

Los minerales metálicos y su impacto en la economía cubana

Metallic minerals and their impact on the Cuban economy



<https://cu-id.com/2144/v14e12>

¹Alejandra Naida Hernández Martínez, ²Xiomara Cazañas Díaz, ³Ismari Salgado Machín

RESUMEN: El trabajo tiene como objetivo realizar una revisión teórica y práctica sobre el desarrollo a nivel mundial de los minerales metálicos y sus aplicaciones en las diferentes ramas de la industria valorando su aplicación en el país y el impacto en la economía cubana. Se presenta una revisión bibliográfica resumida sobre la presencia y tipos de minerales metálicos, sus principales características tecnológicas usadas para obtener productos comerciales, el mercado, aplicaciones y tendencia de precios. Se realiza una valoración del desarrollo de estos minerales en la práctica mundial y de su situación actual en Cuba. Se discute sobre su impacto en la conceptualización del modelo económico cubano. Se concluye sobre la importancia de continuar acelerando la búsqueda y explotación de estos minerales y su industria para el desarrollo sustentable y sostenible del sector minero industrial en Cuba.

Palabras clave: Minerales metálicos, desarrollo, explotación, impacto.

ABSTRACT: The objective of this paper is to carry out a theoretical and practical review of the worldwide development of metallic minerals and their applications in the different branches of the industry, assessing their application in the country and the impact on the Cuban economy. A literature review is presented on the presence and types of metallic minerals, their main characteristics, technologies used to obtain commercial product products, market, applications and price trends. An assessment is made of the development of these minerals in the world practice and of their current situation in Cuba. The impact on the conceptualization of the Cuban economic model is discussed. It concludes on the importance of continuing to accelerate the search and exploitation of these minerals and their industry for the sustainable and sustainable development of the industrial mining sector in Cuba.

Key words: Metallic minerals, development, extraction, impact.

INTRODUCCIÓN

Los minerales metálicos son recursos no renovables que están presentes en la corteza terrestre en grandes cantidades, mayor que la demanda, por lo que pueden ser considerados fuentes inagotables o poco probable que se terminen a corto plazo y tienen un rol importante en la economía y la historia de cada país. Se producen de forma natural en raras concentraciones, contienen uno o más elementos metálicos, por lo que muchos tienen un característico brillo. Los depósitos de minerales están formados por una gran variedad de minerales que contienen metales valiosos para el ser humano, tales como el oro, el cobre, el níquel, el plomo y el zinc. Se extraen en áreas donde se concentran como consecuencia de procesos naturales como la presión, el calor, las actividades orgánicas, entre otros, que son procesos tectónicos que tienen una duración de millones de años. Para separar el metal del mineral, es necesario romper éste y tratarlo químicamente.

Los minerales metálicos pueden clasificarse de acuerdo con sus características; existen tres tipos básicos: metales preciosos, metales siderúrgicos y metales industriales no ferrosos. Los primeros son escasos en la naturaleza, y debido a ello, su valor económico es muy alto (oro, plata, platino, paladio y rodio). Los metales siderúrgicos como el hierro, manganeso y el coque son usados como materia prima en la industria siderúrgica en la que se trata el hierro para producir diferentes tipos de aceros. Por último, los metales industriales no ferrosos son imprescindibles en la industria de la transformación, son ejemplos el cobre, el zinc y el molibdeno.

La mayoría de los minerales metálicos son muy fuertes, tienen puntos de fusión muy altos, son excelentes conductores de la electricidad y maleables (pueden ser golpeados, presionados en láminas delgadas y tener diversas formas).

Recibido: 09/10/2022

Aprobado en su forma original: 16/12/2022

¹Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Cuba, Carretera Varona, No. 12028 Km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: isalgado@cipimm.minem.cu

²Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba. Vía Blanca 1002, entre Calzada de Güines y Línea del Ferrocarril, San Miguel del Padrón, CP 11 000, La Habana, Cuba. E-mail: xiomara@igp.minem.cu

*Correo Electrónico: nayda@cipimm.minem.cu

Entre los aspectos poco ventajosos de los minerales metálicos está su incidencia negativa en el medio ambiente debido a las operaciones mineras a cielo abierto que ocasiona que grandes zonas queden sin flora y fauna, y que los paisajes áridos sean lo más común, muchos residuos de la extracción de los metales son vertidos irresponsablemente en el suelo y esto crea grandes vertederos de escombros, además de que los compuestos tóxicos de algunos metales pueden ocasionar la muerte de especies silvestres. En general la exploración minera requiere la búsqueda en enormes extensiones de tierra para encontrar en ocasiones sólo pequeños depósitos de minerales metálicos.

No obstante los aspectos desfavorables, la diversificación de las aplicaciones y uso creciente de los minerales metálicos, hacen de ellos materiales vitales en el desarrollo de la industria moderna. Tienen amplias aplicaciones en el sector industrial, pues con ellos se fabrica un sinfín de productos para muchos ámbitos: doméstico, médico, cosmético, energético, textil, automotriz, aeronáutico, orfebre y joyero, etc. Una característica particular es que pueden servir como piezas de colección por sí mismos, ya que muchos son valiosos incluso antes de fabricar otras piezas.

