcitas y arenas cuarzosas por sus características específicas no forman parte de nuestro tema.

Los tipos principales y más escasos son el cuarzo piezoóptico, el cristal de roca y el cuarzo filoniano, siendo este último el objeto principal de nuestras investigaciones; aunque sin dejar descartada la posibilidad de localizar manifestaciones de cristal de roca y cuarzo piezoóptico que tengan interés industrial.

Los principales productos obtenidos de la materia prima cuarzosa filoniana se emplean en radioelectrónica, electrónica, aviación, semiconductores y en la industria química.

Es indudable que es la industria electrónica de nuestro país, tanto en la actualidad como en el futuro, el mayor usuario en el consumo de materia prima cuarzosa filoniana. Lo anterior está avalado por los considerables avances experimentados en los últimos años, entre los cuales deben ser destacados: la puesta en marcha de la fábrica de componentes electrónicos "Ernesto Che Guevara" en Pinar del Río y la obtención de los primeros cristales de cuarzo crecidos artificialmente, a partir de materia prima nacional, en el Instituto de Materiales y Reactivos para la Electrónica (IMRE), perteneciente a la Universidad de La Habana.

En Cuba, la prospección de cuarzo filoniano comenzó en la década anterior y la mayor parte de las manifestaciones y yacimientos se asocian a los macizos metamórficos; de esta forma

tenemos en la región del Escambray las mayores reservas de cuarzo filoniano del país, 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 de mucha menor cuantía.

La región oriental fue la última en haber sido reportada como perspectiva para la localización de cuarzo filoniano de alta pureza (Agueev y otros, 1987; Kulachkov y Leyva, 1990). Es de destacar en esta región la presencia del cuarzo granular, la cual es la variedad de cuarzo filoniano más apreciada por su pureza y transparencia, y a la vez más rara, tanto en Cuba como en el Mundo. No cabe duda que este hecho le confiere a esta región una importancia especial, pues todo parece indicar que existe la posibilidad de encontrar en ella las mayores reservas de cuarzo granular del país (de hecho, hasta la actualidad es así). También existen en la región oriental reservas de cuarzo filoniano transparente, semitransparente y blanco lechoso.

Las investigaciones geológicas de campo de la materia prima cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba se iniciaron en la zona de La Corea, municipio Il Frente, provincia Santiago de Cuba (1987), contando en esta primera etapa con la colaboración de varios docentes de la facultad de Geología del Instituto Superior Minero Metalurgico (ISMM) F. Quintas Caballero, N. Muñoz Gómez, A. Rodríguez Vega, N. Vega Garriga, O. Vera Sardiñas y especialistas de la Unión Geólogo-Minera perteneciente al MINBAS, A. Suazo, J. Córdoba y B. Agueev.

Posteriormente se desarrollaron en los años 1989-90, los trabajos de campo en la zona de la Tinta-Cantillo, municipio Maisí y en la Sierra del Convento municipios Imias y San Antonio del Sur, provincia de Guantánamo; colaboraron con nosotros en esta etapa L. Kulachkov, M. Hernández, M. Campos y J. Blanco. Es de destacar en todas estas etapas, la participación de los estudiantes de la carrera de Geología del ISMM, durante sus períodos de prácticas docencia-producción y en trabajos de diploma. También se realizaron por parte del autor itinerarios geológicos en otras regiones de las provincias orientales y en algunas zonas cuarcíferas del Escambray en colaboración con B. Agueev y P. Concepción.

Como resultado de los trabajos de campo referidos anteriormente, fueron reportados nuevos cuerpos y campos cuarcíferos en la zona La Tinta-Cantillo y en la Sierra del Convento. Además, se pudo recopilar durante este período toda la documentación geológica de campo,

junto a una amplia colección de muestras de la gran mayoría de los objetos cuarcíferos (aproximadamente 150 muestras).

Las investigaciones de laboratorio constaron de análisis químico-espectral de cuarzo (más de 50 muestras), análisis químicos de los minerales acompañantes (8 muestras), análisis térmico (3 muestras), análisis de rayos X (más de 10 determinaciones), investigaciones de secciones delgadas (más de 50 muestras) y análisis de secciones pulidas.

Los análisis químicos-espectrales para el cuarzo filoniano fueron realizados en el Laboratorio Nacional de Minerales "José Isaac del Corral", perteneciente a la Unión Geólogo-Minera, en el IMRE de la Universidad de La Habana y en la Academia de Minas de Freiberg (Alemania). Los análisis químicos para otras litologías se realizaron en los laboratorios del Instituto Geológico Nacional de la ex-URSS, los demás análisis se realizaron en el ISMM de Moa.

La metodología de las investigaciones se muestra en el Capítulo I del presente trabajo, en esta se incluye la correspondiente a los trabajos geológicos de campo, la cual no había sido confeccionada en detalle en la literatura geológica cubana, pues ella es muy específica. En cuanto a los trabajos de pronóstico geológico estos se realizaron fundamentalmente según la metodología de V.P. Drozdov, V.A. Eustropov y Y.A. Shatnov (1985).

Como resultado fundamental de este trabajo se incrementa la base de materia prima cuarzosa filoniana del país, lo cual a sido confirmado por el hallazgo de nuevos cuerpos y campos mineralizados. Finalmente, se muestra la evaluación pronóstico del territorio oriental de Cuba, estableciéndose su perspectiva.

Entre las limitaciones fundamentales que entrañó la realización del trabajo se pueden referir las siguientes:

- La ausencia de mapas geológicos no condicionales a escala 1:50 000 de los territorios investigados.
- La complejidad tanto geológica, como de accesibilidad, de las áreas estudiadas.
- Dificultades con la realización de los análisis, especialmente los químico-espectrales, debido a la alta pureza de la materia prima, y sobre todo, el hecho de que las impurezas que es necesario caracterizar, están en el orden de trazas (ppm). En el país solo es posible la



realización de análisis cuantitativo de la materia prima, en el Laboratorio Nacional de Minerales "José Isaac del Corral" de Ciudad de La Habana.

- La no existencia de tradición en el país para la investigación de esta materia prima, pues ella solo comenzó a investigarse en la pasada década.
- La realización de los trabajos de campo fue realizada con recursos propios (Facultad de Geología del ISMM de Moa), fundamentalmente por profesores y estudiantes, sin la posibilidad de ejecutar métodos técnicos de prospección (perforación de pozos, excavaciones mineras y mediciones geofísicas).
- Debido a que el cuarzo filoniano es una materia prima estratégica, muchas de las informaciones inherentes al mismo, no son publicadas corrientemente.

## **CAPITULO I. LUGAR DE LA MATERIA PRIMA CUARZOSA Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA.**

Antes de examinar los problemas metodológicos relacionados con la materia prima cuarzosa, se hace necesario exponer brevemente algunas cuestiones que atañen a su terminología. Además, para lograr enmarcar con mayor exactitud los límites del problema investigado, debemos mostrar el lugar de la materia prima cuarzosa filoniana dentro de los demás tipos de materia prima cuarzosa que se utilizan mundialmente en la industria.

**Materia Prima Cuarzosa:** Actualmente este término no posee una definición exacta, por ejemplo los geólogos alemanes la entienden como las rocas y minerales que contienen más del 95% de  $\text{SiO}_2$ ; en Rusia se utilizan las arenas cuarzosas con 93 % de  $\text{SiO}_2$  y en España bajo el término de rocas silíceas industriales, agrupan aquellas, de más de 80 % de  $\text{SiO}_2$  (Bustillo, 1989, 1993). A tales efectos proponemos entender como materia prima cuarzosa al "conjunto de minerales del grupo del cuarzo y de las rocas compuestas por estos minerales los cuales se utilizan en diferentes ramas de la industria". En este caso el término incluye una variedad amplia de rocas y minerales que tienen un espectro de utilización muy amplio, el cual depende de su mineralogía, quimismo y propiedades físicas (resistencia térmica y mecánica, dureza, porosidad, granulometría, etc.).

**Materia Prima Cuarzosa Filoniana:** Proponemos definirla como: "variedad natural que une tanto a los agregados cuarzosos de los filones de diferentes génesis, como a los cristales de cuarzo de los nidos de estos filones". Este término geólogo-industrial concuerda completamente con la noción petrográfica Cuarzo Filoniano, por el cual se entiende un conjunto de individuos y agregados que forman los cuerpos de cuarzo (Korago y Kozlov, 1988).

Nos parece importante proponer en relación a los agregados cuarzosos de individuos sin caras, utilizar el término Roca (o Masa) Cuarzosa Filoniana, diferenciándolo de los cristales de rocas y sus variedades.

### **I.1 Clasificación de la materia prima cuarzosa y su utilización en la industria.**

Para mostrar la gran diversidad de tipos de materia prima cuarzosa que satisfacen la definición dada con anterioridad se expone la Tabla 1, donde los diferentes tipos, se ubican según la clasificación geólogo industrial de minerales útiles no metálicos de A.I. Krinari (1984).

Se considera conveniente además, exponer la propuesta de M.A. Bustillo (1989), en el cual el término materia prima cuarzosa se asume como rocas silíceas industriales (anexo textual 1). Según este autor las principales industrias donde encuentran aplicaciones estas rocas son las siguientes: electrónica, óptica, vidrio, cerámica, refractarios, fundentes, moldes de fundición, revestimientos, abrasivos, filtros, cargas y extendedores, para la obtención de ferrosilicio, silicio metálico y carburo de silicio; además para la fabricación de sílice vítrea y para ser utilizada en fracturación hidráulica. No incluye este autor la industria de la joyería y rocas ornamentales, lo cual entendemos es una insuficiencia, pues a estas corresponden un peso importante de la materia prima cuarzosa.

Menos conocida, en ocasiones, son las aplicaciones de los minerales y rocas silíceas en algunos usos específicos, como son la industria de la pintura, industria del plástico, industria de adhesivos y selladores (Casas, 1994). También es conveniente resaltar que dentro de las rocas y minerales industriales se consideran a las rocas silíceas como las de mayor espectro de utilización en la industria (Almaguer, 1992).

Para evaluar el peso de los principales tipos de materia prima cuarzosa, es necesario el establecimiento de sus esferas de utilización, con este fin se presentan los datos de H. Blankenburg (1989) referidos a Alemania en el anexo textual 2. Del análisis de este anexo se desprende que la mayor parte en cuanto a la utilización de la materia prima cuarzosa corresponde a las rocas sedimentarias (arenas y gravas cuarzosas). Al mismo tiempo el alto precio de los productos finales elaborados de cuarzo filoniano (los cuales están destacados en negritas en el anexo 2), hace su utilización muy rentable en la actualidad. Es posible ilustrar esto mediante los datos de Estévez (1989), enriquecidos con la información del Sumario Mineral de Brasil de 1993 y del Minerals Commodities Summaries de 1996.

- . De los yacimientos de cuarzo filoniano se recupera mediante el proceso de selección (beneficio manual) entre el 40 y el 70 % de la materia prima, para su uso en microelectrónica y óptica de telecomunicaciones.
- . El precio del cuarzo en bruto (lascas) de óptima calidad, es de 1.0 a 1.5 USD/Kg.
- . Durante el proceso de crecimiento del cuarzo, como promedio, se obtiene un Kg a partir de 1.4 a 1.8 Kg. de cuarzo natural.
- . El precio del monocristal de cuarzo artificial crecido es de 300 USD/Kg.
- . A partir de un kilogramo de cuarzo artificial, pueden obtenerse 1000 resonadores, con un valor total de 2000 USD. como promedio.
- . En el proceso de fabricación de la fibra óptica, partiendo de 10 Kg. de cuarzo artificial o de cristal de cuarzo natural de primera calidad, es posible obtener un kilogramo de tubo de apoyo para la fabricación de fibra óptica.
- . De un kilogramo de la preforma procesada a partir del tubo de apoyo y del tetracloruro de silicio ( $\text{SiO}_2 \text{Cl}_4$ ), es posible lograr hasta 1250 m. de fibra óptica.
- . El precio de un metro de fibra óptica es de aproximadamente 0.30 USD.
- . El precio de una tonelada de ferrosilicio esta en el orden de los 800 USD. (Hoyos, 1991).

En cuanto a la demanda de cuarzo para fines de electrónica se pronostica para el año 2000 que esta sea de alrededor de 1400 Tn a nivel mundial, incluyendo 680 Tn para los Estados Unidos.

Así mismo, para el año 2000 en Estados Unidos, se espera una demanda probable de 680 Tn de lascas de cuarzo, para crecimiento de cristales artificiales y para el resto del mundo de 725

Tn. Además, se pronostica para el año 2000 en Estados Unidos una demanda de 230 Tn de cuarzo sintético y a la vez el país deberá producir 500 Tn.

El mayor productor de cuarzo natural en el mundo es Brasil con más de dos tercios de la producción, sin embargo prácticamente exportan toda la materia prima sin elaborar.

En Estados Unidos y Japón se concentra cerca del 90 % de la producción mundial de cuarzo crecido, el cual sustituye completamente al cristal de cuarzo natural para fines de electrónica (Estévez, 1989). En el caso de las aplicaciones en la industria óptica (prismas, cuñas y lentes) se utiliza preferentemente el cuarzo natural, pues los productores de cuarzo sintético han encontrado dificultades con la calidad óptica de los cristales obtenidos (Bustillo, 1989)

Por su parte el silicio, el cual posee gran demanda en la industria electrónica, concentra su producción en Estados Unidos, Japón y RFA, países que liderean el sector de la informática y son los mayores consumidores de silicio monocristalino utilizado en la producción de componentes electrónicos. En relación a la fibra óptica la problemática es bastante similar a la anterior, el predominio corresponde a las instalaciones de telefonía, continuando con las redes de datos, industria militar, televisión y control de procesos y mediciones.

En nuestro país se cuenta con la planta de componentes electrónicos "Ernesto Che Guevara", ubicada en Pinar del Río, la cual produce silicio monocristalino, para la fabricación de semiconductores y otros componentes electrónicos, aunque es necesario esclarecer, que estas producciones actualmente han tenido un receso, debido a las dificultades económicas que se afrontan. También se han fabricados los primeros cristales artificiales de cuarzo de forma experimental a partir de cuarzo filoniano del Escambray, obteniéndose resonadores de cuarzo con la calidad requerida a nivel mundial.

La demanda orientativa de cuarzo filoniano para nuestro país se evalúa en el orden de 200-300 Tn. por año (Tzioushki, 1985), aunque consideramos que este pronóstico fue realizado bajo la suposición de estar funcionando en el país, una industria regular de crecimiento de cristales artificiales, lo cual, realmente, nunca a llegado a materializarse.

Por otro lado, se considera obsoleta a la clasificación de los yacimientos de cuarzo filoniano (según el volumen de sus reservas) que se utiliza en Cuba actualmente. Si tenemos en cuenta que esta coincide con la de la antigua URSS, la cual posee una base de materia prima

cuarzosa bastante grande, pensamos que en nuestro país, donde las ramas de la industria que emplean el cuarzo filoniano están aun en desarrollo y existe una extensión territorial mucho menor, los datos de esta tabla se deben disminuir por lo menos en dos veces, como se propone en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

**Clasificación de los yacimientos de cuarzo filoniano según el volumen de sus reservas,** (en miles de toneladas).

<b>¡Error! Marcador no definido.</b> Tipo de materia prima	Grandes	Medianos	Pequeños
Cuarzo filoniano (según mapa de 1989).	>50	10-50	2-10
Cuarzo filoniano (clasificación propuesta por el autor, para Cuba).	>25	5-25	1-5

Para corroborar la propuesta que se expone en la tabla anterior, podemos utilizar los conceptos de la revista Mining Journal (1988) donde se clasifica al cuarzo filoniano dentro del grupo de rocas y minerales industriales de alto precio-bajo volumen.

## **I.2 Clasificación y aspectos fundamentales de la materia prima cuarzosa filoniana.**

El cuarzo filoniano, materia prima no tradicional en nuestro país, constituye el objeto de estudio principal del presente trabajo; el cual se caracteriza por un conjunto de propiedades que son necesarias valorar previamente.

Para una mejor organización de estos contenidos y desde el punto de vista mineralógico-petroológico y de su utilización industrial se propone la clasificación de la materia prima cuarzosa filoniana que se muestra en la Tabla 3.

### ***I.2.1 Cristales aislados.***

### **I.2.1.1 Piezocristales.**

Como materia prima para obtener piezocristales se emplea el cristal de roca y algunas variedades coloreadas como citrino amarillo, cuarzo ahumado y morión. La masa de los cristales utilizados para estos fines oscila entre 250-300 gramos, aunque puede alcanzar centenas de Kg. y hasta una tonelada.

Se conocen cuatro modificaciones polimórficas de cuarzo, cada una de las cuales es estable en un determinado rango de temperatura.

- Cuarzo de baja temperatura (alfa cuarzo) hasta 573 °C.
- Cuarzo de alta temperatura (beta cuarzo de 573-870 °C.
- Tridimita (beta tridimita) de 870- 1 470 °C.
- Cristobalita (beta cristobalita) de 1 470- 1 713 °C, después de los 1 713 °C ocurre la fusión.

Como materia prima piezoóptica posee importancia industrial el cuarzo de baja temperatura, el cual pertenece al sistema trigonal. Es de destacar, en el caso del cuarzo la existencia del fenómeno de Enantiomorfismo, este se manifiesta en las formas derechas e izquierdas de los cristales. La forma izquierda de los cristales de cuarzo sería, la obtenida mediante el reflejo a través del plano especular a que es sometida la forma derecha.

La esencia del efecto piezoeléctrico radica en que, si se aplica una determinada presión, sobre una placa de cuarzo, dirigida a lo largo del eje polar de segundo orden, en los extremos de esta placa surgen cargas eléctricas opuestas. Por otro lado, si se suministra a esta placa de cuarzo una señal eléctrica alterna, esta vibra con una frecuencia de resonancia característica.

Los piezocristales se emplean fundamentalmente en la radiotécnica y técnica de ultrasonido. Las placas de piezocuarzo sirven como piezas principales de los resonadores (para fabricación de relojes, microprocesadores, equipos espaciales, etc.) y filtros de frecuencia que requieren alta estabilidad o alta selectividad y se utilizan para regular las ondas de radio de diferentes frecuencias y longitud de onda. Además, son empleados para la fabricación de sonadores acústicos (para la medición de la profundidad del mar, localización de iceberg, submarinos, navíos hundidos y bancos de peces), piezocaptadores (para la medición de la presión de los gases de la pólvora, búsqueda de defectos en los metales), medidores de velocidad, etc.

Para obtener las piezopiezas se utilizan cristales, cantos aluviales y fragmentos de los cristales, siempre que sea posible obtener monobloques, es decir, zonas donde no existan inclusiones (de otros minerales, rocas, líquidos y gases), grietas y maclas del delphinado y del Brasil.

La calidad exigida a los cristales de piezocuarzo se expone en el anexo textual 3. Las dimensiones mínimas de los monobloques deben dar la posibilidad de preparar placas de cuarzo de 12 x 12 x 1.5 mm. Los cristales pueden ser incoloros, ahumados y negros (morion).

La materia prima natural para estos fines es escasa, no pudiendo abastecer completamente a la industria; es por esta causa que muchos países desarrollados tienen industria de cuarzo sintético, con el objetivo de cubrir la alta demanda de piezocristales (ver epígrafe I.1).

#### **I.2.1.2 Cristales ópticos.**

La utilización de los cristales ópticos de cuarzo está basada en determinadas propiedades, entre estas se destaca la alta transparencia para la luz ultravioleta e infrarroja y la posibilidad de girar el plano de polarización un determinado ángulo. El cristal de cuarzo derecho gira el plano de polarización a la derecha (levogiro), mientras el cristal izquierdo gira al plano a la izquierda (dextrogiro).

En la óptica del cuarzo se preparan lentes que concentran los rayos ultravioletas, equipos que determinan la dirección de giro del plano de polarización, prismas para espectrógrafos, cuñas de los compensadores, etc. Las condiciones técnicas para el cuarzo óptico establecen:

- Los cristales deben ser transparentes para los rayos ultravioletas, con longitud de onda hasta 200 nm.
- El cuarzo óptico debe ser homogéneo en cuanto al índice de refracción, no debe tener defectos que empeoren la calidad de la imagen y la capacidad de resolución de los equipos ópticos.
- Constituyen defectos para los cristales de cuarzo óptico los siguientes: maclas del brasil, coloración intensa, grietas, estructura interna de mosaico y diferentes inclusiones.

