

## **Depósitos primarios de oro y plata del Archipiélago Cubano.**

Dr. Jesús Manuel López Kramer <sup>(1)</sup>, MSc. Higinio Pimentel <sup>(2)</sup>, Stewart Redwood <sup>(4)</sup>, Ing.  
José Gandarillas Hevia <sup>(1)</sup>, MSc. Ramón Guillermo Pérez Vázquez <sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 No.2906, La Lisa, C. Habana, CP 11600, Cuba.

<sup>(2)</sup> Empresa Geominera Camagüey. [higiniopo@gmcmg.gms.minbas.cu](mailto:higiniopo@gmcmg.gms.minbas.cu).

<sup>(3)</sup> Universidad de Pinar del Río. [monico@geo.upr.edu.cu](mailto:monico@geo.upr.edu.cu)

<sup>(4)</sup> Geólogo Consultor, Apartado postal 0832-1784, Panamá. [cgf@sredwood.com](mailto:cgf@sredwood.com)

Recibido: enero-octubre, 2008	Acceptado: noviembre, 2008
-------------------------------	----------------------------

### **Resumen**

La presencia en el Archipiélago cubano de depósitos de oro y plata, las investigaciones desarrolladas en la segunda mitad del siglo pasado, los precios del oro y la plata así como la información internacional sobre el tema estimularon la actualización de las investigaciones.

Los resultados obtenidos en los depósitos primarios estudiados ubicados en diferentes terrenos destacan diferencias y similitudes en cuanto los tipos mineralógicos, la composición del oro y la relación isotópica del plomo.

El depósito Delita ubicado en el Terreno Pinos se diferencia del resto por su tipo mineralógico oro – arsenopirita – sulfoantimonítico. En el Arco Volcánico Cretácico son conocidos los depósitos como Florencia, Golden Hill, Iron Hill, Loma Jacinto clasificados como tipo mineralógico auro – pirita – telurídico. Es un rasgo característico la presencia de minerales del grupo de los telurios y la ausencia de arsenopirita en las menas, siendo la pirita el mineral principal. En el Cinturón Ofiolítico Septentrional los depósitos Descanso - Meloneras son representantes del tipo mineralógico auro – arsenopirítico se evidencian los procesos de alteración caracterizados por la cloritización y carbonatización, la presencia de impurezas de Hg, Cu, Ag en el oro y minerales de Ni y Co. En el Arco Volcánico Paleógeno, el rasgo característico es su composición mineralógica sencilla y pobre en sulfuros, siendo la pirita el mineral principal.

La menor relación isotópica del plomo obtenida en el yacimiento Descanso, muestra un posible aporte de origen cortical. En los yacimientos Delita y Florencia se destaca la acumulación del plomo uranogénico de origen cortical. El plomo de la galena del yacimiento Polimetálico El Infierno, ubicado en las rocas del Arco Volcánico de edad Paleógeno su relación isotópica es cercana a los valores obtenidos en la galena y a la altaita del yacimiento Florencia.

Los autores teniendo en cuenta las nuevas ideas sobre el origen del Archipiélago Cubano se proponen establecer a partir de los nuevos datos la analogía con sus análogos de la región Caribe.

**Palabras clave:** Oro, plata, minería

### **Abstract**

The presence in the Cuban Archipelago of gold and silver deposits, investigations developed in the second half of last century, gold and silver prices as well as the international information on the topic stimulated the upgrade of the investigations.

The primary gold deposits studied are located in different terrains and highlight differences and similarities as soon as the mineralogical types, gold composition and lead isotopic relationship.

The Delita deposit located in the Pinos Terrain differs from the rest for its mineralogical type gold - arsenopyrite - sulfoantimonitic. In the Cretaceous Volcanic Arch are known deposits like Florencia, Golden Hill, Iron Hill and Loma Jacinto classified as mineralogical auro - pyrite - teluridico type. It is a characteristic feature the presence of minerals of the telluride group and the arsenopyrite absence in the ores, being pyrite the main mineral. In the Northern Ophiolitic Belt the Descanso - Meloneras deposits are representatives of mineralogical auro - arsenopyrite type, the alteration processes are characterized by chloritization and carbonatization, the presence of Hg, Cu, and Ag appearances in the gold, and minerals of Nickel and Cobalt. In the Paleogene Volcanic Arch, a characteristic feature is its simple mineralogical composition, poor in sulphur minerals, being the main mineral pyrite.

Gold composition has as common characteristic the content of trace elements Hg - Ag - Cu. The smallest isotopic relationship in the lead obtained in the Descanso deposit, shows a possible contribution of cortical origin. In the Delita and Florence deposits stands out the accumulation of uranium lead of cortical origin. The lead of the

galena of Polimetálico El Infierno deposit, located in the Paleogene Volcanic Arch its isotopic relationship is near to the values obtained in the galenite and altaite of the Florence deposit. The authors keeping in mind the new ideas on the origin of the Cuban Archipelago intends to settle down starting from the new materials the analogy with their similar of the Caribbean region.

