

**NUEVOS DATOS SOBRE LA COMPOSICIÓN MINERAL Y CLASIFICACIÓN DEL DEPÓSITO FERBERITICO, CUBA.****NEW DATA ON THE MINERAL COMPOSITION AND CLASSIFICATION OF THE DEPOSIT FERBERITICO, VAT.**

Jesús Manuel López Kramer <sup>(1)</sup>, Carlos A. Toledo Sánchez <sup>(2)</sup>, Bienvenido Trino Echevarría Hernández <sup>(1)</sup>, Angélica I. Llanes Castro <sup>(1)</sup>, y José Antonio Alonso Pérez <sup>(1)</sup>,

La mineralización ferberítica ha sido estudiada en diferentes intervalos de tiempo, pero no se ha desarrollado una exploración bajo mina con profundidad conociéndose que la mineralización es compleja (W, Mo, Bi, Sn, Au, Ag, Cu). De acuerdo a la clasificación metalogénica vigente se relaciona al depósito ferberítico al ambiente orogénico (subducción/colisión), Mesotermal, hospedado en secuencias silicoclásticas. Utilizando Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Espectrometría de Fluorescencia de rayos-X dispersiva de Energías (EDS), se identificaron por primera vez minerales del grupo de los fosfatos pertenecientes a las familias de las tierras raras, de los aluminosilicatos y del uranio. La presencia de minerales de los grupos de las Tierras raras: Monacita, Xenotima, ambas determinadas con anterioridad en Delita) y Ruselita, de los aluminosilicatos la Cordierita y del uranio (pudieran constituir una especialización geoquímica para estos grupos de minerales). El problema a resolver radicó en aportar nueva información que permita destacar el valor y la complejidad de las menas, incrementar el grado de estudio en el conocimiento de su composición mineralógica y sobre esta base poder hacer los correspondientes pronósticos metalogénicos en áreas con similares condiciones. Por lo que la presente información llama la atención a los decisores sobre las potencialidades de estos minerales que deben ser evaluados con mayor profundidad y un nuevo enfoque para las investigaciones de las menas. Se recomienda desarrollar investigaciones de detalle que permitan definir y valorar su posible impacto económico.

**Palabras clave:** Ferberita, composición, subducción/colisión

The ferberite mineralization has been studied at different intervals of time, but has not developed an exploration depth undermine knowing that mineralization is complex (W, Mo, Bi, Sn, Au, Ag, Cu). According to the current metallogenic classification is related to the orogenic deposit in environment (subduction / collision), mesothermal, hosted in siliciclastic sequences. Using Scanning Electron Microscopy (SEM) and fluorescence spectrometry dispersive energy (EDS) X-rays, minerals group of phosphates belonging to the families of rare earth, the aluminosilicates and uranium were identified for the first time. The presence of minerals of rare earth groups: Monazite, Xenotime, (both determined previously in Delita) and Ruselita, of silicate Aluminosilicate cordierite and uranium (could constitute a geochemical specialization for these groups of minerals). Solve the problem lay in providing new information to highlight the value and complexity of ores, increase the degree of study in the knowledge of its mineralogical composition and on this basis to make the corresponding forecasts metallogenic in areas with similar conditions. So this information draws attention to decision makers about the potential of these minerals to be evaluated in greater depth and a new approach to research ores. It is recommended to carry out research of detail to define and assess their potential economic impact.

**Keywords:** Ferberite, composition, subduction / collision

---

**Recibido:** 23 de junio del 2016

**Aprobado en su forma original:** 23 de marzo del 2018

1. Instituto de Geología y Paleontología. Ave. Vía Blanca No. 1002 e/ Río Luyanó y Prolongación de Calzada de Güines, Rpto. Los Ángeles, Municipio San Miguel del Padrón. Provincia La Habana, Email-igp@igp.minem.cu
2. Centro Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica, CIPIMM, Carretera Varona No.12028, km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 10800

## INTRODUCCIÓN

La mineralización de wolframio en el Archipiélago cubano está representada por un pequeño número de mineralizaciones de scheelita y por un único depósito de ferberita, el depósito Lela así como una serie de puntos de mineralización revelados por anomalías geoquímicas poco estudiados. La mineralización del depósito Lela ha sido insuficientemente estudiada, en diferentes intervalos de tiempo, y nunca se ha desarrollado una investigación a fondo. Por lo que la presente información llama la atención a los decisores sobre sus las potencialidades.

El depósito objeto de estudio (figura 1), fue descubierto a principios del siglo XX, explorado en los 20, y durante 1939 – 1944, fue explotado parcialmente por una compañía Norteamericana de los que se conservan laboreos mineros como el socavón de entrada, y un pozo con 2 niveles así como información sobre el depósito por Page y Mc Allister 1944. Describiendo entre la mineralización metálica ferberita que es acompañada por molibdenita, scheelita estannina y especularita. Como no metálicos cuarzo, con turmalina. Dentro del depósito destacan los diques feldespato – porfiro y los porfiro riolíticos tardíos (Page, Mac Allister, 1944), que con la nueva terminología se corresponden con riodacitas para los diques tempranos emplazadas post metamorfismo regional y anterior a la formación de las vetas cuarzo turmalinas con ferberita y las riolitas para los tardíos que son secantes a las vetas mineralizadas.