- El rendimiento de los monobloques debe ser no menor de 40 %, debiendo ser posible preparar láminas de dimensiones de 80 x 70 x 60 mm, 70 x 60 x 50 mm ó 45 x 35 x 30 mm.

Los precios del piezocuarzo y cuarzo óptico oscilan de algunas centenas de dólares hasta mil dólares por Kg de monobloques.

### **I.2.1.3 Variedades de joyería, ornamentales y de colección.**

Resulta conveniente tratar dentro de estas variedades, tanto a los cristales aislados como a los agregados, aunque sus características difieren, desde el punto de vista de su constitución, no es conveniente separarlos en el momento de analizar su uso en la industria.

En la industria de la joyería se utilizan muchas de las variedades de los minerales del grupo del cuarzo y sus agregados, entre estos minerales se encuentran el cuarzo, calcedonia y ópalo, además, se emplean para estos fines rocas constituidas por estos minerales, entre las que se pueden destacar, jaspe, corneana, pedernal, obsidiana y cuarcita. Cada una de estas formas minerales del grupo del cuarzo tienen gran cantidad de variedades, empleándose la mayoría en la industria de la joyería.

La clasificación de las piedras de joyería y ornamentales (según Kievlenko, 1980, completada por el autor) para minerales del grupo del cuarzo y las rocas constituidas por estos minerales se muestra en la Tabla 4.

El nivel de los precios de las variedades de joyería y ornamentales de la materia prima cuarzosa oscila de un año a otro. Según el Boletín de Precios de Brasil (1994) estos se muestran en los anexos textuales 4, 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

**Tabla 4.**



**Casificación de las variedades de joyería de los minerales del grupo del cuarzo y las rocas silíceas.** (según Kievlenko, 1980, completada por el autor).

<b>¡Error! Marcador no definido.Grupo</b>	<b>Clase</b>	<b>Nombre de las piedras.</b>
<b>Piedras preciosas</b>	I	-
	II	ópalo negro noble
	III	ópalo blanco y rojizo noble
	IV	amatista, crisoprasa, citrino, (cuarzo dendrítico).
<b>Piedras semipreciosas</b>	I	crystal de roca, rauchtópacio (morion, heliotropo, aventurina).
	II	agata, obsidiana iridiscente, (ojo de gato, ojo de tigre, ojo de halcón, ónice, prasem).
<b>Piedras ornamentales</b>	-	jaspe, obsidiana ordinaria, madera silicificada, pedernal, cuarcitas de aventurina, (variedades de calcedonia).

Nota: Los minerales que están entre paréntesis han sido añadidos por el autor teniendo en cuenta su uso actual.

En los últimos años ha experimentado un notable desarrollo en el mundo, la industria extractiva, de muestras que poseen mucho valor para fines de colección. En este sentido los minerales del grupo del cuarzo y sus agregados, ocupan un lugar muy importante.

También ha experimentado un auge la utilización de los cristales de cuarzo como parte de la medicina alternativa, aun cuando sus fundamentos científicos se investigan en la actualidad, así mismo, es conocida la popularidad alcanzada en todo el mundo, por las variedades del cuarzo, en relación a ser utilizadas como "piedras de la suerte", según los signos zodiacales, cuestión esta, que data desde la lejana antigüedad (Grau, 1973). En relación a este empleo se pueden poner como ejemplo: el signo Piscis (representado por Ágata, considerada como la piedra de la ciencia), Aries (Amatista, considerada la piedra de la sobriedad).

Estas vertientes, unidas a las creencias de que los cristales de cuarzo y sus variedades interaccionan su energía con las personas, hacen que actualmente se venda una gran cantidad de estas en todo el mundo, convirtiéndose en un negocio muy fructífero y lucrativo.

La industria de las piedras silíceas de joyerías ha sido invadida en los últimos años por las falsificaciones, esto ha hecho necesario el desarrollo de los métodos analíticos para determinar los procesos de tratamiento a que son sometidas las piedras falsificadas. Varios ejemplos en este sentido pueden encontrarse en la revista especializada *The Australian Gemmologist* (Kammerling y Koivula, 1991; Kammerling y otros 1991). Por otro lado, es de destacar el desarrollo en el mundo de las industrias productoras de variedades silíceas de joyería artificiales, las cuales cada día ocupan un lugar de mayor importancia, en comparación con las piedras naturales.

Hasta el momento actual la mayoría de los geólogos cubanos, carecen de preparación, para evaluar la enorme importancia de los cristales de cuarzo y sus variedades de joyería, ornamentales y de colección; es por esta razón que consideramos, que las cuestiones tratadas al respecto resultan una importante contribución para ayudar a eliminar esta insuficiencia.

### **1.2.2 Roca (masa) cuarzosa filoniana.**

Existen variadas ramas de la industria donde se utiliza la masa filoniana de los cuerpos cuarzosos de diferentes tipos, generalmente representados por vetas o lentes.

Es de notar, que las vetas cuarzosas frecuentemente son fuente de mineralización metalífera útil: oro, arsenopirita, casiterita, wolframita, molibdenita, galena, esfalerita, pirita, pirrotina, calcopirita, cobaltina, bornita, calcosina, cinabrio, antimonita, argentita, etc. Estos minerales pueden llegar a ser meníferos principales, en las vetas hidrotermales de diferentes temperaturas, donde el cuarzo representa en sí, un mineral principal no menífero. Es necesario distinguir las vetas cuarzosas meníferas de las no meníferas, estas últimas resultan las principales portadoras de la materia prima cuarzosa filoniana; siendo esta la causa por la cual, en la literatura geológica se les denomina frecuentemente vetas cuarzosas no meníferas (o no metalíferas). Según nuestros datos, el cuarzo de vetas meníferas, debido a sus impurezas, no se emplea como materia prima cuarzosa filoniana, al menos para los usos más exigentes de esta materia prima.

Los tres principales tipos geológico-industriales de cuarzo filoniano dentro de este grupo son: cuarzo semitransparente con sectores transparentes, cuarzo blanco lechoso y cuarzo

granulado. Estos tipos de cuarzo, poseen diferencias en cuanto a sus propiedades, siendo esta la causa por la cual, su utilización es también diferente.

El cuarzo transparente y el semitransparente, están representados por agregados prácticamente monominerales, de grano grueso a gigante, que frecuentemente en los límites de una veta se transforman en cuarzo blanco lechoso; este cambio se caracteriza a la vez, por el desarrollo de una enorme cantidad de inclusiones gaso-líquidas y grietas cicatrizadas. Por su composición el cuarzo semitransparente es una variedad transitoria entre el transparente y el blanco lechoso, pero de acuerdo a su utilización, esta más cerca del primero. La abundancia de inclusiones gaso-líquidas, es la limitante fundamental en el uso del cuarzo blanco lechoso, pues provoca burbujas de gas en el vidrio fabricado y la ruptura de los crisoles de grafito durante el proceso de fundición.

El cuarzo granulado consta de granos transparentes o poco turbios, isométricos o algo alargados; este alargamiento relativo, por ejemplo en los yacimientos de los Urales (Vertushkov, 1974) tiene una relación de 1,2 a 3,5 y dimensiones de los granos de 1,0 a 10,0 mm. Además, en estos yacimientos se a podido comprobar que en los intersticios de los granos es frecuente observar partículas microscópicas de cuarzo y de otros minerales impurezas; en total fueron reportados 32 minerales impurezas durante los análisis, estableciéndose una dependencia entre la composición de las rocas encajantes y el conjunto de estos minerales. La distribución de los minerales impurezas en la zona periférica alrededor de los granos de cuarzo facilita el proceso de limpieza o beneficio en este tipo de cuarzo.

El problema de la génesis del cuarzo granulado no está resuelto completamente hasta la actualidad. En algunos casos, en la masa de cuarzo granulado, es posible distinguir áreas donde existen solamente cristales izquierdos, o en otros casos existen cristales solo derechos, que según la opinión de G.N. Verstushkov (1974) corresponde a la existencia anterior de un agregado de grano grueso sometido a granulación durante el proceso de metamorfismo. En otros casos se observan agregados de grano fino, donde no es posible diferenciar las asociaciones de los cristales izquierdos o derechos, y que poseen indicios de cristalización en un medio sólido o de relleno de cavidades Bochkaren (1975) y V.Yu.Eshkin y colaboradores (1985) le llaman a este cuarzo granulomórfico y proponen no designarlo como cuarzo granulado.

La utilización de los diferentes tipos geólogo-industriales, según S.Tsiouhski (1985) de manera general se puede representar como sigue.

Cuarzo filoniano transparente y semitransparente: se emplea para la obtención de vidrio de cuarzo transparente, como carga para el crecimiento de cristales sintéticos de cuarzo, para la producción de silicio técnico, para el crecimiento de variedades de joyería y en algunos casos por su calidad puede sustituir al cristal de roca natural.

Cuarzo blanco lechoso: se emplea para la soldadura de vidrio de cuarzo, cristalería termorresistente de laboratorio, como nutriente de autoclaves para el crecimiento de cristales artificiales de cuarzo y variedades de joyería y en la obtención de silicio técnico.

Cuarzo granulado: puede ser utilizado para la producción de vidrio de cuarzo fundido transparente de uso en la electrónica, en preparación de fibras ópticas y tubos y varillas de cuarzo, silicio técnico, aleaciones mecánicas extraduras, materiales termorresistentes, etc.

Examinando las exigencias existentes a nivel mundial para el cuarzo filoniano utilizado para diferentes fines se presentan los anexos textuales 5, 6,7 y 8. Por los datos de estos anexos se puede concluir que las investigaciones de laboratorio de la materia prima cuarzosa filoniana, poseen una gran importancia, exigiendo por tanto una exactitud muy alta de los análisis. La insuficiencia en esta exactitud, puede provocar problemas tecnológicos durante la elaboración de los productos, su baja calidad y una utilización irracional de la materia prima.

### **I.3 Metodología de las investigaciones.**

En esta parte del trabajo se exponen tres aspectos fundamentales, los cuales consideramos necesarios para esclarecer de mejor forma las cuestiones metodológicas tratadas, entre ellas un resumen de los principales trabajos desarrollados para cuarzo filoniano en la región oriental, la metodología general de los trabajos desarrollados y por ultimo una propuesta para la realización de la documentación geológica de los trabajos de campo para cuarzo filoniano, teniendo en cuenta que esta materia prima no es tradicional para Cuba, y considerando tanto la experiencia internacional, como la existente en nuestro país de los trabajos desarrollados en

la pasada década y sobre todo, la acumulada durante la realización de los trabajos pronóstico-mineragénicos en la región oriental de Cuba.

### **I.3.1 Resumen de los trabajos anteriores realizados para cuarzo filoniano en Cuba oriental.**

Los últimos años de la década pasada se caracterizaron por el desarrollo en Cuba, de las investigaciones geológicas en la esfera de la materia prima cuarzosa filoniana, en este sentido fueron ejecutados trabajos, en la zona del Escambray, en la Isla de la Juventud y en la región oriental de Cuba.

Las manifestaciones de cuarzo filoniano eran conocidas en oriente desde los años 1963 (Mapa de Yacimientos Minerales de Cuba), pero estas adolecían de investigaciones especiales para esta materia prima. Entre los primeros trabajos donde se reportaron manifestaciones de cuarzo, en la región oriental, cabe mencionar los de Svoboda (1966), Nagy y otros (1976), Nikolaev y otros (1981) y los trabajos de Sistematización y Generalización de las Materias Primas no Metálicas del Instituto de Geología y Paleontología (I.G.P.) de 1985.

A partir de los años 1986-1987, en la zona de La Corea fueron realizados trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo filoniano, por parte de profesores y estudiantes del ISMM, en colaboración con especialistas de la Unión de Empresas Geológicas (U.E.G.) del MINBAS. Estas investigaciones sirvieron de base para proyectar y comenzar a ejecutar los trabajos de prospección en este territorio en el año 1989 por parte de la Empresa de Geología de Santiago de Cuba, los cuales hubieron de ser interrumpidos, debido a las dificultades económicas a que se vio enfrentado el país, a partir de finales de la pasada década.

La segunda región de Oriente, donde fueron descubiertos cuerpos filonianos fue en el complejo metamórfico Sierra del Purial en el año 1989, por los trabajos de reconocimientos geológicos realizados por C.A. Leyva, L.V. Kulachkov, E. Suarez y C.Rosa, basándose en las numerosas manifestaciones de cuarzo filoniano sin inclusiones minerales visibles cerca del pueblo El Palenque (Municipio Imías, Provincia de Guantánamo). En las investigaciones realizadas anteriormente, solo se habían reportado puntos de cuarcificación.

Durante los años 1989-1990 se llevaron a cabo junto a diferentes colaboradores, los trabajos pronósticos de escala media y grande en los objetos más interesantes localizados con anterioridad. En estas investigaciones, además de los Distritos Cuarzíferos que se describen en este trabajo, se caracterizaron manifestaciones aisladas de cuarzo como la conocida por El Bled, reportada en el Mapa de Yacimientos Minerales no Metálicos y Combustibles de Cuba de 1988 (ubicada al norte del poblado de Buenaventura, provincia de Holguin), la manifestación del río Téneme y las cercanas al yacimiento de asbesto de Majayara (pertenecientes al municipio de Sagua de Tánamo, provincia de Holguin), y cerca del poblado Jobal (Baracoa, Guantánamo), las cuales no son de interés para nuestro trabajo por la baja pureza que presenta la materia prima.

Es de destacar el rol desempeñado por el Grupo Nacional de Cuarzo durante su periodo de trabajo (1987-1990), en cuanto a la organización y sistematización de las investigaciones para cuarzo filoniano en todo el país. Dentro de este grupo de especialistas, se valoraron en varias ocasiones los trabajos desarrollados en la región oriental de Cuba.

Durante los años 1990-1995 en la Facultad de Geología del I.S.M.M. se han realizado varios trabajos de diploma, por alumnos de nuestra carrera, se han presentado diferentes trabajos en eventos científicos nacionales e internacionales y publicado varios artículos científicos sobre esta temática.

### **I.3.2 Metodología general de las investigaciones de la materia prima cuarzosa en la región oriental de Cuba.**

En la realización del trabajo fue necesario la ejecución del siguiente complejo de métodos:

- Interpretación de fotos aéreas.
- Levantamiento geológico.
- Muestreo.
- Documentación.
- Análisis de laboratorio.
- Trabajos de gabinete.

**Interpretación de fotografías aéreas:** Estos trabajos se llevaron a cabo en las tres zonas estudiadas, empleándose las fotos aéreas 1: 36 000. La ejecución de estos trabajos nos permitió descifrar la estructura geológica de las zonas investigadas y orientar los trabajos de reconocimiento hacia las zonas de mayores perspectivas.

**Levantamiento Geológico:** Los trabajos de levantamiento se llevaron a cabo a través de itinerarios geológicos de prospección, en todas las áreas estudiadas. Para el desarrollo de los trabajos de campo se utilizaron hojas topográficas 1: 50 000, según la siguiente distribución:

- . Zona de La Corea (municipio El Frente, provincia Santiago de Cuba), hojas Calabaza, 5177-III y Fran País, 5177-IV.
- . Zona de La Tinta-Cantillo (municipio Maisí, provincia Guantánamo), hoja Cajobabo, 5376-III.
- . Zona de la Sierra del Convento (municipios Imías y San Antonio del Sur, provincia Guantánamo), hojas Imías 5276-II y Baitiquiri, 5276- III.

En el caso de La Corea se emplearon también para la localización de los puntos de observación y la ubicación de los cuerpos de cuarzo, fotos aéreas ampliadas 1:10 000 (obtenidas a partir de las fotos 1:36 000).

En resumen se realizaron en la zona de La Corea 38 Km lineales de itinerarios geológicos, y se describieron 51 puntos de observación. En el sector de La Tinta-Cantillo 28 Km y se documentaron 38 afloramientos y en la región de la Sierra del Convento 44 Km describiéndose 65 puntos de observación.

Se realizaron itinerarios además, en la zona del arroyo Manuel Ortiz, donde afloran también las anfibolitas de Güira de Jauco (situada al norte del sector de nuestros trabajos) y en otras zonas de la región oriental, en estos casos se utilizaron las hojas topográficas: Sábana, 5376-IV; Sagua de Tánamo 5177-I y Santa Catalina 5177-II.

Motivado por la complejidad del relieve y la poca aflorabilidad en la mayor parte de las zonas estudiadas, los itinerarios se realizaron principalmente por caminos, senderos y arroyos. La mayor densidad de itinerarios fue alcanzada en la zona de desarrollo de las metamórficas Macambo, Güira de Jauco y La Corea. La ubicación de las líneas de los itinerarios, en algunos casos, no fue la más correcta (por el rumbo de las estructuras geológicas principales), debido a las condiciones explicadas con anterioridad.

**Muestreo:** El principal método de toma de muestra empleado fue el de fragmentos, aunque en los casos que se muestrearon los cuerpos cuarzosos, se realizó el muestreo de surco punteado para lograr mayor representatividad, a pesar de las dificultades que entraña la toma de muestra en cuarzo.

El peso de las muestras de cuarzo fue de aproximadamente 2 kg, también se tomaron muestras de hasta 10 Kg para el caso del cuarzo transparente. En la zona de La Corea se tomó una muestra semindustrial de 200 kg. En todos los casos las muestras fueron sometidas a un proceso de beneficio manual con el martillo de geólogo, con el objetivo principal de eliminar las impurezas superficiales, especialmente de óxidos de hierro. El esquema general a que fueron sometidas las muestras para su tratamiento y beneficio se muestra en la Figura 1.

**Documentación geológica:** En el epígrafe 1.3.3., se describe en detalle la documentación para la materia prima cuarzosa filoniana; no obstante, de manera general, podemos plantear que se describieron los tipos de manifestaciones según su forma de yacencia (in situ, eluviales, deluviales y aluviales). Se caracterizaron los cuerpos mapeados según su longitud, ancho y potencia, tanto para las manifestaciones in situ, como para los bloques de cuarzo filoniano, así como su orientación en el espacio. Además, se describieron las características estructurales, texturales y otros parámetros importantes del cuarzo filoniano (características de las rocas encajantes, impurezas minerales, agrietamiento, etc.).

**Análisis de laboratorio:** Entre los análisis realizados a las muestras de cuarzo filoniano podemos destacar los químico-espectrales cuantitativos (23 muestras) efectuados en el Laboratorio Nacional de Minerales (LNM)"José I. del Corral" de Ciudad de La Habana y en la Academia de Minas de Freiberg (AMF), Alemania; los semicuantitativos (22 muestras) realizados en el Instituto de Materiales y Reactivos de la Electrónica (IMRE) de la Universidad de La Habana y en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM); análisis mineralógico (11 muestras) determinadas en el LNM y en el ISMM; análisis de transparencia (15 muestras) en el LNM; análisis de secciones pulidas (8 muestras) en el ISMM y el análisis de inclusiones fluidas (2 muestras) en la AMF.

Se realizaron además, diferentes análisis a las muestras de rocas encajantes, así como otras litologías relacionadas de una u otra forma con los cuerpos de cuarzo filoniano; entre estos tenemos: análisis de Rayos X (14 muestras-ISMM), secciones delgadas (52 muestras-ISMM) y análisis químico (8 muestras, efectuados en el Instituto Geológico Nacional de la ex-URSS).



**Trabajos de gabinete:** Estos se realizaron durante toda la etapa de los trabajos; es de destacar dentro de ellos, los correspondientes al pronóstico de escala media en una primera etapa (luego que fueron culminados los trabajos en la zona de la Corea y unido a la experiencia acumulada, especialmente en la región del Escambray); el pronóstico de escala grande en los principales campos cuarcíferos de la región oriental de Cuba y la evaluación pronóstico de toda la región oriental en materia prima cuarzosa filoniana . Revisten especial significación en este grupo, los trabajos de generalización efectuados para lograr cumplimentar los objetivos trazados en este trabajo. Caben mencionar también, diferentes técnicas de computación empleadas durante la realización de los trabajos, entre estas se pueden mencionar los procesadores de textos WP 6.0 y Word 6.0, la digitalización de mapas geológicos y gráficos, auxiliandonos del Surfer y el Autocad, así como el tabulador Excel.