Son usados en diversas tecnologías, incluso en equipos que aparentemente no tienen en su composición algún tipo de metal. Una de las tecnologías aplicadas más comunes en el entorno urbano es el cableado eléctrico, que está elaborado con cobre debido a la elevada conductividad eléctrica que posee este mineral metálico. El filamento interno de las bombillas es de tungsteno, un metal que no se derrite aunque esté a altísimas temperaturas. Los teléfonos celulares también contienen partes internas fabricadas con metales, al igual que las tuberías, las pinturas, las carrocerías, los medicamentos, las baterías, los cubiertos, las computadoras, las llaves, los aparatos electrodomésticos, las películas fotográficas, las joyas por supuesto, y muchísimos artefactos más.

En Cuba no hay una infraestructura de industria minerales metálicos industriales y siderúrgicos, pues las instalaciones utilizadas en el pasado para el procesamiento de minerales de cobre, manganeso, hierro, cromo y otros, están en su mayoría totalmente deterioradas. Pero como el país dispone de estos recursos metálicos que pueden satisfacer la demanda interna e incluso constituir fuentes de exportación, existe la voluntad de desarrollar esta industria utilizando fundamentalmente las oportunidades de financiamiento y recursos de la inversión extranjera y en parte a partir de los recursos que generan las empresas geomineras nacionales pertenecientes al Grupo Empresarial GEOMINSAL, principal concesionario y rector de este tipo de recursos en Cuba.

El Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) a solicitud del Grupo Empresarial GEOMINSAL, elaboró el Programa Integral de Desarrollo de los Minerales Metálicos para el período 2019-2030, para ello realizó un diagnóstico de la situación actual de los minerales metálicos y las posibilidades de desarrollo, mercado y posibilidades de comercialización en Cuba y la actualización de la información existente sobre esta temática a nivel mundial y en el país. El trabajo tiene como objetivo realizar una revisión teórica y práctica sobre el desarrollo a nivel mundial de los minerales metálicos y sus aplicaciones en las diferentes ramas de la industria valorando su aplicación en el país y el impacto en la economía cubana con vistas a propiciar la atracción de la inversión extranjera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales empleados en este trabajo fueron las literaturas científicas revisadas (informes de investigación geológica e informes de investigación tecnológica, artículos, libros, sitios web, etc.) relacionadas con el desarrollo de los minerales metálicos en Cuba y en el mundo. A partir de los mismos fue posible conocer su ocurrencia, reservas actuales y potenciales, precios, mercado, concentración y extracción actuales y potenciales, posibilidades de negocio en Cuba, entre otras informaciones.

Se empleó el método empírico utilizando las técnicas de recolección de la información mediante la observación y el análisis documental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Importancia de los minerales metálicos

Los minerales metálicos tienen un rol importante en la economía y la historia de cada país, para comprenderlo se presenta en la **figura 1** un ejemplo paradigmático de lo esencial de la participación de los minerales en la vida diaria: el teléfono celular.

Más de 200 minerales, 80 elementos químicos, y más de 300 aleaciones y variedades de plástico se integran en un simple teléfono celular. Los circuitos

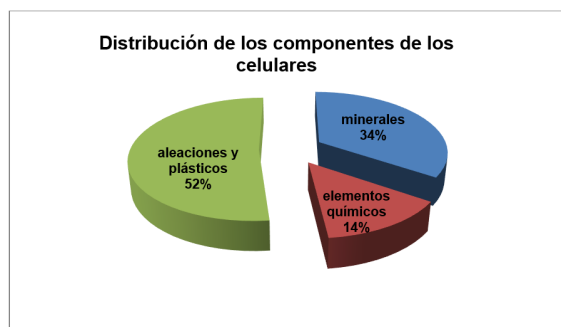


Figura 1. Presencia de los minerales metálicos en los celulares

de los celulares están hechos con metales preciosos como el oro, la plata y el platino, tungsteno, cobre y paladio. Sus microchips están fabricados con niobio y tantalio. El celular contiene cobre, oro, plata, hierro, níquel, zinc, plata, rodio, paladio, berilio, magnesio, molibdeno, vanadio, cobalto, carbonato de calcio, carbonato de sodio, mica, talco, boratos, caolín, wollastonita, cuarzo, feldspatos. Este ejemplo corrobora que el modo de vida moderno no podría existir sin minería, en particular de los minerales metálicos. La actividad minera se encuentra intrínsecamente presente en las telecomunicaciones, el transporte, la construcción, la electrónica e informática, la medicina, la generación de energía, etc.

La mayoría de los minerales metálicos requiere varias etapas de procesamiento en su transformación en un material comerciable. Se requieren laboreos mineros para la extracción a cielo abierto o subterránea, plantas de procesamiento donde el mineral es triturado y reducido a partículas muy finas (con alto consumo de energía) y luego es pasado por diversos procesos para optimizar la separación de minerales valiosos de la ganga como separación por gravedad, flotación, separación magnética y electrostática, así como otros tratamientos hidrometalúrgicos o pirometalúrgicos. Por ejemplo para obtener el aluminio comercial la bauxita es extraída y digerida en sosa cáustica a alta temperatura y presión para la obtención de alúmina en solución y se precipita alúmina hidratada pura comercializada como polvo de alúmina pura. La alúmina también se procesa en hornos de fundición, y es reducirla a metal de aluminio por electrólisis. El metal es extraído de los hornos en forma líquida y vaciado directamente en lingotes para diferentes propósitos. Requiere plantas auxiliares de energía, producción de ánodos, depuración de gases y otros que servicios demuestran que las fundiciones de aluminio son instalaciones complejas.