Trabajos de documentación y muestreo se desarrollaron dentro de los laboreos mineros de Lela como parte de los trabajos de investigaciones para la Monografía de los Yacimientos Minerales de la República de Cuba, Buguelsky *et al.*, 1985 y del Mapa de Yacimientos Minerales Metálicos de la República de Cuba Lavandero *et al.* 1985. Estos trabajos destacan la presencia de arsenopirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita y galena, describe las estructuras y texturas de las menas, así como la morfología de los minerales. En estos trabajos se establecen lo

complejo de la mineralización y su proceso de formación en 4 estadios de mineralización. Temprano- Cuarzo turmalina estéril, segundo cuarzo ferberita de la primera generación, arsenopirita, y especularita. Posterior al proceso de trituración y brechamiento ocurre un tercer estadio con cuarzo, ferberita de la segunda generación y turmalina. Un cuarto estadio menos argumentado con la presencia de sulfuros superpuestos, con mineralización antimonítica.

Trabajos para la Búsqueda Evaluativa para wolframio en el yacimiento Lela y sus Flancos fueron desarrollados por Serguei Avdev *et al.*, 1986, realizando investigaciones en superficie y pozos de perforación definiendo las anomalías geoquímicas y sus características y señalando otras manifestaciones tales como “Aeropuerto de la Siguanea” (parte NW de Lela), que han sido estudiadas en menor grado. Se destaca la zonalidad longitudinal orientada de suroeste a noroeste relacionada con la mineralización de molibdeno en ese sector suroeste que hacia el noroeste se sustituye sucesivamente por la mineralización ferberita y más adelante por la polimetálica con contenidos de Au y Ag: Mo – Sn – Pb – W – Bi – Ag – Ag – Cu – As. Las anomalías geoquímicas y geofísicas con esta dirección pudieran revelar posibles zonas controladoras de la mineralización.

Por su parte, V. Babushkin *et al.*, 1990 en el Informe de los trabajos de levantamiento geológico - geofísicos a escala 1:50 000 y búsquedas acompañantes en el Municipio Especial Isla de la Juventud aporta nuevos índices y criterios sobre el depósito y sus alrededores.

En el territorio de la Isla de la Juventud están presentes dos tipos de ambientes geodinámicos (Arcos de islas volcánicas Cr<sub>2</sub> Terreno Sabana Grande y Margen continental distensivo meridional Mesozoico que tienen magmatismo asociado y un sistema mineral propio desarrollado durante la evolución del mismo, y se caracteriza por una metalogenia típica. En Millán (1997), se argumenta el carácter del contacto entre las

vulcanitas cretácicas Sabana Grande y las metamorfitas del macizo como probadamente tectónico Figura 1.

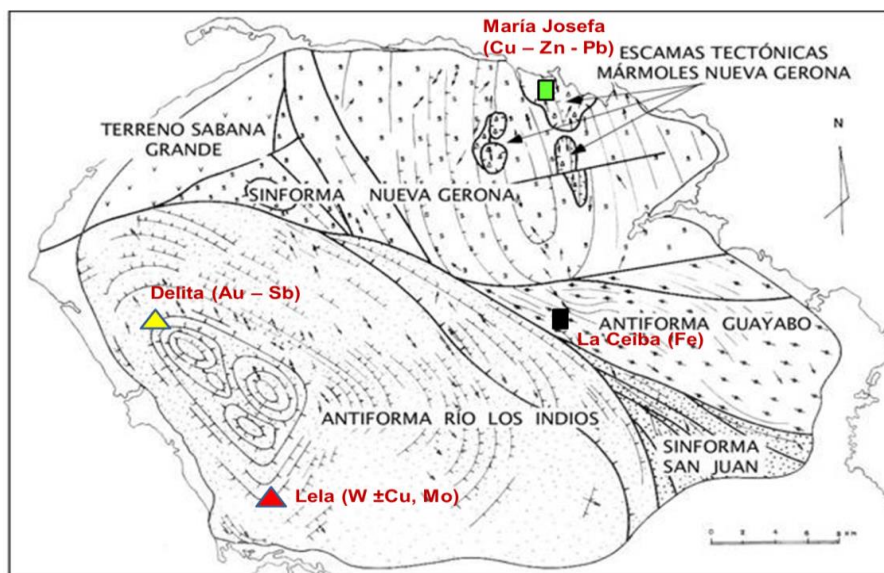
El depósito Lela está ubicado en la parte Sur Oeste de la Isla de la Juventud, en el cierre periclinal Sur de la estructura anticlinal Victoria (Malinovski, 1986). La mineralización tiene un vínculo espacial fundamentalmente, con la Antiforma Río Los Indios, con su cierre periclinal Sur, con el predominio de rocas con un grado de metamorfismo bajo.