### **I.3.3. Propuesta de metodología para las investigaciones geológicas de campo del cuarzo filoniano.**

En los últimos años han surgido numerosos métodos de pronóstico, prospección e investigaciones de laboratorio, sobre esta materia prima, muchos de los cuales exigen observaciones especiales que deben efectuarse a partir de los trabajos de campo e incluyen aspectos fundamentales de la investigación del cuarzo filoniano, teniendo presente las perspectivas de encontrar concentraciones industriales de cristal de roca.

Tomando en cuenta la experiencia internacional y nacional, así como, los trabajos pronóstico - mineragénicos desarrollados en la región oriental, consideramos conveniente proponer la siguiente secuencia general de investigaciones geológicas de campo para los objetos de materia prima cuarzosa filoniana:

- Reconocimiento preliminar del cuerpo geológico.
- Revisión detallada del cuerpo y especialmente de las áreas de acñamiento, flexuras, aumento de potencia, agrietamiento, apófisis y solbandas (pues justamente en estas zonas se ubican frecuentemente nidos de cristal de roca). Ejecución de las mediciones de los parámetros lineales y elementos de yacencia del cuerpo cuarzoso y las rocas encajante.
- Documentación geológica del objeto, incluyendo dibujos y fotografías del cuerpo y sus fragmentos.
- Muestreo.

- Observación de los territorios adyacentes, tanto por el rumbo del cuerpo, como perpendicularmente, con el fin de encontrar otros objetos cuarzosos o acumulaciones eluviales-deluviales de cristal de roca.

Estos aspectos pueden ser resueltos durante las investigaciones, tanto en afloramientos como en laboreos mineros, especialmente el muestreo aparece detalladamente explicado en diferentes obras (Kreiter, 1968; Lepin, Ariosa, 1986; Kazhdan, 1982).

En muchas ocasiones, particularmente durante las etapas iniciales de los trabajos geológicos, no es posible alcanzar el nivel de investigación deseado por causas objetivas, no obstante, para los objetos de materia prima cuarzosa filoniana, es necesario cumplimentar una descripción lo más completa posible, basada en la siguiente metodología.

### **1- Datos generales.**

1.1-Nombre del yacimiento sector, o manifestación y numeración de la hoja topográfica.

1.2-Número de afloramiento (punto de observación) o laboreo minero, su ubicación geográfica y coordenadas.

1.3-Tipo de manifestación (in situ, eluvial, deluvial, aluvial, etc.).

1.4-Dimensiones del afloramiento (o laboreo minero) y su orientación espacial.

### **2- Geomorfología del área.**

2.1-Características generales del área (alrededor de las manifestaciones) y posición del cuerpo cuarzoso en el relieve.

2.2-Carácter y grado de visibilidad del objeto en el microrelieve.

### **3- Morfología del cuerpo y sus dimensiones; orientación de los contactos y su variabilidad.**

### **4- Características de las rocas encajantes.**

4.1-Nombre de la roca encajante, formación a la que pertenece y edad.

4.2-Elementos de yacencia de las rocas encajantes, posición del cuerpo cuarzoso con respecto a las rocas encajantes (concordante, discordante o concordante por el rumbo pero

discordante por el buzamiento, es decir, concordante- discordante). Se conoce que en algunos yacimientos de los Urales solamente las vetas cuarzosas concordantes-discordantes son fuente de cristal de roca.

4.3-Color.

4.4-Grado de meteorización.

4.5-Composición mineralógica y particularidades texturo-estructurales.

4.6-Alteraciones de las rocas encajantes cerca del contacto con el cuerpo filoniano (zonalidad, composición mineral, particularidades texturo-estructurales y espesor de las rocas alteradas).

4.7-Agrietamiento, presencia de grietas mineralizadas, frecuencia, longitud, orientación y carácter de la mineralización.

4.8- Tabla de mediciones de agrietamiento (incluyendo los datos sobre la mineralización en las grietas). Los datos obtenidos, permiten hacer conclusiones acerca de la vinculación de los cuerpos investigados con fallas y pliegues.

4.9-Presencia, cerca del cuerpo, de otras litologías (particularmente diques, cuarcitas y esquistos cristalinos con alto contenido de sílice, a los cuales se asocian frecuentemente las vetas cuarzosas con cristal de roca).

## **5- Composición y constitución del cuerpo cuarzoso.**

5.1- Textura, se recomienda utilizar la clasificación hecha especialmente para las texturas del cuarzo filoniano (Korago y Kozlov, 1988).

5.2- Presencia de zonalidad en la distribución de los agregados minerales y su variabilidad.

5.3- Composición mineralógica del cuerpo cuarzoso (para cada zona por separado).

5.4- Alteraciones en las vetas, cerca de las rocas encajantes (zonalidad, composición mineralógica, particularidades texturo-estructurales, potencia de las zonas).

5.5- Agrietamiento del cuerpo cuarzoso, orientación de las grietas, presencia de grietas abiertas con cuarzo recristalizado en las superficies de ruptura, tipo de mineralización en las grietas. La recristalización del cuarzo puede ser resultado del proceso de formación de cristal de roca.

5.6- Constitución de los nidos de cristal de roca.

5.7- Alteraciones en la masa filoniana, cerca del contacto con los nidos de cristal de roca.

## **6- Estructura de los agregados cuarzosos (para cada tipo por separado).**

6.1- Forma de los individuos (isométrica, tabular, laminar, columnar).

6.2-Tipo morfológico de los límites entre los granos (planos, escalonados, dentados, curvados, etc.).

6.3-Dimensiones de los individuos. Frecuentemente se utiliza la siguiente escala de dimensiones de los granos:

- . Microgranular (menor de 0.1 mm ).
- . Granos finos (entre 0.1- 2.0 mm ).
- . Granos medios (entre 2.0- 20.0 mm ).
- . Granos gruesos (entre 20.0- 100 mm ).
- . Granos gigantes (mayor de 100 mm ).

En agregados masivos, las dimensiones de los granos se determinan, utilizando los reflejos de la luz sobre las superficies de clivaje. Teniendo alguna experiencia, es posible determinar también, el grado de deformación plástica en el cuarzo, mediante la brillantez de sus reflejos (los cristales deformados intensamente dan reflejos menos brillantes). La presencia simultánea de cuarzo deformado plásticamente y no deformado, en agregados de grano grueso y/o gigante, indican la posibilidad de encontrar nidos de cristal de roca en las vetas.

6.4-Estructura de los agregados cuarzosos (según Korago y Kozlov, 1988). Es de notar, que la presencia de estructuras metagenéticas, es un índice positivo de la existencia de cristal de roca en la veta.

## **7 - Características de los individuos cuarzosos.**

7.1-Color, transparencia, distribución de las partes transparentes, formas, dimensiones y grado de diferenciación de estas partes.

7.2-Hábito y formas cristalográficas simples de los individuos con caras bien definidas. Presencia de superficies complementarias y maclas.

7.3-Forma, dimensiones, composición, cantidad y carácter de distribución de las inclusiones sólidas y gaso-líquidas.

7.4-Presencia en los cristales, de figuras de crecimiento, de corrosión y planos de maclas.

7.5-Agrietamiento de los individuos (frecuencia, longitud y orientación de las grietas; tipo genético de las grietas).

Los resultados que se exponen en los próximos capítulos constituyen el producto de la aplicación de la metodología de las investigaciones a que nos hemos referido en este punto (1.3) y especialmente de la metodología propuesta para la etapa de desarrollo de los trabajos de campo del cuarzo filoniano. Se presentan casos, en que no es posible alcanzar el nivel de investigación deseado, debido a causas y limitaciones objetivas, las cuales se esclarecieron con anterioridad.

## **CAPITULO II.**

### **CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGION ORIENTAL DE CUBA.**

## II. 1 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA REGION DE ESTUDIO.

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 (Anexo Gráfico 1).

Las secuencias de los arcos insulares, están representadas por vulcanitas de diversa composición (cretácicas y paleogénicas) que afloran en la Sierra del Purial, Sierra de Yateras, Segundo Frente, etc. Algunas de estas formaciones están metamorfizadas en las facies de los esquistos verdes y glaucofánicos.

El complejo ofiolítico aflora extensamente en las montañas de la Sierra de Nipe-Cristal y Moa-Baracoa y en menor medida en la Sierra del Purial y está representado por anfibolitas, rocas ultrabásicas serpentinizadas, diabasas, basaltos y gabros. Las secuencias del Eoceno superior y más jóvenes tienen carácter terrígeno en la parte baja y media del corte, y carbonatadas en la parte alta del corte.

F. Quintas (1989) en su tesis doctoral, expone el concepto de Asociación Estructuro Formacional (AEF) y lo aplica a la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Propone un esquema estratigráfico integrador, estableciendo un sistema de unidades estratigráficas bien fundamentadas de acuerdo a 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 de esta región.

En la región mas 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. F. Quintas (1989) la ubica en el prisma de acreción del AIV del Cretácico; 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 además 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: Este basamento, oceánico, está constituido por ofiolitas metamorizadas, correspondientes a las metamorfitas Macambo, Güira de Jauco y la melange La Corea y parte de la megabrecha del arroyo Caletica, cerca de la punta de Maisí. Estas secuencias son consideradas también como parte de la AEF ofiolíticas, pero reconociendo siempre que constituyeron el basamento sobre el cual se edificó el AIV del Cretácico.
- Sub AEF efusiva sedimentaria: Está constituida por las metavulcanitas del grupo Sierra del Purial y otras formaciones vulcanógenas sedimentarias (Téneme, Turquino y Santo Domingo).

**AEF de las Cuencas Superpuestas de Primera Generación:** Comprende un conjunto de formaciones olitostromicas y flyshoides acumuladas en algunos casos en zonas de intensa movilidad tectónica. (Fm. La Picota, Fm. Mícara y Fm. Gran Tierra). Localmente estas formaciones pueden estar muy deformadas y formar algunos 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 compone de secuencias de rocas carbonatadas, terrígenas carbonatadas y terrígenas de carácter flyshoide, olitostromicas y de bancos carbonatados y arrecifales. En algunos casos se observa un paso gradual entre las formaciones del neocarbo volcánico y las cuencas marginales. En esta AEF se encuentran 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 la Fm. Majimiana, Fm. Punta de Maisí y otras.

## **II.2 DISTRITO CUARCIFERO MACAMBO.**

Este distrito se encuentra situado en la porción sur occidental del macizo montañoso Sierra del Purial, en la Sierra del Convento, comprendiendo parte de los municipios de Imías y San

Antonio del Sur, en la provincia Guantánamo (Figura 2), abarcando un área de aproximadamente 140 Km<sup>2</sup>.

### **II.2.1 Geología del Distrito Cuarcífero Macambo.**

Las características geológicas del mismo son complejas, pues en él se distribuyen diferentes litologías con relaciones tectónicas y distribución heterogénea. En esta área se desarrolla la llamada melange Sierra del Convento (ofiolítica) representados 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 de nuestro trabajo, utilizamos el mapa geológico de A. Nicolaev y otros (1981), completado por nosotros posteriormente con los trabajos de campo, en particular en las localidades de El Palenque y Sabanalamar (Figura 3). Las diferentes litologías presentes en el distrito serán descritas a continuación:

**Metamorfitas Macambo:** Se localiza al sur-oeste 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 perisféricas alrededor de las serpentinitas, ubicándose hipsométricamente en un nivel más abajo de estas. También es de destacar que estas metamorfitas tienen un desarrollo mucho más amplio de lo que se conocía hasta ese momento, distribuyéndose en cuatro campos aislados:

- En la cuenca del río Sabanalamar (cerca de 1,7 km<sup>2</sup>)
- Alrededor del pueblo El Palenque (7 km<sup>2</sup>)
- Al sur de la localidad Paso las Yeguas (2 km<sup>2</sup>)
- Cerca del pueblo Posango (1,3 Km<sup>2</sup>).

Estas rocas están compuestas principalmente por anfibolitas presentando además eclogitas, esquistos glaucofánicos, filones de cuarzo y otras rocas de apariencia granítica, a las cuales nos referiremos más adelante. 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 clinzoisitas, mica blanca y granate, que conservan restos de estructuras magmáticas y de grandes cristales de piroxeno, estas a veces aparecen cortadas



por unos metagranitoides zoisíticos. También afloran rocas zoisíticas, clinopiroxeno-zoisíticas y bandeadas, esquistos glaucofánicos, esquistos jadeíticos, rocas eclogíticas, metasilicitas granatíferas, hornblenditas densas y antigoritas.

Según Hernández y Canedo (1995) las anfibolitas presentan estructuras y texturas foliadas, de colores gris a negro, granudas y en ocasiones de granos pequeños. Presentan anfíbol hornblenda (en ocasiones sustituido por glaucofana), minerales del grupo de la epidota (zoicita y clinozoicita), cuarzo, mica moscovita, plagioclasa albita y a veces granate almandino. La textura es nematoblástica, en ocasiones porfiroblástica. Como minerales accesorios presentan ilmenita, esfena y leucóxeno.

Según Somin y Millán (1981), las paragénesis más desarrolladas según las variedades litológicas son:

1.- Anfibolitas con sustitución de hornblenda a glaucofana y las paragénesis:

Hbl (verde) + Czo + Ab;

Hbl (verde) + Grn;

Hbl (verde) + Grn + Czo + etc.

2.- Esquistos cristalinos con la paragénesis:

Ab + Cua + Czo + Mic (blanca) + Hbl (verde clara);

Cua + Ab + Mic (blanca) + Grn + Glf;

Ab + Grn + Glf.

3.- Esquistos glaucofánicos con la paragénesis:

Grn + Glf + Mic (blanca) + Tit;

Glf + Ab + Grn + Mic (blanca) + Cpir + Czo + Tit;

Glf + Cpir + Cua + Czo + Mic (blanca);

Glf + Cpir + Mic (blanca) + Ab.

4.- Metasilicitas.

5.- Eclogitas anfíbol-zoisíticas con la asociación:

Grn + Cpir (dióxido) + Hbl + Czo y con la sustitución Hbl- Glf.

Abreviatura de los minerales: Hbl - Hornblenda; Czo - Clinozoicita; Ab - Albita; Grn - Granate; Cua - Cuarzo; Mic - Mica; Glf - Glaucofana; Tit - Titanita; Cpir- Clinopiroxenos; Zoi - Zoisita; Mos - Moscovita; Clo - Clorita; Epi - Epidota; Crs - Crosita; Act - Actinolita.

En las rocas de la formación Macambo se encuentran fragmentos deformados de serpentinitas antigóricas muy alteradas con longitud de hasta varias decenas de metros. 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 Cpir (primario) - Hbl, desarrollo de mica blanca, clinozoisita o clinozoisita-epidota, albita.
- 3.- Facies de esquistos glaucofánicos: con la sustitución Hbl-Glf y Grn -Glf, formación de clorita y psilomelano.

Según Hernández (1992) los diagramas AFM unidos a la composición petrográfica, quimismo y posición estructural, nos indican que dichas rocas son equivalentes metamorfizados de parte del corte típico de las rocas de la asociación ofiolítica, ubicándose en el campo de las vulcanitas básicas de composición toleítica (Campos y Hernández, 1987) y acercándose al campo de los cúmulos máficos (Hernández y Canedo, 1995).

La edad K-Ar más antigua se obtuvo de unas anfíbolitas y fue de 116 millones de años aproximadamente; sin embargo los metagranitoides que las cortan fueron fechados con 82 millones de años. Un fechado U - Pb de esquistos zoisíticos arrojó una edad poco menor de 103 a 105 millones de años para el metamorfismo y poco mayor que 120 a 126 millones de años para su protolito (Millán, 1992).

**Ultramafitas:** Son de colores verde oscuro y grises, a veces algo azuladas, la estructura es variable desde masivas hasta brechosas y esquistosas. En secciones delgadas se han determinado minerales del grupo de las serpentinas (antigoritas y crisotilo), en ocasiones se encuentran talcificadas, 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, estando generalmente muy tectonizadas (Hernández y Canedo, 1995).

También afloran en el melange serpentinitico, peridotitas, aunque escasas, representadas por minerales del grupo de la serpentina y en menor medida clinopiroxenos, los cuales se encuentran anfíbolitizados y ortopiroxenos bastitizados. Las relaciones de contacto entre las

rocas de la Fm. Macambo y las serpentinitas no se conocen en la actualidad de una manera cierta.

**Grupo Sierra del Purial:** Aflora en la parte norte del distrito y cubre tectónicamente a las metamorfitas Macambo. Fue propuesto como grupo por vez primera por F. Quintas (1988), esta denominación es informal. En el Lexico Estratigráfico se reconoce como Fm. Sierra del Purial (propuesta por Cobiella y otros, 1984). También se conoce en la literatura como Complejo Sierra del Purial (Millán, 1992), Complejo Purial (Millán y Somin, 1985) y Fm. La Farola (D.P. Coutin y P. Gyarmati). Esta compuesto por secuencias de rocas vulcanógenas sedimentarias, generalmente metamorizadas en la facies de los esquistos verdes, localmente pueden presentarse no metamorizadas. La estructura interna de este grupo es bastante compleja, su variada litología esta representada por rocas volcánicas de composición basáltica, andesítica hasta riolítica. Es necesario señalar la existencia dentro del Grupo Sierra del Purial de algunas capas de mármol, con espesor de hasta 50 m.

En los esquistos verdes fueron determinadas las siguientes paragénesis (Somin y Millán, 1981):

Mos + Clo + Ab + Epi.

Ab + Epi + Crs + Clo + Ac + (con sustitución Crs-Clo).

Epi + Clo + Act + Ab

Entre las rocas magmáticas presentes en el distrito pueden mencionarse los diques de composición básica y ácida. Al este del poblado El Palenque, afloran cuatro diques subparalelo de ortoanfibolitas con un espesor que llega hasta 30 m. Son muy abundantes además en la zona de El Palenque los cuerpos filonianos cuarzo -feldespáticos aplíticos (Kulachkov y Leyva 1990). Estas rocas se presentan con variedades de granos (medios a finos), la potencia puede alcanzar hasta 60 metros (Foto 1).

La génesis magmática de esta roca se explica a través de sus afloramientos en el campo, donde es posible observar que las rocas cuarzo-feldespáticas forman una matriz alrededor de los bloques angulosos de anfibolitas (Foto 2).

En uno de los afloramientos las anfibolitas están cortadas por un cuerpo cuarzo feldespático, y a la vez estas ultimas se cortan por vetas cuarzosas de poco espesor (Foto 3). El cuarzo de

vetas es de grano fino, de color grisáceo, "calcedoniforme". Estas vetas de cuarzo contienen cristales de pirita (hasta de 2 cm) sustituidos casi completamente por hidróxido de hierro, lo cual nos sugiere la existencia de un proceso hidrotermal después de la formación del cuarzo "calcedoniforme".

Según Kulachkov y Leyva (1990) las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas son de estructura micropegmatítica, la textura es masiva con poca esquistosidad. La composición mineralógica en por ciento (%) es como se indica a continuación: plagioclasa (30-40), feldespato potásico (20-30), cuarzo (25-35) y mica blanca (3-5). Por su composición química (Anexo textual 9) se caracterizan por una alta concentración de sílice y poco contenido de los elementos máficos. No se encontraron abundancia de elementos raros, dispersos y radioactivos.

La comparación de la composición química de las rocas cuarzo- feldespáticas aplíticas con las metamorfitas cuarzo- feldespáticas, demuestra el predominio en las primeras del contenido de albita y un enriquecimiento comparativo en elementos máficos, aluminio y calcio por parte de las segundas.

Atendiendo a la composición mineral y propiedades texturo-estructurales, las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas y esquistos cristalinos cuarzo feldespáticos son rocas muy parecidas, por lo cual su clasificación en el campo es difícil; pensamos que esta pudiera ser la causa del aumento incorrecto del área de distribución de las rocas magmáticas en la zona, según los mapas geológicos de Cuba a escala 1: 500 000 y 1: 250 000 (1985, 1988).

Además de las vetas de cuarzo "calcedoniforme", también pertenecen a las formaciones postmagmáticas de este distrito:

- Zona de hematización y cuarcificación dentro de los esquistos verdes del grupo Sierra del Purial.
- Vetas de composición calcito- cuarzosas en las mismas rocas, y
- Manifestaciones de la mineralización talcosa en serpentinitas.