**Key words:** Gold, silver, mining.

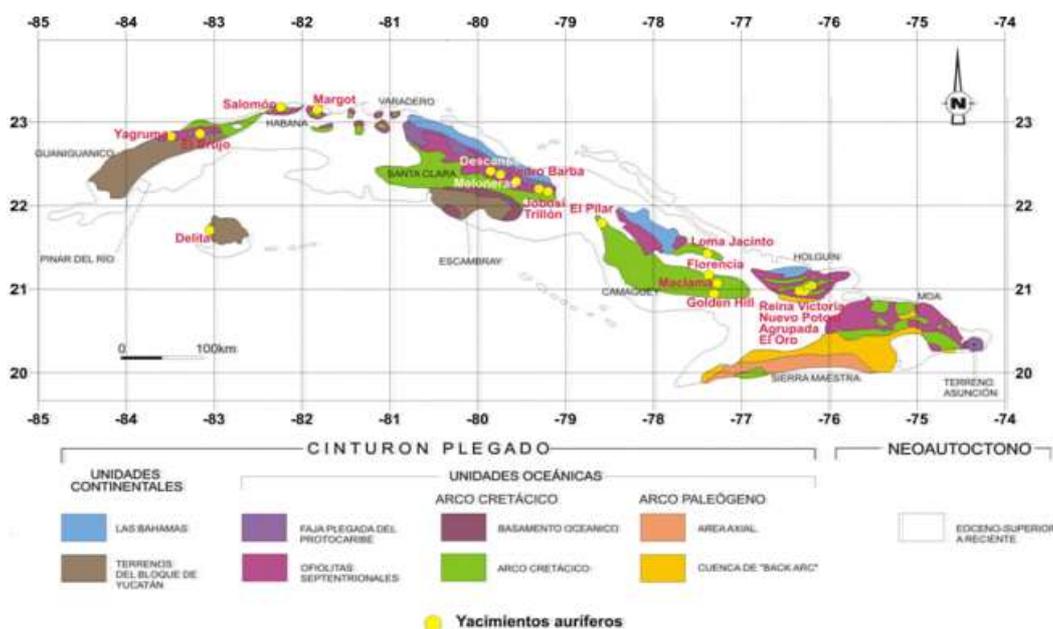
## Introducción

Las investigaciones científicas desarrolladas en la segunda mitad del siglo pasado en el campo de las geociencias y las exploraciones desarrolladas en más de 40 regiones por las Asociaciones Económicas Internacionales-GeoMinera SA permiten contar con suficiente material primario y un alto nivel de estudio científico sobre la temática. La información internacional permitió a los autores establecer similitudes y diferencias con sus análogos de la región Caribe. Los altos precios del oro y la plata han incentivado el desarrollo de nuevos proyectos de exploración en nuestro país y en toda la Región del Caribe. Los factores anteriormente mencionados estimularon la ejecución de la presente actualización para estos metales.

## Materiales y métodos

### Aspectos generales de la geología de Cuba

La geología de Cuba se caracteriza en general por contar con dos niveles estructurales: el Cinturón Plegado Cubano y el Neoautóctono. El Cinturón Plegado Cubano, está constituido por Terrenos tectónico - estratigráficos continentales y oceánicos representativos de grandes entidades paleogeográficas. La posición original y evolución de los mismos no están relacionadas con la actual área de Cuba y representan, como mínimo, la historia geológica del Caribe Noroccidental. El Neoautóctono está formado por sedimentos poco deformados del Eoceno Medio al Reciente (Iturralde – Vinent, 1996). En el Cinturón Plegado Cubano hay elementos geotectónicos de afinidad continental y de afinidad oceánica (Iturralde – Vinent, 1996 a; Kerr et al., 1999). De afinidad continental son los Terrenos de Cuba SW (Guaniguanico, Pinos y Escambray) y la Plataforma de las Bahamas, mientras que de afinidad oceánica son el Cinturón Ofiolítico Septentrional, el Arco Volcánico Insular Cretácico y el Arco Volcánico Insular Paleogénico (Figura 1).



**Figura 1:** Principales niveles estructurales del archipiélago cubano según Iturralde – Vinent, 1996. Cinturón Plegado y el Neoautóctono. Modificado por Kramer, con la ubicación de los principales yacimientos y manifestaciones de oro y plata de Cuba.

Las secuencias mantélicas y los niveles de gabros de las ofiolitas se han datado como Jurásico-Cretácico Temprano y las rocas Vulcano – sedimentarias como Hauteriviense – Campaniense (Iturralde – Vinent, 1996 b), la edad de emplazamiento tectónico de las secuencias ofiolíticas es diferente en Cuba Oriental con respecto a Cuba Central y Occidental.

En el territorio del Archipiélago cubano, Kramer 1988, Kramer *et al.*, 1998 destaca tres tipos mineralógicos de yacimientos auríferos primarios, que se ubican en diferentes terrenos y que poseen rasgos generales y propios.

**Rasgos tipomórficos de las mineralizaciones auríferas de Cuba.**

*Terrenos de afinidad continental de Cuba SW (Guaniguanico, Pinos y Guamuaya).*

Sobre la presencia de oro asociada a los Terrenos de afinidad continental (Guaniguanico, Pinos y Guamuaya), en Kramer *et al.*, 2008 se presentan sus regularidades y diferencias. Particular diferencia se manifiesta en el Terreno Pinos con respecto a los depósitos ubicados en los terrenos de las Alturas de Guamuaya y Guaniguanico. En el Terreno Pinos se localizan el depósito de oro y plata primario Delita, el mayor y mejor estudiado depósito de oro del archipiélago cubano, un grupo de manifestaciones auríferas y el depósito de wolframio Lela. En la cordillera de Guaniguanico y de Guamuaya no es característica la presencia de yacimientos y manifestaciones primarias de oro y plata, el oro y la plata están presentes como mineral secundario en yacimientos polimetálicos de plomo y zinc tipo Sedex, tales como los conocidos Santa Lucía - Castellano en Pinar del Río y Carlota - Guachinango en la Región Central del país.

Las menas de los depósitos y manifestaciones de oro primario conocidas en el Terreno Pinos se diferencian de las menas del resto de los yacimientos auríferos estudiados en el Archipiélago cubano por su tipo mineralógico oro – arsenopirita – sulfoantimonítico, Kramer, 1988. Su principal representante es el depósito Delita formado a profundidades medias según Kramer, 1988, Bortnikov, *et al.*, 1989 y clasificado como orogénico por Bortnikov *et al.*, 1993.

El depósito Delita, el mayor y mejor estudiado de todos ellos se encuentra ubicado en el Terreno Pinos, de afinidad continental, ha sido clasificado como tipo mesotermal, cuarzo – arsenopirítico - sulfoantimonítico (Bortnikov *et al.*, 1989). Trabajos más recientes lo clasifican como un depósito de oro orogénico (Proenza y Melgarejo, 1998). Siendo características en las menas la abundancia de arsenopirita y sulfosales de plata y plomo.

La génesis del magmatismo con el que se asocia la mineralización en el Terreno Pinos es polémica ya que los mismos están asociados a eventos magmáticos que son interpretados por diferentes autores como sigue.

- 1.- Asociado a los estadios finales del Arco Volcánico Cretácico.
- 2.- Asociado al Arco Paleógeno.
- 3.- Asociado al magmatismo que se desarrolló durante el proceso de colisión.