La datación K - Ar de 60-68 Ma de una muestra tomada en un cuerpo subvolcánico del depósito de wolframio Lela (Buguelsky y otros, 1985) refleja, según este autor, la edad aproximada de este proceso superpuesto. La reactivación se acompañó por un intenso agrietamiento y fracturación de las metamorfitas, un magmatismo subvolcánico, principalmente ácido, alteraciones hidrotermales y metasomáticas, la inyección de venillas de cuarzo y una mineralización endógena específica. En opinión de Millán (1997), una corteza continental engrosada genera una importante cantidad de calor

debido, en gran parte, a su mayor contenido de elementos radioactivos, lo cual eleva el gradiente geotérmico. Este factor pudo haber sido la causa de la reactivación tectono - magmática postmetamórfica que caracterizó al macizo Isla de la Juventud.

Los depósitos relacionados con los procesos de colisión (Orogenic gold deposit) han sido desarrollados por Bortnikov (2009), Groves *et al.*, 1998. Proenza *et al.*, 1997, Nelson *et al.*, 2011 y sugieren relacionar la mineralización objeto de estudio con los procesos de colisión sin aportar resultados de datación, ni un estudio petroquímico de las rocas magmáticas y minerales trazas, aspecto que necesita ser estudiado, lo que permitirá argumentar el proceso de colisión como el evento más probable.

Los depósitos Delita y Lela han sido clasificados como exóticos por Kramer (2008), teniendo en cuenta diferencias en cuanto a composición mineralógica, isotópica, geoquímica y de formación, con respecto al resto de los yacimientos auríferos del archipiélago cubano.



**Figura 1.** Mapa estructural del Terreno Pinos, de acuerdo con Millán (1997b). En la antiforma Río Los Indios se ubica el sistema mineral de edad Campaniano - Maestrichtiano asociado con intrusivos félsicos. Leyenda de la carga mineral: Cuadrados: depósitos pertenecientes al sistema mineral de la paleocuenca de rift del J<sub>3</sub> - K<sub>1</sub>. Triángulos: Depósitos pertenecientes al sistema mineral colisional relacionado con intrusivos félsicos, del K<sub>2</sub> Campaniano - Maestrichtiano. El depósito Delita ubicado en el cierre periclinal norte y Lela en el cierre periclinal sur de la anti forma Río Los Indios. Entre paréntesis se indican los componentes principales de mena. Tomado de Cazañas *et al* 2014

La Fm. Cañada hospedera del depósito y las manifestaciones, ocupa los niveles inferiores de la columna litológico - estructural del macizo, constituyendo la mayor parte de los afloramientos de la Antiforma Río Los Indios y el núcleo de la Antiforma Guayabo. Consiste en una sucesión de esquistos metaterrígenos, principalmente metapelíticos, bien estratificados, cuyo protolito es similar a la Formación San Cayetano de la Cordillera de Guaniguanico.

Las rocas que encajan la mineralización del depósito Lela presentan dos facies del metamorfismo. Facie de los esquistos verdes y Facie almandino - Anfibolítico. La facie del metamorfismo de los esquistos verdes, representada por los esquistos bimicáceo cuarzo plagioclasa granítico con esfena es esquistosa con estructura esquistosa. En la masa de la roca existe un predominio de material micáceo (muscovita y biotita), donde predomina la primera que se distribuye de manera orientada en escamillas paralelas. La facie almandino - anfibolítica está representada por esquistos con estructura granolepiloblástica. Se caracteriza por una distribución desigual de los minerales. Existen zonas con abundante cantidad de biotita que ocurre en escamillas gruesas distribuidas desordenadamente, con grafito a modo de inclusiones.

Diques subvolcánicos y cuerpos de rocas eruptivas. Dentro de las rocas metamórficas se emplazan diques subvolcánicos y cuerpos de rocas eruptivas en forma de stock de composición ácida, que probablemente son derivados de un intrusivo de yacencia profunda de composición granitoide. Los cuerpos más viejos son los hipabisales (granitos, granodioritas y granitos leucocráticos), que raramente afloran a la superficie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se proyectaron teniendo en cuenta la información publicada, los informes y proyectos así como de archivo disponible en el Grupo de Mineralogía y Petrografía del IGP, que data del 1961,

producto de proyectos I+D, tesis y doctorados y del material específico obtenido durante los trabajos de campo del proyecto ejecutados en 2016.