Los metales de base tanto minerales sulfurados como oxidados determinan las vías de procesamiento por minerales valiosos específicos, la posible mezcla de minerales y por elementos de menor interés comercial que pueden estar presentes (metales del grupo del platino) los componentes menores que constituyen riesgo para el medio ambiente, la salud y seguridad laborales (arsénico, bismuto, selenio, cadmio, etc.). Las plantas de extracción de metales de base se pueden clasificar en dos amplios grupos: *Pirometalúrgicos*, que trabajan materiales por fusión a muy altas temperaturas. Habitualmente contienen etapas separadas o combinadas para la fundición, producción de metales crudos, refinación, vaciado, re-refinación, aleación y vaciado final. Existen etapas adicionales para el tratamiento de subproductos y producción a escalas menores; *Hidrometalúrgicos*, que operan con soluciones acuosas (ácidas o

alcalinas), a temperaturas y presiones variables o asistidas bacterianamente (biolixiviación, según el mineral o el producto económicamente deseado). Por lo general, la solución es luego depurada mediante la precipitación selectiva de productos, subproductos o impurezas. Según la naturaleza del metal y el producto deseado, se utiliza a menudo la electro-deposición del producto desde la solución (cobre electro-extraído, níquel o cobalto electrolítico y zinc comercial). En la mayoría de los metales, el producto refinado se vende para un posterior procesamiento o fabricación, ya sea laminado, extrusión, maquinado o elaboración de productos semielaborados que serán utilizados en la manufactura de equipos originales. La cantidad de etapas y de trabajo posterior dependerá del mineral y la aplicación final.

En el sector del hierro y el acero existen tres vías principales de producción de acero laminado:

1. Las fundiciones integradas alimentan mineral de hierro en forma de pelets en el alto horno producen hierro líquido que se convierte en acero con inyección de oxígeno, se refina y lamina para su comercialización.
2. Con arco voltaico, se alimenta la chatarra refundida, refinada y vaciada en moldes intermedios que reducen el tamaño y dan forma al molde de acuerdo a las tolerancias comerciales específicas en la fabricación de productos de bajo valor.
3. En la última década, la tecnología ha permitido el vaciado de láminas y placas de una calidad comercial que compite con las fundiciones 'integradas' donde la chatarra es sustituida totalmente por Hierro de Reducción Directa y produce normalmente aceros de mayor calidad.

Usos comunes de los productos minerales

En la *tabla 1* se presenta un resumen de los usos más comunes de los minerales metálicos. Como se puede apreciar en la tabla, los minerales metálicos constituyen un importantísimo valor en la industria y en la vida, lo que corrobora la necesidad de intensificar en la búsqueda de recursos y desarrollar la industria minera para su explotación.

Situación en Cuba

En Cuba existen recursos minerales de lateritas portadoras de Fe - Ni - Co importantes, principal riqueza mineral del país con una fuerte infraestructura minera creada desde mediados del siglo XX que producen y comercializan Ni y Co y son atendidas por la industria del níquel. El Fe contenido en las lateritas se almacena junto con otros componentes útiles (oro y escandio) en los depósitos de colas generados por esta industria, y constituyen depósitos