Cabrera, *et al.*, 1986, Pardo 1989, 1990 sugieren la asociación de la mineralización con un magmatismo ácido originado por un proceso de reactivación magmática que afectó al terreno Pinos en el Cretácico Superior. En Somin y Millán, 1981 plantean que los diques a los cuales se asocia la mineralización son post metamórficos. Según Cobiella (1997) pudieran ser de edad Paleógeno. Por su parte, Buguelsky, Y. Y. *et al.*, 1985, 1986, Pardo, 1990 sugieren la asociación de la mineralización con un magmatismo ácido originado por un proceso de reactivación magmática que afectó al terreno Pinos en el Cretácico Superior.

Los depósitos relacionados con los procesos de colisión (Orogenic gold deposit) han sido desarrollados por Groves *et al.*, 1998. Proenza J. A *et al.*, 1997, sugieren relacionar el yacimiento Delita con los formados durante los procesos de colisión.

Teniendo en cuenta los resultados experimentales de los parámetros de la deposición del oro en sistemas hidrotermales y en base al estudio de la composición de los isótopos estables del azufre en minerales sulfurados, oxígeno en cuarzo, plomo en la galena y de las inclusiones gaseoso - líquidas (en el cuarzo formado en diferentes estadios), Kramer 1988, Bortnikov *et al.*, 1989 utilizando a los mismos como geotermómetros para calcular la temperatura de formación (esfalerita, galena, arsenopirita) y evaluar los parámetros físico químicos de deposición de las menas Temperatura, Presión, actividad del oxígeno, y del azufre, de las soluciones ácidas- básicas, la composición de los minerales en los diferentes estadios. Los resultados obtenidos indican que estos parámetros variaron durante el proceso de formación o que las condiciones variaron de forma local en diferentes partes del yacimiento por factores locales. Los mismos permiten inferir que la deposición de los minerales del primer estadio ocurrió a temperaturas de 270 – 400° C y presión de 1 - 1.5 Kbar, actividad de azufre  $10^{-7} - 10^{-9}$ , fugacidad del oxígeno  $10^{-35}$ , pH de las soluciones cercanas a 4- 5.5,  $\text{CO}_2$  102.84<sup>-3.11</sup> y  $\text{NH}_4$   $10^{2.51 - 2.70}$  bar. El segundo estadio de mineralización ocurrió con temperaturas variables entre 210 - 320° C, presión de 900 - 980 bar, actividad del azufre  $10^{-13} - 10^{-8.5}$ .

La información obtenida permite suponer y comparar las mineralizaciones estudiadas con similares del área. Nelson (2006) describe depósitos similares de oro orogénico como El Tambor y El Sastre en Guatemala, con altas leyes de oro y plata y pobres en sulfuros, también en Guatemala, describe los depósitos de Anabela y Los Liros, principalmente de antimonio, con oro y wolframio. Los cuatro depósitos se encuentran en la franja metamórfica asociada con la zona de falla Motagua, Polochic, Jocotan.

Del análisis de la información disponible sobre la mineralización aurífera en Terrenos de afinidad continental de Cuba SW (Guaniguanico, Pinos y Escambray) se destaca:

- Las mineralizaciones Santa Lucía - Castellano, Carlota - Guachinango y Delita - Lela son de afinidad continental. Los primeros dos Santa Lucía - Castellano, Carlota - Guachinango son de tipo amagmático, o sea que no tienen relación con el magmatismo, el tercero tiene relación con el magmatismo tipo S o tal vez tipo A.
- Los depósitos polimetálicos Santa Lucía – Castellano y Carlota - Guachinango no tienen relación con los conocidos depósitos de Pb –Zn - Ag de Honduras (ej. El Mochito), Guatemala y México que son del tipo reemplazamiento de carbonato y MVT (Mississippi Valley type).
- Las vetas de oro tipo Delita son parecidas a las vetas orogénicas de Guatemala y Honduras como Tambor, Anabela y Vueltas del Río que contienen oro y antimonio. Estas se relacionan al movimiento de fallas lateral siniestral del margen entre las placas de Norte América y el Caribe en la zona de falla Motagua, sistema activo desde el Cretácico Superior hasta el presente (Nelson, 2006, p.907-910). Los depósitos de Cuba están desarrollados al Norte de este contacto de placas, por tal motivo, no parece tener relación con los depósitos de Guatemala y Honduras. Es posible que estén relacionadas a la colisión del terreno Guaniguanico con el Arco Volcánico Cretácico de Cuba.
- Las vetas del depósito de wolframio Lela, en pegmatitas félsicas tienen relación a magmatismo granítico - félsico tipo-S o tal vez anorogénico tipo A. Hay ocurrencias minerales de este mismo tipo en Belice y Guatemala en la Sierra Maya donde hay oro con estaño, wolframio, molibdeno y bismuto relacionados a granitos, que indica una relación Metalogénica con este parte del terreno Yucatán.

#### *Arco Volcánico Cretácico.*

Es un rasgo característico para los depósitos ubicados en este terreno la presencia de minerales del grupo de los teluros y la ausencia de arsenopirita en las menas, siendo la pirita el mineral principal. Los depósitos han sido clasificados como tipo mineralógico auro – pirita - telurídico, formados a poca profundidad, tales como Florencia, Golden Hill, Corral de Rojas, Elena, Iron Hill, Loma Jacinto, entre otros por Kramer *et al.*, 2008 y depósitos epitermales de alta y baja sulfidización Lavadero *et al.*, 1998.

En trabajos de reconocimiento geoquímico realizados en la Cordillera Central de República Dominicana Redwood, *et al.*, 2006, refiere que en las muestras de geoquímica de sedimentos y rocas de varios puntos del Arco Cretácico – Terciario Inferior (Formación Los Ranchos y Tیره) de la República Dominicana, el oro está asociado con Teluro.