Utilizando Scanning Electron Microscopy (Microscopía Electrónica de Barrido) SEM y Energy Dispersive Spectrometry, Espectrometría dispersiva de Energías, (espectrometría de Rayos X) EDS, se pudieron estudiar y determinar un grupo de minerales. La sensibilidad de esta técnica está bastante cerca del cut off para las tierras raras en lo que respecta a la cuantificación, aunque las detecta en partes por millón de forma cualitativa, siendo posible identificar las diferentes fases

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Petrografía*

Los resultados permiten determinar pórfidos dacíticos, riódacítico, riolíticos, dacitas, y lamprófiros biotítico del tipo kersantita cloritizado:

Pórfido dacítico. Compuesta por más del 65 % por plagioclasas en un rango amplio de composición, desde media hasta ácida. Ocurren en granos semiangulares y semiredondeados de hasta 0.6 mm, sobre los que se desarrollan un material muy fino de composición arcillo - sericítica. Se observan fenocristales de biotita en escamillas gruesas y de hasta 1.2 mm de largo. En ocasiones con clorita superpuesta. Se observa el desarrollo de mineralización metálica (sulfuros de Fe) sobre clorita y esta a su vez sobre biotita. Carbonato en casos aislados en granos irregulares.

Pórfido riódacítico. Compuesta por fenocristales de plagioclasas (desde andesina hasta albita), en granos tabulares e irregulares semiredondeados de hasta 1.2 mm. Sobre los fenocristales de plagioclasas se desarrollan un material muy fino de composición arcillo - sericítica y escamillas de sericita alterada sobre la que se desarrolla la sericitización y la carbonatización, se observan granos de apatito euhedrico en la zona de carbonatización,

biotitización en ocasiones con turmalina y metálicos (sulfuros de Fe) distribuidos como granos irregulares. En raras ocasiones ocurren fenocristales de cuarzo. Junto al carbonato se observan agujillas muy finas posiblemente de rutilo.

Dacita. La masa rocosa se encuentra muy alterada por material arcilloso y óxidos e hidróxidos de hierro. La matriz la constituye un material silíceo. A modo de fenocristales ocurren pequeños listoncillos de plagioclasas y anfíboles.

Pórfido riolítico. Alterado (sericitizado, cuarcificado). Fenocristales de cuarzo semiangulares y semiredondeados, posible presencia de pirrotina. Turmalina en agregados pequeños junto al agregado granoblástico de cuarzo rellenando grietas. La plagioclasas es acida, corroída, alterada a sericita. La masa principal o matriz está compuesta por un agregado microcristalino cuarzo – sericitico – plagioclasico. Ocurren granos de clinosoicita corroídos irregulares.

Lamprófiros biotítico del tipo kersantita cloritizado. Fenocristales de plagioclasas que ocurren en granos semiredondeados alterados de sericita, o con inclusiones de material micáceo. También ocurren fenocristales de biotita. En ambos casos los granos miden hasta 0.7 – 1.0 mm. La masa principal está compuesta por un agregado fino, menor que 0.1 mm cuarzo feldespático con abundante biotita diseminada en escamillas finas y cortas. Se observa presencia abundante de sulfuros de Fe 3 %. Es posible la presencia en la masa principal de feldespato potásico. Se aprecia un sector de la roca como amigdular, relleno por abundante clorita y metálico en forma irregular así como carbonato, al mismo tiempo se aprecia cierta disposición orientada del metálico producto del relleno de una alteración secundaria.

#### *Alteraciones circúnmeníferas*

Con el estudio de las alteraciones circúnmenífera de las rocas es posible la realización de búsquedas posteriores y trabajos de exploración no solo en el

yacimiento sino, en las áreas aledañas ya que estos procesos constituyen un índice de búsqueda directo, sobre todo en los yacimientos de metales raros y preciosos, donde frecuentemente la zona mineralizada se distingue con dificultad. En este sentido Veniamin *et al.*, 1988 desarrolló el estudio de las alteraciones circúnmenífera nos permiten reducir el volumen de los tipos de trabajos de búsqueda pesados, de exploración con laboreos mineros y sobre todo facilita la metodología de una realización de los trabajos de muestreo y de laboratorio.

El estudio de las alteraciones circúnmeníferas para el depósito Lela se trazó como meta establecer de forma general los procesos de formación menífera y se realizó de una forma preliminar. Este fue realizado al nivel de estudios macroscópicos y con un volumen reducido de investigaciones mineralógicas secciones delgadas y pulidas. No se utilizaron métodos de estudios para determinar la variación de la composición química de las rocas y el esclarecimiento de la geoquímica de intercambio (entrada y salida) de los componentes y litogenéticos.

Las transformaciones circúnmeníferas secundarias de las rocas encajantes del depósito Lela están representadas por la sericitización, carbonatización, caolinización, cuarcificación y turmalinización. Estas alteraciones pueden relacionarse con los procesos de argilitización, relacionados con pequeñas intrusiones de composición ácida cercanas a la superficie y puede clasificarse como argílica débil.

Por su forma, las alteraciones tienen una disposición lenticular - lineal y su emplazamiento se ajusta a zonas de esquistosidad, agrietamiento y grietas tectónicas. La argilitización alcanzó tanto a los esquistos de caja, a las cuarcitas micáceas, a los esquistos cuarzosos, a los plagio gneises así como a los cuerpos de diques de riódacitas.