## **II.2.2 Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa Filoniana.**

En el distrito Macambo fueron localizadas 24 manifestaciones de materia prima cuarzosa filoniana (Figura 3), tanto de manifestaciones in situ como de bloques eluvio-deluviales. De

acuerdo a sus particularidades geológicas estas manifestaciones se pueden clasificar en 2 grupos:

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

### **Vetas cuarzosas concordantes en las metamorfitas Macambo.**

Constituyen el grupo más desarrollado en el distrito y a la vez el de mayor importancia, formado por cuarzo prácticamente monomineral. El cuarzo aparece en forma de vetas concordantes en las metamorfitas Macambo y de acuerdo a sus características pueden dividirse en:

- Cuarzo blanco lechoso.
- Cuarzo transparente y semitransparente.
- Cuarzo granular.

**Cuarzo blanco lechoso:** Los cuerpos de cuarzo de este tipo se encuentran tanto in situ como en forma de bloques eluviales y deluviales, estos últimos por su tamaño y sus concentraciones testimonian sobre la existencia de otros cuerpos in situ (ver Foto 4). Generalmente este cuarzo es de grano gigante a grueso. El cuarzo blanco lechoso está vinculado estrechamente con fallas, argumentándose por la interpretación de las fotos aéreas, y por la coincidencia de las cuencas de algunos arroyos con el rumbo de las vetas. La potencia vertical de algunas vetas puede llegar hasta 150 metros y el espesor de los cuerpos puede alcanzar hasta 3 m. Por el rumbo las manifestaciones tienen algunas decenas de metros, llegando en ocasiones hasta 200 m de longitud. La forma de los cuerpos no siempre puede ser precisada, presentándose en forma de vetas, o 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 es generalmente de grano gigante, pasando gradualmente a cuarzo granulado; muy 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 (hasta 3 cm de diámetro). En dos manifestaciones se observan cristales de roca en vinculación con el cuarzo blanco lechoso, como testigos de recristalización (microcristales en zona de nidos).

En este distrito existen 769 Tn de recursos posibles, 10 730 Tn de recursos hipotético y 3 800 Tn de recursos especulados, para un total de 15 200 Tn, de este tipo de cuarzo (Tabla 10). La composición química de muestras de este tipo de cuarzo puede apreciarse en los Anexos textuales 9 y 10.

**Cuarzo Semitransparente:** Se presenta generalmente 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 tres metros, observándose además el desarrollo de mica clara de grano fino en las zonas de contacto de las vetas. La forma de los cuerpos minerales es de vetas, con límites sinuosos.

En las especies menos transparentes existen grietas antiguas rellenas de cuarzo con abundancia de inclusiones gaso-líquidas. El brillo de este cuarzo es graso, según Korago y Kazlov (1988) esto demuestra sus alteraciones metamórficas .

En algunos puntos el cuarzo tiene una estructura muy singular, con una distribución paralela de los granos grandes prismáticos de cuarzo transparente, dentro de una matriz de grano fino, este tipo de cuarzo sufrió en diferentes grados las alteraciones secundarias.

De este tipo de cuarzo, en el distrito se reportaron (Kulachkov y Leyva, 1990) 1 520 tn de recursos hipotéticos y 500 tn de recursos especulados, para un total de 2 020 Tn en el distrito (Tabla 10).

**Cuarzo granular:** Este tipo de cuarzo se localiza en forma de vetas de dimensiones variables, desde 2-3 m hasta de poco espesor (0,5- 0,7 m). Las rocas encajantes son esquistos cuarzo-feldespáticos y glaucofánicos (Foto 5). El cuarzo, generalmente es de grano medio a fino, incoloro, transparente a semitransparente en ocasiones blanco, se transforma en algunos puntos gradualmente, a partir de cuarzo blanco lechoso; es por esta causa que consideramos, que por lo menos una parte del cuarzo granulado, se formó durante el dínamometamorfismo de cuarzo de otras variedades (blanco lechoso o semitransparente).

De este tipo de cuarzo, en el distrito, existen 8 Tn de recursos posibles, 1130 Tn de recursos hipotéticos y 400 Tn en recursos especulados para un total de 1 538 Tn.

Según los datos obtenidos de la tabla 10, en el distrito existen 780 Tn de recursos posibles, 13 300 Tn de recursos hipotéticos, 4 700 Tn de recursos especulados, para un total de 18 800 Tn

**Foto 5. Nidos de cuarzo granulado en esquistos glaucofánicos.**

**Nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas.**

Se encuentran directamente relacionados con el cuarzo del grupo anterior. Según C. Leyva y L. 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.

El tamaño de los cristales es de hasta 75 mm. (más frecuentes entre 40-50 mm). La cantidad de zonas transparentes en los cristales es de un 20-30 % de su masa total, siendo la

transparencia de sus partes superiores mas alta en los cristales alargados. En algunos puntos se determinaron maclas brasileñas; en general los cristales transparentes son mas alargados que los turbios. Las inclusiones minerales son raras (clorita e hidróxidos de hierro).

El área aproximada de estas manifestaciones es de 10x30 m<sup>2</sup>. En una de las principales manifestaciones la veta cuarzosa con cristales de roca esta localizada dentro de esquistos cristalinos cuarzo feldespáticos. La roca cuarzosa filoniana es de grano gigante, de color blanco, monomineral; contiene testigos de recristalización del cuarzo y cristales de cuarzo semitransparente (con desarrollo de algunas caras) en las paredes de los nidos.

El hallazgo de estas manifestaciones representa un índice directo muy importante para cuarzo piezo-óptico, también representan factores positivos, la transparencia de los cristales, su habito, el desarrollo de variadas formas cristalográficas y la presencia en el cuarzo filoniano blanco-lechoso de testigos de recristalización.

Otros tipos de mineralización cuarzosa que merecen ser destacadas son las siguientes:

- Vetas cortantes de cuarzo: Se describieron parcialmente con anterioridad, se reportaron vetas de espesor de 0.3 a 0.1 m. de cuarzo de aspecto "calcedoniforme" que cortan tanto las anfibolitas con las rocas cuarzo feldespáticas aplíticas. También en bloques deluviales se localizaron fragmentos de este cuarzo, los cuales contienen inclusiones de pirita de grano grueso sustituido por hematita y pequeños nidos (de menos de 5 cm<sup>3</sup>) 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 nidos, la génesis hidrotermal postmagmática de estas vetas.

- Grietas mineralizadas con cristales de cuarzo: Se ubican en rocas cuarzo-feldespáticas aplíticas (Fotos 6 y 7), 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 cristalograficas. El tamaño de los cristales es de hasta 25 cm, el hábito es isométrico. En algunos cristales se encuentran inclusiones aciculares de anfíbol (con longitud de 1 mm en las zonas de crecimiento).

Según la opinión de E.A.Kariakin (1984) y H.I.Blankenbug (1989) los cristales de habito isométrico se forman a temperatura cercana a los 570<sup>0</sup> C. por soluciones sobresaturadas. De acuerdo a su yacencia, composición y particularidades texturales este cuarzo posee una génesis hidrotermal postmagmatica.



- Cuerpos cuarzo-feldespáticos concordantes en las metamorfitas Macambo: Se caracterizan por su yacencia concordante en las anfibolitas. Las potencias de ambas manifestaciones no son grandes, por lo cual parecen tener poca importancia práctica.

Además se localizaron vetas calcito-cuarzosas las cuales se describirán a continuación como parte de las manifestaciones de otros minerales útiles.

Durante los trabajos de campo fueron localizadas algunas variedades exóticas de cuarzo como fueron bloques de cuarzo filoniano negro masivo con escasos y finos cristales de piritita y olor bituminoso al cortarlo y fragmentos de calcedonia de color gris.

### **II.2.3 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 formación Macambo). Su potencia se evalúa no menor de ocho metros. La roca es masiva, de grano grueso, con una textura jaspeada, consta de 40 % de calcita no transparente de color blanco y de 60 % de cuarzo blanco. Según Kulachkov y Leyva (1990) la génesis posible de estas vetas es metamórfica y pudieran poseer mineralización aurífera (vetas oro-cuarzosas y oro-calcito-cuarzosas) con analogía con el yacimiento Delita de la Isla de la Juventud.

**Talco y rocas talcosas:** Se localizaron en esquistos talcosos y esquistos clorítico-talcosos. Estas son descritas en los trabajos de Kulachkov y Leyva (1990) y Ponciano (1991), donde se refieren a su posible utilización como materia prima en la farmacología y la perfumería, 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 se relaciona con su elevado grado de agrietamiento, se considera necesario realizar una valoración detallada de su potencialidad.

**Serpentinitas con zonas de asbesto:** Están distribuidas fundamentalmente en la localidad de Posanco.

**Rocas tipo jaspe:** Pueden ser utilizadas como piedra semipreciosa o de artesanía. En investigaciones realizadas comprobamos sus excelentes propiedades decorativas, estando limitada su perspectiva por el agrietamiento abundante y la cuantía de los recursos.

**Rocas cuarzo-feldespáticas aplíticas:** Su composición es mostrada en el anexo textual 11, estas rocas fueron sometidas a pruebas tecnológicas en la planta de cerámica blanca de Holguín, obteniéndose resultados satisfactorios, pensamos también que pudieran evaluarse para la industria del vidrio. Es significativo destacar la cuantía en recursos de estas rocas y los volúmenes enormes de algunos cuerpos (ver Foto 2).

**Micas:** Están asociadas a zonas tectónicas y afectadas por procesos metasomáticos-hidrotermales de alta temperatura (Duran, 1993). Los cuerpos con mineralización micacea se presentan muy irregulares; podrían ser obtenidas tanto a partir de esquistos micaceos del Grupo Sierra del Purial como a partir de las rocas aplíticas.

### **II.3- DISTRITO CUARCIFERO GUIRA DE JAUCO.**

Este distrito está ubicado en el extremo oriental de la provincia de Guantánamo en el municipio Maisí (Figura 2) y posee un área de aproximadamente 90 Km<sup>2</sup>. Hacia el oeste el distrito está limitado por la gran falla submeridional Yumuri-Jauco.

La geología de esta región está descrita en diferentes obras, entre las que caben destacar J. Cobiella, 1983; J. Cobiella y otros 1984; M. Hernández, 1987 a, b; M. Hernández, 1992; M. Somin y G. Millán, 1981, 1985; F. Quintas, 1989. La presencia de cuarzo fue revelada por primera vez en el mapa de A. Nicolaev y otros (1981), en el que aparecen representados por una serie de puntos con testigos de cuarcificación.

—

#### **II.3.1 Geología del Distrito Güira de Jauco.**

—

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 serpentínicas y rocas sedimentarias más jóvenes de la Fm. Cabo Cruz (Figura 4). Realizando una breve descripción de estas litologías podemos exponer las cuestiones siguientes:

**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 10-12 Km<sup>2</sup> y distribuyéndose 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 Ortiz. Contacta tectónicamente con las formaciones: Sierra Verde, Sierra del Purial y las Serpentinitas y discordantemente con las formaciones Imías y Punta de Maisí.

Esta formación se compone de anfibolitas gnéisicas y esquistos anfibolíticos con abundancia de cuarzo y feldespato, estructura nematoblástica y granoblástica (Hernández, 1987 a). Intercaladas aparecen franjas de serpentinitas con dirección submeridional, apreciándose el contacto tectónico con ambas litologías.

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

Es característico dentro de las anfibolitas el desarrollo de la migmatización por capas con sustancia cuarzo-feldespática (Foto 8), además se destaca la presencia de cuerpos pegmatíticos cuarzo-feldespáticos o moscovito- cuarzo feldespáticos. Las anfibolitas en ocasiones son granatíferas.

Por el método Pb-Pb se obtuvo un fechado menor o igual de 100 millones de años en una variedad metagabroídica (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), distribuyéndose fundamentalmente en el campo de los basaltos de la serie toleítica y en menor grado en el campo de los basaltos de la serie calcoalcalina.

Estas anfibolitas tienen un menor contenido de FeO, TiO<sub>2</sub> que las anfibolitas de Macambo (Hernández 1987 b, 1992), y un mayor contenido de SiO<sub>2</sub>, lo que indica la naturaleza más básica de las anfibolitas de Macambo.

**Foto 8. Anfibolitas migmatizadas con sustancia cuarzo-feldespatica.  
Localidad El Naranjo.**

Según G. Millán y otros (1985) estas rocas están plegadas y en ocasiones poseen pliegues isoclinales formados después de la esquistosidad. La esquistosidad y el bandeamiento se orientan en dirección submeridional. A diferencia de las formaciones con las cuales contacta, la Fm. Güira de Jauco contiene venas pegmatíticas y pequeños cuerpos intrusivos de composición diorítica o cuarzo-diorítica. Bajo la forma de lentes estrechos o escamas se destacan numerosos cuerpos de serpentinitas dentro de las anfibolitas. En la cabecera del Río Cañas aparecen grandes bloques de anfibolitas (hasta unos 200 m de largo) completamente rodeados de serpentinitas, lo cual evidencia la dislocación y desplazamiento de las rocas de esta formación (Millán y otros, 1985). En ocasiones afloran serpentinitas mezcladas con las anfibolitas. En contacto con esta faja se exponen además gabros diabasas no metamorfizadas (Millán, 1992).

**Fm. Sierra Verde:** Contacta tectónicamente con la Fm. Güira de Jauco. Se caracteriza por la presencia de rocas terrigenas 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 G. Millán (1992) se trata de una sucesión de filitas lustrosas y metapsamitas finas, ricas en material grafitico, con intercalaciones de metavulcanitas básicas (principalmente basaltos), calizas cristalinas grises y de metasilicitas radiolaríticas. En una capa de caliza cristalina se encontraron numerosos fósiles que indican que el protolito tiene edad del Thitoniano-Cretasico inferior y debe sobreyacer estratigráficamente a la Fm. Asunción. Las filitas contienen lawsonita y las metavulcanitas asociaciones con glaucofana y pumpellita, indicando que su metamorfismo es de tipo de alta presión y baja temperatura.

Las asociaciones minerales determinadas en estas rocas permiten agruparlas en la facies de los esquistos verdes, pero en los límites más bajos de temperatura de esta facies (Hernández, 1987 a).

**Fm. Asunción:** Se localiza en el extremo Este del distrito cuarcífero Güira de Jauco. Posee sinonimia con la Fm. Chafarinas. Esta 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 mármoles de colores oscuros a veces son ricos en materia carbonosa y pueden ser fétidos o bituminosas. En ocasiones contienen capas o capillas de cuarcitas metapedernáticas. Además, aparecen secciones de mármoles dolomíticos de grano muy fino y color gris claro hasta casi negro. En relictos de una caliza menos recristalizada fueron encontrados numerosos restos de foraminíferos, que indican una probable edad jurásica superior para su protolito (Millán, 1992), Como minerales accesorios pueden contener pirita, grafito y en ocasiones hematítica. Las asociaciones minerales principales evidencian las facies de los esquistos verdes en especial la zona de la clorita de dicha facies (en los límites más bajos de temperatura).

**Grupo Sierra del Purial:** Contacta tectónicamente con la formación Güira de Jauco y se localiza en la parte occidental del distrito. Su litología es muy variada, representada por rocas volcánicas de composición basálticas, andesíticas hasta riolíticas, metamorfizadas en la facies de los esquistos verdes. Las características de este Grupo fueron descritas con más detalles en el Distrito Cuarcífero Macambo.

Es interesante destacar desde el punto de vista tectónico las ideas de J. Cobiella (1983) donde este autor expone “Las metamorfitas sialicas de Maisí (Fm. Sierra Verde y La Asunción) están probablemente emplazadas sobre las metamorfitas máficas (Fm. Guira de Jauco y Sierra del Purial), siendo a su vez sobrecorridas por las ultramafitas serpentinizadas”.

En este sentido se discrepa de ideas anteriores que suponen contactos bruscos entre estos complejos rocosos.

A la categoría de formaciones magmatógenas pertenecen un sill de diabasa en las rocas de la Fm. Sierra Verde con espesor de algunos decímetros y tres cuerpos de serpentinitas (Somin y Millán, 1981).

Según (Kulachkov y Leyva, 1990) la brecha serpentinitica intensamente metamorfozada con matriz talco-cloritica, que aflora al sur del Distrito cuarcifero, en la cuenca del arroyo Caletica, no es correlacionable con las rocas ultrabasicas del Cretácico tardío presentes en el área. De acuerdo a la opinión de F. Quintas (1989) forman parte de la Sub Asociación Estructuro Formacional del basamento del AIV Cretácico.

La actividad postmagmática esta reflejada en forma de vetas y vetillas cuarzo-sulfurosas cortantes, las cuales se encuentran frecuentemente en las zonas de trituración de poca potencia (1 a 2 m), dentro de las rocas metamórficas y que se acompañan de piritización diseminada y vetilosa-diseminada.

Otras formas de la actividad hidrotermal es la presencia de vetas calcíticas con potencia de hasta un metro y zonas de brechamiento con matriz calcítica en rocas carbonatadas, estas se tratan mas adelante en relación al hallazgo en ellas de espato de islandia y ónice de mármol.

### **II.3.2 Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa Filoniana.**

En este distrito las manifestaciones de la mineralización cuarzosa filoniana pertenecen al grupo de: **Cuerpos concordates de cuarzo en las anfibolitas de la formación Güira de Jauco.**

Este grupo es el de mayor importancia para nuestro trabajo, el cuarzo filoniano se caracteriza por una alta pureza, localizándose en forma de vetas concordantes en las anfibolitas de la Fm. Güira de Jauco. Una veta típica de este cuarzo se reportó a ambos lados del arroyo los Tibes, donde el cuerpo cuarzoso contiene restos de anfibolitas en forma de placas finas con

esquistosidad y dirección concordante con las anfibolitas encajantes (Foto 9 y 10). Este cuerpo se acompaña de pequeños lentes de cuarzo concordantes dentro de las anfibolitas, y sus espesores promedios son de 3 m. Este cuerpo se caracteriza por tener una longitud de 27 m, con potencia horizontal de 7 m y potencia vertical de 2.5 m. EL cuarzo presente es blanco lechoso, macroscópicamente monomineral con diámetro de los granos de dos a cuatro milímetros. Los análisis químicos demuestran la alta pureza de este cuarzo (Anexo textual 9 y 10). Según (Kulachkov y Leyva, 1990), la manifestación reportada tiene 690 Tn de recursos posibles.

Se debe destacar, que en este distrito, solo se evaluó detalladamente el cuarzo filoniano en una manifestación; pero las dimensiones y la calidad del mismo, avalan, que puedan realizarse trabajos más detallados (considerándose muy probable que se revelen otras manifestaciones importantes). Lo anteriormente planteado, puede ser argumentado, debido al relieve complejo, a la poca aflorabilidad y la inaccesibilidad de la zona. Los itinerarios se realizaron principalmente por senderos, caminos y arroyos, condicionando que los mismos siguieran la dirección del rumbo de las estructuras geológicas principales; y no transversales a estas, como debían haberse realizado.

Es necesario mencionar además otros tipos de mineralización cuarzosa en el distrito:

- Vetas cortantes de cuarzo: Se ubican en bloques de rocas moscovito-feldespáticas pegmatíticas, en forma de fragmentos de vetas de poco espesor (hasta 30 cm) de cuarzo de grano fino, prácticamente no metamorizado y poco agrietado, este cuarzo tiene un aspecto "calcedoniforme" muy similar al descrito en el distrito cuarcífero Macambo.

El contacto de este cuarzo con la pegmatita tiene un carácter cortante y probablemente constituye una formación hidrotermal más tardía. Por sus pequeñas dimensiones no son de interés industrial.

- Rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas: Estos cuerpos se localizan en las anfibolitas de la Fm. Güira de Jauco. Entre los rasgos más comunes de localización de estos cuerpos es importante señalar, su yacencia concordante, la orientación submeridional con buzamiento suave (10 a 15 grados), y su espesor entre 0.3 y 3 metros. La forma de los cuerpos es de lentes y de vetas lentiformes, La composición de los cuerpos es cuarzo-albítica a veces consta solo de feldespatos, de granos medios a granos grandes, poco cataclastizada y poco esquistosa.

El cuarzo presente en las rocas pegmatíticas es de color gris, con granos de diámetros hasta 1.5-2 cm. Concentraciones de cuarzo de interés industrial no se encontraron en estas rocas. Las impurezas están representadas por anfíbol, clorita, talco y moscovita en forma de cristales muy deformados de un diámetro de hasta 30-35 mm y pequeña altura.