Tabla 1. Usos comunes de los Productos Minerales

Cobre	Es utilizado en los motores, en los sistemas electrónicos y en los sistemas eléctricos. Un automóvil nuevo utiliza unos 20 kilos de cobre, el doble de los 10 kilos que utilizaba en la década de 1970. Los cables de cobre incluidos en un modelo de lujo miden más de 1,5 kilómetros.
Cromo	Revestimientos metálicos, aleaciones, pigmentos, anticorrosivos, vidrio y cerámica, catalizadores, agentes oxidantes, aluminio anodizado, curtido de cuero, productos refractarios
Estaño	Hojalata, aleaciones, soldadura, peltre, químicos, iluminación del panel, parabrisas anti-congelamiento
Galio	Semiconductores compuestos en teléfonos móviles, cubiertas de vidrios y espejos, transistores
Germanio	Semiconductores, imágenes y sistemas detectores infrarrojos, fibra óptica, fósforo en lámparas fluorescentes, catalizadores, detectores de radiación, detectores de luz y láser, usos médicos y biológicos
Hierro	Producción de acero, aleaciones
Litio	Lubricantes, vidrio y cerámicas, carbonato de litio (usado para reducir aluminio, baterías, fármacos), aleaciones de alto rendimiento para aeronaves, absorbente de dióxido de carbono en naves espaciales, aplicaciones nucleares
Magnesio	Aleaciones utilizadas para aeronaves, carcasas para motores de vehículos, construcción de misiles; material refractario; agricultura (alimento y fertilizante); suplemento para elaboración de papel, pinturas y plásticos; industria automotriz y maquinarias; cerámicas; retardadores de fuego; fuegos pirotécnicos y bengalas; agente reductor de sales para la producción de uranio y otros metales
Manganeso	Elaboración de acero, aleaciones, baterías colorantes y pigmentos, ferritas, fundentes para soldadura, agricultura, tratamiento de agua, hidrometalurgia, aditivos para combustibles, agentes oxidantes, control de olores, catalizadores, sellantes, revestimiento de metales, placas de circuitos
Mercurio	Termómetros, barómetros, bombas de difusión, aparatos eléctricos, electrodos, baterías, elaboración de hidróxido de cloro y sodio, tratamientos de plantas, iluminación, pesticidas, odontología
Molibdeno	Aleaciones, catalizador en refinado de petróleo, elementos de calefacción, lubricantes, aplicaciones de energía nuclear, partes de aeronaves y misiles, aplicaciones eléctricas
Niobio	Aleaciones, aceros inoxidables, sistemas de ingeniería avanzados (programas espaciales), industria nuclear, productos eléctricos, joyería
Níquel	Acero inoxidable, aleaciones resistentes a la corrosión, turbinas de gas, motores a propulsión, revestimientos, monedas, catalizadores, bóvedas antirrobo, baterías
Oro	Ornamentación, electrónica, odontología, enchapado decorativo en joyería, cubiertas de relojes, lápices, marcos de anteojos, grifería, decoración de porcelana y cristal, reserva de valor
Paladio	Joyería, relojes, instrumental quirúrgico, catalizadores, odontología (coronas), contactos eléctricos, purificación de gas de hidrógeno
Plata	Fotografía (película de rayos X para usos médicos, dentales e industriales), joyería, aplicaciones eléctricas, baterías, aleaciones de soldadura y soldadura de bronce, cristalería, espejos y vidrios, monedas
Platino	Joyería, monedas, autocatalizadores, electrónica, vidrio, odontología, química y electroquímica, catalizadores, petróleo, equipo de laboratorio, artefactos anticontaminación en automóviles, inversión, medicamentos para combatir el cáncer, implantes (marcapasos, válvulas)
Plomo	Baterías, revestimiento de cables, cristal de plomo, protección para soldadura y radiación, compuesto antidetonante en el petróleo, instalaciones sanitarias, munición
Plutonio	Combustible y armas nucleares, marcapasos
Zinc	Industria aeroespacial para misiles y cápsulas espaciales por su óptimo rendimiento por unidad de peso y baterías zinc-aire para computadoras portátiles. Piezas de fundición inyectada en la industria de automoción. Metalurgia de metales preciosos y eliminación de la plata del plomo.

artificiales que requieren de beneficio adicional para su recuperación para ser utilizados por la industria siderúrgica.

Otras materias primas minerales identificadas son los minerales metálicos industriales tales como Cr, Fe, Mn, Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, W, ETR y EGP, pero no disponen de la infraestructura necesaria para fomentar un desarrollo minero y constituyen el objetivo fundamental a desarrollar por el Grupo Empresarial GEOMINSAL a mediano y largo plazo y a comentar en este trabajo. Los minerales metálicos industriales los hemos agrupado en subgrupos para su mejor análisis y desarrollo como se puede apreciar en la figura 2, teniendo en cuenta la ubicación de sus depósitos por Empresas Geomineras.

I Polimetálicos

Según (Cazañas *et al.*, 2015), en la provincia de Pinar del Río se hallan los más importantes depósitos polimetálicos del país: Castellano, Santa Lucía, Sur, Santa Lucía Este, La Esperanza (distrito mineral Santa Lucía - Castellano) y Nieves. (Zn - Pb - Cu - Au - Ag) acompañados a veces por In y Ge. En las montañas de Guamuhaya (provincia de Cienfuegos) se encuentran los depósitos de sulfuros de Cu - Zn - Co, Carlota, Guachinango y Victoria (distrito mineral Carlota - Guachinango), y en la parte meridional de la provincia Villa Clara están los de Cu - Zn con Au y Ag, San Fernando y Antonio (distrito mineral San Fernando - Antonio). En la parte NW de la provincia de Holguín, y a muy poca distancia de los depósitos



Figura 2. Agrupación de los minerales metálicos cubanos en subgrupos (I, II, III, IV, V, VI y VII)

de Au - Ag presentes allí, existen también depósitos de Cu - Zn con Au, Ag y a veces Ti, entre los cuales figuran Santa María, Charco Prieto y Las Margaritas, en la región de Sagua - Baracoa se localizan depósitos poco estudiados, de Cu - Ni y de Cu - Zn con Au (Elección, La Cruzada y otros). Existen depósitos de Cu - Mo porfíricos en la región central y en la provincia de Camagüey, se destaca Arimao (Cienfuegos) que presenta zonas enriquecidas con Au al igual que Tres Casas I, Palo Seco y Guáimaro también en la provincia de Camagüey. En la Sierra Maestra también existen pequeñas ocurrencias de este tipo, como Buey Cabón, La Cuaba y Santa Rosa, que presentan un bajo grado de estudio. En la mayoría de las menas polimetálicas cubanas son aplicables los procesos de beneficio por flotación, en algunos casos se obtienen concentrados comerciales y en otros casos requieren el tratamiento metalúrgico posterior para su refinación con la posibilidad de obtener Pb, Cu, Zn, otros metales valiosos como Au, Ag, Co, Ga, Ge, Cd, Mo y cantidades considerables de ácido sulfúrico, como se aprecia en la [tabla 2](#) en la que se resume la información sobre los yacimientos, tecnología empleada y resultados obtenidos del procesamiento.