En el estadio inicial de los procesos de argilitización se manifiesta la sericitización con



los agregados sericitico que alteran a los feldespatos, y al mismo tiempo, en dependencia de la cantidad de feldespato en la composición de las rocas iniciales, varia también el contenido de los agregados sericitico. Conjuntamente con la sericitación en la composición de las rocas se manifiesta también la carbonatización en forma de manchas, franjas. El carbonato es ferruginoso del tipo de la anquerita siderita.

La sericitización ulterior altera a los minerales micáceos, a cloritas. Macroscópicamente la roca se somete a clarificación y con matriz blancuzco. Los estudios microscópicos permiten ver claramente que la sericita sustituye a todos los minerales anteriormente mencionados, en algunos casos se conservan los relictos de las plagioclasas en los agregados sericitico, al mismo tiempo la plagioclasa se acidula hasta albita.

En dependencia de la composición de la roca inicial, de la cantidad de feldespato y de minerales micáceos el contenido de sericita fluctúa entre 10 y 70 %, el contenido de carbonato ferruginosos no sobrepasa el 5 - 6 %.

Procesos más intensos de la argilitización permiten observar procesos de caolinización los cuales se expresan en la ocurrencia de las hidromica y por ellas se desarrolla la caolinita. En Lela, el contenido de caolinita en las rocas más alteradas no sobre pasa el 20 %. La caolinita se distribuye irregularmente en forma de manchas.

La cuarcificación se expresa en el apareamiento de manchas nidos, y finas venillas e hilos muy finos de un cuarzo de grano irregular. Conjuntamente con la cuarcificación ocurre la turmalinización. La turmalina se manifiesta en forma de cristales prismáticos de color negro y agregados y conforma manchas de forma irregular, micro venillas diseminadas por toda la masa de la roca. El tamaño de los granos de la turmalina fluctúan en límites amplios desde 0.05 mm hasta 2-5 mm por su longitud. Todas las alteraciones importantes caracterizadas más

arriba de las rocas están impregnadas de vetas de cuarzo y vetillas de diferentes espesores y se manifiestan irregularmente con excepción de la sericitización. Esta última se manifiesta en todas las zonas. En forma extremadamente irregular se manifiesta la caolinización este proceso no se manifiesta totalmente y se observan la sericitización, carbonatización, cuarcificación y turmalinización.

Se establece por Veniamin *et al.*, 1988 el siguiente esquema de paragénesis de minerales en dependencia de la intensidad de la manifestación de los procesos de alteración.

- 1.- El cuarzo de la roca original + sericita + carbonato ferruginoso + turmalina + veras cuarcíferas mineralizadas
- 2.- Cuarzo de la roca inicial + sericita+ carbonato ferruginoso + cuarzo superpuesto + turmalina + vetas cuarzosas mineralizadas
- 3.- Cuarzo de la roca original + sericita + carbonato ferruginoso + hidromica + caolinitas+ cuarzo secundario + turmalina + vetas cuarzosas mineralizadas.

Anfibolitas y esquistos con piroxenos ferruginosos.

Composición Hornablenda y plagioclasa, pero pueden asociarse con granates, epidotas y clino y ortopiroxenos.

- Anfibolitas. Pueden formarse a costa del metamorfismo regional por rocas básicas y parcialmente medias intrusivas e intrusivas magmáticas de la serie normal alcalino terrea, a costa de tobas y areniscas de composición básica, así como a costa de rocas margosas ricas en calcio, magnesio, hierro.
- anfibolitas comenzaron a nombrarse rocas que se componen principalmente de hornablenda u plagioclasa
- Un ritmo completo de pararocas metamórficas de grado medio de metamorfismo responden a unas rocas sedimentarias transgresivas y tienen la siguiente composición. Mármoles (calizas, dolomitas). anfibolitas (rocas argilito - carbonáticas). esquistos arcillosos micáceos (biotititas), gneises

(rocas arcillo arenáceas y areniscas arcoscas), cuarcitas (areniscas cuarcíferas).

- Las anfíbolitas siempre conforman un límite nítido con los mármoles y, como regla, por un límite también brusco aparecen los gneises micáceo.
- Con el incremento del grado de metamorfismo de los carbonatos cálcicos y magnesianos entra en la composición anfíboles, piroxenas y plagioclasas, mientras que los carbonatos desaparecen.
- En los esquistos que se forman a costa de las margas en las facies de los esquistos verdes, surgen las siguientes paragénesis de minerales calcita+ epidota (clinosoicita) + clorita + cuarzo+ moscovita, que se suceden con el crecimiento hasta la paragénesis de epidota + turmalina + clorita+ cuarzo + albita + moscovita + biotita.
- En la facie epidotita anfíblítica se manifiesta la horblenda y el granate epidota+ horblenda + almandina + biotita + cuarzo.
- En las condiciones de la subformación estaurólita almandina a estos minerales se adiciona la plagioclasea.
- Con el crecimiento ulterior del grado del metamorfismo del facie granulítica y la parte superior de la anfíbolítica aparecen piroxenos y feldespatos potásicos.