Por los resultados obtenidos de los análisis químicos (Anexo textual 11) y según Kulachkov y Leyva (1990), se revelaron contenidos de K, Na y Ca que evidencian el predominio grande de albita sobre otras variedades de feldespato. A pesar de la poca presencia de elementos colorantes ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ) e impurezas dañinas de CaO y MgO, parece poco probable la utilización de esta materia prima para la industria cerámica, existiendo una relación baja de  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  en las muestras investigadas. Igualmente no fueron detectados elementos raros, dispersos o radioactivos en altas concentraciones, aunque se explica que el muestreo fue de pequeño volumen para lograr realizar una evaluación exacta.

Algunos de estos cuerpos fueron descritos anteriormente, haciendo énfasis en la posibilidad de su utilización como fuente de moscovita, demostrándose posteriormente que las mismas tienen una perspectiva de utilización muy baja, a causa de su rareza, pequeño tamaño de los cristales, y su deformación debido a los movimientos tectónicos; estos últimos provocan su inutilidad radioelectrónica. La utilización para otras ramas de la industria está limitada por los recursos evidentemente pobres.

### **II.3.3 Manifestaciones de otros minerales útiles.**

Además de las manifestaciones de cuarzo anteriormente descritas, en este distrito, existen los siguientes tipos de mineralización útil.

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

**Ónice de mármol:** están asociadas a las vetas calcíticas y poseen excelentes propiedades para la industria artesanal.



**Mineralización veteadad-diseminada de sulfuros (pirita):** que 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 que la mayor parte están muy tectonizados, pensamos que es necesario realizar una valoración más detallada en algunos sectores.

**Esquistos talcosos:** los cuales pueden ser evaluados para materia prima talcosa.

## **II.4 DISTRITO CUARCIFERO 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 70 km<sup>2</sup> (Figura 2).

### **II.4.1 Geología del distrito La Corea.**

-

Las variedades litológicas predominantes en la megabrecha de La Corea (Figura 5) según B. Agueev, F. Quintas y otros (1987) son las siguientes: cuarcitas y cuarcitas micáceas, esquistos glaucofánicos, esquistos moscovíticos y moscovíticos cuarzosos, esquistos grafiticos moscovíticos, anfibolitas gneísicas, gneis cuarzo-albitos-moscovítico, serpentinitas, gabros y diabasas.

Según F. Quintas, (1987) en La Corea aflora una gigantesca brecha, donde se localizan rocas de diferentes grados de metamorfismo, composición mineralógica y origen. Los bloques muchas veces aparecen aislados y muchos de ellos son representativos de un solo tipo de roca metamórfica. El conjunto de bloques está incluido como una megabrecha tectónica dentro del melange ofiolítico, pero ocupa una posición estratigráfica más o menos definida, cercana a la base del manto ofiolítico. Según este mismo autor, las características geológicas de estas secuencias, son típicas de la zona de contacto entre las regiones oceánicas y continentales, por lo que probablemente el metamorfismo regional de estas puede estar

relacionado con una zona de subducción. Según Millán (1992) el protolito de estas anfibolitas parece ser la sección superior de una asociación ofiolítica.

Las anfibolitas presentan una textura predominantemente esquistosa, aunque existen variedades gnéisicas. La estructura es algo variada predominando las cristaloblásticas y nematoporfidoblástica, de acuerdo a su composición las anfibolitas se pueden clasificar en las siguientes variedades: anfibolitas de hornblendas 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 (Agueev, Quintas y otros, 1987).

Las cuarcitas se caracterizan por su estructura granoblástica, color blanco, aspecto granuloso, a veces con pequeños cristales de cuarzo bien formados, como minerales accesorios aparece la moscovita, clorita y rutilo. Estas se encuentran en bloques aislados o en capas intercaladas con los esquistos moscovíticos-cuarzoso.

Las variedades de esquistos presentes en esta zona son diversas, de manera general se pueden mencionar: esquistos micaceos y granatíferos, esquistos magnesianos, esquistos de actinolita-clorita, esquistos cuarzo feldespáticos, esquistos glaucofánicos. También existen una gran variedad de rocas gnéisicas.

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

Bloques de pegmatitas graníticas fueron reportados en La Corea por V. Svoboda (1963), este autor describió nueve cuerpos de estas rocas, señalando su importancia como materia prima cerámica, como fuente de mica, e incluso la presencia de cuarzo hialino dentro de las pegmatitas.

En el área estudiada están presente también las siguientes unidades:

**Fm. Santo Domingo:** Aflora hacia el sureste, está compuesta esencialmente por tobas de composición básica, color pardo, muy agrietada, solo 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 tobaceas incluidas en el melange de La Corea sean bloques de esta formación.

**Fm. Mícara:** Comparte su zona de propagación con la Fm. La Picota. La Fm. Mícara está compuesta por areniscas bien estratificadas de granos medios a finos, a veces muy arcillosas y calcáreas, además contiene clastos de vulcanitas básicas (Quintas, 1987). También están presente facies terrígenas y terrígenas 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 del melange ofiolítico. Se compone de olistostromas 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 estas constituyen su principal fuente de suministro. (Quintas, 1989).

**Ofiolitas:** Las ofiolitas constituyen una secuencia muy deformada compuesta por diversos tipos de serpentinitas, gabros y diabasas. Según F. Quintas (1987) es posible que algunos bloques que componen la brecha de La Corea, formen parte de este conjunto, especialmente los esquistos talco- actinolíticos, parte de las anfibolitas y esquistos glaucofánicos.

También están presentes en la zona de La Corea variedades de Serpentinitas, entre estas harzburgitas serpentinizadas y dunitas serpentinizadas, siendo frecuente la presencia de minerales metálicos diseminados. En algunos lugares se observa que las serpentinitas están talcificadas y presentan además vetas de crisotilo, largas y flexibles de hasta cinco centímetros. Asociadas a las Serpentinitas, aparecen tanto rocas básicas (diabasas, basaltos y gabros), como rocas metamórficas (anfibolitas, gneiss y cuarcitas).

#### **II.4.2 Manifestaciones de la Mineralización Cuarzosa filoniana.**

En este distrito se localizaron manifestaciones de cuarzo filoniano (Figura 5) 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.

### **Vetas concordantes de cuarzo.**

En este distrito se han revelado 20 manifestaciones de la mineralización cuarzosa de este grupo. En general estas manifestaciones 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: blanco lechoso, semitransparente y granular, aunque es de destacar el predominio del cuarzo blanco lechoso de grano grueso.

**Cuarzo blanco-lechoso:** Es el más ampliamente desarrollado en el área estudiada, posee un alto grado de turbidez, lo cual está determinado por su intenso agrietamiento y por la gran cantidad de inclusiones gaso-líquidas. Este tipo de cuarzo filoniano se caracteriza por tener granos gruesos que en ocasiones llegan a ser granos gigantes. Según los análisis químicos de seis muestras, este cuarzo posee un contenido de  $\text{SiO}_2$  promedio de 99.86 %, lo que demuestra su alta pureza (anexo textual 10). Los recursos hipotéticos de cuarzo blanco lechoso en este distrito son del orden de las 3 235 Tn.

**Cuarzo semitransparente:** Se encuentra en el distrito formando pequeñas manifestaciones, este tipo de cuarzo es de textura masiva, y los granos varían desde medios hasta gruesos, predominando este último. El cuarzo filoniano en una misma veta varía desde una alta transparencia hasta una baja transparencia (prácticamente a especies no transparentes). El contenido promedio de  $\text{SiO}_2$  en seis muestras fue de 99.73 % (anexo textual 10). Los recursos hipotéticos de este tipo de cuarzo filoniano son del orden de las 715 Tn.

**Cuarzo granular:** Dentro de este grupo el cuarzo granular generalmente se presenta de grano fino (1-2 mm) a medio (2-5 mm), pero la mayor perspectiva en este tipo de cuarzo está relacionada con los núcleos de cuarzo en las pegmatitas, los cuales expondremos a continuación.

### **Núcleos de cuarzo en las rocas pegmatíticas.**

Los núcleos de cuarzo poseen diámetros de 1 a 2 metros y en los mismos se observan contactos bien definidos entre el cuarzo filoniano y las pegmatitas. Durante los trabajos de campo pudimos comprobar la existencia de cuerpos pegmatíticos con núcleos de cuarzo con 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 sin haber sido reportados núcleos de cuarzo en ellas.

En uno de los principales afloramientos las rocas encajantes están representadas por esquistos grafito-sericítico-cuarzosos, se encuentran además bloques de pegmatitas con lentes subparalelos de cuarzo de grano grueso, de color gris, y de cuarzo granuloso transparente incoloro.

El contenido de cuarzo en la roca pegmatítica alcanza 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 cuarzo y 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 de los lentes es de 5 a 10 mm hasta 15 mm. La forma de los granos es compleja, debiéndose al crecimiento individual conjunto, además 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 de este cuarzo realizados en la Universidad Técnica, Academia de Minas de Freiberg (Sajonia, RFA) bajo la dirección del Dr. H.I. Blankenburg, las condiciones de formación del cuarzo granuloso de esta manifestación corresponden a una temperatura entre 625 a 525°C. con presión entre 650-550 mpa.

Según B. Agueev y otros (1987) la información disponible en cuanto a la geología de los yacimientos de cuarzo en otros países (Brasil, Rusia, Checoslovaquia, etc.), nos permite afirmar que este tipo de cuarzo se encuentra raras veces en la naturaleza y por su calidad se acerca al cristal de roca. Una materia prima muy semejante fue investigada en las pegmatitas de los Urales orientales (Vertuskov, 1980), donde el cuarzo granuloso se formó a partir del cuarzo masivo de grano gigante, según demostraron las investigaciones ópticas.

Es significativo señalar que en las demás regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud), esta variedad de cuarzo granular grueso de alta transparencia no se reportó,

incluso, de forma general, las manifestaciones de cuarzo granular, poseen muy escasa distribución.

Los recursos hipotéticos de cuarzo granular en la región ascienden a 1375 tn.

#### **Nidos de cristal de roca en las vetas cuarzosas.**

En el extremo noreste del distrito cuarcífero La Corea fueron reportadas acumulaciones eluviales-deluviales de cristal de roca sobre un cuerpo cuarcífero concordante, ubicado dentro de esquistos cristalinos micaceo-feldespático-cuarzoso. En el eluvio se ubican drusas de cristal de roca y algunos cristales aislados de longitud de hasta 80 mm (Leyva y Kulachkov, 1995). Los cristales son de hábito isométrico, con desarrollo de caras de romboedros, pequeñas caras de prisma hexagonal y de pirámide trigonal o prisma corto (Foto 11)

#### **Foto 11. Cristales de roca de hábito isométrico. Localidad El Halcón.**

En los cristales transparentes a veces se observan inclusiones de minerales arcillosos y clorita, incluso en las zonas de crecimiento. El cuarzo filoniano encajante varía desde cuarzo blanco lechoso hasta transparente de color gris.

Hasta el momento, la mayor importancia de estas manifestaciones radica, en ser consideradas un índice directo para el cristal de roca en el distrito, y desde el punto de vista práctico, pueden ser comercializadas como piedras semipreciosas y muestras de colección, pues incluso se localizaron muestras de cristales de roca con inclusiones minerales (cuarzo dendritico). Muestras de este tipo de cuarzo investigadas en Rusia por el Dr. A. Kozlov (1995), indican la existencia de cristales aciculares de epidota, los cuales fueron disueltos casi por completo y los canales recubiertos por una película fina de hidróxido de hierro, la cual produce una tonalidad dorada en las muestras

Otros tipos de mineralización cuarzosa, presentes en el distrito, 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 tiene interés como materia prima cuarzosa.

Resumiendo las manifestaciones de la mineralización cuarzosa filoniana, en este distrito, es necesario precisar, que el mayor interés práctico, como materia prima cuarzosa filoniana, esta representado por los dos primeros grupos (vetas cuarzosas concordantes en las metamorfitas de La Corea y los núcleos de cuarzo en las rocas cuarzo-feldespáticas pegmatíticas), esto obedece tanto a la calidad como a la cuantía de estos recursos.

La relación, según sus variedades industriales del cuarzo semitransparente, granular y blanco lechoso, es de 1: 2: 4. En total se calcularon 5375 tn de recursos hipotéticos (tabla 11) y debido a que solo se realizaron trabajos de reconocimiento geológico en dos terceras partes del territorio prospectivo. Los recursos especulados se calcularon en el orden de 2660 tn, lo cual representa una cifra de los recursos totales (hipotéticos + especulados) de 8 230 tn. en el Distrito Cuarífero de La Corea.

Otra de las características principales del cuarzo filoniano de La Corea es su alta pureza, lo cual esta relacionado con su bajo grado de agrietamiento.

### **II.4.3 Manifestaciones de otros minerales útiles.**

Además, de las manifestaciones de mineralización de cuarzo filoniano, en este Distrito se han reportado las siguientes manifestaciones de minerales útiles:

**Asbesto:** En el distrito se localizaron diversas manifestaciones, la de mayor importancia se detectó en las cercanías del Halcón, donde afloran numerosas vetas, que en casos excepcionales alcanzan un metro de longitud y de 6 a 8 cm. de ancho (Quintas, 1987), el color del asbesto es blanco y se recomienda a la zona de Pico Cristal-El Gallego como la mas perspectiva para esta materia prima (debido a la propagación de las serpentinitas y a la proximidad de las manifestaciones).

**Grafito:** Forma parte de los esquistos grafitico-micaceo-cuarzosos en las proximidades de El Halcón. F. Quintas (1987) propone a esta materia prima como perspectiva en el área, para ser evaluada, debido a la alta frecuencia de las intercalaciones y el área que ocupan.

**Arena cuarcífera:** Los mayores volúmenes se localizan al norte de El Halcón, según Svoboda (1965) existen 5 000 tn de estas arenas distribuidas en cinco manifestaciones. Determinadas cantidades de estas arenas han sido extraídas en la década pasada por la Empresa René Ramos Latour de Nicaro, para ser empleadas como arenas de moldeo en los talleres de fundición de esta industria.

**Micas:** Las rocas metamórficas micaseas están ampliamente propagadas en todo el distrito. Las variedades más frecuentes son la moscovita y la sericita. En investigaciones experimentales efectuadas en el I.S.S.M. en colaboración con la Facultad de Metalurgia se obtuvieron concentrados de micas, a partir de muestras de esquistos micaseos, que avalan la perspectiva de esta materia prima en el territorio.

**Cuarcitas:** Se caracterizan por su color blanco, a veces blanco lechoso, su granulometría es fina. Las cuarcitas contienen poca mica moscovita y otros minerales accesorios, y en ocasiones son de alta pureza. La región de El Oro presenta la mayor concentración de manifestaciones de cuarcita. Es conveniente su evaluación, como material de revestimiento de hornos (Leyva y Pons, 1996), además, para la posible producción de ferrosilicio.

**Pegmatitas:** Se localizaron en grandes bloques distribuidos caóticamente en las brechas tectónicas, los minerales principales de estas rocas estan representados por: feldespato,



moscovita y cuarzo. Según Svoboda (1966) las reservas ascienden a 555 000 tn de material pegmatítico y se recomienda su explotación por su alto contenido de mica moscovita (410 tn), y el alto contenido de feldespato, donde algunos cuerpos alcanzan (70 000 tn). Estas pudieran evaluarse según este autor para vidrio, cerámica e industria eléctrica. Pensamos que si pudieran ser evaluadas para cerámica y vidrio, pero no así para la industria eléctrica por estar muy tectonizadas, y de esta forma estar inutilizados los cristales para este uso.

Nos parece necesario esclarecer que en el proyecto que se comenzó a ejecutar en el año 1990 por parte de la antigua Empresa Geológica de Oriente, hoy Empresa Geólogo Minera Oriental, se contemplaba la evaluación, no solo del cuarzo filoniano en la zona de La Corea, sino también de las pegmatitas y cuarcitas (Perez, Leyva y otros, 1988).

Luego de haber expuesto los contenidos referentes a este capítulo, donde se han descrito las características geológicas de la región de estudio, las particularidades de la geología de los distritos cuarcíferos y los tipos de mineralización cuarzosa, se considera que se han creado las bases para tratar en el próximo capítulo los aspectos relacionados con el pronóstico del cuarzo filoniano en la zona oriental de Cuba.

### **CAPITULO III**

#### **CRITERIOS DE EVALUACION PRONOSTICO Y PERSPECTIVAS DE UTILIZACION DEL CUARZO FILONIANO DE LA REGION ORIENTAL DE CUBA.**

Este capítulo está dedicado de manera general a la consideración del aspecto cualitativo del pronóstico de los objetos cuarzosos filonianos metamórficos-hidrotermales en la región mas oriental de Cuba.

Nos hemos basado en los principios del pronóstico geológico para la materia prima cuarzosa filoniana, la cual incluye por un lado el análisis científico de las regularidades de localización de la materia prima investigada, y por otra parte, la evaluación de las áreas y objetos favorable tomando en cuenta las regularidades de ubicación de los yacimientos patrones.

Primeramente, hemos considerado necesario incluir en este capítulo una propuesta de clasificación para las variedades de la mineralización cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba, así como los aspectos genéticos que se relacionan con la materia prima investigada, estos últimos aspectos constituyen el basamento para el establecimiento de las regularidades de distribución del cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba.

### **III.1 Propuesta de clasificación para las variedades naturales del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba.**

En las provincias orientales existe una gran diversidad de tipos naturales de cuarzo filoniano, los cuales pueden diferenciarse de acuerdo a determinadas propiedades, entre estas se pueden destacar: su textura, color, transparencia, particularidades genéticas, grado de desarrollo de las caras cristalográficas, etc.

La diferenciación de los agregados cuarzosos filonianos, en blanco lechoso, semitransparente y granulado; la cual esta muy ampliamente distribuida, utiliza tres índices diferentes (color, transparencia y estructura), y por esta causa no la consideramos correcta; aunque es necesario reconocer que por lo visto responde con bastante exactitud a las exigencias de utilización del cuarzo en la industria. Para tratar de solucionar la situación referida con anterioridad proponemos una nueva clasificación de la materia prima cuarzosa filoniana para la región oriental de Cuba (Tabla 5)

La delimitación de algunas de las variedades que se proponen es algo condicional y los límites entre estas, en ocasiones, son algo subjetivos (por ejemplo: entre gris e incoloro, entre semitransparente y no transparente, etc.); sin embargo, consideramos muy importante la

aplicación de nuestra propuesta tomando en cuenta que en la etapa inicial de las investigaciones en la región oriental, se supone la existencia de particularidades genéticas para diferentes variedades de la mineralización cuarzosa, siendo de gran ayuda para su caracterización, en algunas zonas, el empleo de nuestra propuesta de clasificación.

En el caso del campo cuarcífero El Palenque, se ha aplicado esta clasificación de forma experimental en los objetos de materia prima cuarzosa filoniana, lo cual ha ofrecido resultados muy alentadores para la caracterización geológica de estas manifestaciones.

### **III.2 Acerca de la génesis del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba.**

Según Melnikov (1988), existen dos procesos de formación para el cuarzo filoniano de alta pureza: magmatogénico y metamórfico; y cada uno de ellos posee sus propios rasgos y condiciones de formación.

El proceso magmatogénico posee dos mecanismos de formación, uno pegmatítico vinculado con intrusivos graníticos y otro neumatolítico-hidrotermal vinculado con intrusivos de composición ácida a media. Igualmente el tipo metamorfogénico posee también dos variantes de cristalización de la sustancia mineral, el pegmatítico pero en zonas de metamorfismo regional de facies no menos que anfibolítica y el hidrotermal en las mismas zonas.

Los cuerpos de cuarzo filoniano de Cuba oriental poseen evidencias bastante significativas de su origen metamorfogénico tanto pegmatito-metamórfico para los núcleos de cuarzo en pegmatitas, como metamórfico-hidrotermal para las vetas cuarzosas concordantes, pudiendo establecerse que la formación de las vetas de cuarzo filoniano tuvo lugar durante el metamorfismo regional mediante soluciones hidrotermales. Entre las evidencias fundamentales en que se sustenta esta propuesta se encuentran:

-Los cuerpos de cuarzo se localizan en rocas de facies determinadas de metamorfismo, en nuestro caso, las facies epidoto anfibolítica, anfibolítica y en algunos casos de esquistos glaucofánicos.

-Se pudo comprobar, en el campo, que las vetas de cuarzo filoniano son concordantes con la esquistosidad de las rocas encajantes.

-Se comprobó la ausencia de alteraciones en las rocas encajantes alrededor de los cuerpos de cuarzo.

-Las rocas pegmatíticas asociadas a la mineralización cuarzosa filoniana no son contenedoras significativas de metales raros, dispersos y tierras raras.

