

PRESENCIA DE LOS MINERALES DE ORO Y PLATA EN LAS MENAS Y CONCENTRADOS EN CUBA

PRESENCE OF GOLD AND SILVER MINERALS IN THE ORES AND CONCENTRATES OF CUBA

 **JESÚS MANUEL LÓPEZ KRAMER***,  **JOSÉ ANTONIO ALONSO PÉREZ**,  **RAMÓN OMAR PÉREZ ARAGÓN**

Instituto de Geología y Paleontología. Ave Vía Blanca No 1002 / Río Luyanó y Prolongación de Calzada de Güines. Reparto Los Ángeles, San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba. E-mail: jose@igp.minem.cu, ramon@igp.minem.cu

**Autor para la correspondencia: Jesús Manuel López Kramer, e-mail: lidiahernandezfernandez667@gmail.com*

RESUMEN: El análisis de resultados de estudios interdisciplinarios previos, publicaciones especializadas nacionales e internacionales y técnicas modernas de investigaciones de minerales realizadas por los autores, permitió aportar nuevos datos sobre la composición sustancial de las menas, las formas en las que se encuentran los minerales concentradores del oro y plata, así como su influencia en los concentrados. Se confirma la clasificación mineralógica para los yacimientos patrones propuesta con anterioridad y se amplía el conocimiento sobre los minerales que concentran los elementos valiosos en estos. Se clasifican como tipo mineralógicos: Arco Volcánico Cretácico Maduro Florencia: auro-telurídico; Macizo Metamórfico Isla de la Juventud Delita: auro-argentífero-arsenopirítico-sulfoantimonítico; Cinturón Ofiolítico Septentrional Descanso-Nuevo Potosí: oro-cuarzo (o sin cuarzo)-carbonatos con arsenopirita-pirita. El objetivo de esta investigación, consiste en establecer las formas de existencia en que se encuentran los metales preciosos, con un significado práctico para la elaboración tecnológica de sus menas en los yacimientos auríferos primarios.

Palabras clave: composición, geoambientes, oro, plata, yacimientos.

ABSTRACT: The analysis of the partial results of interdisciplinary studies developed in specialized journals, data from other authors, as well as modern mineral research techniques, allowed us to provide new data on the substantial composition of the ores, the forms in which the gold and silver concentrating minerals are found, as well as their influence on the concentrates. The detailed study of the chemical composition of the ores and concentrates made it possible to establish the forms of existence in which the precious metals are found, especially the gold and silver concentrating minerals, with implications for metallurgical processing for the technological elaboration of their ores. The mineralogical classification for the standard deposits previously proposed is confirmed and the knowledge about the minerals that concentrate the valuable elements in them is expanded. They are classified as mineralogical types: Florencia AVC: auro-telluridic, Isla de la Juventud Delita Metamorphic Massif: auro-argentiferous-arsenopyrite- sulfoantimonite, Northern Ophiolitic Belt, Descanso- Nuevo Potosí: gold-quartz (or without quartz)-carbonates with arsenopyrite- pyrite. To determine the in primary gold deposits the forms of existence in which the precious metals are found is a valuable information for geological and technological research work are the principal objective of this research.

Keywords: composition, geoenvironments, gold, silver, deposits.

Recibido: 22/02/2025

Aceptado: 12/04/2025

Conflictos de intereses: Los autores del presente artículo no declararon conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Conceptualización, Investigación: Jesús Manuel López Kramer. **Redacción -revisión y edición:** Jesús Manuel López Kramer, José Antonio Alonso Pérez, Ramón Omar Pérez-Aragón.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La determinación de las formas en que se encuentran los componentes valiosos en las menas influye en la selección del esquema de investigación primario para su elaboración y posterior procesamiento con los mejores resultados en los parámetros de su recuperación.

Durante el procesamiento tecnológico de las menas, una cantidad considerable de oro y plata se pierde en las diferentes colas Gasparini (1983), (Zhaoyi Liang, 2022). El trabajo de Cabri (1987) muestra datos interesantes al respecto. Según los datos de este autor, para Canadá en el año 1984, las pérdidas de oro hacia las colas durante el procesamiento de las menas sin tener en cuenta los placeres, alcanzó una cifra cercana a las 14 ton (17 % del oro), siendo las pérdidas de plata aún mayores, ya que durante los años 1980-1984 se perdieron hacia las colas, 500 t de plata. Como respuesta a esta situación se desarrollaron investigaciones mineralógicas de detalle con métodos más modernos, que permitieron determinar las formas y distribución en las que se encuentran los metales valiosos que implicaron la modernización de los equipos, plantas o cambiar sus métodos de beneficio y procesos metalúrgicos sobre la base de los resultados mineralógicos apoyados por las técnicas modernas.

En Indonesia, según Hasria y Warmada en 2017 y 2019, las investigaciones vinculadas a yacimientos de oro de diferentes tipos genéticos, porfídicos, epitermales y skarn, que se encuentran comúnmente asociados a cinturones volcánicos/magmáticos y en rocas metamórficas se emplea una metodología analítica muy similar a la que se aplica a los yacimientos auríferos cubanos. Todo ello con el objetivo de determinar las diferentes asociaciones y formas del oro y seleccionar el esquema tecnológico idóneo para su posterior recuperación, mediante la aplicación del grupo de técnicas instrumentales de análisis siguiente: ensayo por fuego-absorción atómica (FA/AAS); petrografía de secciones delgadas; minerografía de secciones pulidas; DRX (difracción de rayos-X); ICP-AES (Espectroscopia de Emisión Atómica de Plasma Acoplado inductivamente, ICP-OES); espectrometría de masas de emisión (ICP-MS) y la microscopía electrónica de barrido acoplada a un espectrómetro de fluorescencia de rayos-X dispersiva de energías (MEB-EDS) finalmente. En ese sentido, cabe señalar que, en Cuba, también se emplean las variantes combinadas de Análisis Térmico (ATD, DSC, TG, DTG), con el fin de identificar y cuantificar la mineralización no-metálica acompañante de las menas auríferas primarias (Cabrera-Díaz y Alonso-Pérez, 2011, 2013, 2017; Cabrera-Díaz et al., 2017).