Según el trabajo publicado en Pincock Perspectives del 2002, en el yacimiento Pueblo Viejo, República Dominicana, el electrum ha sido observado solamente en la pirita, estando el 70 % del oro en las menas de este yacimiento relacionadas con los teluros. Resulta muy interesante esta similitud con los yacimientos de oro del Arco Volcánico Cretácico (parte superior del Arco Volcánico Cretácico, o Arco maduro) de Cuba que apunta a ser una característica metalogénica del Arco Volcánico Antillano ya que la asociación Au -Te es típica de depósitos epitermales alcalinos.

La geoquímica de las rocas volcánicas del Arco Antillano no es alcalina, más bien es toleíutica a calco alcalina, excepto en la provincia de Camagüey en la que son relativamente abundantes las rocas subalcalinas a alcalinas, representadas por el complejo intrusivo gabrosienítico y su equivalente efusivo, las rocas de la Formación Camujiro, ampliamente distribuidas desde la zona de Guáimaro hasta el centro de la provincia Camagüey. Es en Camagüey donde único se conocen las rocas alcalinas del Arco, siendo sus afloramientos abundantes y extensos. Una parte del potencial aurífero de este territorio se relaciona con estas rocas, como ejemplo se cita el depósito Loma Jacinto, enmarcado en rocas de la Formación Camujiro, las manifestaciones Corral de Rojas y el Jagüey; Otras manifestaciones como Tres Antenas y Loma Caridad tienen vínculo espacial con los macizos Vidot y Siboney que son predominantemente alcalinos. Igual sucede con el cobre porfírico de Palo Seco y Tres Casas en Guáimaro.

Por su parte, en la región central del país, la geología y la mineralización de la parte baja del Arco Volcánico Cretácico está representado por la Formación Los Pasos con varios yacimientos y manifestaciones del tipo VMS (Kuroko), con contenidos apreciables de Cu, Zn, y como acompañantes Ag, Au, Cd y Pb similares a las descritas en la Formación Cerro Maimón, de República Dominicana (Carl Nelson, comunicación personal). En esta región se manifiesta el volcanismo bimodal comparable con otras unidades volcánicas caribeñas como Los Ranchos, en República Dominicana, Pre Robles en Puerto Rico, Water Islands en Islas Vírgenes.

Asociado a algunas de estas unidades se describe el Cinturón Circumcaribe de yacimientos epitermales (Nelson y Arauz, 1992) relacionado con secuencias basales de los arcos insulares, cráteres maaricos y zonas con intensa alteración argílica, Ej.: Pueblo Viejo, Santa Rosa, San Andrés y El Recio.

### Cinturón Ofiolítico Septentrional

En el Cinturón Ofiolítico Septentrional se describen un grupo de mineralizaciones auríferas los mismos han sido clasificadas como listveníticos por Cabrera *et al.*, 1986, Kramer, 1988 y orogénicos mesotermales por Proenza, *et al.*, 1998

Es un rasgo característico de los depósitos de oro ubicados en el Cinturón Ofiolítico Septentrional la estrecha relación de la mineralización aurífera con la alteración hidrotermal de las ultrabasitas tipo beresita y listvenita (Cabrera *et al.*, 1986; Kramer, 1988). Los términos listvenita y listvenitización son definidos de formas diferentes. Korchinsky 1953, definió el termino listvenitización a todos los procesos de carbonatización de las ultramafitas que ocurren bajo la acción de soluciones aportadas por rocas más ácidas. Según el diccionario petrográfico (1981, Pág., 208), se define como una roca de alteración metasomática – hidrotermal con carbonato (breinerita), pirita, raramente talco, clorita, fuksita, serpentina, cericita, rutilo, actinolita, magnetita y otros.

Lo característico en la composición mineralógica de estos depósitos que los diferencia del resto de los yacimientos auríferos cubanos ubicados en otros terrenos es la presencia en las menas de sulfuros y sulfoarseniuros de hierro, níquel, y cobalto (troilita, pentlandita, gersdorffita y cobaltina), producidos durante la serpentización de las ultrabasitas por la liberación de dichos elementos por medio de la destrucción de los silicatos ferromagnesianos, las rocas ultramáficas son un buen huésped para la mineralización aurífera por su alto contenido de hierro.

La mineralización aurífera está acompañada por pequeñas cantidades de sulfuros y el oro se encuentra diseminado en las rocas alteradas (rocas ultrabásicas y dioritas). La mineralización primaria está formada por bloques aislados dentro de las serpentinitas esquistosas listvenitizadas, manteniendo los cuerpos minerales el mismo rumbo que las fallas regionales que originaron su emplazamiento actual. Pensamos que la mineralización aurífera se formó durante el proceso de colisión y emplazamiento tectónico de los bloques de ofiolitas, la serpentización y posterior listvenitización de las rocas ultrabásicas, dio lugar a yacimientos de mayor envergadura que los existentes. El proceso de emplazamiento tectónico de las ofiolitas en diferentes épocas motivó su fragmentación, dando lugar a las pequeñas mineralizaciones auríferas aisladas actuales con características similares, lo que justifica la amplia dispersión de aureolas secundarias y flujos con partículas de oro en los macizos serpentiniticos y no se han encontrado yacimientos de envergadura media.

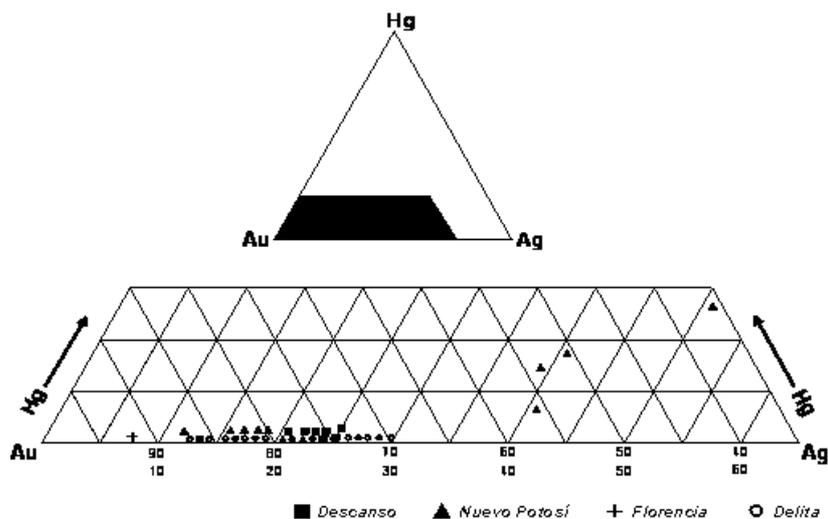
La presencia de sulfoarseniuros de Ni y Co, formados alrededor de los relictos de los silicatos formadores de las rocas ultrabásicas, la heterogeneidad observada en los granos de oro con la presencia de silicio nativo incluido en los mismo, con sectores dentro de un mismo grano de oro enriquecidos con Au, Cu y Hg, nos indican la posibilidad de que parte de la mineralización fue en algún momento removilizada por las nuevas soluciones.