Se han establecido las características de los cuerpos con mineralización cuarzosa filoniana, especialmente en los distritos Macambo y Güira de Jauco, así como, otros tipos de mineralización cuarzosa. En la Tabla 6 se dan las conclusiones sobre la génesis específica supuesta para cada tipo de mineralización cuarzosa.

Por otra parte, en investigaciones realizadas en la Academia de Minas de Freiberg, Alemania por iniciativa del Dr. H. Blankenburg (1989), se realizaron investigaciones de inclusiones fluidas en muestras del distrito cuarcífero de La Corea y El Palenque, llegándose a la conclusión de que el mecanismo de formación del cuarzo filoniano fue metamórfico, con la participación de hidrotermas.

Realizando una aproximación al mecanismo de formación de los cuerpos de cuarzo filoniano de la región oriental, podemos establecer que durante el metamorfismo regional perteneciente a la facies anfibolítica, ya existen condiciones de presión y temperatura suficientes como para lograr la fundición selectiva parcial de las rocas sometidas al metamorfismo ( $640^{\circ}\text{C}$  y  $4.0\text{ Kb}$  según Smirnov, 1982), sobre todo, en aquellas zonas de mayor penetrabilidad para los fluidos y la energía térmica. Luego, al existir condiciones apropiadas, puede ocurrir la cristalización y formarse pegmatitas metamórficas (como suponemos es el caso de las pegmatitas de La Corea y de Güira de Jauco).

Como es conocido, durante la cristalización de cualquier fundido se generan cantidades apreciables de agua caliente y por otro lado los fluidos del manto constan mayormente de soluciones acuosas con presiones y temperaturas significativas. Estas soluciones acuosas pueden llegar a extraer los elementos más móviles, como son Na, K y Si de las rocas encajantes existentes en las zonas más débiles, pudiendo luego llegar a formar, en primer término, las vetas cuarzo-feldespáticas (reportadas en la Sierra del Convento) y en una segunda etapa, cuando las soluciones son menos alcalinas, se forman las vetas de cuarzo monominerales, fundamentalmente del tipo blanco-lechoso.

En el caso del cuarzo granulado, este se forma en zonas activas dinámicas, a partir del cuarzo blanco-lechoso referido con anterioridad (Sierra del Convento) o tomando como fuente

también, los núcleos de cuarzo en pegmatitas (La Corea). En este caso creemos conveniente exponer las consideraciones sobre este particular de B. Agueev (1993), donde el considera que el cuarzo granulado se formó en zonas activas, donde los cuerpos se asocian con milonitas, hiperbasitas y rocas metamórficas de alta temperatura y presión (esquistos glaucofánicos y eclogitas); siendo característico la ubicación de los cuerpos en bloques aislados de rocas metamórficas dentro de complejos ofiolíticos. Sin dudas estas consideraciones pueden ser aplicadas a los distritos cuarcíferos de La Corea y Macambo. Sobre el cuarzo granular hemos realizado algunas observaciones más en el epígrafe I.3.3. En relación al cuarzo semitransparente, al parecer, este a sido sometido a un proceso de recristalización posterior, al menos parcialmente y con diferentes grados de intensidad.

En relación a las manifestaciones de cristal de roca, su proceso de formación es mas tardío, estando relacionado con un proceso hidrotermal posterior (probablemente Eocénico), en este caso, es necesario diferenciar a los nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas, los cuales poseen mayores perspectivas y las grietas mineralizadas con cristales de roca que cortan tanto a las anfibolitas, rocas aplíticas y esquistos glaucofánicos en el distrito Sierra del Convento, las cuales se han descrito en el capítulo anterior.

Se considera que las investigaciones sobre la génesis del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba, deben ser continuadas en el futuro, sobre todo, a partir de profundizar en las características mineralógicas y geoquímica de los cuerpos de cuarzo y de las rocas encajantes.

### **III.3 Criterios de evaluación pronóstico del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba.**

En la literatura geológica los problemas de la mineragenia especial del cuarzo filoniano es posible encontrarlo en varias obras (A.E. Kariakin, 1985; Y.N. Anufriev, V.P. Drozdov, G.P. Luzin, 1985; A.A. Eustropo, Y.A. Shatnov, 1985; A.V. Osinskii, Y.N. Sokolov, 1986), pero en la mayoría de las ocasiones la importancia principal recae sobre el pronostico de los yacimientos de cristal de roca; sin embargo, es evidente, que los problemas acerca de la materia prima cuarzosa filoniana están vinculados estrechamente a estos. En particular sobre la temática referida al pronostico del cuarzo filoniano trabajaron V.P.Drozdov y sus colaboradores (1985) publicando una obra que trata especialmente a esta y la cual la hemos considerado como

punto de partida, en la realización del estudio mineragénico -pronóstico de la región oriental de Cuba.

Se expone a continuación la propuesta de clasificación de los objetos de pronóstico, utilizando el esquema de Y.N. Anufriev y V.P. Drozdov, 1985 (Tabla 7), el cual a sido adaptado a nuestro país, y en especial a nuestra región de estudio.

El uso de está nomenclatura, unido a los resultados positivos alcanzados en Cuba, en relación con el descubrimiento de yacimientos y manifestaciones de cuarzo filoniano, nos da la posibilidad de considerar a la provincia cuarcífera cubana, como perteneciente al cinturón cuarcífero caribeño, y como dirección perspectiva de trabajo, no utilizar la etapa de pronóstico regional.

Nuestra tarea a correspondido a la evaluación a escala media de las perspectivas de la región oriental hasta el nivel de distrito cuarcífero, así como la realización del pronóstico a gran escala, de los campos cuarcíferos más perspectivas, y en ocasiones la inclusión de zonas cuarzosas filonianas.

En los casos donde hemos realizado los trabajos de campo, se ha efectuado, en parte también, la evaluación pronóstico cuantitativa de la materia prima cuarzosa filoniana, sin embargo, se debe admitir que en este momento la etapa de pronóstico detallado no puede ser alcanzada completamente, pues contra esto, conspira la ausencia de mapas geológicos condicionales de escala 1: 50 000 y mayores, para las áreas perspectivas (incluyendo la información complementaria que deben aportar estos trabajos), así como algunos trabajos especiales para cuarzo filoniano, como son: perforación, laboreo minero, mayor densidad de muestreo y análisis de laboratorio, etc. En este sentido es significativo destacar que según V.P. Drozdov y colaboradores (1985) para cumplimentar exitosamente las tareas de un pronóstico detallado es preciso la realización de una prospección, incluso, de ser posible evaluativa.

### **III.3.1 Pronóstico de escala media.**

Como base geológica del pronóstico para los distritos cuarcíferos se utilizó el mapa geológico de Cuba a escala 1:250 000 (1985). Igualmente muchos datos de gran importancia, preferiblemente de los complejos metamórficos, en que es necesario basarnos para el

pronóstico de la mineralización cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba, se han tomado de diferentes trabajos entre los que pueden destacarse: Somin y Millán (1981); Cobiella y otros (1984); Quintas (1989); Hernández (1987 a, 1987 b); Quintas y otros (1994); Millán y Somin (1985); Millán (1992); Hernández y Canedo (1995); además de los mapas de yacimientos y manifestaciones minerales de Cuba de 1963 y 1988, de la revisión de informes y trabajos temático productivos, entre ellos Svoboda (1965), Martínez y Klen (1993); Bandera y otros (1995); Kulachkov y Leyva (1990).

Los resultados obtenidos de las investigaciones referidas anteriormente, nos permiten establecer que, en los límites de la región cuarcífera oriental se revelan dos hechos importantes:

1- En el estadio actual de conocimiento geológico de la región oriental de Cuba, la mineralización cuarzosa filoniana en su territorio, esta vinculada estrechamente, con los espesores de rocas metamórficas mesozoicas de mayores grados de metamorfismo.

2- Esta mineralización esta localizada en el basamento del AIV cretácico (según Quintas, 1989), o en sus fragmentos, incluidos en los mantos ofiolíticos.

Lo anterior nos permite establecer como criterios más importantes de evaluación pronóstico de los distritos cuarcíferos el estructuro-tectónico y el metamórfico.

La conclusión práctica de lo planteado con anterioridad es la disminución del territorio de pronóstico en la parte oriental de Cuba hasta las áreas de desarrollo de los complejos de subducción asociados al AIV cretácico, los cuales cuentan de metamorfitas de altas y medias presiones.

Según el mapa mineragénico-pronóstico de la República de Cuba (Martínez y Klen, 1990, revisado en 1993) las manifestaciones de cuarzo filoniano en la región oriental están comprendidas dentro de la denominada Zona Estructuro Metalogénica (ZEM) del Arco Volcánico Cretácico. En este caso se trata como objeto patrón a la manifestación El Bled (numero 483 en el mapa de yacimientos minerales de 1988), la cual después de haber sido revisada, se comprobó que es una manifestación de cuarcita, cuestión esta por lo cual estamos en desacuerdo con los criterios establecidos de control de la mineralización para

estos objetos (macizos de granitoides cretácicos) y de las recomendaciones que se dan para su uso en electrónica.

También se establece en la obra tratada anteriormente a la Subzona Estructuro Metalogénica anfibolítica-metabasalto y metagabroide, en la cual entran a considerar a las manifestaciones de cuarzo filoniano de La Corea. En este último caso coincidimos de manera general con los criterios establecidos de control de la mineralización.

En el caso de las manifestaciones de las regiones del Escambray e Isla de la Juventud estas son consideradas dentro de la denominada ZEM del Margen Continental y como criterios se indican a la formación Agua Santa y Cañada con mineralización cuarzosa hidrotermal, asociada a procesos metamórficos regionales. Si es de destacar el hecho de que se establece una clara diferenciación entre las ZEM para la región oriental y para la parte occidental del país.

### **III.3.2 Pronóstico de escala grande de la mineralización cuarzosa filoniana en los límites de la región cuarcífera oriental.**

Este tipo de pronóstico que tiene como finalidad la elección, comparación y evaluación de los campos mineralizados en los límites de las regiones y distritos cuarcíferos exige la determinación de los factores de control de la mineralización y además, la existencia de determinada cantidad de datos reales sobre el territorio investigado, incluyendo los trabajos de campo especializados.

Mediante la recopilación de la información existente sobre los complejos metamórficos de Cuba oriental se confeccionó la Tabla 8, estos datos han sido extraídos de diferentes obras, entre ellas, las ya mencionadas en el epígrafe anterior, así como de investigaciones propias del autor.

Los criterios principales establecidos de control de la mineralización cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba son los siguientes:

**Criterio Litologo-Metamórfico:** Determina en nuestro caso la relación de las metamorfitas, preferentemente, con un protolito ofiolítico y su pertenencia a la facies epidoto-anfibolítica, anfibolítica y en algunas zonas de esquistos glaucofánicos, con presiones de 5 a 6.5 Kb y



temperaturas del orden de 525-625° C, con desarrollo de migmatización y presencia de rocas pegmatíticas de composición ácida. Basándonos en la comparación de los complejos menos perspectivas, es evidente que el aumento de la temperatura del metamorfismo hasta 700 °C y la disminución de la presión hasta 3.5-4.0 Kb nos indica la disminución de la perspectiva de los horizontes metamórficos. Para el establecimiento de estos límites se han utilizado las investigaciones de inclusiones fluidas en el cuarzo, realizadas en Alemania (Heiko, 1990).

Las metamorfitas de la asociación ofiolítica de Cuba han sido divididas (Millán, 1996) en metabasitas de relación T / P alta a media y metabasitas de alta presión (estas últimas aparecen siempre como inclusiones tectónicas). Según esta clasificación la mayor perspectiva está relacionada con el segundo grupo, como ya se ha explicado con anterioridad

Según la clasificación de las ofiolitas cubanas, propuesta por Iturralde Vinent (1995), la mineralización cuarzosa filoniana está asociada a las ofiolitas anfibolitizadas, aunque es necesario esclarecer que este autor solo considera dentro de este grupo para la región oriental de Cuba a la Fm. Guira de Jauco (según propuesta de Somin y Millan, 1981), considerando, según nuestro punto de vista, que también deben incluirse dentro de este grupo a por lo menos una parte de las Metamorfitas La Corea.

**Criterio Estructuro-Tectónico:** Para la fundamentación de este criterio se utilizaron concepciones de diferentes autores, entre estas las ideas de G. Millán (1992, 1996) y F. Quintas (1989, 1994), ambos autores relacionan estas secuencias con una zona de subducción asociada a la génesis del AIV del Cretácico.

F. Quintas (1989) ubica a estas secuencias en el basamento del AIV del Cretácico. Por otra parte Millán (1992) considera que las metamorfitas Macambo y La Corea pueden haber sido generadas en las condiciones propias de una zona de subducción y que esta quizás, sea la misma vinculada con la génesis del AIV del Cretácico; para este autor la Fm. Güira de Jauco parece tratarse de metamorfitas vinculadas genéticamente con el elevado gradiente geotérmico que tuvo lugar en la región donde se desarrollaba el AIV, generándose en la parte inferior de este.

Según la concepción de terrenos tectónicos aplicadas a la región oriental (Blanco y Proenza, 1994) las manifestaciones de cuarzo filoniano se encuentran asociadas a los terrenos tectónicos Puriales-Moa (limitado por las zonas de fallas: Yumuri, Bartlet, Sabana y Puriales) y

Nipe-Cristal (limitado por las zonas de fallas: Cauto sur, Guaso Alto Cedro, Palenque y Puriales), los que son considerados como terrenos metamórficos.

Finalmente es importante reiterar que los campos cuaríferos están vinculados con zonas de melange serpentinitico y todos sus contactos son tectónicos.

**Criterio Estratigráfico:** Está determinado por la edad de las rocas que contienen a las vetas de cuarzo filoniano. Las edades absolutas de estas secuencias no se conocen con exactitud. En el Mapa Geológico de la República de Cuba a escala 1: 250 000 (1988) se propone una edad Pz (?) para la Fm. Güira de Jauco y desconocida para las metamorfitas Macambo y La Corea. G. Millán (1992), supone, para todas ellas, una edad J<sub>3</sub> (presumible), explicando que las edades absolutas K-Ar de las metamorfitas La Corea y Macambo se remontan hasta la misma base del Cretácico y fluctúan en un diapason entre los 83 y 128 millones de años. Por su parte otros autores asumen una edad en general precretácica para las Fms. Macambo y Güira de Jauco.

En el Léxico Estratigráfico de Cuba se asume para estas secuencias una edad Jurásico-Cretácico inferior, la cual se considera la más adecuada.

**Criterio Magmático:** Se manifiesta mediante el desarrollo de las rocas cuarzo -feldespáticas aplíticas y en la vinculación espacial con las rocas del complejo ofiolítico.

**Criterio Metalogénico:** Los distritos cuaríferos se caracterizan por el poco desarrollo de la mineralización hidrotermal menífera de cualquier edad y por la ausencia de esta mineralización sinéctica con la formación de las vetas de cuarzo filoniano.

Para explicar esta última regularidad, pudiéramos entrar a considerar las opiniones que sobre este particular poseen diferentes geólogos (N. Sudovikov, H. Schneiderhohn, S. Sullivan y otros) para explicar la esterilidad de los complejos metamórficos profundamente transformados; ellos suponen que bajo la influencia de las soluciones metamorfizadoras, la movilización de la sustancia mineral se produce antes que la fusión parcial de las rocas y en virtud de esto, los componentes minerales, en particular los metales, son evacuados más hacia arriba a lo largo del frente de metamorfismo.

Los criterios pronósticos se presentan de forma resumida en la Tabla 9.

### III.3.3 Evaluación pronóstico de la región oriental.

Mediante la utilización de los criterios expuestos (tabla 9), es posible establecer que las Fms. La Asunción y Sierra Verde y el Grupo Sierra del Purial, no son perspectivas para la localización de vetas cuarzosas filonianas.

En el territorio oriental de Cuba poseen mayores perspectivas los bloques tectónicos de metamorfitas que se ubican dentro de serpentinitas (zonas de melange serpentínico), en primer termino los distritos cuarcíferos Macambo y La Corea.

Los trabajos realizados permiten omitir las áreas sin perspectivas, dividir las regiones y distritos cuarcíferos, evaluar el grado de su perspectiva y dar la dirección para el pronóstico de gran escala y para la prospección.

Se determinaron los campos cuarcíferos de Cuba oriental, ellos son: Sabanalamar, Palenque y Paso las Yeguas, en el Distrito Macambo; y El Halcón, El Oro y Batista en el Distrito La Corea. En el distrito cuarcífero Güira de Jauco no se determinaron campos independientes (Figuras 6, 7, y 8).

Teniendo en cuenta la frecuencia de aparición, la calidad y dimensiones de las manifestaciones de cuarzo filoniano, los Distritos Cuarcíferos se dividen en:

-De alta perspectiva: Distrito Cuarcífero Macambo y Distrito Cuarcífero La Corea.

-Perspectivo y de perspectivas limitadas: Distrito Cuarcífero Güira de Jauco.

La cuantificación de los recursos de cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba se expone en las tablas 10 y 11.

A continuación se realiza una valoración resumida de las perspectivas de los distritos y campos cuarcíferos.

**Distrito Cuarífero Macambo.** El campo cuarífero **El Palenque**, puede constituir, según nuestros cálculos, un yacimiento medio (según la clasificación que se utiliza en Cuba, expuesta en la tabla 2) y posee además otras materias primas importantes para el país (talco y roca talcosa, materia prima feldespática, etc.), las cuales se trataron brevemente en el capítulo anterior.

El campo cuarífero **Sabanalamar** es caracterizado como un yacimiento de recursos pequeños, siendo importante aclarar que este posee muy buenas perspectivas para el descubrimiento de concentraciones industriales de cristal de roca (Leyva y Kulachkov, 1995).

Es importante señalar que los campos cuaríferos Sabanalamar y El Palenque poseen condiciones geográfico-económicas y minero-técnicas muy favorables, especialmente al ser comparados con los campos cuaríferos del distrito de La Corea.

En relación al campo cuarífero **Paso las Yeguas**, este posee un difícil acceso y cuenta con pocos recursos de cuarzo filoniano, por lo cual no se recomienda para las investigaciones en las etapas iniciales.

**Distrito cuarífero Güira de Jauco:** En él no se determinaron campos independientes, este campo cuarífero se evalúa como un probable yacimiento de escala pequeña; pero actualmente, en las etapas iniciales, no se recomienda para las investigaciones detalladas, debido a la poca cuantía de los recursos reportados en este campo. Si resulta significativo destacar la calidad y el volumen de la principal manifestación reportada, lo cual es un índice muy favorable para el pronóstico de nuevos cuerpos de cuarzo filoniano.

**Distrito cuarífero La Corea.** El campo cuarífero **El Halcón** se evalúa como un yacimiento pequeño, es necesario destacar en él las perspectivas para localizar concentraciones industriales de cristal de roca (Leyva y Kulachkov, 1995) y algunos volúmenes de arenas cuarzosas.

El campo cuarífero **Batista** se considera como el de mayor perspectiva en este distrito, lo cual se sustenta debido a la cantidad de los recursos, y especialmente por estar concentrados en él, los mayores volúmenes de cuarzo granulado, la cual es la variedad más importante y escasa en el país. Este campo se evalúa como un yacimiento pequeño.

En relación al campo cuarífero **El Oro**, este posee pocas manifestaciones de cuarzo filoniano y en general poco volumen de estos recursos, es de destacar en él las perspectivas, en relación a los volúmenes significativos de cuarcitas y a las mejores condiciones de accesibilidad que posee (en comparación con los demás campos del distrito), Este campo no se recomienda para una primera etapa de las investigaciones para cuarzo filoniano.

Como una cuestión de gran interés hemos considerado la probabilidad de que durante la realización de investigaciones futuras de la secuencia ofiolítica Mayarí-Baracoa, se localicen nuevos campos, donde el corte erosivo permita la existencia de metamorfitas con condiciones de formación análogas a los complejos del jurásico, e incluso, no descubiertos por la erosión, los cuales pueden llegar a aumentar significativamente los recursos de cuarzo filoniano en la región oriental.