Existen un número considerable de prospectos de interés industrial en las diferentes regiones del país, algunos de los cuales se incorporaron en la cartera de oportunidades de negocios con inversión extranjera. [Cisneros M, 2018].

II Cobre

Las mineralizaciones de cobre presentan una distribución relativamente amplia en el territorio nacional están representadas principalmente por sulfuros y, en menor proporción, sulfosales, meteorizadas en mayor o menor grado con desarrollo de menas supergénicas de óxidos de cobre, cobre

nativo, carbonatos, sulfatos y fosfatos de cobre. Entre sus principales exponentes se encuentra el depósito El Cobre (Cu - Zn - Pb con Au - Ag), ubicado en la Sierra Maestra. Esta es la primera mina de Cu que fue explotada en la América colonial, aunque con interrupciones, a lo largo de casi 5 siglos. Aunque fue cerrada en el 2001, este depósito aún contiene significativos recursos que pudieran ser extraídos por minería subterránea. Otros depósitos de importancia en la Sierra Maestra son: La Cristina, Infierno, El Roble, La Mañana y La Nicolasa, de Cu y Cu - Zn, acompañados por Au y Ag. En Pinar del Río se localiza el yacimiento de Cu en Matahambre, explotado entre 1913 y 1997, del cual solo se extrajeron las menas cupríferas (aun no agotadas), y queda el "Cuerpo 70", compuesto por menas polimetálicas (Pb - Zn). Otros depósitos cupríferos de esta región son Cándida, Hierro Mantua y Francisco, que generalmente también contienen Au y Ag en sus menas. En la parte noroccidental de la provincia Artemisa se encuentran los depósitos de Cu ± Au, Júcaro y Buenavista, (Cazañas *et al.*, 2015). En la [tabla No. 3](#) se resume la información sobre los yacimientos con tecnología estudiada y resultados obtenidos del procesamiento.

III Hierro

En Cuba además de las lateritas hay dos tipos de menas de Fe: magnetíticas y limoníticas. De acuerdo a (Cazañas *et al.*, 2015), los depósitos de menas magnetíticas se localizan: en la Sierra Maestra, a lo largo de una franja paralela a la línea de la costa, donde se agrupan entre la Sierra de la Gran Piedra y la costa sur, para formar el Distrito mineral Hierro-Santiago, integrado por los depósitos La Grande, Chiquita, Folia, Concordia, Chicharrones, Alfredo, Abundancia, Arroyo la Poza y Antoñica (en la cual hay presencia de sulfuros, Cu y Au). La mayoría de

Tabla 2. Relación de yacimientos polimetálicos cubanos y tipo de procesamiento

Yacimiento	Localización	Tecnología estudiada	Resultado obtenido	Se propone
Unión I-Juan Manuel Cu, S, Co, Au, Ag	Pinar del Río	Flotación selectiva	Concentrado colectivo de sulfuros con 2.0% Cu, 40.0% S y 0.16% Zn Con recuperación >85% para los tres metales. Es posible la recuperación del oro.	Estudiar el procesamiento del concentrado colectivo obtenido que no es comerciable por la vía metalúrgica
Castellanos zona barítica. Pb, Zn	Pinar del Río	Flotación selectiva	Concentrado de Pb con ley de 35.46 % y recuperación de 75.33%, concentrado de Zn con ley de 31.54 % y recuperación de 82.80%,	Se explota por empresa mixta
Santa Lucía. Pb, Zn	Pinar del Río	Flotación selectiva, colectiva y semicolectivo.	La obtención de concentrados selectivos de Pb y Zn y S por flotación con leyes y recuperaciones aceptables no es factible.	Requiere un grado de molienda extremadamente fino.
Cuerpo 70 de matahambre. Pb, Zn, S, Cu, Fe	Pinar del Río	Flotación selectiva,	Concentrado de Zn comerciable de 52% con una recuperación de 78%, así como un concentrado de pirita de 42% con una recuperación de 64%. Concentrado de Pb con muy baja ley 6-10% y recuperación 68% debido a que varía el grado de oxidación.	Procesar las colas de flotación por vía metalúrgica para la recuperación de Pb y Cu. Definir las reservas, Hacer un análisis económico pues esta mena tiene varios metales valiosos, si es positivo, planta de beneficio por flotación y tratamiento metalúrgico del concentrado colectivo (no comercial).
Carlota - Guachinango - Victoria Cu, S, Zn, Ag, Au, Ge, Ga	Escambray	Flotación selectiva,	Concentrado colectivo de sulfuros con una ley de cobre de 0.93%, una ley de S de 48.04% con altas recuperaciones de S y Cu (>95%) y una serie de metales valiosos.	Tratamiento vía metalúrgica del concentrado, además del cobre se producen los gases para la producción del ácido.
Buey Cabón Cu, Zn, Mo	Santiago de Cuba	Flotación selectiva	No se obtuvo un concentrado de cobre comerciable. Se obtuvo un concentrado colectivo de cobre + pirita, con ley 2.0% Cu y recuperación de 85%.	Tuesta sulfatante y la posterior recuperación de plata, ya que el concentrado no tiene valor comercial ni en Cu ni en Zn.
“San Antonio”. Cu, Zn, Ag	Santiago de Cuba	Semi-colectivo (Cu+Zn).	Concentrados de Cu y Zn, se evaluó la distribución de la Ag los índices de recuperación del Cu, Zn y Ag. La molienda 80% bajo 0,074mm mejora la recuperación.	Estudio para la recuperación de oro y plata del concentrado colectivo
Yacimiento Sur. Pb, Zn, Au, Ag, S	Santiago de Cuba	Flotación semi-colectivo	Ley de Pb 6.25% y recuperación de 80 %, ley Zn 34.89% y recuperación 86.5%. Ley de S 41.39% en el concentrado de pirita y recuperación de S 63.3 %. El concentrado semi-colectivo de Pb + Zn tiene una ley Au 3.6g/t y de Ag 390g/t y recuperación de 70.0% Au y 60.0% Ag.	Procesamiento metalúrgico por tuesta sulfatante o clorurante
Infierno I. Pb, Zn, S, Cu, Fe	Santiago de Cuba	Flotación semicolectivo-selectivo	Ley Pb 41-43 % y recuperación 75-81 % Ley Cu 5-18 % y recuperación 55-72 % Ley Zn 53-55 % y recuperación 80 % Ley FeS ₂ 20-35 % y recuperac. 17-30 %	