Las listvenitas del depósito Descanso están constituidas por rocas carbonato - cloríticas en las cuales de los minerales no metálicos está ausente el cuarzo y de los minerales metálicos la pirita. Por su composición mineralógica y química, en las mismas destaca la amplia distribución de la clorita (clinocloro) a diferencia de las descritas por Buisson y Leblanc (1986). En varios granos de oro se observa su entrecrecimiento con la clorita (clinocloro) de granos gruesos (recristalizada) que se distribuye alrededor de la masa de clorita de granos finos. Este elemento nos sugiere que la formación de granos de oro en el yacimiento Descanso estuvo ligada al proceso de serpentización, carbonatización y cloritización de las ultrabasitas.

A los basaltos ofiolíticos y otros productos, se asocian mineralizaciones de cobre con oro del tipo VMS tipo Chipre. En la zona occidental son conocidos El Brujo, Salomón, Margot, en el centro se conocen, Pedro Barba, Jobosí, Las Lajas, María Antonieta y La Más Buena. Los estudios realizados en estas pequeñas mineralizaciones son escasos, de carácter general y el estado de los laboreos existentes no permite el acceso a los mismos. Aunque su marco geológico emplazamiento en basaltos de afinidad ofiolítica sugiere que pueden ser preliminarmente clasificadas como mineralizaciones VMS tipo Chipre, (Montano - Pérez *et al.*, 1998).

### Tipomorfismo del oro nativo.

La composición del oro tiene características particulares para los diferentes tipos de yacimientos cubanos (Figura 2). Los granos de oro de mayor pureza se determinaron en el yacimiento Florencia. Las mayores variaciones en su composición se determinaron en los depósitos Descanso y Nuevo Potosí, para los que son característicos altos valores de mercurio y cobre Au + Hg + Cu + Ag (oro nativo, cuproaurita, amalgama y electrum).



**Figura 2:** Composición del oro nativo en los yacimientos auríferos ubicados en terrenos de afinidad continental y oceánicos. Tomado de Kramer 1988.

Según Ramdor (1967) y Novgorodova (1967), el oro cuprífero y la cuproaurita, son minerales típicos que surgen durante el proceso de serpentización de las ultrabasitas.

Es una característica particular del oro presente en los yacimientos auríferos de Cuba su contenido relativamente elevado en mercurio (Kramer, 1988), desde 0.003 hasta 12 %. El mayor contenido de este elemento es típico para los yacimientos ubicados en las Ofiolitas del Cinturón Septentrional. El color cobrizo del oro de baja ley o GUANIN como le llamaron los españoles a las piezas de oro entregadas por los aborígenes y por los datos históricos de las zonas en las que primariamente se desarrollaron las explotaciones de oro en Cuba, permiten relacionarlas con las características del oro reportadas en Kramer 1988, en los yacimientos primarios del Norte de Holguín (Nuevo Potosí, Agrupada, Reina Victoria) y Descanso - Meloneras (Placetas). Mediante estudios detallados y utilizando la microsonda electrónica se describen las variedades composicionales Au – Ag - Hg (Ag 37 – 63 %, Au 88 – 97 % de Au y Hg hasta 20% en peso), Au – Cu (Au 88.4 – 100.23 %, Cu 0.08 – 3.95 % en peso) correspondientes a electrum, cuproaurita y amalgama rasgo tipomórfico del oro en este tipo de yacimientos de nuestro país, ubicados en rocas ultrabásicas (contenidos de cobre, mercurio, plata y oro).

La presencia de oro, aurocuprita, calcita y clinocloro es reportada en rodinguitas que son rodeadas por serpentinitas en el yacimiento Zlatoya Gora, (Karabash), Urales, Rusia. En la región autónoma de China de Xinjuang describen en las serpentinitas alteradas, oro, tetraocuprita, calcita y clinocloro (Mindat.Org). En un análisis, Kramer (1988), obtuvo la composición (Tabla 1), Ag 53 %, Au 35 % y Hg 12 % de peso, mineral similar al que diversos autores llaman amalgama. La heterogeneidad de los granos de oro no solo se destaca en su composición (Tabla 2). Mozgova et al., (1989), en muestras del autor, describen basándose en el barrido electrónico en granos de oro de alta pureza (90 – 95 peso % de oro) la presencia de cubos y octaedros de 5 Mk de silicio nativo con una composición que se muestra en la Tabla 3.

**Tabla I:** Resultados del análisis por microsonda electrónica de la Unión intermetálica Au-Ag-Hg. (% de peso).

No. muestras	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	Cu (%)	Suma
1	53.53	35.37	12.02	-	100.92
2	41.31	50.55	7.57	-	99.43
3	61.51	24.78	14.47	-	100.76

**Tabla II:** Resultados del análisis por microsonda electrónica del oro y electrum. (% de peso).

Mineral	No. muestras	Au (%)	Ag (%)	Hg (%)	Cu (%)
Oro	13	78.58 - 86.56	12.04 - 19.11	0.14 - 0.94	0.00 - 0.18
		51.66 - 52.32	33.38 - 38.78	2.63 - 5.83	0.00 - 0.85

**Tabla III:** Composición de silicio nativo en muestras del Depósito Nuevo Potosí.

Mineral	Si	Au	Ag	O	Suma
Silicón Nativo	74.29	21.39	2.49	1.84	100.1

De acuerdo con Puziewics, (1991), estos datos dan origen al nuevo mineral llamado Silicio Nativo y en MinDat definen al depósito Nuevo Potosí en base a estos resultados, como la localidad tipo del silicio nativo que es descrito en depósitos de China, EUA, incluyendo en pipas de Kimberlitas en Rusia.