#### *Cuerpos minerales*

Las zonas mineralizadas del depósito Lela están asociadas a cuerpos subvolcánicos filonianos de riodacitas, dacitas, andesito - dacitas, lamprófidos y pórfidos graníticos. Los cuerpos minerales tienen forma filoniana – lenticular. La mineralización menífera y minerales acompañantes se forman conjuntamente con las vetas y vetillas de cuarzo.

Las vetas que contienen mineralización tienen longitudes que oscilan entre 50 -1250 m con espesores de los cuerpos minerales de 0.1-

0.5 m, y en profundidad según datos de perforación se acuña a los 150 m. La morfología de los cuerpos minerales frecuentemente es en forma de filones. Las texturas más difundidas son las de nidos, diseminada, brechosas vetítico diseminada. Los contenidos más altos de wolframio (0.1- 1 %) y más se encuentran en las vetas cuarzosas y cuarzo turmalinas. La mineralización acompañante no supera los 0.03 %.

#### *Composición sustancial de las menas*

Con asteriscos (\*) se señalan los minerales que se determinaron por primera vez, minerales del grupo de las Tierras raras (fosfatos) Monacita, Xenotima y Ruselita. Minerales radioactivos y aluminosilicatos la Cordierita que necesitan ser investigados con mayor detalle para estimar sus concentraciones y posible interés económico. Una vez confirmada la presencia de estos minerales, es necesario aumentar los estudios en cuanto a su petrografía, mineralogía, quimismo, morfología, texturas, controles de mineralización y geoquímica se refiere, incluyendo estudios isotópicos y de inclusiones fluidas y de beneficio. Estos datos constituirían un aporte al conocimiento geológico. Esto, unido a las posibles dimensiones y significados económicos, amerita la realización de estudios, más detallados.

#### *Minerales de wolframio.*

Ferberita.  $\text{FeWO}_4$ . Descrito con anterioridad  
Scheelita. Descrita con anterioridad.

#### *Minerales del grupo de las tierras raras.*

(Fosfatos). Monacita, Xenotima y Bastnasita  
Monacita\*. Descrito anteriormente en el depósito Delita (Toujague 1988, Kramer *et al.*, 2015). El término monacita se usa para designar a un grupo de cuatro minerales distintos, de la clase 8 del grupo de los fosfatos. Es, junto a la bastnasita, la principal mena de tierras raras.

Xenotima\*. Es el nombre de dos minerales de la clase de los minerales fosfatos, la xenotima-(Y) y la xenotima-(Yb). Sinónimos poco usados son: castelnaudita, hussakita, tankelita y

xenotimita. La xenotima-(Y) es un raro mineral cuyo principal componente es fosfato de itrio. Es isoestructural con el zircón. Forma una serie de solución sólida con la chernovita-(Y) ( $\text{YAsO}_4$ ), en la que la sustitución gradual del fósforo por arsénico va dando los distintos minerales de la serie. Además de los elementos de su fórmula, suele llevar como impureza erbio, substituyendo al itrio en la estructura. Además, ambas xenotimas forman una serie de solución sólida con ellas en los extremos, en la que sustitución gradual del itrio por iterbio va dando los distintos minerales de la serie. Generalmente este mineral aparece en rocas ígneas alcalinas y pegmatitas de granito asociadas, donde pueden formar cristales de gran tamaño. También puede aparecer en gneis micáceos y cuarzosos, así como en material detrítico. Suele encontrarse asociado con otros minerales como: circón, anatasa, rutilo, sillimanita, columbita, monacita e ilmenita. La xenotima-(Yb) se ha encontrado

en la zona de albita sacaroidea dentro de una roca pegmatita de tipo granito.

Ruselita\*. Es un mineral de la clase de los minerales fosfatos, y dentro de esta pertenece al llamado "grupo de la roselita". Es un arseniato hidratado de calcio y cobalto. Todos los minerales del grupo de la roselita son arseniatos o sulfatos monoclinicos. Dimorfo monoclinico de la  $\beta$ -roselita, que es del sistema cristalino triclinico. Isoestructural con la brandtita ( $\text{Ca}_2\text{Mn}_2 + (\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), con la misma cristalización pero que en lugar de cobalto tiene manganeso. Es el análogo con cobalto de la wendwilsonita ( $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), mineral con el que forma una serie de solución sólida en la que la sustitución gradual del cobalto por magnesio va dando los distintos minerales de la serie. Además de los elementos de su fórmula, suele llevar como impureza algo de magnesio

**Tabla 1. Minerales pertenecientes al grupo de las Tierras que han sido identificados en depósitos ubicados en el Margen continental distensivo meridional.**

| Depósito | Elementos característicos | Ubicación                                                                                                      | Xenotima | Monacita | Bastnasita |
|----------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------|
| Lela     | W, Mo, Bi, Sn, Au, Ag, Cu | <i>Margen continental distensivo meridional. Orogénico.</i><br>Metaterrígenas J <sub>1</sub> ?-K               | X        | X        |            |
| Delita   | Au -Ag - As- Sb - Pb - Ag | <i>Margen continental distensivo meridional. Orogénico.</i><br>Metaterrígenas J <sub>1</sub> ?-K<br>Mesotermal | X        | X        | X          |