Por otra parte, en las colas de los yacimientos auríferos cubanos se han detectado cantidades considerables de oro y plata. Como ejemplos se destacan las pérdidas de estos metales acumulados en las colas finas de la planta de Aguas Claras durante el procesamiento de las menas de los depósitos Nuevo Potosí, Reina Victoria y Agrupada, para la variante principal definida por Lilietta Cardoso Velázquez y otros (2023), de 0.5 g/t como *cutoff*, los recursos fueron 149820 ton con 1.87g/t de oro. Los recursos medidos ascienden a 81140 ton con 1.92 g/t de Au, en la categoría de indicados 58725 ton con 1.73, finalmente en categoría de inferidos 9951 ton con 1.866 g/t. Trabajos similares de evaluación de estos metales en colas gruesas del tromell que procesó los sedimentos aluviales de Tranquera por Maykenia Díaz Reyes y otros colaboradores (2023). Otro ejemplo lo tenemos de pérdidas de oro en las colas de la planta de Placetas (yacimientos Descanso y Lote Grande), con un espesor estimado de sedimentos de la presa de 1 m, con unas 10 000 toneladas, 2 - 4 g/t de oro y 60 kg de Au.

A pesar de haber existido una intensa actividad minera para la extracción de oro en el país y varias plantas de beneficio, la composición sustancial de las menas de estos yacimientos no fue investigada detalladamente antes de 1959. Las escasas informaciones técnicas de los trabajos que se conservan son muy generales y consisten solo en datos dispersos sobre la explotación.

Existe una larga lista de trabajos desarrollados a partir de 1960 con la participación de geólogos de la Unión Soviética y cubanos. Las menas fueron estudiadas por Santa Cruz y Krapiva y otros

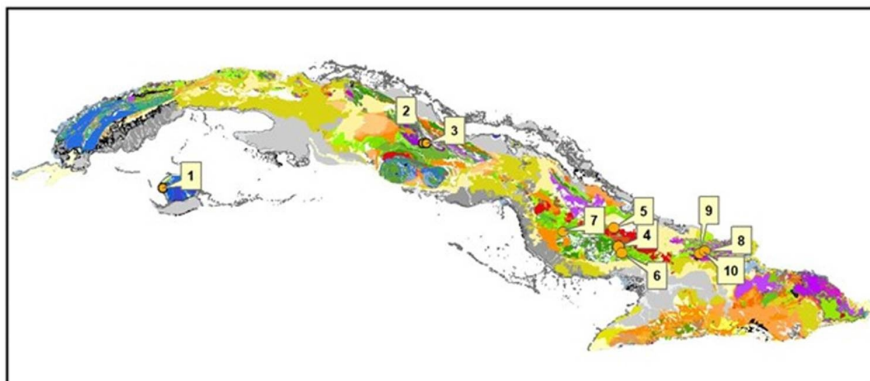
especialistas (1982), utilizando, fundamentalmente, métodos mineragráficos para el diagnóstico de los minerales (constantes ópticas) y más raramente la Microsonda Electrónica (Electron Microprobe Analysis (EMPA)). Como resultado de estos estudios se logró caracterizar la composición mineralógica, pero quedaron algunas cuestiones no resueltas sobre la composición química de los minerales concentradores del oro y la plata, como en el caso de los minerales del grupo de los telururos y de los sulfoarseniuros y las sulfoantimonitas de plata de difícil diagnóstico, basado solamente en los métodos mineragráficos; también existen dudas acerca de los contenidos de los elementos impurezas y la composición química de los concentrados de las muestras tecnológicas.

A partir de material recopilado en los yacimientos según López-Kramer (1988) y Bortnikov y otros colaboradores (1989a), en base al material recopilado en los yacimientos, se estudiaron las características de la composición química de los minerales meníferos en los yacimientos seleccionados como patrones. Con la utilización de los métodos de Microsonda Electrónica (Electron Microprobe Analysis (EMPA)), logran reportar la presencia otros minerales portadores de metales valiosos no conocidos con anterioridad.

A partir de 1993, las Asociaciones Económicas Internacionales (AEI) de empresas canadienses, australianas, panameñas, venezolanas e italianas con GeoMinera S.A. desarrollaron un intenso programa de prospección de los depósitos, dirigidos principalmente a Au - Ag - Cu y confirmar los estimados de recursos de menas primarias conocidos con anterioridad, concluyendo algunos de ellos con el estudio de prefactibilidad. Los trabajos fueron detenidos y no se continuaron debido a la caída de los precios del oro en el mercado internacional.

En los trabajos de trabajo de Toledo et al., (2017), se determinan en Cuba, un conjunto de minerales a partir de la microscopía electrónica de barrido con analizador de rayos X, el microanálisis Raman confocal y el análisis térmico, cuya existencia no se había reportado, caracterizando además las partículas de oro.

En López-Kramer (1988, 2022), se concluye que los yacimientos de oro del archipiélago cubano ubicados en los diferentes geoambientes se formaron a partir de soluciones mineralizadoras y en diferentes condiciones físico-químicas, caracterizándose por sus rasgos específicos en la composición de sus menas y de los minerales concentradores de los metales valiosos; señalándose, además, la dudosa determinación de minerales de difícil diagnóstico basado solamente en los métodos mineragráficos, así como la débil caracterización de los contenidos de los elementos impurezas y la composición química de los concentrados de las muestras tecnológicas. En la figura 1, se muestra la ubicación en los diferentes geoambientes de los yacimientos, depósitos y prospectos tomados como patrones.



*1. Delita: auro-argentífero-arsenopirítico-sulfoantimonítico. Macizo Metamórfico Isla de la Juventud. 2. Descanso, 3. Melonerías, 4. Florencia, 5. Loma Jacinto, 6. Iron Hill, 7. Corral de Rojas: auro - telurídico. Arco Volcánico Cretácico Maduro, 8. Nuevo Potosí, 9 Agrupada, 10. Reina Victoria: oro - cuarzo (o sin cuarzo)- carbonatos con arsenopirita - pirita. Cinturón Ofiolítico Septentrional.

Figura 1. Ubicación y clasificación de los tipos mineralógicos de yacimientos patrones y prospectos*

Por tal motivo, como objetivo del trabajo se investigaron las formas en las que se encuentran los minerales concentradores de los metales valiosos y nocivos en las menas para aquellos depósitos auríferos ubicados en diferentes geoambientes en los cuales aún no se ha establecido la tecnología para su procesamiento, así como su influencia en los concentrados y las colas mediante el estudio detallado de las menas, utilizando técnicas modernas; detallando de forma independiente, la información sobre la composición sustancial de sus menas y de los concentrados obtenidos mediante el enriquecimiento de las mismas en las pruebas tecnológicas a escala piloto efectuadas en los laboratorios del Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) y en el Instituto de los yacimientos minerales, Geología, Petrografía, Mineralogía y Geoquímica de la Academia de Ciencias de Rusia (IGEM). Se destaca que para la toma de decisiones de las tareas relacionadas con las pruebas tecnológicas son de particular interés el establecimiento de las formas concentradoras de los elementos valiosos y nocivos en las menas y sus entrecrecimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se toman investigaciones previas como referencia para este trabajo (López-Kramer, 1988), artículos publicados y materiales de archivos relacionados con investigaciones geológicas y tecnológicas realizadas por diferentes autores y entidades, fundamentalmente, en los yacimientos y depósitos primarios tomados como patrones ubicados en diferentes geoambientes y con mayor nivel de investigación o ya explotados, utilizando como estándares Delita, Jacinto, Florencia, Descanso, Nuevo Potosí, así como nuevos prospectos ubicados en condiciones geológicas similares. Se incluyen datos de las Asociaciones Económicas Internacionales (AEI) con GeoMinera SA y del Instituto de Geología y Paleontología/Servicio Geológico de Cuba (IGP/SGC), entre otros. Como apoyo al levantamiento bibliográfico fueron utilizados datos publicados en internet y consultados varios autores de los principales informes geológicos.