Depósitos similares, a los estudiados se reportan en la región del Caribe. Los depósitos Minillas en Puerto Rico y Río Orío en Panamá tienen contenidos de oro en serpentinitas, y no tienen recursos significativos; son más pequeños que Descanso - Meloneras.

### **Composición isotópica del plomo de algunos depósitos y manifestaciones auríferas del Archipiélago cubano.**

Los depósitos y manifestaciones auríferas del Archipiélago cubano se encuentran ubicados en los Terrenos de afinidad continental de Cuba SW (Guaniguanico en Pinar del Río, Pinos en la Isla de la Juventud y Guamuhaya en la región Sur Central), Cinturón Ofiolítico Septentrional cubano, Arco Volcánico Cretácico, y el Arco Volcánico Paleógeno, presentando regularidades y diferencias. El estudio mineralógico detallado de las menas y de la composición isotópica del plomo de algunos yacimientos auríferos permite concluir que los yacimientos de oro del Archipiélago cubano están representados por diferentes tipos mineralógicos y poseen características particulares en la composición isotópica del plomo. Los datos obtenidos destacan que la menor relación isotópica del plomo se obtiene en el yacimiento Descanso, lo que manifiesta un posible aporte de origen cortical. Para los yacimientos Delita y Florencia se destaca la acumulación del plomo uranogénico de origen cortical. El plomo de la galena del yacimiento Polimetálico El Infierno, ubicado en las rocas del Arco Volcánico de edad Paleógeno por su relación isotópica del plomo en la galena es cercano a los valores obtenidos en la galena y a la altaita del yacimiento Florencia

La composición isotópica del plomo se utiliza para establecer el origen de los metales en las menas de los yacimientos minerales. Con el objetivo de estudiar la composición isotópica del plomo y establecer el origen de este metal en los yacimientos de oro kramer, 1988 desarrolla la investigación a partir del plomo obtenido en la galena y la altaita de los yacimientos de oro ubicados en diferentes terrenos y en el yacimiento polimetálicos El Infierno con el objetivo de comparar los resultados. En Kramer *et al.*, 2008, se argumenta la hipótesis sobre el origen del actual Archipiélago cubano, lanzada por tectonistas y geólogos de vanguardia y de otras ramas de las geociencias, a partir de la analogía en cuanto a la mineralogía, composición isotópica del plomo, su posible fuente de aporte y metalogenia de los yacimientos de oro primarios del Archipiélago cubano y su similitud con sus análogos del Caribe.

El material para el análisis de 12 muestras se tomó a partir de los minerales galena y altaita determinados bajo el microscopio en las secciones pulidas. Las determinaciones se desarrollaron en el laboratorio de geocronología del Instituto de Geología de los Yacimientos Minerales, Petrografía, Mineralogía y Geoquímica IGEM, en el espectrómetro de masa MI - 1320 con la utilización de la técnica por activación de emisión de silicogel (Chernichev *et al.*, 1983). Los resultados de 12 muestras de galena y altaita se muestran en la Tabla 4.

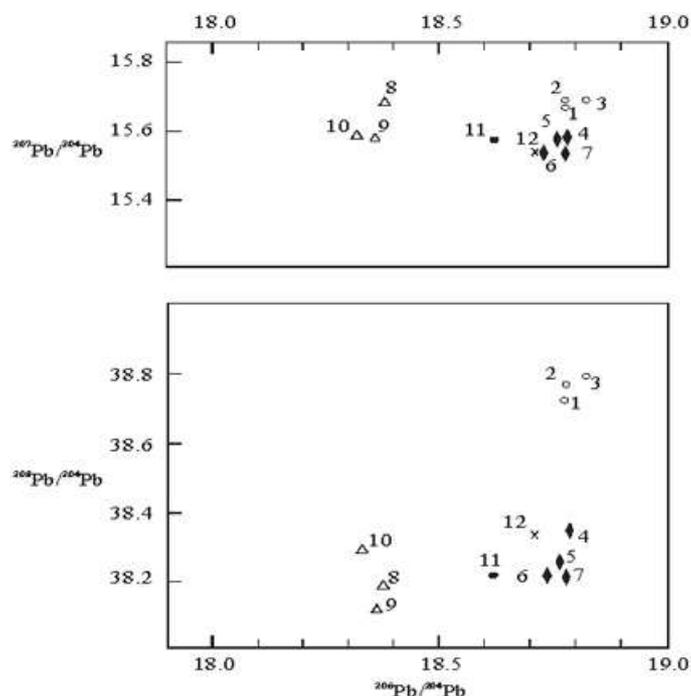
**Tabla IV:** Composición isotópica del plomo de los principales yacimientos primarios de oro.

Relación isotópica.				
No.	Yacimiento	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	Delita	18.786	15.669	38.739
2		18.787	15.68	38.768
3		18.802	15.683	38.795
4	Florencia	18.781	15.587	38.348
5		18.746	15.557	38.249
6		18.744	15.544	82.217
7		18.788	15.537	38.202
8	Descanso	18.381	15.571	38.181
9		18.364	15.555	38.126
10		18.399	15.599	38.296
11	Nuevo Potosí	18.606	15.578	38.233
12	El Infierno	18.712	15.596	38.336

Los análisis fueron realizados por B. A. Troitzky. El análisis 7 la composición isotópica del plomo se realizó a la Altaita. (PbTe).

Los principales resultados se muestran en los diagramas 1 y 2 con las coordenadas:

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  y  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ .



**Diagramas 1 y 2.** Resultados de los análisis de la composición isotópica del plomo. (1, 2, 3), Delita, (4, 5, 6, 7) Florencia, (8, 9, 10) Descanso, (11) Nuevo Potosí, (12) El Infierno.

En los diagramas 1 y 2 se destaca una diferencia sustancial en la relación de la composición isotópica del plomo entre los diferentes yacimientos y un valor muy cercano para un mismo yacimiento.

