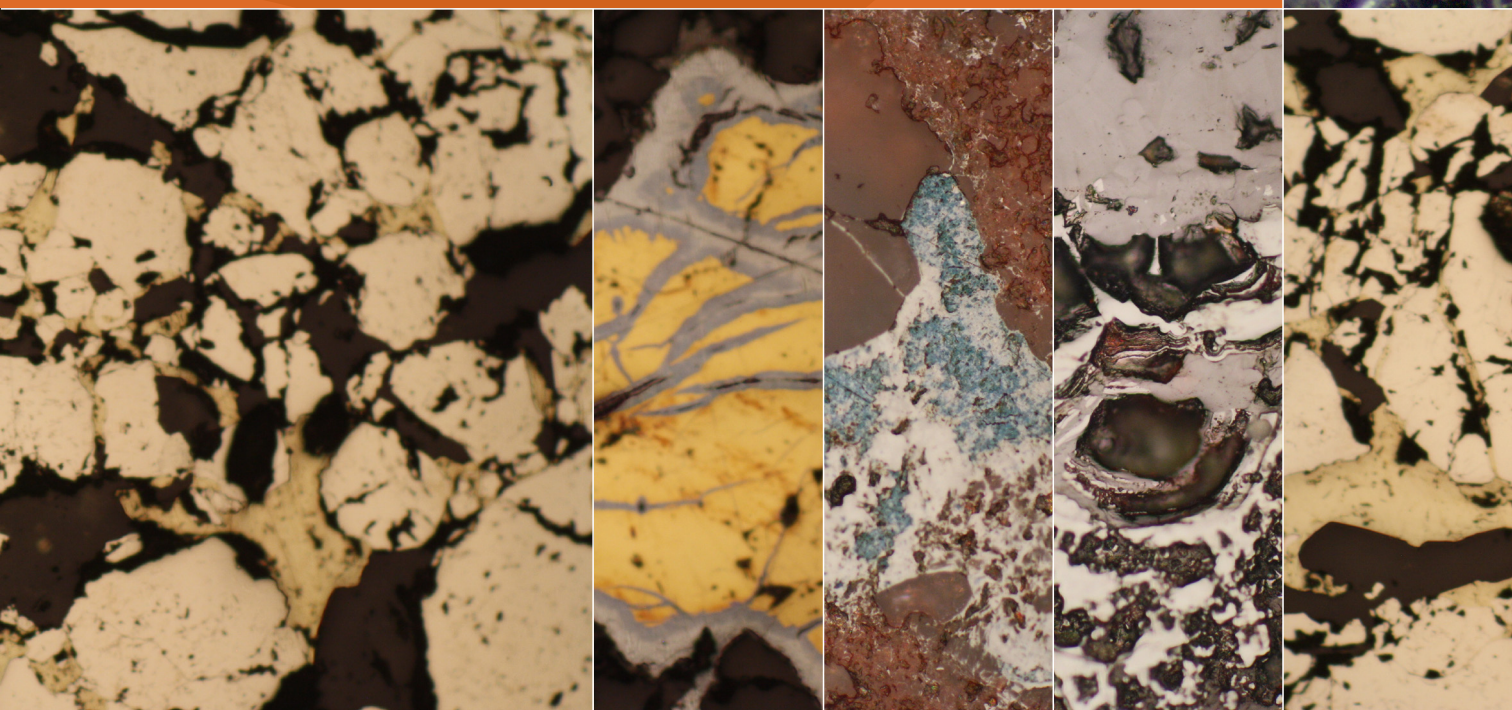


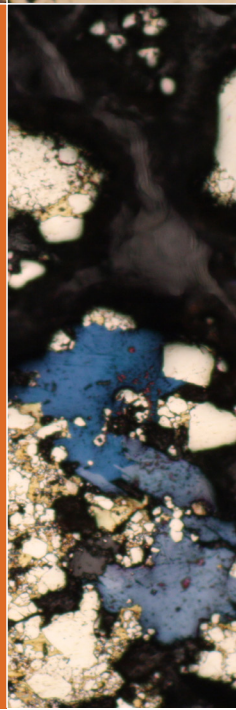
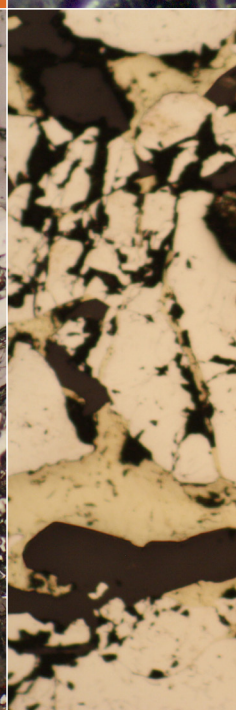
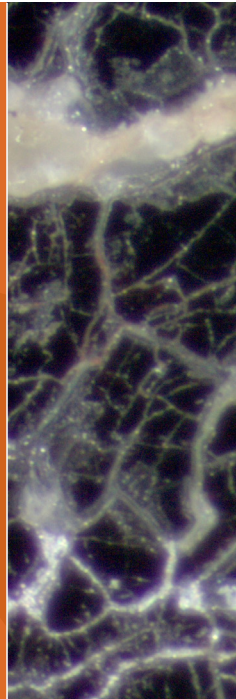
ATLAS DE MENAS METÁLICAS DE CUBA

Colectivo de autores
Departamento de Petrografía y Mineralogía



INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA

La Habana, 2015



ATLAS DE MENAS METÁLICAS DE CUBA

EDICIÓN: María Teresa Rodríguez Coppola

CUBIERTA: Elina Valle Galindo

DISEÑO Y COMPOSICIÓN: Elina Valle Galindo

© Todos los derechos reservados IGP.2016

© Sobre la presente edición. Editorial: Centro Nacional de
Información Geológica

ISBN 978-959-7117-64-3

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA

Editorial: Centro Nacional de Información Geológica
Ave. Vía Blanca No. 1002 e/ Río Luyanó y Prolongación de
Calzada de Güines, Rpto. Los Ángeles, Municipio San Miguel del Padrón. Provincia La Habana, Cuba.

E-mail. biblioteca@igp.minem.cu
www.igp.minem.cu

Autores

Deysy De la Nuez Colón, María Santa Cruz Pacheco Sarlabous, Graciela Aguirre Guillot, Carlos
Toledo Sánchez, María Elena González Martínez, Evelio Lisabet Sarracén, Walquiria Suárez
Bárceñas, Mario Estrugo Ponce, Víctor M. Delgado González.

Colaboradores

Susana Segal, Danyer García Jiménez, Luis Bernal Rodríguez, Claro Vázquez García, Carbeny
Capote Marrero, Yania Pedraza Ronzón, Angélica I. Llanes Castro.

Departamento de Petrografía y Mineralogía



INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA

La Habana, 2015

Los autores desean expresar sus agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones que directa o indirectamente, contribuyeron al resultado de este libro, ya que nos sería imposible mencionarlos a todos.

A la Dra. Susana Segal, por transmitirnos sus conocimientos y obsequiarnos su Atlas de Asociaciones Paragenéticas de Menas de la República Argentina, material de consulta diaria para nuestra obra.

Al Ing. Claro Vázquez, quien con tanta amabilidad nos dedicó su tiempo y esfuerzo en los viajes de campo a los depósitos de Sulfuros Masivos de Cuba Central.