Al mismo tiempo, parece bien argumentada la idea de que los rasgos estructurales de los complejos de la región Holguín- Gibara a diferencia de la región Mayarí- Baracoa nos indican un mayor predominio de los procesos de compresión horizontal, en el primer caso, y de movimientos verticales significativos en la segunda región. En relación a este hecho, es posible afirmar que en condiciones de compresión, es poco probable la formación de las estructuras encajantes de vetas (cavidades) y por otro lado, durante el predominio de las deformaciones horizontales, es menos probable la salida a la superficie de las rocas pertenecientes a la AEF del Basamento del AIV Cretácico (Quintas, 1989)

Creemos conveniente, a pesar de que no es objetivo de este trabajo, señalar las posibilidades existentes de extender en un futuro, los trabajos pronósticos para cuarzo filoniano a otras regiones, no solo dentro de nuestro país, sino incluso a las Antillas Mayores (Leyva y otros, 1996). Lo anterior esta avalado por la estrecha relación existente entre los complejos rocosos de edad mesozoica de la región oriental de Cuba y las demás regiones Caribe-Antillanas, lo cual a sido señalado por diferentes autores, especialmente a partir de la década pasada y que en la actualidad continua investigándose como un tema de gran interés para esta región del planeta.

#### **III.4 Perspectivas de utilización del cuarzo filoniano de Cuba oriental.**

A fines de la pasada década existían en nuestro país planes de desarrollo que contemplaban el incremento en las industrias de componentes microelectrónicos, así como en la fabricación

de equipos de comunicaciones, paneles solares, resonadores de cuarzo, cables de fibras ópticas, etc. En la mayoría de estos procesos industriales se utilizan productos elaborados, logrados a partir del cuarzo natural de alta pureza como materia prima.

En la Figura 9 se muestran los productos obtenidos del material de cuarzo de alta pureza mediante diferentes procesos tecnológicos (Estévez, 1989).

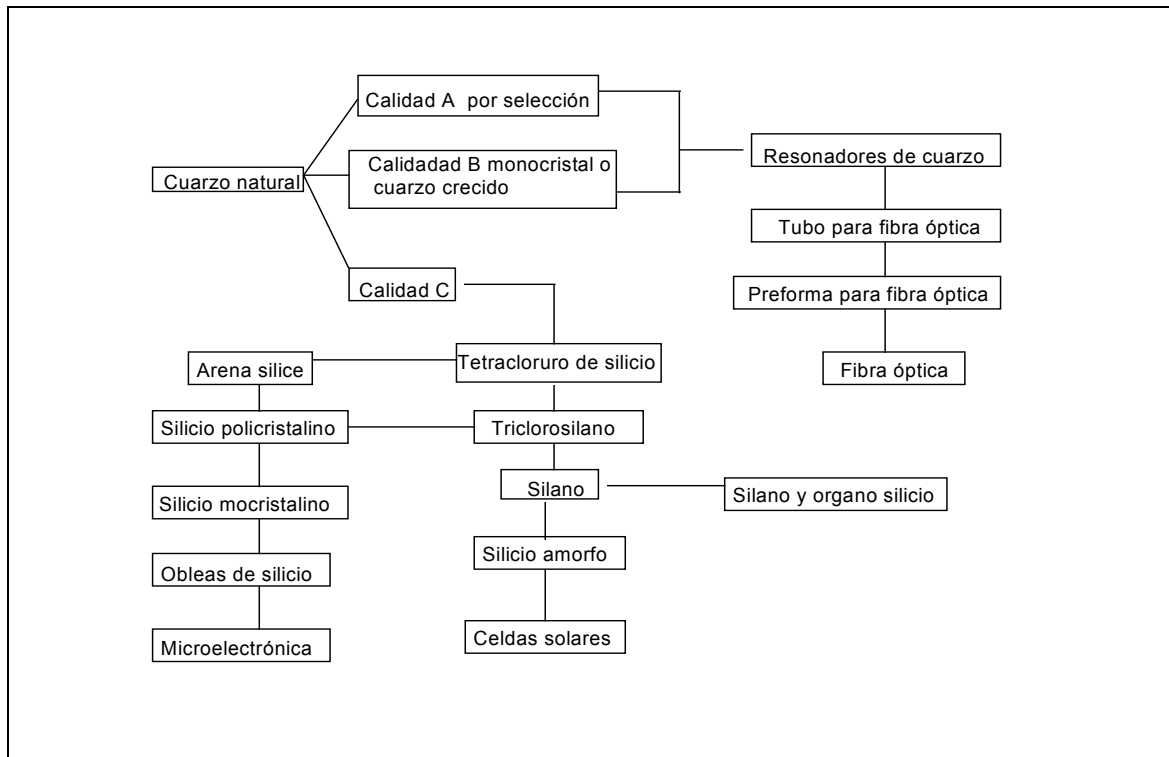


Fig. 9. Principales productos obtenidos del material de cuarzo mediante diferentes procesos tecnológicos (según Estévez, 1989).

Los grupos A, B y C de esta figura se determinan por el nivel de pureza y transparencia luego de pasar el cuarzo natural por un proceso de selección, limpieza y clasificación. Es de destacar que en estos productos no están incluidos los diferentes tipos de vidrios de cuarzo fundido, los cuales tienen una amplia utilización en la industria.

Para la fabricación de resonadores de cuarzo, fibras ópticas y telecomunicadores puede utilizarse cuarzo natural directamente, si este pertenece al grupo A. Si se utiliza como materia prima el cuarzo correspondiente al grupo B, este debe de someterse antes a un proceso de crecimiento hasta lograr los monocristales con una alta transparencia y pureza.

La caracterización analítica, realizada a los principales yacimientos de Cuba, a permitido establecer que estos pertenecen al grupo B (Estévez, 1989), con bajos contenidos de impurezas químicas y algunas inclusiones gaseosas que lo hacen menos transparente a la luz. Según este autor, las muestras analizadas corresponden a manifestaciones de cuarzo de las regiones centrales y orientales del país, en este caso en relación a la región oriental se refieren, específicamente a la zona de La Corea, debido a ser esta la que se había reportado hasta ese momento y de la cual existía caracterización analítica.

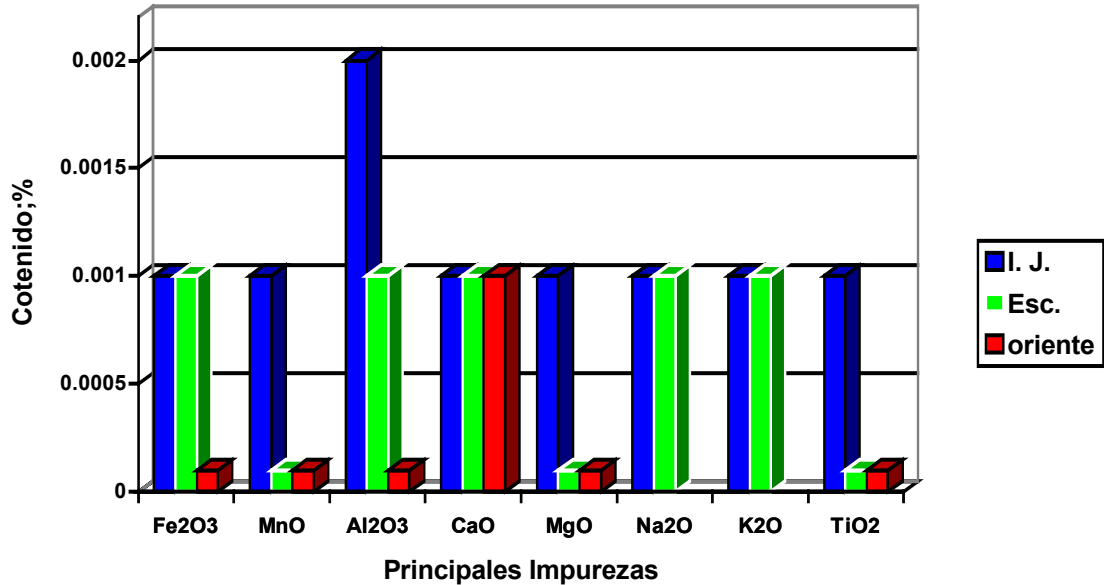
Si realizamos una comparación de los análisis con que se cuenta hasta este momento (anexos textuales 9 y 10) y de las exigencias expuestas en el Capítulo I (anexos textuales 5, 6, 7 y 8) es posible establecer que nuestra materia prima cumple con la mayor parte de estas exigencias, especialmente para crecimiento de monocristales artificiales de cuarzo y sus variedades de joyería, fabricación de vidrio de cuarzo fundido en sus diferentes variantes: vidrio de cuarzo transparente, vidrio óptico multicomponente, vidrio óptico, vidrio óptico especial y vidrio uviolico. Estas deducciones se han establecido no solo a partir de las exigencias establecidas, sino también por el establecimiento de comparaciones con yacimientos de otros países utilizados para diferentes fines (Agueev y Storck, 1987).

Igualmente utilizando como indicador comparativo al cuarzo filoniano de la región del Escambray y de la Isla de la Juventud (yacimientos Atanagildo, Rosario y Yaguanabo), se a comprobado que estos poseen una calidad de la materia prima similar a la nuestra y en ocasiones menor y han sido recomendados para los usos expuestos mas arriba (Concepción y Agueev, 1989). En este sentido resulta interesante mostrar la Figura 10, donde se compara la calidad del cuarzo filoniano de las diferentes regiones de Cuba.

Utilizando la clasificación de Melnikov (1988), para la materia prima cuarzosa, según su utilización industrial, nuestra materia prima cumple, en la gran mayoría de los casos investigados, con las exigencias existentes para el Grupo B (fabricación de cristales ópticos multicomponentes, cristal de cuarzo no transparente, obtención de silicio metálico, carburo de silicio, cerámica fina y síntesis de monocristales de cuarzo). En el caso del Grupo C propuesto por este autor, donde la materia prima posee exigencias superiores (después del beneficio), para ser utilizada en la obtención de vidrio de cuarzo transparente, somos de la opinión que la materia prima al ser sometida al beneficio (especialmente al tratamiento ácido), puede llegar a cumplir con estas exigencias.

**Fig. 10.**

**Representación esquemática de la composición química del Cuarzo Filoniano de Cuba (datos de B. Agueev, completados por el autor).**



**I.J.** Región cuarcífera de la Isla de la Juventud.

**Esc.** Región cuarcífera del Escambray.

**Oriente.** Región cuarcífera de Cuba oriental.

-Las demás impurezas están muy cerca o por debajo de 0.0001 %.

No tenemos datos de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O de la región oriental de Cuba.

En relación al tratamiento ácido es importante tomar en cuenta las investigaciones efectuadas por B.I. Agueev, relacionadas con el alto contenido de hierro y aluminio en muestras de la región del Escambray. Se utilizó tratamiento ácido en caliente tanto ácido clorhídrico (HCl) como ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Como resultado de estas pruebas se llegó a la conclusión de que el tratamiento más efectivo es el realizado con el HCl y una concentración del 50%. En estos casos existen disminuciones promedio del contenido de las impurezas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del 100% y en el caso del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del 40%.

La materia prima cuarzosa filoniana de la región oriental puede ser utilizada para otros usos menos exigentes que los expuestos con anterioridad: fundentes, abrasivos, aleaciones ferrosas, ladrillos refractarios, esmaltes cerámicos, filtros y materiales de construcción especiales (Melnikov, 1988; Bustillo, 1989), incluso sin beneficio alguno (solamente con tratamiento mecánico). Sin embargo su empleo en estos usos sería una utilización irracional de la materia prima; debido a lo cual, precisamente, se debe velar en todo momento porque esto no ocurra.



Se conoce además, de la literatura (Industrial Minerals, 1985) que existen yacimientos reportados en el mundo, con contenidos de impurezas muy cercanos a los nuestros. En este caso, podemos poner como ejemplo el siguiente yacimiento de la Republica Popular de Angola con su correspondiente caracterización de la materia prima.

<b>Elementos</b>	<b>Grado A (ppm)</b>	<b>Grado B (ppm)</b>
<b>Si O<sub>2</sub></b>	> 99.99 %	> 99.96 %
<b>Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub></b>	< 30	< 100
<b>Ca O</b>	< 15	< 20
<b>Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></b>	< 16	< 5
<b>K<sub>2</sub> O</b>	< 8	< 12
<b>Na<sub>2</sub> O</b>	< 12	< 12
<b>Ti O<sub>2</sub></b>	< 7	< 10
<b>Li O<sub>2</sub></b>	< 10	< 7

Otro ejemplo, que pudieramos añadir, son los yacimientos de Arkansas (E.U.) donde el cuarzo de alta pureza, tiene la composición química promedio siguiente (Watson, 1979).

<b>Elementos</b>	<b>Contenido (ppm).</b>
<b>Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub></b>	0,4
<b>Ti O<sub>2</sub></b>	0,25
<b>Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub></b>	34,2
<b>Ca O</b>	1,0
<b>Mg O</b>	0,6
<b>Na<sub>2</sub> O</b>	0,7
<b>K<sub>2</sub> O</b>	4,2
<b>Li O<sub>2</sub></b>	5,1

Por otra parte, podemos destacar en el caso de la región oriental, la presencia del cuarzo granular. Según B. Agueev y otros (1987), se considera esta la variedad más escasa dentro del cuarzo filoniano, incluso a nivel mundial, acercándose en cuanto a sus características tecnológicas al cristal de roca. Según este mismo autor la calidad del cuarzo granular de la región Oriental amerita que el mismo sea evaluado para la obtención de fibras ópticas,

producción de crisoles y otros productos donde se requiera una calidad especial de la materia prima.

En las demás regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud), no se han reportado manifestaciones de cuarzo granular grueso de alta transparencia, cuestión esta que reviste una especial significación, en relación a la importancia que deben conferírsele a los distritos cuarcíferos de la región Oriental especialmente Macambo y La Corea.

Resulta significativo agregar, que existe la tendencia a nivel mundial en el uso del cuarzo natural de alta pureza para la fundición, de sustituir las demás variedades, por el cuarzo granular (Sumario Mineral de Brasil, 1993).

Todas las variedades de cuarzo filoniano necesitan, para su utilización, ser sometidas a procesos de beneficio, los cuales garantizan la disminución de los contenidos de las impurezas (estas constituyen menos del 1 %). Entre los métodos de preparación mecánica utilizados en la actualidad, se pueden mencionar: la trituración, molienda y clasificación y dentro de los métodos de beneficio utilizados, para la materia prima de fundición, los siguientes: clasificación visual, termotrituración, separación magnética (por aire y eléctrica), flotación, lixiviación ácida, cloración a alta temperatura, y separación fotométrica.

El empleo de uno o varios de estos métodos de beneficio garantizan la disminución significativa en el contenido de las impurezas, es por esta causa, que se considera que el cuarzo filoniano de la región oriental, puede ser evaluado para los usos más exigentes de esta materia prima.

Por último queremos llamar la atención sobre los peligros potenciales que entraña la preparación mecánica del material silíceo, pues la entrada a las vías respiratorias de la sílice cristalina es altamente contaminante para el ser humano.

También es significativo reconocer que las regiones consideradas en este trabajo constituyen reservorios importantes de la flora y fauna de nuestro país, debido a lo cual, al realizar trabajos geológicos de prospección y más aun en casos de proceder a la explotación minera es necesario tomar todas las medidas correspondientes en este sentido.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1. La clasificación de la materia prima cuarzosa filoniana propuesta, constituye sin lugar a dudas un punto de partida importante para enfocar el estudio de este mineral útil.
2. 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 de ellos como los grupos más importantes los siguientes:

- Distrito cuarcífero Macambo: Vetas cuarzosas concordantes en las anfibolitas 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

3. Al comparar los distritos cuarcíferos La Corea y Macambo, se destaca en el primero el mayor desarrollo de la variedad de cuarzo filoniano granular, la cual es considerada la más valiosa, mientras en el segundo distrito existen condiciones de accesibilidad y aflorabilidad mucho más favorables, así como una mayor cuantía de los recursos de cuarzo filoniano. Por otro lado, se debe prestar especial atención a las manifestaciones de otros minerales útiles reportadas en los distritos cuarcíferos investigados, especialmente las de talco y roca talcosa y materia prima feldespática.

4. Las manifestaciones de cristal de roca asociadas a las vetas cuarzosas, localizadas en los distritos cuarcíferos Macambo y La Corea (campos cuarcíferos Sabanalamar y El Halcón), constituyen un índice directo muy importante para la prospección de cuarzo piezo- óptico, representan también factores positivos, la transparencia de los cristales, su hábito, el desarrollo de variadas formas cristalográficas y la presencia en el cuarzo filoniano blanco lechoso de testigos de recristalización.

5. La génesis supuesta para las vetas cuarzosas filonianas de la región oriental de Cuba es metamórfica- hidrotermal, lo cual se demuestra por las características geológicas reveladas durante las investigaciones (las cuales fueron resumidas en la tabla 6). En el caso de los nidos de cristal de roca en vetas cuarzosas es posible establecer la asociación genética siguiente: Cristal de Roca- Vetas de Cuarzo Filoniano, con testigos de recristalización- Metamorfitas de la facies epidoto- anfibolítica.

6. Tomando en consideración la frecuencia de aparición, la calidad, dimensiones de las manifestaciones y sus regularidades de distribución los distritos cuarcíferos Macambo y La Corea pueden ser clasificados como de alta perspectiva y el de Güira de Jauco como prospectivo.

7. Debido al conocimiento, todavía escaso, de la geología de la región oriental de Cuba, no se descarta la posibilidad de localizar nuevos campos cuarcíferos (incluso no descubiertos por la erosión), sobre todo en la secuencia ofiolítica Mayarí- Baracoa.

8. Los criterios pronósticos más importantes para el cuarzo filoniano, en la región oriental de Cuba son el estructuro-tectónico y el litologo-metamórfico. Las rocas encajantes del cuarzo filoniano pertenecen a la AEF del basamento del AIV del cretácico (según Quintas, 1989) y este yace concordantemente en metamorfitas mesozoicas de las facies anfibolítica, epidoto-anfibolítica y en menor medida de esquistos glaucofánicos.

9. De acuerdo a los resultados obtenidos en las investigaciones sobre la materia prima cuarzosa filoniana en la región oriental de Cuba, este territorio puede figurar como una nueva región cuarcífera perteneciente a la provincia cuarcífera cubana.

10. El cuarzo filoniano de la región oriental, según nuestros análisis, puede ser utilizado para crecimiento de monocristales artificiales y sus variedades de joyería, fabricación de vidrio de cuarzo fundido (vidrio cuarzoso transparente, vidrio óptico multicomponente, vidrio óptico especial y vidrio uvíolico), obtención de silicio metálico y carburo de silicio.

11. En la región oriental de Cuba el cuarzo filoniano se asocia, preferentemente, a rocas de procedencia ofiolítica, a diferencia de las demás regiones cuarcíferas de Cuba (Escambray e Isla de la Juventud), donde esta vinculado a rocas sialicas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Priorizar al distrito cuarcífero Macambo para la realización de futuros trabajos de prospección, lo cual se argumenta en la conclusión número tres.

2. Los trabajos que se ejecuten en los distritos cuarcíferos deben tener las características de una prospección compleja, debido a la gran variedad de manifestaciones de minerales útiles presentes en ellos. Es necesario en este sentido tomar en cuenta las posibilidades del hallazgo de concentraciones industriales de cristal de roca, como materia prima piezo-óptica, o en el menor de los casos para la industria de la joyería y muestras de colección.

3. Continuar las investigaciones sobre materia prima cuarzosa filoniana en la región oriental, con vistas a precisar los criterios pronósticos de la mineralización, a la luz de los nuevos estudios en esta región. Es importante también, incrementar las investigaciones mineralógicas y geoquímica, con el propósito de esclarecer el mecanismo genético de formación de las vetas de cuarzo filoniano.

4. No permitir la utilización del cuarzo filoniano del oriente de Cuba para otras direcciones menos exigentes (abrasivos, fundentes, refractarios, etc.), lo cual traería consigo una utilización irracional de la materia prima.

5. Completar el estudio mineragénico pronóstico de escala media y grande para toda la provincia cuarcífera cubana, así como realizar los trabajos de pronóstico regional para cuarzo filoniano en el cinturón cuarcífero caribeño.

6. Utilizar la clasificación propuesta de la materia prima cuarzosa filoniana, así como la específica para la región oriental, en las futuras investigaciones sobre cuarzo filoniano en nuestro país.

7. Consultar el contenido de esta tesis para una futura reimpresión del libro de Yacimientos Minerales no Metálicos de Cuba, así como, en la revisión de la parte correspondiente al cuarzo, del mapa mineragénico pronóstico de la República de Cuba y en todas las obras que traten las materias primas no metálicas en nuestro país.