Las muestras tomadas por los autores de los pozos de perforación, galerías y cortavetas de los laboreos subterráneos de exploración realizados durante las décadas de los 70-80 del siglo pasado, en un inicio fueron estudiadas mediante microscopía con luz reflejada. Posteriormente, el diagnóstico y la composición química de los minerales de difícil diagnóstico se obtuvo a partir de los resultados de los Análisis de Microsonda Electrónica (*Electron Microprobe Analysis* (EMPA) y de barrido, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), en un equipo de la firma francesa CAMECA 40 en los laboratorios del Instituto de los Yacimientos Minerales, Geología, Petrografía, Mineralogía y Geoquímica (IGEM) de Moscú en 1988 y en Cuba con la utilización de la microscopía electrónica de barrido con analizador de rayos X y microscopía Raman confocal. Los concentrados fueron investigados en los laboratorios del CIPIMM, IGEM de la Academia de Ciencias de Rusia, AUTOKUMPUT de Finlandia y *Chemex Lab de Canadá*.

Teniendo en cuenta que la recuperación del oro y la plata durante su procesamiento depende significativamente de sus relaciones y entrecrecimientos con aquellos minerales con los que se encuentra asociados, así como del tamaño de los granos de oro, durante la investigación de las menas se procedió al recuento cuantitativo de los granos de oro de las diferentes generaciones y sus cantidades y tamaños.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formas en que se encuentran el oro, la plata y otros metales en las menas

Depósito Delita

Ubicado en el macizo metamórfica Isla de la Juventud, en secuencias siliciclásticas del J_1 K. En las menas del depósito Delita las investigaciones de detalle permitieron determinar sus principales componentes valiosos, siendo estos el oro, la plata y los minerales concentradores que aportan estos metales, teniendo en cuenta, además, como con una característica particular de este depósito, la presencia de arsénico, antimonio, zinc y cadmio.

Como principales concentradores de oro en las menas se determinaron el oro nativo y el electrum. El rol principal lo juega el oro nativo de la primera generación que se depositó en el estadio de mineralización cuarzo-arsenopirítico, le sigue en importancia el electrum. El oro de la segunda generación está relacionado, con el estadio de mineralización cuarzo-esfalerítico- sulfoantimonítico. Se estableció la variación de la pureza entre las dos generaciones de oro siendo de mayor pureza, con contenidos de 13 - 17 % de plata el oro de la segunda generación.

Teniendo en cuenta a Gasparini (1983), sobre la recuperación del oro y la plata durante su procesamiento y su dependencia de sus relaciones y entrecrecimientos con aquellos minerales con los que se encuentra asociado y los tamaños de los granos de oro, durante la investigación de las menas de Delita se procedió al recuento cuantitativo de los granos de oro de las diferentes generaciones, sus cantidades y relaciones con los diferentes minerales y sus tamaños. Se estudiaron 180 secciones pulidas en las que se determinaron las diferencias en cuanto a las relaciones del oro con otros minerales y sus tamaños. La tabla 1 muestra la clasificación por intervalos de los tamaños de los granos de oro, sus cantidades en cuanto a frecuencias de aparición y porcentaje. Como resultado se pudo establecer que el oro con mayor frecuencia, el 60 %, se encontró relacionado en la arsenopirita, con el cuarzo 18 %, boulangerita 9 %, esfalerita 8 %, tenantita 3 % y con la galenita 2 %.

Tabla 1. Distribución por grupos de tamaños de los granos de oro. depósito Delita (López- Kramer, 1988).

Clases	Desde	Hasta	Cantidad	%
I	0,007	0,015	64	35,03
II	0,016	0,030	38	21,2
III	0,031	0,060	37	20,06
IV	0,061	0,120	25	14,1
V	0,121	0,240	6	3,3
Granos de oro medidos			169	

Como se puede observar en la tabla 1, la cantidad de granos de oro más finos es mayor que la cantidad de granos de oro de mayores tamaños. Los granos de oro de mayores tamaños se encontraron en la arsenopirita y en la boulangerita en aquellas secciones pulidas con mayores cantidades de minerales sulfurados.

La plata en las menas, a diferencia del oro, está concentrada en diferentes minerales. La plata se determinó en la composición del oro nativo, electrum, plata nativa y en los minerales del grupo de las sulfosales de plata: tetraedrita $(Cu, Ag)_{10} (Zn, Fe)_2 (Sb, As)_4 S_{13}$ (12 - 21 % Ag), pirargirita $Ag_3 SbS_3$ (25, 5 % Ag), diaforita $Pb_2 Ag_3 Sb_3 S_8$ (25,5 % Ag), andorita $PbAgSb_3S_8$ (12,02 Ag %) y owyheeita $Ag_2Pb_5Sb_6S_{15}$ (5,4 % Ag). La plata también se estableció por EMPA en las monofracciones de galenita y en la antimonita. Los contenidos de plata en la galenita varían desde 0.05 % hasta 0,1 %, encontrándose, según las observaciones bajo el microscopio con luz reflejada en las secciones pulida, en forma de micro inclusiones de plata nativa y de sulfosales de plata dentro de la galenita. En la antimonita los contenidos de plata alcanzan 0.007 %, por tal motivo no se determinaron minerales de plata en sus monofracciones bajo el microscopio.

La evaluación preliminar cuantitativa del rol de los minerales concentradores de plata en las menas y por los datos obtenidos bajo el microscopio muestra que el principal mineral concentrador de la plata lo constituye la tetraedrita, rica en plata.

La mineralización antimonítica constituye una de las características de la composición en las menas del depósito Delita. El antimonio se encuentra en las menas en forma de antimonita y como en sulfoantimonitas de plomo: boulangerita, jamesonita, fuloppita, zinckenita y en las sulfosales de plata anteriormente descritas. Los principales minerales de antimonio que pudieran ser procesados como menas lo constituyen la antimonita y la boulangerita.