A todos, muchas gracias

Los autores

Introducción.....1

I. Depósitos asociados a rocas máficas y ultramáficas.....2

1. Cromita podiforme.....2

Ejemplos: Tetas de Camarioca (Metalúrgica) y Recreo (Refractaria).....2

II. Depósitos Cu-Mo ± Au Porfírico.....4

1. Ejemplo Macagua.....4

III. Depósitos de Skarn.....6

1. Depósitos de Skarn de Hierro Magnetítico. Ejemplo Concordia.....6

2. Depósitos de Skarn de Cu-Fe. Ejemplo Antoñica.....8

IV. Depósitos Epitermales asociados a rocas volcánicas.....10

1. Depósito aurífero de baja sulfuración. Ejemplo Jacito.....10

2. Depósito aurífero de alta sulfuración o de tipo alunita-caolinita.
Ejemplo: El Pilar.....11

V. Depósitos exhalativos y volcanogénicos.....14

1. VMS Máfico – ultramáfico (tipo Chipre). Ejemplo: Júcaro.....14

2. VMS. Sílico clástico-máfico (tipo Besshi).....15

a) Ejemplo Hierro Mantua.....15

b) Ejemplo Unión I.....15

3. VMS Félsico (Tipo Kuroko). Ejemplo: San Fernando.....20

4. VMS tipo Sedex.....23

a) Zn-Pb (±Cu, Ba). Ejemplo Santa Lucía-Castellanos.....23

b) Cu ±Ag ±Co. Ejemplo: Matahambre.....28

5. VMS de Manganeso. Ejemplo: Los Chivos.....31

VI. Depósitos de ambientes orogénicamente activos.....32

1. Oro en secuencias silicoclásticas (Tipo Bendigo). Ejemplo: Delita.....32

2. Oro en zona de cizalla (Tipo Mother Lode). Ejemplo: Meloneras.....35

3. Depósito de Cu-Ni-Fe ±Au Mesothermal. Ejemplo: Majana.....38

4. Vetas asociadas a Wolframio. Ejemplo: Lela.....41

Bibliografía.....44

Anexo 1. Localización de algunos yacimientos y manifestaciones de
minerales metálicos de Cuba.....50

Índice de fotomicrografías por Mineral.....51

Introducción

Dentro del desarrollo sustentable de Cuba, desempeña un papel trascendental el aprovechamiento óptimo de sus recursos minerales. Para ello, resulta básico analizar —desde todos los puntos de vistas posibles— los yacimientos minerales disponibles además de evaluar la probabilidad que se tiene de encontrar nuevos depósitos minerales. En el caso de las menas metálicas, el estudio de minerales opacos mediante el microscopio de luz reflejada se considera una de las técnicas más importantes para la identificación de los minerales componentes. Sus resultados, junto a la caracterización de sus relaciones texturales, conduce a la determinación de la paragénesis del yacimiento mineral.

Ese tipo de estudio, conocido tradicionalmente como mineragrafía, microscopía de mena, o calcografía, tiene una importante aplicación en la investigación de los depósitos minerales, desde un punto de vista científico y económico.

Si bien hasta el momento se disponía en el país de un número importante de textos que brindan aspectos teóricos y tablas con características ópticas de los minerales de mena más comunes, era una exigencia desde hace décadas que existiera una obra que profundizara en las particularidades microscópicas de los depósitos existentes en el territorio nacional.

El Atlas de Menas Metálicas de Cuba presenta una síntesis de los principales minerales y particularidades texturales de los depósitos metalíferos, ordenados de acuerdo con su ambiente geológico de formación.

Esta obra está dirigida tanto a estudiantes como a profesionales. Para ello, se muestran más de 140 fotomicrografías a color, con su respectiva descripción de la composición mineralógica de las menas y de sus particularidades texturales observadas; también se incluyen algunas fotografías de muestras de mano, para mostrar estructuras sobresalientes. Para algunos minerales de compleja identificación, o de tamaño muy pequeño, se utilizó el microscopio electrónico de Barrido (SEM) y algunas de sus fotomicrografías están presentes en el Atlas. La obra se basa fundamentalmente en la generalización del vasto archivo de secciones pulidas, muestras de mano y descripciones, un trabajo iniciado en la década de 1960 por el Grupo de Mineralogía y Petrología del Instituto de Geología y Paleontología

(GMP/IGP), tanto para trabajos de servicios a la prospección, como de proyectos de investigación científica.

I. Depósitos asociados a rocas máficas y ultramáficas

1. Cromita podiforme

A lo largo del margen norte de la Isla de Cuba se extiende una sucesión de afloramientos del complejo gabro-peridotítico, dispuestos en bloques, que representan fragmentos de una litosfera oceánica antigua de afinidad ofiolítica. Estos bloques ocupan un área aproximada de 1500 km², compuestos aproximadamente —en un 90%— por harzburgita, muy serpentinizada y agrietada, en ocasiones con estructuras tipo melange (Rodríguez R., 1997). A partir de análisis químicos, estos afloramientos han sido interpretados (Proenza et al., 1998) como litósfera oceánica relacionada con la apertura del Protocaribe y modificada en un contexto de suprasubducción ocurrida durante el Aptiano (Neocomiano)-Campaniano.

Los principales depósitos de cromitas de Cuba se ubican en la Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa. Por su contenido de cromo, han sido clasificados como ricos en aluminio (grado refractario) y en cromo (grado metalúrgico) Thayer, 1942, Murashko, J. Larionov, V. 1966, Fonseca et al. 1990, Lavaut et al. 1994, Rodríguez et al. 1997, Proenza et al. 1998. En Camagüey, estas cromitas se clasifican como de alto aluminio (refractarias) Flint, et al. 1948; Murashko, et al., 1985; Lavandero, 1980; Rodríguez, 1997; González – Pontón, 1998; Llanes et al., 1997, 2002; De la Nuez, D. et al., 2003.

También han sido descritas ocurrencias pequeñas de cromitas metalúrgicas y refractarias en el área Habana-Matanzas; por ejemplo, Thayer 1942; Lavandero et al., 1989; Morales Quintana, 1994; Llanes et al. (1997, 2001, 2002).

En general, además de la cromita como mineral principal, se reporta la presencia de minerales como: magnetita, calcopirita, millerita, pentlandita, pirrotina, polidimita y violarita. Otros autores reportan elementos del grupo del platino, tales como: laurita-erlikmita, Disler et al., 1988; así como laurita con sustituciones de Os e Ir (Proenza et al. 1998).

Ejemplos: Tetas de Camarioca (Metalúrgica) y Recreo (Refractaria)

En la región Habana-Matanzas se aprecia la mineralización de cromita asociada al contacto de

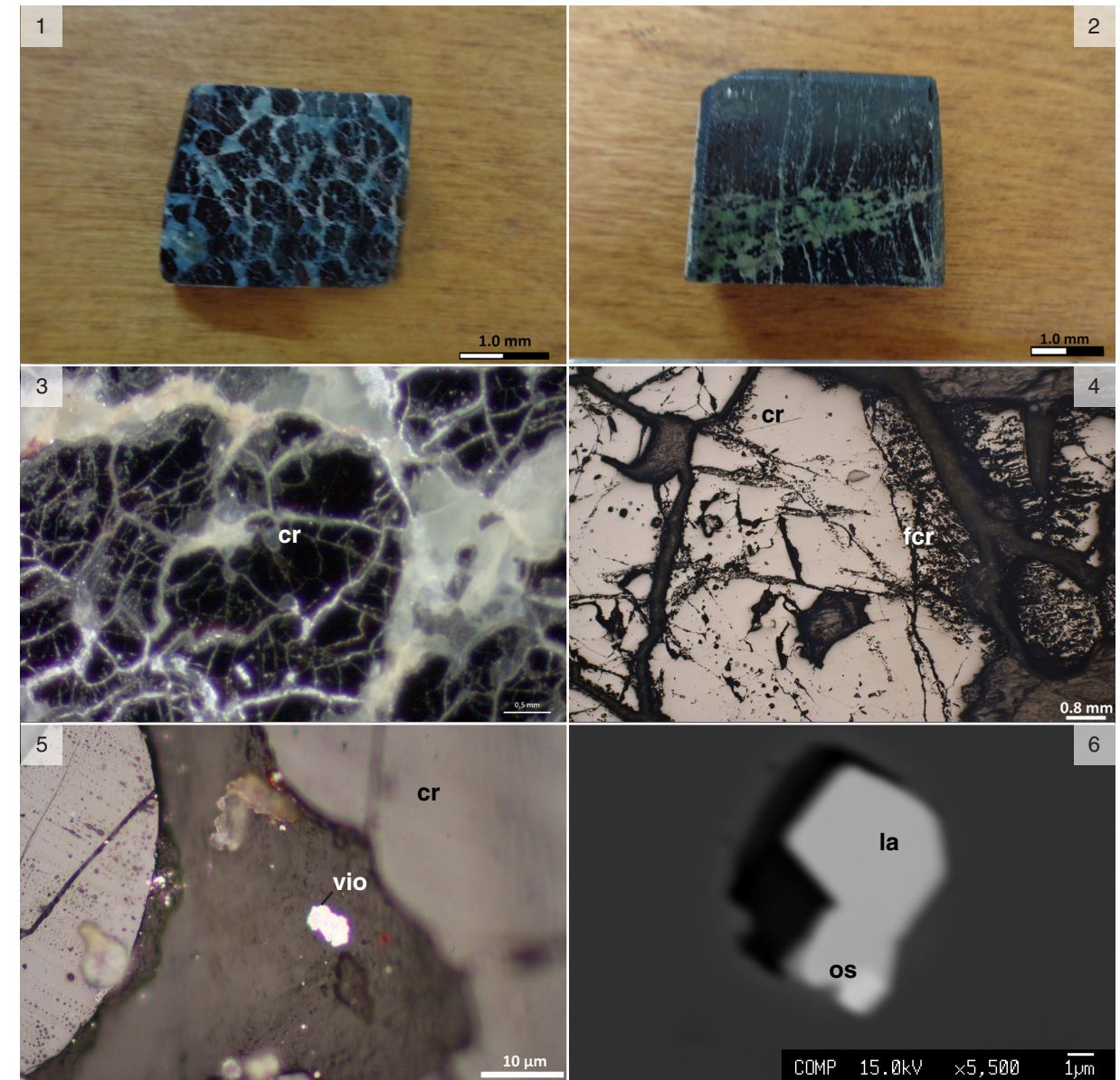
tectonitas - harzburgita y cúmulos ultramáficos, compuestos por dunita, wherlita, piroxenita (zona de transición), Llanes et al. 1997, 2001. (Anexo 1).