La relación  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  en todas las muestras de galena varía entre 18.36 a 18.80, este con una variabilidad del 2.5 %. El diapasón de la variación de la relación  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  varía entre 15.54 % hasta 15.68 (cercano al 0.95 %), es significativamente menor y se concentran de los puntos en la parte superior del diagrama en el eje horizontal. La relación  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  varía entre 38.126 hasta 38.795.

Se destaca que la distribución y concentración de puntos que representan los valores para cada yacimiento se correlaciona entre ellos en ambos diagramas (1 y 2), sin embargo, es destacable la diferencia obtenida en los diagramas 1 y 2 de los puntos con los valores de la relación isotópica del plomo de la galena de los diferentes yacimientos y puede destacarse:

La relación isotópica  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  en la galena del yacimiento Descanso, ubicado en el Cinturón Ofiolítico Septentrional se diferencia del resto de los yacimientos estudiados por su mínima diferencia en los valores de la relación isotópica del plomo (18.36 – 18.39). Al mismo tiempo, en la galena del yacimiento Nuevo Potosí, cercano por su composición mineralógica y ubicación geológica, esta relación es de 18.60, cercana al valor obtenido para la galena del yacimiento Delita (18.78 – 18.80) y en la galena y la altaita del yacimiento Florencia (18.74 – 18.78).

La relación isotópica del plomo  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  en la galena del yacimiento Descanso (38.12 - 38.29) es cercana al plomo de la galena de los yacimientos Nuevo Potosí (38.23) y Florencia (38.20 – 38.35), al mismo tiempo se diferencia sustancialmente del plomo de la galena del yacimiento Delita (38.74 – 38.79).

El plomo de la galena del yacimiento Polimetálico El Infierno, ubicado en las rocas del Arco Volcánico de edad Paleógeno por su relación isotópica del plomo en la galena es cercano a los valores obtenidos en la galena y a la altaita del yacimiento Florencia.

Los datos obtenidos destacan que la menor relación de todas las relaciones isotópicas del plomo se obtiene para el yacimiento Descanso, lo que manifiesta su posible aporte de origen cortical. Las rocas del cinturón ofiolítico Descanso se relacionan con un origen profundo, mántico. En los diagramas de Zartman R (Zartman, 1984) se muestra el modelo “Plumbotectónico” (variante III). Los valores de la relación isotópica del yacimiento Descanso se corresponden con el campo de la litosfera (subcortical, la cual surge como resultado de la mezcla propiamente del manto (50 %) y del orógeno (50 %), que justifica la presencia de la mezcla significativa del plomo de la corteza. Para los yacimientos Delita y Florencia se destaca la acumulación del plomo uranogénico de origen cortical.

A manera de conclusión, los resultados obtenidos de la composición isotópica del plomo de los yacimientos estudiados muestran que los yacimientos de diferentes tipos mineralógicos, ubicados en diferentes terrenos, poseen características particulares en la composición isotópica del plomo.

Se destaca la menor relación isotópica del plomo para el yacimiento Descanso, lo que manifiesta su posible aporte de origen cortical. Para los yacimientos Delita y Florencia se destaca la acumulación del plomo uranogénico de origen cortical. El plomo de la galena del yacimiento Polimetálico El Infierno, ubicado en las rocas del Arco Volcánico de edad Paleógeno por su relación isotópica del plomo en la galena es cercano a los valores obtenidos en la galena y a la altaita del yacimiento Florencia.

## **Conclusiones**

1. El estudio mineralógico detallado de las menas permite concluir que los yacimientos de oro del Archipiélago cubano ubicados en diferentes regiones están representados por diferentes tipos mineralógicos y poseen características particulares.
  - Tipo mineralógico auro – pirita – telurídico en el AIV (Florencia, Golden Hill, Corral de Rojas, Iron Hill, Maclama, Loma Jacinto). La asociación Au-Te, apunta a ser una característica metalogénica del Arco Volcánico Antillano para los depósitos de oro (parte superior del Arco Volcánico Cretácico, o Arco maduro).
  - Tipo Mineralógico cuarzo – arsenopirítico – sulfoantimonítico. Depósito Delita, ubicado en el Terreno Pinos, de afinidad continental. Depósitos similares de oro como El Tambor y El Sastre en Guatemala, con altas leyes de oro y plata y pobres en sulfuros, también en Guatemala, describe los depósitos de Anabela y Los Liros, principalmente de antimonio, con oro y wolframio. Los cuatro depósitos se encuentran en la franja metamórfica asociada con la zona de falla Motagua, Polochic, Jocotan.
  - Tipo mineralógico auro – arsenopirítico. En el Cinturón Ofiolítico Septentrional. Depósitos Descanso - Meloneras se evidencian los procesos de alteración caracterizados por la cloritización y carbonatización, la presencia de impurezas de Hg, Cu, Ag en el oro y minerales de Ni y Co. Depósitos similares, se reportan en la región del Caribe Minillas en Puerto Rico y Río Orio en Panamá con contenidos de oro en serpentinitas.
2. La composición del oro tiene características particulares para los diferentes tipos de yacimientos cubanos. Teniendo como característica común el contenido de elementos trazas Hg – Ag – Cu y su relación difiere para los yacimientos ubicados en diferentes regiones.
3. Los datos obtenidos destacan que la menor relación isotópica del plomo se obtiene en el yacimiento Descanso, lo que manifiesta un posible aporte de origen cortical. Para los yacimientos Delita y Florencia se destaca la acumulación del plomo uranogénico de origen cortical. El plomo de la galena del yacimiento Polimetálico El Infierno, ubicado en las rocas del Arco Volcánico de edad Paleógeno por su relación isotópica del plomo en la galena es cercano a los valores obtenidos en la galena y a la altaita del yacimiento Florencia.

Teniendo en cuenta las nuevas ideas sobre el origen y evolución del Archipiélago Cubano se establece a partir de los nuevos datos la analogía de los depósitos primarios de oro con sus análogos de la región Caribe.