La principal forma de distribución del cadmio en las menas de Delita se terminó en la composición de la esfalerita que contiene por los datos de los análisis por EMPA entre 0,2 hasta 0,6 % de Cd. La presencia en las menas de algunas cantidades de greenockita (CdS) no juega un papel significativo para el balance del cadmio en las menas.

Las observaciones bajo el microscopio de las secciones pulidas preparadas a partir de los concentrados obtenidos por los métodos de flotación y concentración gravitacional en la planta piloto ubicada en el depósito Delita mostraron lo siguiente:

Concentrado de gravitación. En las fracciones gruesas (mayores de 0,14 mm) y finas (menores de 0,14 mm) los minerales principales lo constituyen la arsenopirita y pirita, en menores cantidades la esfalerita, galenita y boulangerita. En las fracciones más gruesas (mayores de 0,35 mm), en forma de inclusiones en la arsenopirita se encontró un grano de oro con dimensiones de 0,250 x 0,100 mm.

En el concentrado de flotación. En comparación con el de gravitación, por la cantidad de antimonita, esta juega un papel significativamente mayor, la boulangerita, esfalerita y galenita, se determinaron en minerales de plata. Con la tetraedrita, menos diaforita. La presencia de estos últimos minerales justifica los mayores contenidos de plata (300 g/t) en el concentrado obtenido por flotación en comparación con el obtenido por gravitación (86 g/t).

Yacimiento Jacinto - Depósito Florencia

Es una característica para las menas de este tipo de depósitos ubicados en el Arco Volcánico Cretácico Maduro, la presencia de la pirita como mineral principal y de minerales del grupo de los telururos. Es notable la casi total ausencia de arsenopirita y de los minerales del arsénico, así como la baja relación Au/ Ag en las menas, siendo el oro nativo el aporte principal de este metal y los minerales del grupo de los telururos de plata, además de su ubicación en estructuras complejas de sistemas vetíticos. [Bortnikov y otros colaboradores \(1989b\)](#).

Yacimiento Jacinto

El sistema vetítico está conformado por 12 vetas con grado de estudio diferentes. Las vetas El Limón Nuevo, Beatriz y Sur de Elena, con exploración complementaria concluida. En general, el yacimiento no está delimitado por el rumbo ni por el buzamiento. Las demás vetas entre las que se encuentran: Elena, Franklin, La Ceiba, TE-33, Prolongación de Beatriz al NW (incluye la Naranja y La Yúa), EL Limón Viejo, La Esperanza, tienen una incipiente Prospección, mientras que La Desconocida y Cristina se consideran manifestaciones por evaluar. La zona denominada como El Miradero situada en el lado Oeste de la Loma Jacinto se considera la posible continuidad del sistema Oro Jacinto en esa dirección se destaca como muy perspectiva.

Según los estudios realizados, la mineralogía de las menas del sistema vetítico Jacinto es simple, caracterizada principalmente, por la presencia de electrum y pirita, así como cantidades menores de calcopirita, esfalerita, galena y telururos de oro-plata, determinando que las tres vetas principales se caracterizan por la presencia de cuarzo, ortosa y su variedad hidrotermal de muy aja temperatura (adularia), clorita, calcita, sericita, albita, hidrómicas, arcillas (illita y montmorillonita), magnetita, pirita, calcopirita, oro nativo, epidota, esfalerita, galena, titanomagnetita, querargirita, argentita, pirrotina, fluorapatito, mendipita y monacita; esta última portadora de elementos de tierras raras (Nd, Ce, La, Pr). En un inicio, los telururos fueron observados solamente en la veta La Ceiba; entre ellos fueron identificados la hesita (Ag₂Te), petsita (Ag₃AuTe₂) y silvanita (Au, Ag)₂Te₄ con pirita, acompañados de una ganga constituida por cuarzo, adularia y calcita. ([Simón, G., 1999](#)). Estudios posteriores han determinado minerales de este grupo en todas las vetas ([Toledo et al., 2017](#)), [Cabrera-Díaz, Alonso, J. A. \(2011, 2013, 2017\)](#), [Piñero-Pérez, E. C. \(2025\)](#).

La veta Beatriz, actualmente en explotación, es la de mayores recursos y mejores leyes, que oscilan entre 7,01 y 4,71 g/t; en ella se identificó por Toledo (2017), mediante espectrometría Raman y microscopía electrónica la siguiente paragénesis: cuarzo, adularia (asociada a ortoclasa), pirrotina, pirita, esfalerita, galena, argentita, querargirita, oro nativo, fluorapatito, albita, calcopirita, clorita y ortoclasa. Los minerales de metales base fueron observados principalmente en la profundidad de la veta Beatriz, donde se presentan usualmente en la roca encajante o fragmentos de roca de caja de la veta. Menos del 5,0 % del oro nativo está entrecrecidos con minerales sulfurados.

Sobre la relación paragenéticas entre la adularia y la ortosa u ortoclasa, establecida por Toledo, (2017), es de destacar que entre ambos no tiene que existir relación alguna; la microclina, la ortosa, la sanidina y la adularia son feldespatos alcalinos, esencialmente potásico-sódicos, pero, aunque pudieran considerarse como un mismo mineral por su composición química y características mineralógicas, entre ellos hay grandes diferencias desde el punto de vista genético. Ej: la microclina y la ortosa son típicas de rocas intrusivas, mientras que la sanidina es propia de rocas volcánicas y se forma a muy alta temperatura, mientras que la adularia es una variedad hidrotermal de baja temperatura, con frecuencia asociada a los depósitos epitermales como se corresponde con este yacimiento.

Depósito Florencia

En el depósito Florencia se determinaron dos zonas mineralizadas, la Norte y la Sur con varios cuerpos minerales. En la zona Norte se han determinado 16 cuerpos, cinco de ellos afloran en superficie (1, 1 A, 3, 4 y 5) y 11 en profundidad, estos últimos cuerpos no son significativos en los recursos estimados, pero se representan como cuerpos independientes. En la zona Sur se definieron 4 cuerpos, siendo el cuerpo 2 el más significativo, ambas zonas se diferencian por su composición y estructura. La zona Norte, constituida por las vetas poco potentes y con ángulos abruptos caracterizada por la presencia de pirita y predominio del oro nativo de alta ley. La Zona Sur, tiene forma de lente más potente con mineralización más polimetálica por la presencia de galena, esfalerita, calcopirita y oro nativo de más baja ley y electrum. Todos afloran a la superficie formando un gossan inmaduro (López-Kramer, 2006).