Los cuerpos minerales tienen forma de pequeños *podts*. Son predominantemente lenticulares, asociados a estadios de segregación de dunitas y se hallan intensamente serpentinizados.

Las menas presentan estructuras que varían desde nodular (Recreo) (Fotomicrografía 1), hasta masiva (Tetas de Camarioca) (Fotomicrografía 2). El contacto entre la mena y la roca es gradual: va desde una mena masiva, en la parte central de los cuerpos, hasta más diseminada en su parte exterior.

En general, se aprecian deformaciones post-magmáticas y su grado de manifestación depende de la relación cromita-silicato. Las menas ricas en silicatos de tipo nodular muestran evidencias de deformaciones plásticas, como texturas de tipo pull-apart, elongación de los nódulos (Fotomicrografía 1). La mena masiva presenta huellas de fracturas (Fotomicrografía 2) y en algunos casos brechamiento (Fotomicrografía 3).

La mineralización está constituida fundamentalmente por cromita, que en ocasiones aparece bordeada por una alteración zonal a lo largo de la periferia de los granos, denominada ferricromita (Fotomicrografía 4). De forma más rara se aprecia la violarita, en forma de inclusión o en las grietas de cromita (Fotomicrografía 5). Llanes et al., 2011 refiere además para las cromitas metalúrgicas (Tetas de Camarioca, San Miguel) la presencia de minerales del grupo del platino (laurita acompañada por Os, cuproiridsita, Iridio) y una fase no nombrada de Ni, Fe, S. (Fotomicrografía 6).



Fotomicrografía 1

Mineralización de cromita nodular, con huellas de texturas pull apart y elongación de los nódulos. Estas aparecen rellenas por serpentinita. Depósito Recreo.

Fotomicrografía 3

Cromita muy fracturada con textura cataclástica rodeada por serpentinita.

Fotomicrografía 5

Violarita (vio) en grietas de cromita (cr).

Fotomicrografía 2

Estructura masiva de cromita fracturada. Depósito Tetas de Camarioca.

Fotomicrografía 4

Cromita (cr) con reborde de ferricromita (fcr).

Fotomicrografía 6

Minerales del Grupo del Platino: laurita (la) y Osmio (os). Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico. (Gentileza de la MsC. Angélica I. Llanes Castro)

II. Depósitos Cu-Mo ± Au Porfírico

Los cobres porfíricos (pórfidos cupríferos, Cu-Mo porfírico, Cu porfídico), comprenden depósitos de gran volumen de mineralización primaria de sulfuros de cobre-hierro y hierro. En general, se encuentran hospedados y directamente asociados a cuerpos intrusivos porfíricos, pero en ningún caso restringidos a la roca intrusiva. La mineralización se presenta diseminada, en vetillas y enjambre de vetillas (stockwork), asociado espacial y genéticamente con la alteración hidrotermal (potásica, fílica, argílica y propilítica) que afecta a la intrusión y a la roca encajante, (Townley, B.). Los intrusivos vinculados con este tipo de mineralización rica en cobre ($\pm\text{Mo}\pm\text{Au}$) están asociados a arcos magmáticos de márgenes continentales. Estos depósitos, atendiendo a sus asociaciones metálicas principales y sus proporciones relativas, se clasifican en: pórfico de Cu, Cu-Mo, Cu-Mo-Au, Cu-Au.

La mineralización primaria consiste principalmente en: pirita, calcopirita, molibdenita, con menor frecuencia bornita, enargita, tetraedrita, magnetita y hematita, más raramente cubanita, galena, esfalerita y oro nativo.

En el área de las alteraciones supergénicas, aparece la formación de sombrero de hierro (o *Gossan*), con presencia de digenita, covellina, cobre nativo, crisocola, malaquita, tenorita, goethita.

En Segal, et al., 2011, se plantea que la alteración hidrotermal normalmente es zonada, con un núcleo de alteración potásica. Aquí se observan dos tipos de mineralización primaria: una interna, de bajo contenido de cobre, caracterizada por pirita, calcopirita, con escasa magnetita y molibdenita, y una externa, con mayor ley de cobre e igual proporción de calcopirita y pirita, con pequeñas cantidades de molibdenita y bornita. Las zonas de alteración fílica y argílica se caracterizan por la presencia de abundante pirita. En la zona propilítica aparece mineralización en vetillas de pirita y pequeñas venas con pirita-calcopirita-galena-esfalerita-tetraedrita.

En la parte central de Cuba, dentro del arco insular del Cretácico Tardío, han sido descritas mineralizaciones de cobre porfírico (Stanick, et al 1981, Dublan et. al. 1986, Lavandero et. al. 2000), con contenido importante de molibdeno, oro y plata. En el mismo arco, pero en Cuba centro - oriental, en la región de Ciego de Ávila

– Tunas, Shevchenko y otros (1979), Ovchinikov y otros (1982), Escobar (1994), Lugo-Primelles y otros (1998) reportan la mineralización con la observación de que los contenidos de molibdeno son relativamente bajos.

Por otro lado, en el arco paleogénico (Sierra Maestra), distintos autores reportan el desarrollo de mineralización, aunque también destacan los bajos contenidos de molibdeno; por ejemplo, Alioshin y otros (1975), Krisov y otros (1977), Kuvshinov y otros 1988, Proenza y otros (1998).