8. Incluir en la clasificación genética del Mapa de Yacimientos y Manifestaciones Minerales no Metálicas y Combustibles de la República de Cuba (1988) al cuarzo filoniano dentro del tipo metamorfogénico, debido a que el mismo aparece ubicado en el tipo hidrotermal solamente junto a la Amatista y el Agata. Es necesario corregir también, lo relacionado con el grupo industrial para los usos de vidrio, óptica y electrónica, pues a este grupo solo pertenece el cuarzo filoniano metamorfogénico. Esta regularidad es válida para toda Cuba.

## REFERENCIAS.

- **Adamovich, A. y Chejovich, V.** 1964 Principales características de la geología y los minerales útiles de la región nordeste de la provincia de oriente. Revista Tecnológica, Vol. 2.
- **Agueev, B.I.** 1993 Mineragenia del cuarzo de fajas metamórficas de alta presión (en los ejemplos de los Urales y de Cuba). Resumen de tesis de doctorado. Rusia.
- **Agueev, B.I. y Quintas, C.F.** y otros 1987 Informe sobre los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo en el área La Corea, provincia Santiago de Cuba, Fondo Geológico.
- **Agueev, B.I. y Storchakp, K.P.** 1987 Instrucción para la búsqueda acompañante de materia prima cuarzosa durante la ejecución de los trabajos de prospección geológica. MINBAS.
- **Almaguer, T.R.** 1992 Presente y futuro de las rocas y minerales industriales. Memorias del Encuentro Hispano Mexicano sobre Geología y Minería, pág. 57-70.
- **Anuario de la Minería de Chile.** 1992.
- **Ariosa, I.J.,** 1984 Curso de Yacimientos Minerales no metálicos Ed. Pueblo y Educación. La Habana, 168 pp.
- **Anuario Mineral Brasileiro.** 1991.
- **Apraiz, A. y otros** 1993 Anfibolitas del núcleo de Lora del Río. Petrografía, Geotermobarometría y significado geodinámico. Bol. Geol. Min. de España, Vol 104-6.
- **Bandera, G.D. y otros,** 1995 Generalización de materias primas no metálicas de la región oriental. T.T.P., E.G.M.O.

- **Banno, S. y Nakajima, T.**, 1991 Metamorphic belts of Japan, Episodes No. 3, pág. 280-285, USA.
- **Barrera, P.H. y Urra, A.J.** 1995 Características geológicas del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba. Trabajo de diploma ISMM.
- **Betejtin, A.** Curso de Mineralogía . Editorial Mir. Moscú. 1970.
- **Blanco, M.J. y Proenza, F.J.** 1994. Terrenos tectono-estratigráficos en Cuba oriental ". Revista Minería y Geología . Vol 11, No.
- **Boillot, G.**, 1988 Geología de los márgenes continentales, Ed. Masson S. A., Pág. 286.
- **Bustillo, M.A.** 1989 Las rocas silíceas como materia prima en la industria actual Boletín Geológico y Minero de España. No 6.
- **Bustillo, M.A.** 1993 Rocas y minerales silíceos de uso industrial en España. Recursos Minerales de España. CSIC. Madrid, 1153-1167.
- **Bukanov, V.V.** 1974 El cristal de roca de los Urales subpolares, San Petersburgo, Ed. Nauka (en ruso).
- **Campos, D.M.** 1994 Posición estructural e interpretación tectónica de las metamorfitas mesozoicas. II Congreso Cubano de Geología y Minería.
- **Campos, D.M. y Hernández, S.M.** 1987. Acerca de la posible correlación de las metavulcanitas de la Sierra del Purial con las rocas de la asociación ofiolítica. Revista Minería y Geología, No 2 .
- **Casas, R.J.** 1994 Criterios de valoración económica de minerales y rocas industriales y sectores de aplicación. Tierra y Tecnología No. 7, España.
- **Coutin, C.D. y Pantaleón, V.G.** 1976 Manifestaciones de pegmatitas feldespato-micáceas en el extremo oriental de Cuba. Serie Geológica No 23.
- **Coope, B.** 1988 A world review of the Industrial Minerals Industry. Mining Journal, vol. 308, No. 7919.
- **Cobiella, R.J.** 1975 Los macizos serpentiniticos de Sabanilla, Mayarí Arriba, Oriente. Revista Tecnológica No 4.
- **Cobiella, R.J.** 1983 Sobre la posición tectónica de la secuencia metaterrigena -carbonatada de la región de Maisí. Revista Minería y Geología No 3 .
- **Cobiella, R.J. y otros** 1984 Geología de la región central y suroriental de la provincia Guantánamo. Ed. Oriente.
- **Cobiella, R.J. y otros** 1984 Posición de Cuba Oriental en la Geología del Caribe, Minería y Geología, No 2.
- **Córdova, C.** 1989 Desarrollo de tecnología para procesar cristales piezo-eléctricos de cuarzo. Revista Politécnica, Vol 1, No 1.



- **Chang, B.J. y Corbea, C.L.** 1994 Cuba Oriental. Nuevas concepciones tectónico-estructurales prepaleogénicas de su constitución geológica. Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería. Santiago de Cuba.
- **Donovan, K.S. y Jackson, A.T.** 1994 Caribbean geology. An introduction, Jamaica, 289 pp.
- **Draper, G.** 1986 Metamorphic Terranes Of The Circum Caribbean Región (Inédito).
- **Drozdov, V.P. y otros** 1985 Pronóstico, búsqueda y exploración de los yacimientos de materia prima cuarzosa. Moscú, Ed. Niedra. (traducido del ruso).
- **Drozdov, V.P. y otros**, 1986 Prospección y evaluación de los yacimientos piezoóptico y de joyería. Moscú, Ed., Niedra. (en ruso).
- **Estévez, J.** 1989. Utilización del cuarzo cubano en la producción de fibras ópticas. Ingeniería Eléctrica Automática y Comunicaciones, Vol X, No 1.
- **Eymil, R.E. y Mesa, C.S.** 1988. Geología y manifestaciones de minerales en la zona Yacabo Arriba-Palenque, municipio Imías, provincia Guantánamo. Trabajo de Diploma, Facultad de Geología, ISMM.
- **Gaceta Oficial de la República de Cuba** 1995. Ley No 76. Ley de Minas.
- **Griffiths, J.** 1987 Silica. Is the choice crystal clear ?. Industrial Minerals, Abril, 25-44.
- **Hatter, L.W y otros** 1989 Rocas metamórficas de alta presión: nuevos datos acerca de sus edades. Resumen del Primer Congreso Cubano de Geología.
- **Heiko, I.** 1990 Investigación de materiales silíceos de la República de Cuba. Academia de Minería de Freiberg ( en aleman), 42 pp.
- **Hernández, S.M.** 1987a Zonación metamórfica del macizo Sierra del Purial. Revista Minería y Geología , vol 5, No.3
- **Hernández, S.M.** 1987b Particularidades petroquímicas de las metavulcanitas del complejo metamórfico Sierra del Purial Revista Minería Geología ,No 2.
- **Hernández, S.M.** 1984 Análisis comparativo de las anfíbolitas en las zonas de Macambo y La Tinta, Sierra del Purial, Provincia de Guantánamo. Minería y Geología No.1.
- **Hernández, S.M.** 1992 Análisis petrológico comparativo de las secuencias metavulcanógenas del AIV Mesozoico en las Antillas Mayores. Revista Minería y Geología. edición especial.
- **Hernández, S.M. y Canedo, S.Z.** 1995 Geoquímica de las ofiolitas meridionales de Cuba oriental. Revista Minería y Geología . No 3.
- **I.G.P.** 1989 Léxico Estratigráfico de Cuba.
- **Iturralde- Vinent, M.A.** 1976 Estratigrafía de la zona Calabaza-Achotal, Mayarí Arriba, Oriente. Revista La Minería en Cuba. No 5.

- **Iturralde- Vinent, M.A.** 1989 Cuban geology: A new plate - tectonic syntesis Journ. Petrol. Geol. 17 (1) p.p 39-70.
- **Iturralde-Vinent, M.A.** 1995 Eventos magmáticos y desarrollo de las cortezas oceánicas del Caribe en el ejemplo de Cuba. Resumen de Tesis. MCTMA.
- **Kammerling, C.R. y Koivula, J.I.**, 1991 a Plastic Imitation Opals From Thailand. The Australian Gemmologist No. 12, vol 17, pp 498-501.
- **Kammerling, C.R. y otros** 1991 b Examination of a Plastic Coated Sugar-treated Opal . The Australian Gemmologist No. 9, vol 17.
- **Kazhdan, A.B.** 1982 Prospección de yacimientos minerales. ed. Mir, Moscú.
- **Kievlenko, E.Y.** 1976 Geología de los yacimientos de piedras ornamentales. ed. Niedra, Moscu.
- **Kievlenko, E.Y.** 1980 Busqueda y Evaluación de los yacimientos de piedras preciosas y ornamentales. de. Niedra, Moscu.
- **Kreiter, V.M.** 1968. Geological prospecting and exploration, Moscou, Mir publishers.
- **Korago, A.A. y Kozlov, A.B.**, 1988 Texturas y estructuras del cuarzo filoniano. San Petersburgo., Ed. Niedra.
- **Krinari, A.I.** 1984 Minerales utiles no metalicos. Editorial Niedra, Moscu.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva, R.C.** 1990 Informe sobre los resultados de los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo filoniano en la parte oriental de Cuba. ISMM.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva,R. C.** 1993 Materia prima cuarzosa: Terminología, clasificación e importancia económica. Revista Minería y Geología. No 2.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva, R.C.** 1994 Nuevas Materias primas no metálicas en la región oriental de Cuba (inédito). Facultad de Geología, ISMM.
- **Kuzvart, M.** 1984 Developments in Economic Geology 18. Industrial Mineral and Rocks. Elsevier, 454 pp.
- **Leet y Judson** 1975 Metamorfismo y rocas metamórficas. Fundamentos de Geología Física. pág. 275.
- **Leon, M. y otros** 1995 Caracterización y posibilidades de aprovechamiento de las arenas silíceas de la Unidad del Aljibe. Bol. Geol. y Min. de España, Vol 106, No 2.
- **Lepin, O.V. y Ariosa, I.J.** 1986 Búsqueda, exploración y evaluación geólogo económica de yacimiento minerales sólidos. Tomo I y II, Ed. pueblo y educación. La Habana.
- **Leyva, R.C. y Carballo, P.A**, 1994 Distribución y perspectivas de utilización de los yacimientos y manifestaciones minerales no metálica en la porción oriental de las provincias Guantánamo y Holguin. Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería. Santiago de Cuba.

- **Leyva, R. y otros** 1993 Características y perspectivas del cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba . Revista Minería y Geología . No 2.
- **Leyva, R.C y Kulachkov, L.V.** 1994 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.
- **Leyva, R.C., Kulachkov, L.V.** 1995 Hallazgos de cristal de roca en la parte oriental de Cuba . Revista Minería y Geología , No 2
- **Leyva, R.C. y Pons, H.J.** 1996 Posibilidades de utilización de materias primas de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel, Revista Minería y Geología No 1.
- **Martín, C.G.** 1986. Materia prima mineral cuarzosa. Glosarios de términos vinculados con ellas y su utilización industrial. MINBAS. Ciudad de La Habana.
- **MINBAS** 1963 Mapa de Yacimientos Minerales de la República de Cuba .
- **MINBAS** 1989 Mapa de Yacimientos Minerales No Metálicos y Combustibles de la República de Cuba.
- **MINBAS** 1985 Mapa Geológico de la República de Cuba, a escala 1:250 000.
- **MINBAS** 1995 Clasificación de los recursos minerales. ONRM.
- **Martínez, S.J. y Klen L.** 1993 Memoria al mapa mineragénico-pronóstico de la República de Cuba, I.G.P. MINBAS.
- **Melnikov, E.P.** 1988 Geología, génesis y tipos industriales de yacimientos de cuarzo. Moscú, 216 pp (en ruso).
- **Millán, T.G.** 1992 Posición estratigráfica de las metamorfitas cubanas. Revista Minería y Geología. Edición especial, Vol 2, No 2.
- **Millán, T.G.** 1994 Las metamorfitas del cinturón ofiolítico cubano y su significación. Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería.
- **Millán, T.G.** 1996 Metamorfitas de la Asociación Ofiolítica de Cuba. en: Ofiolitas y Arcos Volcanicos de Cuba, pag. 131.
- **Miles, W. J.** 1990 Mining industry responds to crystalline silica regulations. Mining Engineering. Abril, pp. 345-348.
- **MINBAS.** 1985. Sistematización y Generalización de las materias primas no metálicas de la provincia Oriente, CIG, tema 0109.
- **Ministerio de Geología de la URSS** 1987 Recomendaciones metodológicas para evaluar la calidad de la materia prima cuarzosa para la fundición y vidrio óptico, Moscú.
- **Nagy, E. y otros** 1976 Levantamiento geológico a escala 1: 250 000. Brigada cubano-húngara.

- **Nicolaev, A. y otros** 1981 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.
- Nuevo Atlas Nacional de Cuba. 1989.
- **Ostroumov, M.N.** Sobre algunos conceptos fundamentales de la Mineralogía. revista Minería y Geología, No 2, 1984.
- **Pérez, G.M., Leyva, R.C. y otros** 1988 Proyecto para la Búsqueda Detallada y Evaluativa de Cuarzo Filoniano, Pegmatita y Cuarzita en la Provincia Santiago de Cuba, en el área de La Corea, Municipio Il Frente. E.G.M.O.
- **Quartz crystal** (industrial). 1996 Mineral Commodity Summaries, January
- **Quintas, C.F.** 1983 Nuevos datos faciales y estructurales de la porción centro oriental de la provincia de Guantánamo. Revista Minería y Geología . No 3.
- **Quintas, C.F.** 1987 Informe preliminar sobre los trabajos de reconocimiento geológico en la región de La Corea, Municipio Il Frente, Provincia de Santiago de Cuba (inedito).
- **Quintas, C.F.** 1988 Estratigrafía de la provincia Guantánamo y áreas cercanas (inedito). Facultad de Geología.
- **Quintas, C.F.** 1989. Estatigrafía y Paleogeografía de la provincia Guantánamo y áreas cercanas. Tesis en opción al grado científico de candidato a doctor en Ciencias Geológicas. Centro de Información Científico-Técnica ISMM.
- **Quintas, C.F.** 1992 Las Asociaciones Estructuro Formacionales y la Prospección Geológica. Revista Minería y Geología. No 3.
- **Quintas, C.F.** 1994 Resumen de la tesis de doctorado. Revista Minería y Geología. No 3.
- **Quintas, C.F.** y otros 1994 AEF del Mesozoico en Cuba Oriental y la Española. Revista Minería y Geología No. 3.
- **Quintas, C.F. y Blanco M.J.** 1993 Paleogeografía de la cuenca San Luis y su importancia para la interpretación de la evaluación geológica de Cuba oriental. Minería y Geología
- **Rodríguez, E. y Lambert, J.** 1993. Reinterpretación geológica y manifestaciones minerales de la porción oriental de la Sierra del Convento, municipio San Antonio del Sur, Guantánamo. Trabajo de diploma ,facultad de geología ,ISMM .
- **Rodríguez, D.A.** 1993. 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.
- **Rodríguez, M.** 1989 Resultados preliminares de la búsqueda y exploración de materia prima cuarzosa en el sector II de Cacahual Santi-Spiritus. Trabajo de Diploma, Facultad de Geología, ISMM.

- **Rojas, P.F. y otros** 1985 Efecto del tratamiento térmico sobre algunas propiedades físicas del cuarzo de alta pureza. Boletín Técnico. Geología, No 2. Ciudad de La Habana, p 16-22.
- **Smirnov, V.I.** 1982. Geología de los Yacimientos Minerales. Editorial Mir. Moscú.
- **Rosa, S.C. y Suárez, S.E.** 1989 Caracterización geológica y reconocimiento preliminar para materia prima cuarzosa y otras manifestaciones minerales en los municipios de Imias y Maisi, provincia de Guantánamo, trabajo de diploma ISMM.
- **Rundquist, D.V.** 1986 Criterios de evaluación pronostico de los territorios para minerales útiles sólidos Ed. Niedra. 742 pp. (en ruso).
- **Somin, M.L. y Millan, T.G.** 1981 Geología de los complejos metamórficos de Cuba". Editorial Nauka. Moscú, (en ruso).
- **Somin, M.L. y Millán, T.G.** 1985 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.
- **Sosa, P.O. y Isacc, N.E.** 1990 Estructura geológicas y manifestaciones de minerales útiles de la zona Sierra del Convento, municipio San Antonio del Sur, Guantánamo. Trabajo de diploma, ISMM.
- **Storchakp, Y. y Agueev, B.I.** 1987 Instrucción para la búsqueda acompañante de materia cuarzosa durante la ejecución de los trabajos de prospección geológica, MINBAS.
- **Svoboda, V.** 1965 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.
- **Smith, M.** 1984 Quartz Crystal-Currently sparkling. Industrial Minerals, agosto.
- **Tena, J.M. y Mateo, J.** 1989 El análisis RPE (Resonancia Paramagnética Electrónica) en la discriminación de cuarzo de génesis distintas.
- **Trajano, R. y Suárez, I.** 1990 Aislantes eléctricos utilizando cuarzo y resina poliéster como aglomerando. Revista Politécnica, Vol. 1, No 1.
- **Tsioutski, S.S.** 1985 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.
- **Tsioutski, S.S. y Martín, C.G.,** 1985 Programa para la prospección geológica de la materia prima cuarzosa de Cuba. MINBAS Ciudad Habana.
- **Yardley, W.D.** 1989 An introduction to metamorphic petrology, New York, pág. 328.
- **Vega, F.M.** 1991 Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento Chuquicamata. Chile Memorias del curso interancional de metalogenia. Ecuador, p. 83-94.
- **Ventura, F.** 1985 Sobre la producción del vidrio óptico. Boletín Técnico. Vidrio, No. 1, p 9-12.

- **Vertushkov, G.N. y otros** 1974 El cuarzo filoniano de los Urales orientales. Obras del Instituto de Minas de Sverdlosk. Rusia.
- **Watson, I.** 1979 Quartz Crystal, natural quartz and the growth of a culture. Industrial Minerals, No. 140.
- **Winkler, G.F.** 1979 Petrogenesis of metamorphic rocks, 435 pp. Berlin.

#### **Referencias del autor sobre el tema de la tesis.**

- **Agueev, B.I., Quintas, C.F., Leyva, R.C. y otros** 1987 Informe sobre los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo en el área La Corea, provincia Santiago de Cuba, Fondo Geológico.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva, R.C.** 1990 Informe sobre los resultados de los trabajos de reconocimiento geológico para cuarzo filoniano en la parte oriental de Cuba. ISMM.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva, R.C.** 1993 Materia prima cuarzosa: Terminología, clasificación e importancia económica. Revista Minería y Geología. No 2.
- **Kulachkov, L.V. y Leyva, R.C.** 1994 Nuevas Materias primas no metálicas en la región oriental de Cuba (inédito). Facultad de Geología, ISMM.
- **Leyva, R.C. y Carballo, P.A.** 1994 Distribución y perspectivas de utilización de los yacimientos y manifestaciones minerales no metálicas en la porción oriental de las provincias Guantánamo y Holguín. Resumen II Congreso Cubano de Geología y Minería. Santiago de Cuba.
- **Leyva, R.C. y otros** 1993 Características y perspectivas del cuarzo filoniano en la región oriental de Cuba. Revista Minería y Geología. No 2.
- **Leyva, R.C. y otros** 1989 Sobre la metodología de las investigaciones geológicas de campo y el muestreo del cuarzo filoniano. Memorias del II Encuentro Nacional de Cuarzo. IMRE, Universidad de La Habana.
- **Leyva, R.C. y Kulachkov, L.V.** 1994 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.
- **Leyva, R.C. y Kulachkov, L.V.** 1995 Hallazgos de cristal de roca en la parte oriental de Cuba. Revista Minería y Geología, No.3
- **Leyva, R.C. y Pons, H.J.** 1996 Posibilidades de utilización de materias primas de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en las industrias del níquel, Revista Minería y Geología No.1.

- **Pérez, G.M., Leyva, R.C. y otros** 1988 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 Il Frente. E.G.M.O. Santiago de Cuba.