Los componentes valiosos en las menas del depósito lo constituyen el oro y la plata, siendo el oro nativo el principal concentrador de este metal en sus menas, además de un grupo de minerales de la familia de los telururos: calaverita (AuTe_2), silvanita (AuAgTe_4), petzita (Ag_3AuTe_2) y la hessita. En las secciones pulidas el oro se determinó en forma de granos con diferentes dimensiones. En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos del conteo de la cantidad de granos de oro y su distribución por grupos de tamaños determinados en 100 secciones pulidas. Los resultados muestran que sus tamaños varían desde 0,03 mm hasta mayores de 0,120 - 0,250 mm.

Como se puede observar en la tabla 2, la cantidad de granos de oro de menores tamaños son mayores que la cantidad de granos de oro de mayores tamaños. Los granos de oro de mayores tamaños se encontraron en la pirita en aquellas secciones pulidas con mayores cantidades de minerales sulfurados.

Tabla 2. Distribución por grupos de tamaños de los granos de oro. Depósito Florencia (López- Kramer, 1988).

Clases	Desde	Hasta	Cantidad	%
I	0,03	0,015	40	58
II	0,016	0,030	16	23
III	0,031	0,060	6	9
IV	0,061	0,120	4	6
V	0,121	0,250	3	4
Granos de oro medidos			69	

Las investigaciones detalladas sobre la composición de las menas López-Kramer, (1988), Toledo (2017), mostraron que además del oro de alta pureza en oro y la plata, estos metales se encuentran formando parte de la composición de un grupo de minerales de la familia de los telururos: calaverita (AuTe_2), silvanita (AuAgTe_4), petzita (Ag_3AuTe_2), krennerita (Au_3AgTe_8) y muthmannita (AuAgTe_2). Determinando que la petzita es entre los telururos el predominante, le siguen calaverita, krennerita, muthmannita y la silvanita. Respecto a las dimensiones de las partículas portadoras de oro, de conjunto tuvieron una media de 6,4 μm . Respecto al oro nativo de alta pureza, en López-Kramer (1988), se determinó su predominio en la zona Norte, mientras que los granos determinados en la zona Sur resultaron de menor pureza.

Los mayores contenidos de plata en las menas, en comparación con los contenidos de oro en estas, los bajos contenidos de plata en el oro nativo de alta pureza y el amplio desarrollo de los minerales del grupo de los telururos permiten suponer que para la plata los telururos tienen un mayor significado como minerales concentradores que para el oro. En los minerales portadores de plata, se estima que el principal, dada su distribución, es la hessita, además se determinó la stutzita (Ag_2Te), en total fueron reportados unas 306 partículas (Toledo 2017) que contenían plata, entre ellos: querargirita, argentita, la plata nativa y empressita (AgTe).

Entre los minerales portadores de bismuto se determinaron la stutzita (Ag_2Te), volynskita (AgBiTe_2), rucklidgeita (PbBi_2Te) y Kochcarita (PbBi_4Te_7). La altaíta (PbTe) es otro mineral distribuido en las menas.

Investigaciones con los concentrados

Durante los trabajos de exploración de 1990, se tomaron dos muestras tecnológicas de una tonelada cada una. De la muestra tecnológica MT - 3 tomada de la zona Norte se obtuvieron dos concentrados beneficiados por los métodos de flotación y gravitación. La muestra tecnológica MT-4 se corresponde con la zona Sur, de la que se obtuvo un concentrado beneficiado por los métodos de flotación. La asistencia técnica, su conformación y análisis fueron desarrollados en el CIPIMM, así como las pruebas del beneficio por los métodos de enriquecimiento por flotación y gravitación de las que se lograron obtener un 80 % de recuperación de oro. Los resultados de los análisis químicos de las fases de los concentrados, las soluciones y los residuos insolubles se muestran en la tabla 3. El estudio de estos tres concentrados y sus análisis con el objetivo de conocer los contenidos de Au, Ag, Te y Bi en ellos y su influencia en la recuperación se desarrollaron en el IGEM.

Las porciones de las muestras fueron disueltas en HNO_3 concentrado y calentadas durante una hora, el producto remanente sólido fue disuelto en agua regia. La determinación de Au, Ag, Te, y Bi se realizó en estas muestras concentradas posterior a su separación por este tratamiento utilizando los métodos de espectroscopia por absorción atómica. Los análisis fueron desarrollados con los contenidos de esos elementos en los niveles de 1-10 g/t posterior a su concentración.

Tabla 3. Resultados de los análisis químicos de las fases de los concentrados, soluciones y residuos sólidos insolubles de la disolución de los concentrados (López-Kramer, 1988).

Concentrados	Análisis	Elementos g/t			
		Au	Ag	Te	Bi
MT- 4 gravitación	Concentrados	35	179	180	44
	Solución	4,0	172	102	42
	Sólido residual	32	7,2	18	5
MT- 4 flotación	Concentrado	39	172	178	44
	Solución	4,1	165	16	42
	Sólido residual	35	5,0	15	5
MT-3 flotación	Concentrado	140	190	220	26
	Solución	10	182	200	25
	Sólido residual	128	7,5	21	5

Los resultados de los análisis químicos a los concentrados, soluciones y residuos sólidos insolubles que se muestran en la [tabla 3](#) destacan las diferencias entre los contenidos de los elementos analizados para ambas muestras MT-3 y la MT-4. Siendo el contenido de oro en la MT-3 cuatro veces superior al contenido de este metal en la MT-4, así como los contenidos de plata y telururos en ambos concentrados son similares, siendo la relación Ag/Au en el concentrado MT- 4 de 5:1 (gravitación) y 4.4 en el de flotación. Para la muestra MT -3, la relación es de 1:35.

La composición de los concentrados también se estudió por los métodos espectrales cuantitativos en el laboratorio del IGEM, cuyos resultados se muestran en la [tabla 4](#). Las diferencias en los contenidos de Ag en los concentrados en comparación con los obtenidos en la [tabla 3](#) por los métodos de absorción atómica, se puede explicar por lo pequeña de la muestra para los análisis espectrales.

Tabla 4. Resultados de los análisis por el método de análisis espectral cuantitativo en % (López- Kramer, 1988).

Concentrado	Elementos												
	Au	Ag	Zn	Cd	Mn	Pb	Bi	Cu	Co	Ni	Sb	As	Sn
Mt -4. Gravitación Zona Norte	39	100	1,9	0,05	0,03	1,0	0,007	0,3	0,04	0,004	0,09	0,05	-
Mt -4. Flotación Zona Norte	33	84	5	0,15	0,09	1,0	-	0,8	0,05	0,005	0,04	0,05	0,005
Mt -3. Flotación Zona Sur	122	90	1,2	0,01	0,02	0,05	-	1,5	0,11	0,005	0,02	0,05	0,002

Los resultados destacan las diferencias mineralógicas y químicas entre los productos de las muestras tecnológicas MT- 3 Y MT-4, obtenidos en las zonas Norte y la Sur, respectivamente, las cuales son originadas por la variación de la pureza del oro y la presencia de los minerales del grupo de los telururos, la casi total ausencia de minerales de arsénico en los concentrados y el papel de la pirita como mineral principal.