1. Ejemplo Macagua

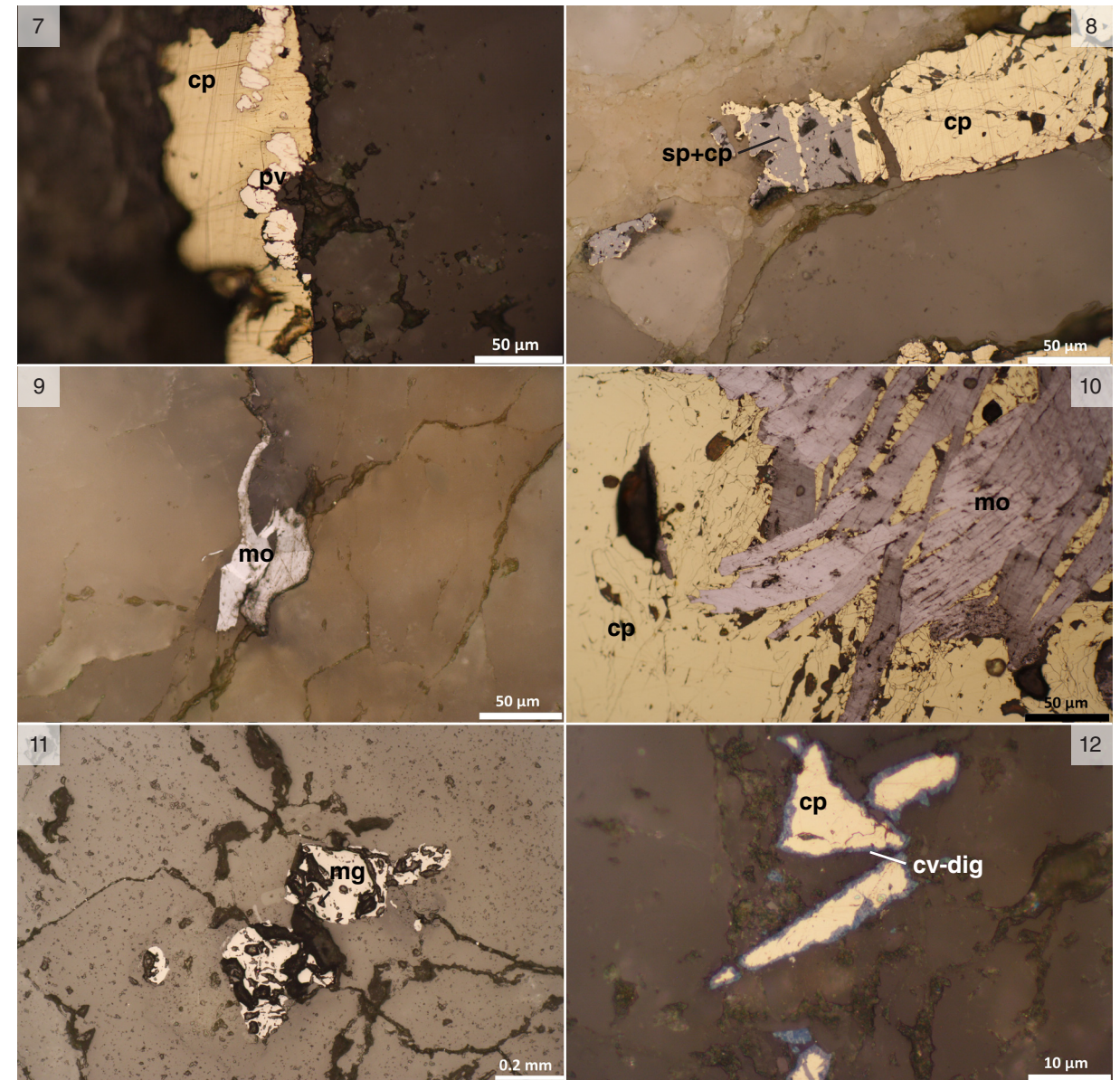
El depósito se encuentra a 4 km hacia el WSW del poblado Hoyo de Manicaragua y a 5.5 km al sureste de Barajagua, municipio Manicaragua, provincia Villa Clara. (Anexo 1)

Consiste en un depósito diseminado, emplazado en el endocontacto de las rocas del macizo de granitoides Manicaragua. Está constituido por cuarzodioritas y monzodioritas de edad Cretácico Superior. La mineralización se encuentra controlada por sistemas de grietas y finas vetillas localizadas en la zona de debilitamiento tectónico, que se extiende en forma de franja NO – SE y buzamiento al NE con 75 (Cazañas, X. et al. 2014).

Las zonas de alteración están feldespatizadas y silicificadas, y presentan vetillas, diseminaciones y nidos —en mayor o menor proporción— de pirita, calcopirita, molibdenita, esfalerita, magnetita, así como bornita —esta última reportada por Valdés, C., 1988 y Sukar et al., 2000. Además, se presentan la calcosina, covelina e hidróxidos de hierro. En general, se observan estructuras diseminadas, vetítico – diseminadas y texturas de tipo alotriomórfico, idiomórfico, cementación, de corrosión y cataclástico.

Los granos de pirita aparecen diseminados y/o en vetillas, que en ocasiones aparecen con inclusiones de calcopirita o bordeados por ella (Fotomicrografía 7).

La calcopirita se presenta anhedral diseminada, en agregados o vetillas. A veces está cataclastizada, en algunos casos con inclusiones de esfalerita. Además, aparece como calcopirita *disease* en esfalerita (Fotomicrografía 8). La molibdenita se halla diseminada (Fotomicrografía 9), en vetillas, o entrecrecida con calcopirita. (Fotomicrografía 10).



Fotomicrografía 7

Pirita (py) bordeada por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 9

Molibdenita (mo) diseminada en minerales de ganga.

Fotomicrografía 11

Magnetita (mg) diseminada en minerales de ganga.

Fotomicrografía 8

Esfalerita (sp) con calcopirita *disease* (cp) bordeada por calcopirita (cp)

Fotomicrografía 10

Agregado de molibdenita (mo) entrecrecida con calcopirita (cp).

Fotomicrografía 12

Diseminaciones de calcopirita (cp) sustituida por los bordes y grietas de covelina (cv) y digenita (dig).

La magnetita aparece diseminada en los minerales de ganga, en granos euhedrales, anhedrales (Fotomicrografía 11). Los minerales supergénicos consisten en covelina y digenita, que reemplazan por los bordes y las grietas a la calcopirita (Fotomicrografía 12).

III. Depósitos de Skarn

En Cuba, estos depósitos están ampliamente distribuidos desde las provincias centrales hasta las orientales del país, relacionados con los arcos volcánicos cretácicos y paleógenos. De importancia económica, juega un rol fundamental la porción oriental de la Sierra Maestra conocida como campo mineral Hierro Santiago, en el que aparecen representados los tipos de Skarn de Hierro y de Hierro Cobre que se extienden a lo largo del contacto norte del macizo intrusivo Daiquirí (complejo gabro plagiogranítico) compuesto por gabro, gabrodioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas, troilitas, plagiogranitos y sus variedades hipoabisales, relacionados fundamentalmente a los plagiogranitos (Kuzovkov, G. et al. 1988 en Rodríguez, R. et al. 1997). Este macizo se asocia a formaciones vulcanógeno- sedimentarias del grupo El Cobre, de edad Paleoceno, parte baja, Moreira, J., Torres- Zafra, J., et al., 1999.

Los cuerpos minerales presentan formas principalmente lentiformes, yacen de manera subhorizontal o inclinados, con buzamiento de 10°-50°, y se encuentran incluidos dentro del skarn calcáreo.

La mineralogía está fundamentalmente compuesta por magnetita y hematita; en menor proporción se aprecia una fase más tardía de sulfuros, representada por pirita y calcopirita, más raramente esfalerita, galena, marcasita, bornita, covelina y calcosina. Para el caso de Antoñica, se reporta la presencia de oro (Santa-Cruz Pacheco, M., 1984). La mineralización metálica se asocia a diversos silicatos (granates de la serie andralita – grosularia) y, en menor proporción, piroxenos, anfíboles cálcicos, epidota, vesubiana, wollastonita y calcita, Rodríguez, M. Santa-Cruz Pacheco, M. 1971; Moreira, J., Torres- Zafra, J.et al., 1999; Proenza, J., Melgarejo, J., 1998; Cazañas, X. et al., 2014.