## Referencias

- Bornikov, N. S., Genkin, A. D., Chryssoulis, S., 1993. Deposition environment of gold-bearing arsenopyrite in mesothermal deposit. In: P. Fenoll Hach-Ali, J. Torres-Ruiz, F. Gervilla (eds), *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits*, Granada, España. 45 – 48.
- Bortnikov, N. S., López Kramer J. L., Guenkin A. D., Kulnev A. C., 1989 Composición mineral y condiciones de formación del yacimiento de oro Delita (República de Cuba). *Geología de los yacimientos minerales*. Tomo XXXI, No. 5 Pág.3- 18. Moscú.
- Buguel'sky, Y. Y., et al., 1986. Yacimientos minerales metálicos de Cuba (en ruso). Moscú, Edit. Nauka, 246 pp.
- Buisson, G., Leblanc M., 1986. Gold bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) from ophiolite complexes. London. UK 121-152.
- Cabrera, R., López-Kramer J., Dobrovolskaia M., Cata A., 1986. La Formación auro – listvenítica del yacimiento Descanso en Villa Clara (Cuba). *Ciencias de la Tierra y Del Espacio*.11, 59 – 67.
- Chernichev, I.V., Cerdiuk NI, Troitzky V. A., 1983. Experiencias en la explotación del espectrógrafo de masa MI-1320 y su y sus características analíticas reales. Libro. Espectrómetro de masa y geología de los isótopos. Ed. Nauka.
- Cobiella – Reguera, J. L., 1997. Zonación estructuro facial del corte Paleoceno Eoceno Medio de Cuba. *Minerúa y Geología*, 14 (1), 3 – 12.
- Diccionario petrográfico., 1981. Redactor. B. N. Petrov, O. A. Bogatinov, Edit. Nedra, Pág., 208.
- Groves, D. I. Goldfard, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G., Robert, F., 1998. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the contex of their crustal distribution and relationship to other gold deposit type. *Ore Geology Review*, 13, 7 – 27.
- Iturralde – Vinent, M., 1996 a. Introduction to Cuban Geology and Tectonic. In: M. Iturralde – Vinent (ed.). *Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba*. Contribución Especial No. 1, IGCP Project W.364, Miami, USA, 3 – 35 pp.
- Iturralde – Vinent, M., 1996 b. Geología de las ofiolitas de Cuba. Contribución Especial No. 1, IGCP Project W.364, Miami, USA, 83 – 120.
- Iturralde – Vinent, M., 1996. Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. Contribución Especial No. 1, IGCP Project W.364, Miami, USA, 265 pp.
- Kerr, A. C., Iturralde – Vinent, M., Saunders, A.D., Babbs, T. L., Tarney, J., 1999. A new plate tectonic model of the Caribbean: Implications from a geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rock. *GSA Bulletin*, 111, 1581 – 1599.
- Korchinsky, D. C. Ed. Nauka, Moscú 1953.
- Lavandero Illeras L., Moreira J, Montano J, López - Kramer, J L, Guillermo Pantaleon, Estrugo Mario, Altarriba I, Bravo F, Cruz J., 1998. Yacimientos epitermales de metales preciosos en el Arco Volcánico Cretácico de Cuba Central. *Geología y Minería 1998*.La Habana, Cuba. Pág. 237-240
- López – Kramer, J. L., 1988. Composición sustancial y asociaciones minerales de los yacimientos auríferos hidrotermales de Cuba. Referat. Pág. 21. Moscú.
- López – Kramer, J. L., Moreira J, Pantaleon J, Lavandero M, Montano J, Cruz Martín., 1998. Tipos mineralógicos de algunos yacimientos auríferos de Cuba. *Geología y Minería 1998*.La Habana, Cuba. Pág. 371.
- López – Kramer, J. L., Higinio Pimentel, Jesús Moreira Martínez, José Gandarillas Hevia, 2007. La mineralización Auro – Telurídica en el arco volcánico Cretácico. Cuba. Implicaciones regionales. IX Congreso Venezolano de Geología. Octubre.
- 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 Jesús Manuel, Moreira J, Gandarillas J. 2007. Yacimientos auríferos en el cinturón ofiolítico septentrional cubano. IX Congreso Venezolano de Geología. Octubre.
- Millán, G., 1981. Geología del macizo metamórfico de la Isla de la Juventud. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 3, 5-22.
- Mozgova, M I. Boronijin, B. A., Generalov, M E., López Kramer, J., 1989. r. Doklady Akademii Nauk, Soviet Union. Tom, 309, No 5., 1181-1186.
- Novgorodova, M. I., Tsepin A. I., (1976). Sobre la composición de las fases de la aurocuprita. r. Doklady Akademii Nauk, Soviet Union. No.1, Pág. 184-187.
- Nelson, C. E., 2007: in *Metallic mineral resources*. Bundischuh, J. and Alvarado, G. E., eds., Central América: *Geology, Resources and Hazards: A. A. Balkema (pub.) Francis and Taylor Group, London, volume 2, chapter 32, pp885 -915.*
- Pardo, M., 1989. Regularidades de la metalogenia endógena y su pronóstico en el macizo metamórfico de la Isla de la Juventud. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 15/16, 17 – 26.

- Pardo, M., 1990. La constitución geológica de la isla de la Juventud y la metalogenia endógena vinculada al magmatismo ácido. Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference, St-Croix, U.S. Virgin Islands. Miami Geological Society, 68 – 81.
- Proenza J A., Melgarejo. C J., 1998. Una Introducción a la metalogenia de Cuba bajo la perspectiva de la tectónica de placas. Acta Geológica Hispánica. ISSN 0567 – 7505, Vol. 33, No. 1, 89 – 131.
- Proenza, J. Gervilla, F., Melgarejo, J. C., 1997. Compositional variations of podiform chromitites among different mining district in the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba). In: H. Papunen (ed). Mineral deposits: research and exploration where do they meet?, Balkema, Rotterdam, 487 – 490
- Ramdor, P., 1967. Sobre la distribución de las paragénesis de los minerales meníferos surgidos durante la serpentización. Geología de los yacimientos minerales, No. 2, Pág. 32-43.
- Stewart D. Redwood, 2006. New Gold Discoveries in the Central Cordillera of the Dominican Republic by Grass-Roots. Geochemical Exploration. Society of Economic Geologists, Inc. [www.segweb.org](http://www.segweb.org).: ISBN 1-887483-04-7
- Somin, M. Millán, G., 1991. Geology of the metamorphic complex of Cuba. Nauka, Moscow, 218 pp.