*Minerales del grupo de los minerales radioactivos.*

Uranio\*

Alumosilicatos

Cordierita\*( $\text{Mg, Fe}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ ). La cordierita no alterada se puede confundir con el cuarzo. Los granos alterados pueden tomar coloración amarillenta o verdosa ya que se altera muy fácilmente a pinnita (agregado de clorita, moscovita y otros filosilicatos, lo que es un

criterio muy útil en la identificación). Las inclusiones de circón u otros minerales con elementos radioactivos dan una aureola amarilla muy característica. Se asocia a rocas arcillosas metamorfizadas. En gneises de



metamorfismo regional con granate – sillimanita.

#### *Minerales de bismuto.*

Descritos por Krapiva (1989), en base a análisis mineragráficos roentgenoespectral, de microsonda por capacidad de reflexión determinó varios minerales de este grupo y llama la atención sobre la existencia en Lela de las mismas asociaciones productivas para Bi (Pilsenita – tetradimita - calcopirita - pirrotinica y alexito – cosalito - bismutita – pirrotina) existentes en otros yacimientos en el mundo por lo que este hallazgo y su analogía tiene interés práctico.

Minerales del grupo de los sulfuros. Galena, arsenopirita, calcopirita, pirrotina. Descritos en 1944

Molibdenita. Descrita en 1944.

Estannita. Descrita en 1944. Es un sulfuro de cobre, hierro y estaño. El grupo de la estannita en que se encuadra son todos sulfuros o seleniuros de varios metales con sistema cristalino tetragonal. Forma una serie de solución sólida con la kesterita ( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ), en la que la sustitución gradual del hierro por cinc va dando los distintos minerales de la serie. Es dimorfo de la ferrokesterita ( $\text{Cu}_2(\text{Fe,Zn})\text{SnS}_4$ ). Además de los elementos de su fórmula, suele llevar como impurezas: plata, cinc, cadmio, indio y germanio. Parece en vetas hidrotermales en yacimientos de minerales del estaño, donde se forma en una fase posterior y más fría que la casiterita. También aparece, más rara vez, en rocas pegmatitas. Suele encontrarse asociado a otros minerales como: calcopirita, esfalerita, tetraedrita, arsenopirita, pirita, casiterita o wolframita.

Óxidos.

Especularita. Descrita en 1944. Hematita especular o specularita. Presenta un color gris a plateado de brillo metálico a submetálico. Se ve como pequeños espejos, de ahí su nombre “especular” (es un mineral de origen sedimentario). Se puede presentar en hábito hojoso o tabular, o como cristales anhedrales.

El oligisto o hematita es un mineral compuesto de óxido férrico, cuya fórmula es  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y constituye una importante mena de hierro ya que en estado puro contiene un 70% de este metal. A veces posee trazas de titanio (Ti), aluminio (Al), manganeso (Mn) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Minerales acompañantes. Circón\*. El zircón o circón es un mineral de la clase 9 (nesosilicatos), es un silicato de zirconio de fórmula química  $\text{ZrSiO}_4$ , de color variable. Es una gema. La fórmula del zircón puede variar y el zirconio o el silicio presentes pueden ser sustituidos por otros elementos. Así se han encontrado casos con un contenido de hasta el 30 % de óxido de hafnio ( $\text{HfO}_2$ ), 12 % de óxido de torio ( $\text{ThO}_2$ ) o 1,5 % de óxido de uranio ( $\text{U}_3\text{O}_8$ ). Estas impurezas son la razón por la que la densidad varía de 4,3-4,8 g/ml. Otros Rutilo, cuarzo, corindón, turmalina, cloritas.

## CONCLUSIONES

- 1- La mineralización del depósito Lela ha sido insuficientemente estudiada, en diferentes intervalos de tiempo, y nunca se ha desarrollado una investigación a fondo. Por lo que la presente información llama la atención a los decisores sobre sus potencialidades.
- 2- Se identificaron minerales del grupo de los fosfatos pertenecientes a las familias de las tierras raras, aluminosilicatos y del uranio asociados a las menas que deben ser estudiados con mayor profundidad.
- 3- Determinados por primera vez en el yacimiento y posiblemente en el Archipiélago cubano la presencia de minerales del grupo de las Tierras raras: Monacita, Xenotima, (ambas determinadas con anterioridad en Delita) y Ruselita, de los aluminosilicatos la Cordierita, y radioactivos, con un significado práctico para el nuevo enfoque del estudio de las menas y el valor agregado de estos minerales al depósito.