1. Depósitos de Skarn de Hierro Magnético.

Ejemplo Concordia

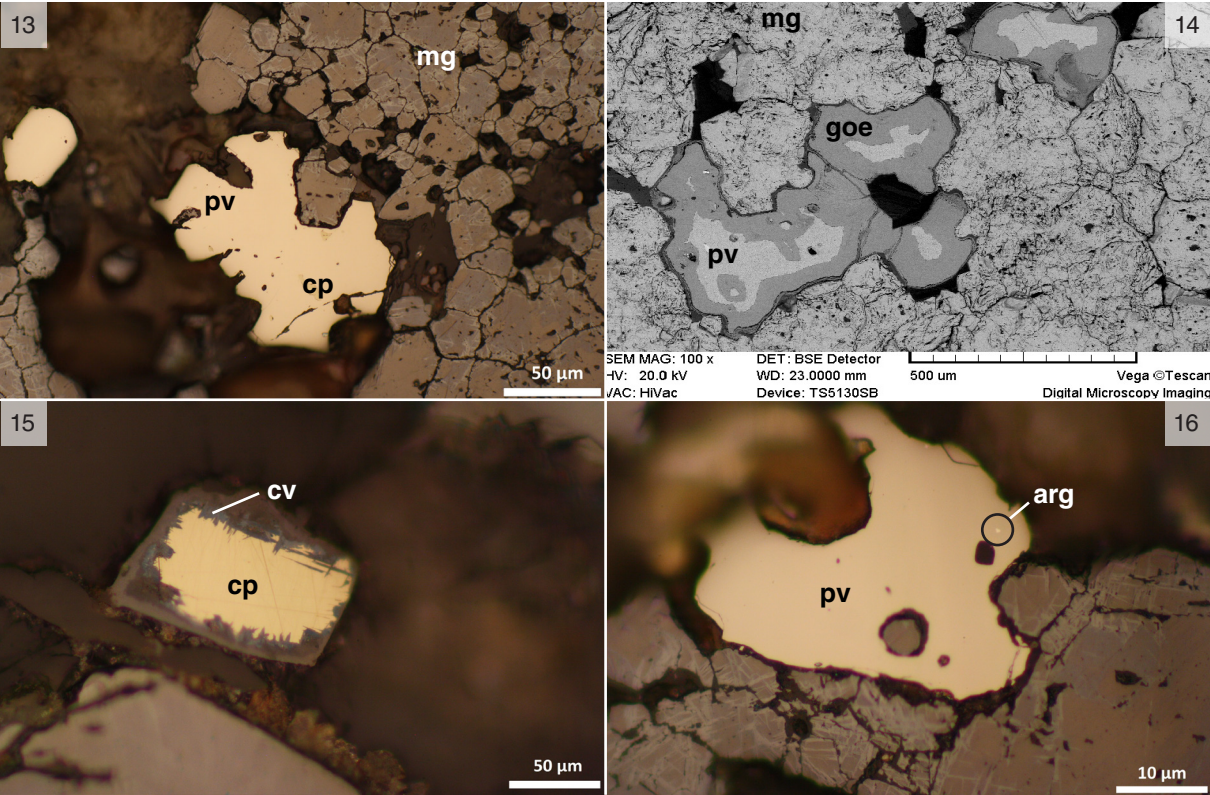
El depósito se ubica en el campo Hierro Santiago. Está situado a 19 km al este de la ciudad de igual nombre. (Anexo 1).

La zona mineral está constituida por cuerpos semejantes o lentes que afloran y yacen hasta una profundidad de 130 m, con espesores que

oscilan entre 6.17 m y 11.44 m, con longitudes entre 134 m y 300 m y anchos de 92 m., a 178 m (Cazañas, X. et al., 2014).

La mineralización se halla representada fundamentalmente por magnetita, con granos subhedrales y euhedrales y tamaños que varían entre 0.01 mm y hasta 1.72 mm. En ocasiones, alterada a hematita (procesos de martitización). Presenta grietas y oquedades con diseminaciones de pirita y calcopirita (Fotomicrografía 13), más raramente aparece la goethita, que sustituye a la pirita (Fotomicrografía 14). La calcopirita aparece como inclusión en pirita, o diseminada en grietas; en ocasiones sustituida por covelina (Fotomicrografía 15).

La argentita aparece como inclusiones submicroscópicas, en pirita (Fotomicrografía 16) Toledo, C, (2015). Santa-Cruz Pacheco et al., (1985) reportan la presencia de esfalerita y pirrotina incluida en pirita.



Fotomicrografía 13
Magnetita (mg) con diferentes grados de martitización, bordeada por pirita (py) entrecrecida con calcopirita (cp).

Fotomicrografía 15
Calcopirita (cp) sustituida por covelina (cv).

Fotomicrografía 14
Inclusión de pirita (py) sustituida por goethita (goe). Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 16
Inclusiones de argentita (arg) en pirita (py).

2. Depósitos de Skarn de Cu-Fe.

Ejemplo Antoñica

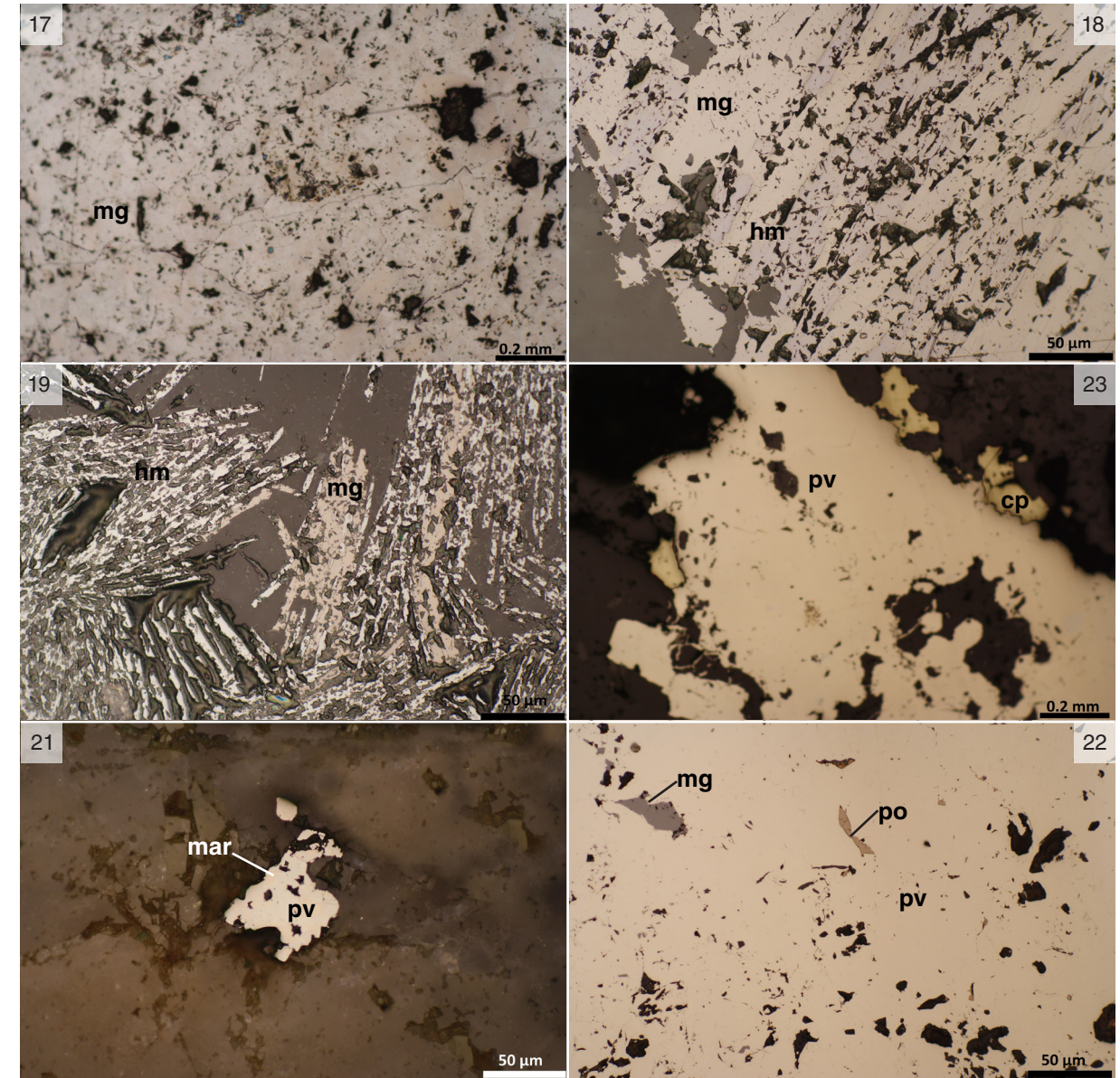
Este depósito forma parte del campo Hierro Santiago (parte Oriental de la Sierra Maestra). Se ubica en las rocas del grupo Cobre (andesita, basalto, tobas y areniscas tobáceas en contacto con plagiogranitos del complejo El Norte, intrusivo Daiquirí. Kusavkov et al., 1988, en Rodríguez, et al., 1997. (Anexo 1).

La zona mineral está conformada por 5 lentes principales incluidos dentro del skarn calcáreo. La longitud por el rumbo es de 15 m -800 m, y por el buzamiento 20 m -300 m, con espesores de 0.2 m – 20 m. Los cuerpos minerales yacen subhorizontales o incluidos, con buzamiento de 10° - 50°. En algunos casos, el skarn presenta cristales de granate bien formados, con tamaños de 1 cm -5 cm. Junto con la mineralización ferrosa aparece una significativa mineralización sulfurosa, más tardía. En ocasiones aparecen vetas de cuarzo con longitudes de hasta 30 m – 40 m y espesores que oscilan entre los 0.5 m hasta los 2 m, con buzamiento abrupto de 75° - 80° (Cazañas et al., 2014).