La evaluación cuantitativa más importante de los metales preciosos se obtuvo a partir de los resultados de los análisis de los minerales del grupo de los telururos en el concentrado, obtenidos en la disolución posterior a tratamiento con HNO₃. La cantidad de oro que pasa a la solución en las muestras a partir de las formas de los telururos presentes en las menas es de 10.4 - 11.5 -% para la MT-4 y 7.1% para la MT-3. La plata, a diferencia del oro, está en forma de telururos, en un 95 % pasa a la solución en las muestras a partir de las formas de los telururos presentes en las menas.

Es importante destacar algunas diferencias en la composición de los concentrados obtenidos en las muestras tecnológicas MT-3 y MT-4 que se muestran en los análisis espectrales entre estas, que los mayores contenidos de Pb y Zn en el concentrado MT- 4 reflejan la relativa mayor cantidad de esfalerita y galena en las menas de la Zona Sur; la mayor cantidad de esfalerita está relacionada con los mayores contenidos de cadmio (0.15 %) en el concentrado de flotación MT- 4 y que los altos contenidos de cobalto en el concentrado en la [tabla 4](#) y la alta relación Co/Ni con valores (desde 10 hasta 20).

Es notable el incremento de cobalto dos veces en el concentrado MT-3 hasta en un 0.11 %. Esto está condicionado por las cantidades de pirita en este concentrado, que también es confirmado por los resultados de las monofracciones de pitita en las que los contenidos de cobalto varían desde 0.15 % hasta 0.40 %.

Los datos muestran que, para un futuro, las investigaciones tecnológicas deben tener en cuenta la existencia de tres formas minerales que aportan los metales preciosos: oro nativo, electrum y los minerales del grupo de los telururos. Los altos contenidos de Au y Ag en la pirita están condicionados a muy pequeñas inclusiones secundarias en esta, que por su importancia constituyen otro problema a estudiar.

Los altos contenidos de Au y Ag en la pirita condicionados por inclusiones secundarias en esta de oro nativo y del electrum, constituyen, por su importancia, la segunda forma de existencia del oro en el depósito, después del oro libre.

Prospecto Iron Hill

Actualmente en prospección, las zonas mineralizadas primarias son de composición piríticos - calcopiríticos, con estructuras diseminadas, vetillas y brechas con una intensa silicificación y carbonatos. La mineralización sulfurosa estudiada en los testigos de perforación en el laboratorio del IGEM, está representada por una pobre diseminación en las rocas hidrotermalmente alteradas. Los minerales observados fueron: pirita, calcopirita, esfalerita, hematita, magnetita, calaverita, melonita y oro nativo. La pirita es el mineral fundamental y se observó en casi todas las muestras, en ocasiones alcanza hasta el 5 %. Se observan dos generaciones de pirita que se distinguen por su forma y distribución.

El análisis espectral a las monofracciones de pirita del prospecto Iron Hill se compara con los resultados de esta misma pirita de los prospectos yacimientos Georgina, Maclama y del depósito Florencia en las que se puede observar que los valores de oro y plata en la pirita son altos para todos los casos, lo que puede estar motivado por las inclusiones de oro nativo y minerales del grupo de los telururos de oro en ella. También los contenidos de cobalto son altos, esto es posible por la presencia de minerales de cobalto (no observadas en las muestras), o en su defecto por la presencia de pirita cobaltífera característica para la región, (López - Kramer y otros colaboradores, 1988). Como diferencia, se determinó en las muestras pertenecientes a Florencia, contenidos de arsénico, elemento no característico en el resto de las muestras analizadas. El aumento del contenido de cobre en el análisis 1, se debe posiblemente a inclusiones de calcopirita.

Estas muestras que se analizaron en el IGEM de Moscú en 1987, permitieron determinar en Iron Hill el oro nativo de alta pureza, observándose un grano en la roca alterada; este se encuentra agrietado y presenta una forma regular. Su tamaño es de 0,250 mm y su composición química destaca su alta pureza con Au 90 % en peso %, Ag 10 % en peso, característica similar a la establecida para el oro del depósito Florencia por López - Kramer (1988). Se observaron en el mismo intervalo que el oro nativo de alta pureza y en las mismas secciones pulidas los minerales del grupo de los telururos, aunque no se estableció relación entre ellos. En las muestras se determinaron por primera vez para Cuba, dos nuevos minerales del grupo de los telururos, la melonita (NiTe) y la calaverita (AuTe). Estos se observaron, fundamentalmente, relacionados con la calcopirita o formando agregados independientes en la roca alterada. De estos, el más distribuido es la melonita que se observó en tamaños de hasta 0.6 milímetros, la calaverita es menos distribuida con tamaños que oscilan entre 0.1- 0.4 milímetros. La composición química de la melonita y la calaverita, determinados por el análisis de microsonda electrónica se muestran en las tablas 5 y 6.

Tabla. 5. Análisis microsonda electrónica de la melonita (López-Kramer y otro, 1989).

Elementos	Met.	At.mt	For.
Ni	18.12	0.3086	0.971
Co	0.29	0.0049	0.015
Te	81.53	0.6389	2.011
Fe	0	0	0
Cu	0.04	0.0006	0.002
Ag	0	0	0
	99.98		

Tabla. 6. Análisis microsonda electrónica de la calaverita (López-Kramer y otros, 1989).

Elementos	Met.	At.mt
Te	57.21	0.4538
Cu	0.18	0.0028
Ag	0.59	0.0054
Au	40.15	0.2038
Hg	0	0
	98,83	

A la luz de los nuevos datos mineralógicos se establece la similitud de las manifestaciones del Campo Mineral Jobabo Iron Hill, con el depósito aurífero Florencia (en Florencia se han identificado otros minerales del grupo de los telururos concentradores de oro y plata, como la calaverita y la petzita alcanzando los telururos el 11 % del balance total de oro en las menas), clasificándose ambos como yacimientos del tipo mineralógico oro - telurídicos.

Prospecto Maclama

En *Lugo y otros colaboradores (2003)*, determinaron: pirita, calcopirita y subordinadamente esfalerita, galena, magnetita y hematita. Además de telururos y sulfosales: tetradimita, rickardita, petsita y teluro-bismutita. En la pirita compacta recristalizada en forma de masas irregulares se desarrollan los telururos y sulfosales. La tetradimita, mineral que forma el teluro de bismuto, es observada en paragénesis con la calcopirita bordeando los granos de esta.