## RECOMENDACIONES

Desarrollar investigaciones de detalle e incrementar el grado de estudio en el conocimiento de su composición mineralógica, y en los concentrados para definir la presencia de minerales contenedores de tierras raras y radioactivas y valorar su impacto económico y soluciones de atenuación de su impacto y sobre esta base poder hacer los correspondientes pronósticos metalogénicos en áreas con similares condiciones.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible, sin el apoyo ofrecido por un conjunto importante de geólogos que brindaron tanto sus experiencias como el aporte de muestras. Aunque corremos el riesgo de no mencionarlos a todos, queremos agradecer su ayuda a: Dr. Manuel Pardo Echarte de CEINPET, MSc José Luis Mederos de GeoMinera S.A por la lectura del manuscrito y sus observaciones críticas que permitieron su mejora.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avdev, Serguei; Ferreiro, Maricela; Machado, A. y otros. 1986. Informe de Búsqueda Evaluativa para wolframio en el yacimiento Lela y sus Flancos. ONRM. 3486.
- Babushkin, V.; Tseimkh, E.; Akilvekov, V.; Zverev, V.; Kurtiguechev, N. Orlov y otros. 1990. Informe de los trabajos de levantamiento geológico - geofísicos a escala 1:50 000 y búsquedas acompañantes en el Municipio Especial Isla de la Juventud en colaboración con la URSS (CAME). 1990. Inf. 03880. ONRM.
- Buguelsky Y. Y, et al. 1985. Ore deposits of Cuba. UDC 553.042/061. Editorial Nauka. Moscú. En Ruso e Inglés.
- Cazañas Díaz Xiomara; Zafra Jorge L; Lavaut Copa W; Cobiella Reguera J; Capote Marrero C; Gonzales Acosta V; López Kramer J. 2014. Mapa metalogénico de la República de Cuba escala 1:250 000. Informe Final. Proyecto 613101.
- D. I. Groves; Goldfarb, R.J.; Gebre, M; Hageman, Miriam, S.G; Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 3\_998. 7–27.
- Kapriva Leonid Y; Santa Cruz Pacheco Ma.; Estrugo Mario. 1989. Tema 01080. Lela.
- López - Kramer, J M.; Pérez Vázquez, R. G.; Redwood, S. D.; Nelson, C. E. 2008. La mineralización de oro y plata en terrenos de afinidad continental de Cuba SW (Guaniguanico, Pinos y Guamuhaya). *Geominas*, Vol. 36, N° 45, abril 2008
- López- Kramer J M. 1988. Composición sustancial y asociaciones mineralógicas de los yacimientos auríferos hidrotermales de Cuba. Tesis para la obtención del grado científico de Dr. C. Geólogo – Mineralógicas. En Ruso. Instituto de Geología de los yacimientos minerales, mineralogía petrografía y geoquímica. IGEM. ACC URSS.
- López Kramer Jesús Manue; Toledo Sánchez, Carlos A; Alonso Pérez, José Antonio. 2015. Yacimiento aurífero Delita, nuevos datos sobre su composición mineral y clasificación. Aceptado para su publicación. *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio*.
- Millán, G.1997. Geología del Macizo Metamórfico Isla de la Juventud, en Estudio sobre Geología de Cuba, IGP, ISBN 959-243-002-0, pp. 260-270.
- Millán, G.1981. Geología del macizo metamórfico Isla de la Juventud. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, (3), pp. 3-22.
- Nelson Carl E.; Proenza Joaquín A.; Lewis, J.F.; López-Kramer, Jesús. 2011. The Metallogenic Evolution of the Greater Antilles. *Geológica Acta*, Vol. 9, Nos 3 - 4, September - December 2011, 229 - 264. DOI:10.1344/105.000001741 Available on line at [www.geologica-acta.com](http://www.geologica-acta.com)
- Page, L.R. and Mc Allister, J.F.1944. Tungsten deposits, Isla de Pinos, Cuba. *Bull. Geol. Surv.*, Washington, 935-D, pp. 117-346.
- Pardo-Echarte Manuel Enrique. 2015. Aplicación de la grava-magnetometría para la cartografía estructuro-magmática del macizo metamórfico Isla de la Juventud. *Bol. Cienc. Tierrano*.38MedellínJuly/Dec2015<http://dx.doi.org/10.15446/rbct.n38.44477>.DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rbct.n38.44477>..
- Primer Congreso de Geología del Caribe Occidental. Geología / Geology 89. Proyectos 165, 242, 262, PICG. 29 – 31 MARZO. 1989. Palacio de las Convenciones. Resúmenes y Programas.
- Proenza J, A.; Melgarejo, L.C. 1998. Introducción a la metalogenia de Cuba bajo la perspectiva de la Tectónica de placas, *Acta Geológica Hispánica*. 33(1-4): 89-131.

Texto Yacimientos Minerales Metálicos 1985. Tomo I.

Toujague de la Rosa Massahud Regla. 2008. AVALIAÇÃO DE RISCO A ARSÊNIO, CHUMBO E CÁDMIO NA REGIÃO AURÍFERA DELITA, CUBA. Tesis presentada en la Universidad federal de Lavras Minas Gerais, Brasil. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3496>.

Veniamin Kurtigueshev.1998. Alteraciones hidrotermales cercanas a las menas en el yacimiento Lela de wolframio Lela y sus flancos.