La mineralización está representada fundamentalmente por magnetita, hematita, pirita y calcopirita. De forma subordinada aparecen goethita, esfalerita, pirrotina, marcasita, bornita y oro. Para este último, Cazañas et al., (2014) reportan contenidos de hasta 2 g/T. Los calcosilicatos asociados están representados por granate, epidota, carbonatos, piroxeno, clorita y cuarzo. Sus texturas son: masiva, diseminada, de corrosión, relíctica y moteada.

La magnetita está representada por granos anhedrales con textura masiva (parte central del cuerpo) (Fotomicrografía 17) y transiciona a diseminada (mineralización propia de skarn). En ocasiones está reemplazada por hematita (Fotomicrografía 18). En la Fotomicrografía 19 se observa casi totalmente reemplazada por hematita especular. De forma diseminada y en pseudovetillas y/o agregados granulares aparecen la pirita y la calcopirita, que bordean a la magnetita o se incluyen en ella (Fotomicrografía 20). La marcasita raramente aparece sustituyendo a la pirita (Fotomicrografía 21). La pirrotina aparece como pequeñas inclusiones en pirita (Fotomicrografía 22).

Santa-Cruz Pacheco (1984) describe la escasa presencia de bornita, covelina, calcosina, esfalerita con calcopirita *disease* y calcopirita con emulsiones en estrella de esfalerita y oro.



Fotomicrografía 17

Magnetita (mg) masiva.

Fotomicrografía 19

Reemplazo avanzado de magnetita (mg) por hematita especular (hm).

Fotomicrografía 21

Sustitución de pirita (py) por marcasita (mar).

Fotomicrografía 18

Reemplazo parcial de magnetita (mg) por hematita (hm).

Fotomicrografía 20

Seudovetillas y agregados granulares de pirita (py) bordeada por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 22

Inclusiones de pirrotina (po) y magnetita (mg) en pirita (py).

IV. Depósitos Epitermales asociados a rocas volcánicas

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” (reducidos, con pH cercano a neutro) y los de “alta sulfuración”, (más oxidados y ácidos).

Aunque en Cuba se ha reportado la presencia de este tipo de mineralización en varios puntos relacionados con las rocas volcánicas del arco Insular del Cretácico Tardío (Cuba centro-oriental) y del arco paleogénico (Sierra Maestra), Lavandero et al., 1988; Bornikov, et al., 1988; López-Kramer et al., 1988; Simons, et al., 1999; Moreira, et al., 1999; Proenza, et al., 1999; Capote, et al., 2001, 2012; Santa-Cruz Pacheco, et al., 2003; la región más importante —por la cantidad de depósitos que contiene— es la provincia de Camagüey.

Los depósitos de baja sulfuración se caracterizan por vetas, *stockworks* y brechas con pirita, oro, plata, *electrum*, plata, con cantidades menores y variables de esfalerita, calcopirita, marcasita, pirrotina, galena; a veces con tetraedrita y telururos de oro, plata, plomo y bismuto. La mena normalmente exhibe texturas de relleno de espacios abiertos y está asociada a sistemas hidrotermales relacionados a volcanismo, o geotermiales. La mineralogía de la ganga (principal y subordinada) está formada por: cuarzo, calcita; adularia, sericita, barita, carbonatos de Ca-Mg-Mn-Fe y clorita. Ejemplo Jacinto.

Los depósitos de alta sulfuración se identifican por contener vetas, brechas con oquedades y reemplazos de sulfuros con variaciones, que van desde bolsones hasta lentes masivos, en secuencias volcánicas asociadas a sistemas hidrotermales someros, caracterizados por lixiviación ácida, alteración argílica avanzada y silícea. La mineralización principal está representada por: pirita, enargita, calcosina, covelina, bornita, oro y *electrum*, de forma subordinada aparecen: calcopirita, esfalerita, tetrahedrita/tenantita, galena, marcasita, arsenopirita, sulfosales de plata y telururos. Comúnmente están presentes dos tipos de menas: enargita-pirita masiva y/o cuarzo-alunita-oro.

La mineralogía de la ganga (principal y subordinada) la conforman: cuarzo caolinita/dickita, alunita, pirita, más raramente barita, sericita/illita. La alteración argílica avanzada es caracte-

rística y puede ser realmente extensa y visualmente prominente. El cuarzo se presenta como reemplazo de grano fino y, característicamente, como sílice residual en rocas con lixiviación ácida. Ejemplo, El Pilar.

1. Depósito aurífero de baja sulfuración.

Ejemplo Jacinto.

Se localiza a unos 30 km al NNE del pueblo de Guáimaro, por la carretera que va de Guáimaro a San Miguel de Bagá, en la Provincia de Camagüey (Anexo 1).

Se clasifica como un depósito de oro epitermal de tipo baja sulfuración, con adularia-sericita, desarrollado dentro de las rocas volcánicas y volcanoclásticas, pertenecientes a la formación Camujiro, del Cretácico Superior Cenomaniano-Turoniano. Los análisis $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ de adularia en las vetas Jacinto indican una edad sobre 72 Ma para la mineralización y las relaciones geológicas sugieren que el sistema de vetas está relacionado con los flujos y domos de riolitas pertenecientes a la Formación La Sierra, de aproximadamente esa misma edad, Cretácico Superior, Campaniano Inferior, Simon et al. 1999. Hasta el momento, se han identificado 10 vetas, cuyo desarrollo se delimitó tanto por el rumbo, como por el buzamiento, denominándose Beatriz, Elena, Sur de Elena, El Limón Nuevo, El Limón Viejo, Prolongación de Beatriz al NW, La Esperanza y la Trinchera – 33, (Piñero, E. et al., 1997, 2011).

Estas vetas consisten casi enteramente en cuarzo, con cantidades menores de adularia, calcita (comúnmente laminar), pirita y oro. El cuarzo forma al menos 20 zonas de crecimiento que pueden dividirse en cinco estadios principales y pueden estar correlacionadas de una veta a otra. Las acumulaciones de oro se encuentran verticalmente restringidas y son más continuas horizontalmente. La alteración de las rocas encajantes es limitada y consiste en poco feldespato potásico y sericita (Piñero, E. et al., 2011).

La mineralogía es simple. Consiste principalmente en pirita y *electrum*; en menor proporción, calcopirita, esfalerita, galena, magnetita y telururos de oro y plata (hessita, petzita, sylvanita). Estos últimos sólo observados en la veta La Ceiba y descritos como inclusiones dentro del cuarzo y la pirita (Simon et al., 1999). En muestras de las vetas El Limón y Beatriz se ha reportado la presencia de oro (De la Nuez, D.,

2010; Toledo, C., 2014). Como minerales de ganga se hallan cuarzo, calcita, adularia, y en menor proporción, yeso y epidota.

La magnetita forma granos aislados en la roca encajante como mineral accesorio. En ocasiones se observa sustituida, o como relicto en la pirita (Fotomicrografía 23). La pirita a su vez forma disseminaciones de granos euhedrales en los minerales de ganga, a veces presenta inclusiones de esfalerita con calcopirita *disease*, así como galena, que ocasionalmente la bordea. (Fotomicrografía 24). El oro aparece en granos submicroscópicos dispersos en cuarzo (Fotomicrografía 25). La calcopirita se observa en agregados allotriomórficos dispersos en los minerales de ganga y a su vez bordeando la esfalerita (Fotomicrografía 26). La galena aparece formando agregados alotriomorfos dispersos en los minerales de ganga, bordeando a la esfalerita o como inclusión en la pirita (Fotomicrografía 27). La goethita con textura colofórmica sustituye a la pirita (Fotomicrografía 28)

2. Depósito aurífero de alta sulfuración o de tipo alunita-caolinita.

Ejemplo: El Pilar

El sector de mineralización aurífera El Pilar se encuentra en la parte centro-oriental de la provincia Ciego de Ávila, 3 km al NE del poblado Gaspar. (Anexo 1) Se localiza dentro de los límites de la formación vulcanógena Caobillas (K2 Coniaciano? Santoniano al Campaniano) [Piñero, E. et al., (1997)] y representa la ocurrencia conocida más occidental de la mineralización epitermal aurífera de tipo sulfato ácido, detectada en el arco cretácico del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas.