los depósitos del Distrito Mineral Hierro Santiago tienen canteras abiertas, con un volumen significativo de recursos in situ de hierro magnetítico, a lo cual se añade el granate encajante, mineral industrial potencialmente utilizable como abrasivo, lo cual permitiría reanudar la extracción; en la provincia de Camagüey (Magarabomba) y en la provincia de Cienfuegos (Loma Alta y Guaos). Una excepción es la manifestación Palo Seco I (Camagüey), pues, de

acuerdo con los datos geofísicos y la información geológica disponible, podría ser el mayor depósito individual de Fe magnetítico de Cuba. Mientras que en la Isla de la Juventud se encuentran depósitos de Fe limonítico supergénico, formados por la meteorización de rocas sedimentarias que contienen hierro, que consisten en concentraciones superficiales densas de perdigones, compuestos principalmente de limonita, extendidos dentro de áreas más o menos

Yacimiento	Localización	Tecnología estudiada	Resultado obtenido	Se propone
Júcaro	Artemisa	Flotación selectiva	Dos concentrados comerciales: Concentrado de cobre ley de 26% Cu y recuperación de 80%. Concentrado de pirita ley 40% de S con y recuperación de 75%.	Precisar reservas, actualizar el estado de la instalación, análisis económico, si es positivo reactivar la planta y puesta en marcha.
Hierro Mantua	Pinar del Río	Beneficio por flotación selectiva	Esquema combinado de percolación con H ₂ SO ₄ y flotación colectiva de los residuos, obteniéndose cemento de cobre Ley 75% Cu y recuperación de 59%, concentrado colectivo (Cu+pirita) Ley 2.20% Cu y recuperación de 28%, recuperación total de cobre de 87%.	
Arimao	Villa Clara	Flotación selectiva	Concentrado selectivo de cobre comercial, Ley 18.2 a 21.0% de Cu y recuperaciones 53.7 y 78.7%. A partir de 4 muestras con contenido de Cu 0.95 %, 0.39 %, 0.29 % y 0.27 % respectivamente.	Verificar las reservas las reservas, procesar a nivel industrial en la misma instalación que Carlota-Guachinango (polimetálico)

bien definidas fueron explotadas en el pasado, a pequeña escala. El principal de estos depósitos, San Francisco, dispone de estudios tecnológicos para su uso en la neutralización de los residuales ricos en As, lo que debe tenerse en cuenta, de acometerse en un futuro la explotación del depósito de Au La Demajagua, que contiene As en sus menas y requiere sales de hierro como reactivos en los procesos estudiados.

IV Cromo

Su principal uso a nivel mundial es en la producción de diversos tipos de aceros y aleaciones especiales. La fuente de cromo en Cuba la constituyen las menas de óxidos de cromo (Crespinelas). Según (Cazañas *et al.*, 2015), estos depósitos se distribuyen hacia la parte norte y este del territorio cubano, coincidiendo espacial y genéticamente con las áreas de desarrollo de las rocas ultramáficas y máficas de tipo oceánico. Existen cromitas refractarias (alta relación) denominadas así por su uso y metalúrgicas. Entre los depósitos conocidos cabe mencionar los de la región de Pinares de Mayarí (Casimba, Caracol y Caledonia, entre otros), los cuales son de cromitas metalúrgicas; los de Moa-Baracoa (Amores, Merceditas, Delta y Cayo Guam) y de Sagua de Tánamo (Rupertina, Negro Viejo y Santa Isabel, principalmente) con cromitas metalúrgicas y refractarias, así como los de Camagüey (Camagüey I, Camagüey II, Ferrolana, Victoria y otros), de cromitas refractarias. En los últimos años se ha comprobado en los depósitos de Victoria presencia de concentraciones importantes de elementos del grupo del platino, como Rodio, Iridio, Rutenio, Osmio, Paladio y Platino y también oro. Por otra parte se ha establecido que las cromitas ricas en cromo son más ricas en elementos del grupo del platino y de oro que las cromitas ricas en aluminio. (Cazañas *et al.*, 2015). Los minerales de cromo disponen de tecnología y constituyen hoy el principal

interés del GE GEOMINSAL para ejecutar inversiones con recursos propios en el marco del Programa Integral de Desarrollo de Minerales Metálicos (PID2M) para el período 2019-2030.