Como minerales concentradores de oro, Lugo describe un mineral que por su composición es muy cercana al electrum y la petzita. En la *tabla 7* se muestran los resultados obtenidos por SEM.

Tabla. 7. Resultados de análisis por el microscopio electrónico de barrido SEM (*Lugo y otros, 2003*).

Mineral	Fórmula	Au	Ag	Te	Bi	Cu	Fe
electrum	AuAg	70.9	29.15	-	-	22.18	28.02
calcopirita	CuFeS ₂	-	-	-	-	22.18	28.02
tetradimita	BiTeS	-	-	6.51	3.6	11.37	27
rickardita	Cu _{4-x} Te ₃	-	-	12.84	32.8	6.1	48.31
telurobismutita	Bi ₂ Te ₃	-	-	60.32	39.7	-	-
petzita	Ag ₃ AuTe	18.2	47.82	33.94	-	-	-

Nota. No analizaron el S.

Yacimientos Descanso-Meloneras

El yacimiento Descanso ya fue explotado y Meloneras, lo fue, parcialmente. En la actualidad se realizan trabajos de investigación geológica que han permitido confirmar su continuidad. Los cuerpos minerales de ambos yacimientos se destacan por la presencia de vetas paralelas con buzamientos abruptos y sus apósis con menas ricas en oro y pobres en sulfuros. Tienen un signo característico en la ausencia de cuarzo y los contenidos de cobre y mercurio en el oro.

En las menas de estos yacimientos, el principal mineral concentrador del metal valioso lo constituye el oro, además del electrum con menor significado; siendo el rol de la plata en estos yacimientos, a diferencia de las menas de los depósitos Delita y Florencia, muy reducido.

El oro en este yacimiento se caracteriza por una notable variación de su pureza hasta en una misma sección pulida, lo que atestigua sobre la existencia de varios minerales, entre los que se destacan oro nativo, electrum y aurocúprido. El oro se caracteriza por la presencia de plata, cobre y mercurio, este último varía desde 0.8 hasta 1.81 %. Las dimensiones del oro nativo varían en amplio diapasón, desde algunas micras hasta oro visible de varios mm. Sus formas son irregulares, dentadas, alargadas y en hojuelas. Para el yacimiento Descanso se determinaron, en cantidades no significativas, las dimensiones de las partículas de oro en 70 secciones pulidas de este yacimiento, cuyos resultados se muestran en la *tabla 8*. En 249 granos de oro a los que se le determinaron sus dimensiones, el 68 % se distribuyen por la periferia de las vetillas de calcita, siendo menores las cantidades de granos de oro observados en las vetillas de dolomita o en entrecrecimientos con la clorita como granos aislados. El 20 % de los granos de oro se determinaron en entrecrecimientos con la galenita y la altaita, siendo el 12 % con la arsenopirita.

Tabla 8. Distribución por grupos de tamaños de los granos de oro. Yacimiento Descanso (López- Kramer, 1988).

Clases	Desde	Hasta	Cantidad	%
I	0,03	0,015	70	29
II	0,016	0,030	100	40
III	0,031	0,060	40	16
IV	0,061	0,120	28	11
V	0,121	0,240	7	1,2
VI	Mayores de 0,241		4	1,2
Granos de oro medidos			249	

Depósito Nuevo Potosí

Los minerales metálicos presentes en las menas son el oro nativo, arsenopirita, pirrotina, sulfoarseniuros de níquel y cobalto. Por primera vez en las menas fueron descritas por López-Kramer (1988), telurobismutita, bournonita, cobres grises gersdorfita, pentlandita y titanio magnetita. El estudio detallado de la composición química de las menas permitió establecer la forma en la que se encuentran los minerales concentradores de los metales valiosos, además del oro nativo se incluyen el electrum y la solución sólida intermetálica de Au - Ag- Hg.

Los resultados del estudio de las secciones pulidas del depósito Nuevo Potosí, presentados en la tabla 9, muestran los tamaños de los 44 granos de oro medidos. De estos el 86 % se determinaron en las rocas carbonatizadas, formando agregados independientes o en entrecrecimientos con la calcopirita, arsenopirita y la galenita. El 14 % se determinó en las rocas alteradas, silicificadas y cloritizadas.

Los altos contenidos de Au y Ag en la arsenopirita, condicionados por inclusiones secundarias en esta de oro nativo y electrum, constituyen, por su importancia, la segunda forma de existencia del oro en el depósito, después del oro libre.

Tabla 9. Distribución por grupos de tamaños de los granos de oro. Depósito Nuevo Potosí (López- Kramer, 1988).

Clases	Desde	Hasta	Cantidad	%
I	0,03	0,015	30	
II	0,016	0,030	2	
III	0,031	0,060	6	
IV	0,061	0,120	6	
Granos de oro medidos			44	

El estudio de las dimensiones y formas de los granos de oro y su frecuencia en el depósito Nuevo Potosí se realizó a partir de la disolución con ácido nítrico HNO₃ de los concentrados de sulfuros obtenidos por los métodos de beneficio por Jiggs en la planta de Aguas Claras. Esto permitió obtener, para su estudio, una elevada cantidad de granos de oro libres con muy variadas formas y tamaños (Figura 2), en las que predominan las formas irregulares, en menor medida las formas alargadas, vetillas, hojuelas y granos con bordes angulosos.

CONCLUSIONES

El estudio detallado de la composición química de las menas y de los concentrados, utilizando técnicas de investigación modernas, permitió establecer las formas de existencia en que se encuentran los metales preciosos, ampliando el conocimiento sobre estos con un significado práctico para la elaboración tecnológica de sus menas. Se confirma la clasificación mineralógica propuesta con anterioridad por tipos mineralógicos, información de interés para los trabajos de investigaciones geológicas y tecnológicas en los nuevos prospectos y argumentar los pronósticos metalogénicos en áreas análogas.



Figura 2. Granos de oro del depósito Nuevo Potosí, obtenidos por disolución del concentrado de sulfuros en HNO_3 concentrado (López-Kramer 1988).

Como principales concentradores de oro en las menas se determinaron: Delita: el oro nativo y el electrum; Florencia: oro nativo y minerales del grupo de los telururos; Descanso- Meloneras: oro nativo, electrum y solución sólida Au-Cu (aurocúprido); Nuevo Potosí: además del oro nativo y electrum, se incluye la solución sólida intermetálica de Au-Ag-Hg.