En la Fm. Caobillas se determinaron flujos piroclásticos riolito-dacíticos y andesíticos, representados por tobos de granulometría desde muy fina hasta lapílica; en general, con componente vítreo, que se aprecian frecuentemente soldadas y en algunos intervalos como ignimbritoides. Participan también flujos de lavas con fragmentos (lavobrechas) de composición andesítica, así como lavas dacíticas (Díaz de Villalvilla, L., en Santa-Cruz Pacheco, M. et al., 2003).

La mineralización está controlada por fallas sincrónicas con el arco, tanto circulares como rectilíneas, estas últimas de direcciones NE, WNW y, probablemente, N-S. Los minerales de alteración más desarrollados en la zona son: cuarzo-se-

ricita-minerales arcillosos-hidromicas-goethita, atribuidos a la zona argílica intermedia. Sin embargo, la presencia de la asociación enargita-covelina-pirita-telururo sugiere una relación con la zona argílica avanzada con contenido de determinados minerales típicos, como la alunita. Sin embargo, no fue encontrada en este trabajo (Santa-Cruz Pacheco, M. et al., 2003), aunque aparece reportada por Lugo et al., 1988.

La mineralización metálica está constituida fundamentalmente por pirita; en menor proporción, calcopirita, y raramente calcosina, covelina, enargita, oro nativo, krennerita, aurocuprita y limonita (goethita, hematita) (Santa-Cruz Pacheco, M. et al., 2003). Toledo et al. (2014) reporta la presencia de raros granos submicroscópicos de *electrum*.

La pirita se presenta con granos hipidiomórficos, en ocasiones cataclastizada, y con pequeñas inclusiones de calcopirita o bordeada por ella. (Fotomicrografía 29).

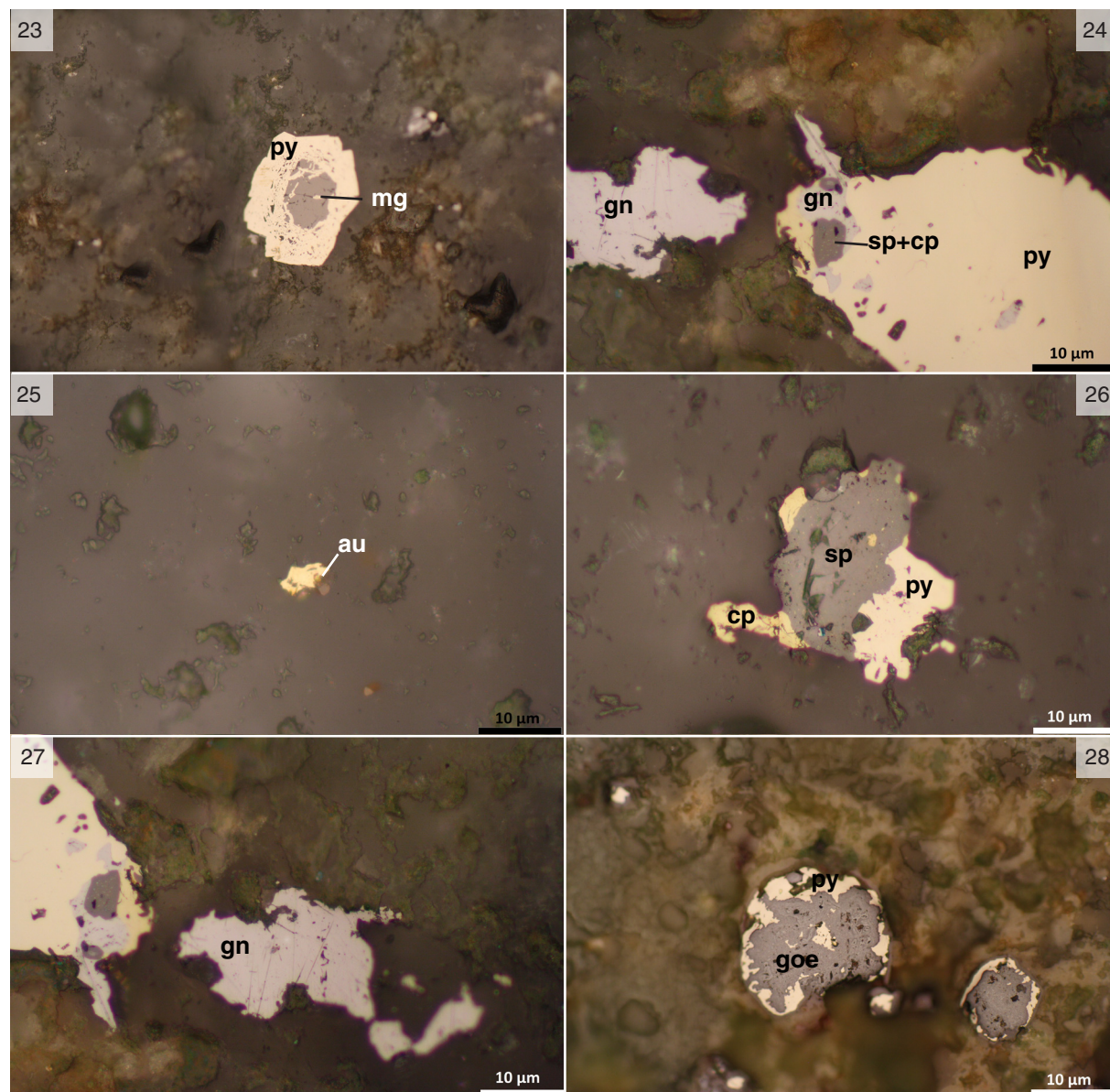
La forma más abundante de oro es la nativa. Se presenta en disseminaciones con tendencias alargadas y vetillas entrecrecidas con goethita y minerales de ganga. Las dimensiones son del orden de los 0.0n hasta 0.00n de mm. (Fotomicrografía 30).

En cuanto a la teluro bismutita, sus granos son irregulares con bordes angulosos. El tamaño es de 0.012 mm - 0.084 mm y se aprecia generalmente entrecrecida con los minerales de ganga. En un solo caso se incluye en calcopirita (Fotomicrografía 31).

La enargita, se desarrolla fundamentalmente en vetillas o en disseminaciones; en muchos casos aparece estrechamente entrecrecida con calcosina. Esta última forma una textura de reemplazamiento.

La digenita sustituye a la calcopirita (Fotomicrografía 32). La covelina, difundida en los minerales de ganga, se intercrece en ocasiones con la digenita o bordea a la pirita. (Fotomicrografía 33)

La goethita aparece en algunas ocasiones con textura colofórmica zonal concéntrica, otras veces rellena de grietas y fisuras en los minerales de ganga (Fotomicrografía 34).

**Fotomicrografía 23**

Relicto de magnetita (mg) en pirita (py).

Fotomicrografía 25

Oro (au) intercrecido en los minerales de ganga.

Fotomicrografía 27

Agregado alotriomórfico de galena (gn) intercrecido en los minerales de ganga.