V Manganeso

Los principales depósitos de óxidos de Mn aparecen distribuidos en la Sierra Maestra donde son típicos los depósitos de Mn volcánogénico tipo cubano (mineralización manganífera reconocida y ampliamente descrita en la literatura especializada). Entre ellos se encuentran Charco Redondo, Casualidad, Cádiz, Las Manuelas (Distrito mineral Guisa - Los Negros), El Quinto, La Margarita, Los Chivos, Barrancas, Ponupo, Sultana, Balcanes (Distrito mineral Cristo - Ponupo - Los Chivos) y Margarita de Cambute y Ponupo - Manacal. Estos depósitos, que ocupan tres niveles en la estructura geológica de la Sierra Maestra y sus alrededores, fueron muy explotados prolongadamente durante los períodos de las dos guerras mundiales hasta finales de la década de 1960, por lo que algunos ya están agotados. Aún quedan importantes recursos, que mayoritariamente pudieran ser extraídos por minería subterránea. Esta mineralización también está presente aunque con escaso desarrollo y pequeñas ocurrencias minerales en las montañas de Guamuhaya en las provincias de Cienfuegos y Sancti Spiritus y en la región de Bahía Honda en la provincia de Artemisa, entre otras, por lo que por el momento carecen de interés económico, (Cazañas *et al.*, 2015)

VI CONIE, Cartera de Oportunidades de Negocios con Inversión Extranjera

Se incorporaron en este grupo aquellas mineralizaciones que por alguna razón (tecnología, mercado, recursos financieros) requiere la inversión extranjera para su desarrollo. Recientemente GMSA

Tabla 4. Resumen de la actualización de la CONIE. GMSA

Mineral	Ubicación	Prospectos	Se propone
Cobre	EG Centro	Carlota -Guachinango-Victoria	
		Arimao- Las breñas	
		La Moza- Yagrumal	
		San Fernando-San Antonio	
	EG Camagüey	Tuinicú - Fortuna	
		Las Tunas- Oeste- Tamarindo	
		Santa María-Charco Prieto	
		Sierra del Purial Este	
		Sierra del Purial Oeste	
		EG Oriente	Esperanza -El Cobre
Cobre-Zinc	EG Oriente	Marea de Portillo	
		Vega Grande - Juanica	Prospección en “La Cristina”, “La Nicolasa” y “Juanica”. Reconocimiento en el resto del área.
		Mercedita	Exploración complementaria.
		Cayo Guam-Cromita	Exploración complementaria.
		Potosí	Exploración complementaria.
		Amores-Los Naranjos	Exploración complementaria.
		Caledonia-estrella de Potosí	Completar la Prospección y acometer Exploración.
		Albertina -Rupertina	Completar la Prospección y acometer Exploración.
		• Casimba - La Sin Nombre	Completar la Prospección y acometer Exploración.
		Manganeso	EG Oriente
EG Camagüey	Caunao		Reconocimiento en toda el área.
Hierro	EG Oriente	Hierro Santiago	Verificación de los recursos de hierro y Exploración para Au y metales base en los depósitos de Fe - Cu - Au - Fe del “Distrito Mineral Hierro Santiago”. Reconocimiento en el resto del área.
Wolframio	EG Isla	Wolframio Lela	Elevada complejidad geológica y relativo bajo grado de estudio. Desarrollar trabajos de Investigaciones Geológicas (Prospección - Exploración) en el prospecto “Lela”, con el fin de localizar y evaluar nuevos cuerpos de mineralización

actualizó de forma preliminar la Cartera de Oportunidades de Negocios con Capital Extranjero (Cisneros., 2018) incluyendo los prospectos de depósitos minerales con contenidos de metales básicos y preciosos más propicio para establecer asociaciones económicas internacionales. En la [tabla 4](#) se presenta un resumen, aunque en carácter preliminar, lo que implica que está sujeto a cambios.

VII Otros minerales de interés

En este grupo fueron incluidos los minerales que por razones estratégicas o su importancia en el mercado mundial y desarrollo global tuvieran interés, al menos como alerta de su ocurrencia en el país. En Cuba sólo se conocen dos pequeños depósitos de TR, ubicados en la parte oriental de la provincia de Camagüey, consisten en vetas de torio (Th) y tierras raras hospedadas en secuencias intrusivo-volcánicas. También hay concentraciones (de muy baja ley) de estos metales en depósitos de fosforitas del occidente de Cuba cuyo potencial debe ser esclarecido. Existe un depósito de wolframio nombrado Lela, que se localiza en la parte suroccidental de la Isla de la

Juventud en el que se ha detectado la presencia de Au, Cu y Mo, se desconoce las dimensiones totales de este depósito.