La plata en las menas está concentrada en diferentes minerales: En Delita el principal mineral concentrador de la plata lo constituye la tetraedrita rica en plata, además de la plata nativa, electrum y todo un grupo de sulfosales de plata, la galena y en la antimonita. En Florencia se encuentra formando parte de la composición de un grupo de minerales de la familia de los telururos. En Descanso-Meloneras y Nuevo Potosí el rol de la plata, a diferencia de las menas de los depósitos Delita y Florencia, es muy reducido.

Para un futuro, las investigaciones tecnológicas deben tener en cuenta la existencia de otras formas minerales que aportan los metales preciosos, así como los altos contenidos de Au y Ag en la arsenopirita y en la pirita condicionados por inclusiones secundarias de minerales concentradores que constituyen, por su importancia, la segunda forma de existencia del oro en los yacimientos, después del oro libre.

Las menas de los depósitos Delita y Florencia y los productos obtenidos del enriquecimiento de los concentrados a partir de estas por los métodos de flotación y gravitación se consideran como complejas. Para Delita, junto al oro y la plata, existen otros componentes valiosos como el antimonio, plomo, zinc y cadmio. En Florencia, otros componentes valiosos a considerar lo constituyen Te y Cd.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Dr. C. Profesor. Antonio Rodríguez, de la Universidad Autónoma de Coahuila, por la lectura y sus observaciones críticas al del borrador del trabajo, que permitieron su mejora y el valor científico del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bortnikov, N., López-Kramer, J. M., Guenkin, Krapiva, L. Y., Santa Cruz, M. (1989a). Paragénesis of gold and silver tellurides in the Florencia deposit, Cuba. *International Geology Review* vol. 30. 294 -306.
- Bortnikov, N. S., López-Kramer, J. M., Guenkin, A. D., Kulnev, A. C. (1989b). Composición sustancial y condiciones de formación del yacimiento de oro Delita (República de Cuba). *Geología de los yacimientos minerales* No. 5. septiembre-octubre. Tomo XXXI. p. 8. Academia de Ciencias URSS.
- Cabrera-Díaz, I., Alonso, J. A. (2011). *Estudio mineralógico de la veta El Limón, del yacimiento Loma Jacinto, Camagüey*. Informe de investigación. Archivo CIPIMM.
- Cabrera-Díaz, I., Alonso, J. A. (2013). *Estudio mineralógico de la veta Beatriz, perteneciente al depósito Oro Jacinto*. Informe de Investigación. Archivo ICT. CIPIMM.
- Cabrera-Díaz, I., Alonso, J. A. (2017): *Informe del estudio mineralógico de la veta Sur Elena, perteneciente al depósito aurífero Jacinto, provincia Camagüey*. Informe de Investigación. Archivo ICT. CIPIMM.
- Cabri, L. J. (1987). The Mineralogy of precious metals. New developments and metallurgical implications. *The Canadian mineralogist*. vol. 25. part. 1. 1-7.
- Cardoso-Velázquez, L., Fernández-Compta, D., Orozco-Melgar, G., De la Rosa-Figueroa, O., Dussac-Tamayo, O., Ortega-Nieto, J., Hernández-Ramsay, A. (2023). *Informe de la exploración geológica del depósito de colas finas de Aguas Claras, Empresa Geominera Orient*. Archivo IGP-SGC.
- Díaz-Reyes, M., Barrabí-Díaz, H., Parra-Alemán, J. L. (2023). *Proyecto Exploración Oro Colas Gruesas de Aguas Claras, Empresa Geominera Oriente*. Archivo IGP-SGC.
- Gasparini (1983). The Mineralogy of gold and its significance in metal extraction. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy*. 76 (851). 144-153.
- Hasria Idrus, A., Warmada, I. W. (2017). The Metamorphic Rocks-Hosted Gold Mineralization at Rumbia Mountains Prospect Area in the Southeastern Arm of Sulawesi Island, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 2. 213-227.
- Hasria Idrus, A.; Warmada, I. W. (2019): Alteration, Mineralization and Geochemistry of Metamorphic Rocks Hosted Hydrothermal Gold Deposit at Rumbia Mountains, Bombana Regency, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 4 (2). <http://journal.uir.ac.id/index.php/JGEET>
- 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, J. M., Echevarría, B., Cata, A., Alfaro, R. (1989). Hallazgo de mineralización de telururos de oro y níquel en la manifestación aurífera Iron Hill. Implicaciones para el pronóstico. *Boletín Técnico de Geología*. 1. 14- 20.
- López-Kramer, J. M., Moreira-Martinez, J., Gandarillas-Hevia, J. (2006). Geology of the Florencia Gold-Telluride deposit (Camagüey Cuba) and some metallurgical considerations. *Earth Sci. Res. J*. 10 (2). 105-116.
- López-Kramer, J.M, Pimentel-Olivera, H.G, Arce-Blanco, M., Pérez-Aragón, R.O., Gallardo-Eupierre, E., Peñalver-Hernández, L.L., Santa Cruz Pacheco-Sarlabous, M. (2022). *Monografía. Los gossans con oro y plata del archipiélago cubano*. Centro Nacional de Información Geológica. p. 154. ISBN: 978-959-7271-00-0.
- Lugo-Primelles, Palacios-Alvarado, B., Torres-La Rosa, M. (2003). Campo mineral Maclama. Breve caracterización geológica y mineralógica de la mineralización Oro-Telurídica. Tipos esperados

- de Depósitos. En: *Estudios sobre los Arcos Volcánicos de Cuba*. CD. Room. Centro Nacional de Información Geológica. pp. 33-42.
- Piñero-Pérez, E. C. (2025). Proyecto. *Prospección de oro alrededores de Jacinto*. Empresa Geominera Camagüey. Inédito. Archivo DAAG. IGP/ SGC.
- Santa Cruz Pacheco-Sarlabous, M., Krapiva, L. Y. (1989). *Informe preliminar acerca de las características mineralógicas del yacimiento Florencia*. Archivo. Instituto de Geología y Paleontología.
- Simon, G., Kessler, S. E., Russell, N., Hall, C. M., Bell, D. and Piñero, E., (1999). Epithermal gold mineralization in an old volcanic arc: The Jacinto deposit, Camagüey District, Cuba. *Economic Geology*. 94. 487-506.
- Toledo-Sánchez, C. A, Cabrera, D. I., Casanova, G. A., Rojas-Pimentel, F., Figueredo-Frías, M., Trueba-Caetano, R.; Águila Terry, A.; Rodríguez-García, J. C. (2017). *Caracterización microscópica y microanalítica de minerales de oro de Florencia. Implicaciones geológicas y tecnológicas*. VII Congreso de Minería (MINERÍA '2017). MIN5-O.
- Zhaoyi Liang (2022): The Trend and Development of Geological Prospecting and Exploration Technology for Gold Deposits. *Academic Journal of Science and Technology*. 3 (2).