Los depósitos de los metales del grupo platino aparecen asociados a las rocas máficas y ultramáficas, por lo que se encuentran dentro o cerca de este tipo roca. Esto explica la presencia de estos metales en las lateritas y cromitas cubanas y justifica su posible presencia en los depósitos de sulfuros de Cu - Co con Au y Ag o de Cu - Zn con Au y Ag, situados cerca de cuerpos intrusivos formados por rocas de esta composición. En la [figura 3](#) se aprecia la descripción del subgrupo de otros minerales metálicos de interés.

CONCLUSIONES

1. En Cuba hay numerosos yacimientos y prospectos de minerales metálicos a lo largo de toda la isla que constituyen una fuente potencial a integrar en el Programa Integral de Desarrollo de los Minerales Metálicos para el 2019-2030.
2. La ocurrencia de esta mineralización metalogénica, tiene un fuerte impacto en la

conceptualización del modelo económico cubano, por cuanto es posible la obtención de concentrados comerciales y/o metales de diferentes tipos que pueden abastecer la industria cubana y la foránea.

3. En la actualidad las instalaciones mineras y tecnológicas de los depósitos de minerales metálicos que fueron explotados en el pasado están total o parcialmente deterioradas, por lo que no existe una infraestructura base adecuada a partir de la cual se pueda desarrollar este sector industrial, por lo que es imprescindible recurrir a los recursos de la inversión extranjera estableciendo Asociaciones Económicas Internacionales (AEI).
4. Se evidencia la necesidad de actualizar la Cartera de Oportunidad para la Inversión Extranjera de GMSA, con una fuerte base de conocimiento y completamiento de los prospectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos J., 2017. Criterios del CIPIMM sobre la tecnología de procesamiento propuesta para la extracción del cobre en el yacimiento Cobre Mantua mediante el esquema de lixiviación - extracción- electrólisis/ L-SX-EW/ por BULGARGEOMIN (BGM). CIPIMM. La Habana
- Cazañas Díaz X. y otros, 2015. Los recursos minerales de Cuba. Resumen Técnico. Instituto de Geología y Paleontología - Servicio Geológico de Cuba, La Habana.
- CIPIMM. 2018. Seminario para la elaboración del Programa Integral de Desarrollo de Minerales Metálicos (PID2M) para el período 2019.2030, La Habana.
- Cisneros M., 2018. Relación de algunos depósitos minerales con contenidos de metales básicos y preciosos para establecer Asociaciones Económicas Internacionales. GMSA, La Habana.
- Compendio de reportes técnicos y reportes de investigación sobre los minerales de cobre y polimetálicos estudiados en el CIPIMM. Inédito.

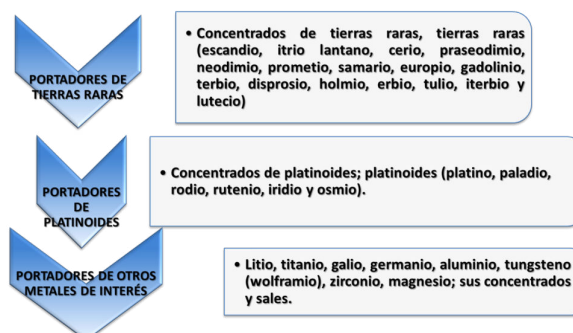


Figura 3. Composición del subgrupo VI de minerales metálicos cubanos

- Instituto de Geología y Paleontología - Servicio Geológico de Cuba. 2004. Antecedentes de las investigaciones metalogénicas en Cuba.
- Instituto de Geología y Paleontología - Servicio Geológico de Cuba. 2015. Generalidades de las materias primas metálicas presentes en el territorio nacional.
- Montejo, E. 2017. Análisis del informe preliminar de evaluación económica y técnica del proyecto cobre Mantua de BULGARGEOMIN OVERSEAS. CIPIMM.
- Oficina Nacional de Recursos Minerales. 2017. Balance Nacional De Recursos Y Reservas Minerales Estado Al 1/1/2017. Metálicos, La Habana. Junio Del 2017
- Pérez M. Anotaciones sobre tecnologías investigadas en minerales de cobre y polimetálicos. CIPIMM, 2006. Inédito. Oficina Nacional de Recursos Minerales. 2017. Balance Nacional De Recursos Y Reservas Minerales Estado Al 1/1/2017. Metálicos, La Habana. Junio Del 2017
- Pérez M. & Alcalá R. 2007. Principales investigaciones realizadas por el CIPIMM en sus 40 años como institución en la rama de los minerales de cobre y polimetálicos. INFOMIN, ISSN: 1992-4194.

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses

Contribuciones de los autores: Redacción - primera redacción: Alejandra Naida Hernández Martínez.

Investigación: Alejandra Naida Hernández Martínez, Xiomara Cazañas Díaz e Ismari Salgado Machín.

Metodología: Alejandra Naida Hernández Martínez. **Redacción - revisión y edición:** Alejandra Naida Hernández Martínez e Ismari Salgado Machín

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)