Fotomicrografía 24

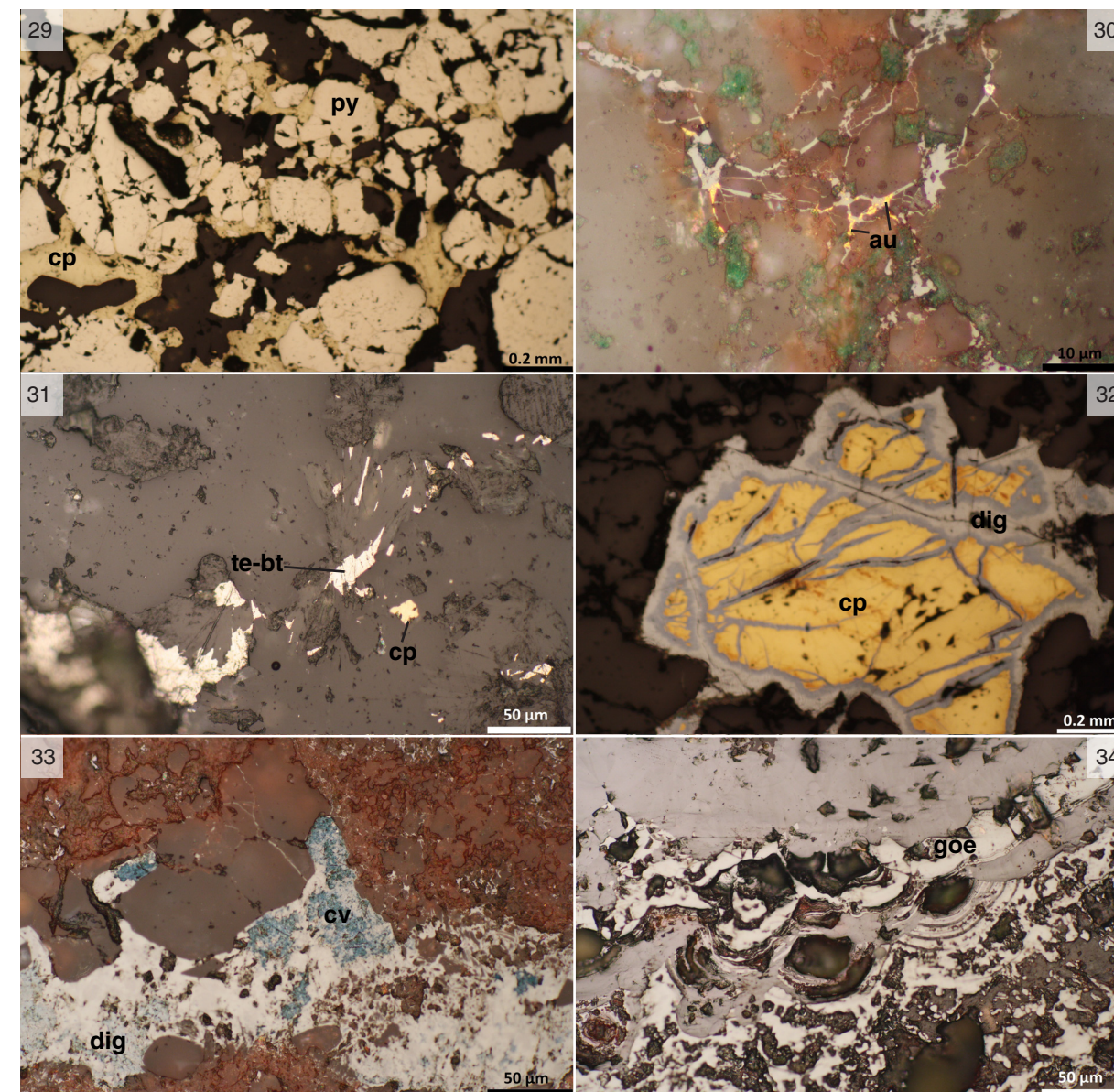
Pirita (py) con inclusiones de esfalerita con calcopirita disease (cp) y galena (gn) que la bordea.

Fotomicrografía 26

Calcopirita (cp) dispersa en los minerales de ganga, bordeando a la esfalerita (sp) intercrecida con la pirita (py).

Fotomicrografía 28

Goethita (goe) con textura coloforme, que sustituye a la pirita (py).

**Fotomicrografía 29**

Cristales hipidiomórficos de pirita (py) bordeado por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 31

Granos irregulares de telurio bismutita (te-bt) y calcopirita (cp) en minerales de ganga.

Fotomicrografía 33

Covelina (cv) en minerales de ganga.

Fotomicrografía 30

Vetillas de oro (au) con goethita (goe) incluidos en minerales de ganga.

Fotomicrografía 32

Digenita (dig) sustituyendo a la calcopirita (cp).

Fotomicrografía 34

Goethita (goe) con textura zonal concéntrica intercrecida con minerales de ganga.

V. Depósitos exhalativos y volcanogénicos

Según Gaspar, 1996 (en Salomón, 1976; Franklin et al., 1981; Lydon, 1984) los depósitos de sulfuros masivos de hierro y metales base se dividen en dos tipos:

- Los yacimientos estratoligados (*stratabound*), asociados a un encajante constituido por rocas sedimentarias estratificadas que, habiéndose podido formar eventualmente por mineralizaciones consideradas de origen exhalativo —sedimentario, son epigenéticos.
- Los que ocurren en rocas pertenecientes a un complejo vulcano-sedimentario, donde predominan las rocas volcánicas. Este segundo grupo generalmente es designado por la literatura científica de lengua inglesa por depósitos de sulfuros masivos vulcanogénicos (VMSD).

Si bien en términos generales se clasifican en esos dos grupos principales, existen varios tipos en la literatura, en dependencia del marco tectónico y de las rocas asociadas. En el caso de los ejemplos de Cuba, se observan:

- **Tipo Chipre:** asociados a basaltos toleíticos de conjuntos ofiolíticos (generación de corteza oceánica) formados en fondos oceánicos profundos con vulcanismo basáltico. Ejemplo: yacimiento Júcaro.
- **Tipo Besshi:** asociados a rocas sedimentarias con aporte terrígeno (grauvacas y turbiditas) asociadas con basaltos de interplacas. Formados en cuencas sedimentarias marinas profundas con vulcanismo básico. Ejemplo: Hierro Mantua, Unión I.
- **Tipo Kuroko:** asociados a vulcanismo bimodal con lavas toleíticas, con lavas y piroclastos calcoalcalinos, formados en cuencas marinas someras, con vulcanismo explosivo y formación de calderas en sectores tras-arco. Ejemplo: San Fernando.
- **Tipo Sedex:** asociados a rocas sedimentarias, como lutitas negras carbonosas, areniscas y rocas carbonatadas. Estos se asocian a fluidos expelidos desde cuencas sedimentarias, por celdas convectivas de aguas marinas, probablemente generadas por calor derivado de fuentes magnéticas subyacentes. Ejemplo: Santa Lucía, Castellanos y Matahambre.

La mineralización de estos depósitos es simple, en la que predominan pirita, pirrotina, con contenidos variables de calcopirita, esfalerita, galena, más raramente bornita, calcosina, arsenopirita, magnetita y tenantita-tetraedrita. La ganga es principalmente cuarzo, barita y —ocasionalmente— carbonato, clorita, y sericita.

Las texturas varían con el grado de cristalización. En las primarias predominan las bandeas, coloformes, con desarrollo de pirita framboi-dal; sin embargo, es frecuente la recristalización por la circulación de fluidos calientes y/o metamorfismo posterior.

En otro grupo de depósitos vulcanogénicos se incluye el modelo representado por los depósitos de manganeso. En Cazañas (2000) se detalla el estudio de las particularidades geológico – mineralógicas y metalogénicas para esta mineralización desarrollada en el arco del Paleógeno de la Sierra Maestra. Ejemplo: Región Cristo-Ponupo-Los Chivos.

1. VMS Máfico – ultramáfico (tipo Chipre).

Ejemplo: Júcaro

Se ubica en la parte occidental de Cuba en la región de Bahía Honda, asociado a los niveles volcanogeno-sedimentarios de las rocas ofiolíticas del norte de Cuba (Anexo 1).

La mineralización está relacionada con el complejo de basaltos, los cuales presentan una típica signatura geoquímica de tipo BABB (back arc basin basalt, por sus siglas en inglés) o basalto de cuenca de retroarco (Proenza et al., 1998).

Los cuerpos estratiformes y de *stockwork* están afectados por dislocaciones disyuntivas postminerales, constituidos principalmente por calcopirita, pirita y —en menor proporción— melnikovita, marcasita, esfalerita, galena, enargita, magnetita cubanita y pirrotina, como minerales hipogénicos. Los minerales supergénicos son: azurita, malaquita, covellina, bornita, calcosina, cuprita, cobre nativo y limonitas. Los procesos de alteración están representados por cuarficación y cloritización (Estrugo, M., 1995).

En general, las estructuras son: masiva, diseminada, vetítico – diseminada y brechosa.

La pirita ocurre con diversas morfologías, granulometrías y texturas, debido a su mayor o menor

grado de cristalización. En ocasiones aparecen relictos de framboides (Fotomicrografía 35), textura colofórmica y (Fotomicrografía 36), así como textura cataclástica (Fotomicrografía 36, 39) e intercrecida con marcasita (Fotomicrografía 37).

La calcopirita aparece en dos variedades: en la esfalerita, a manera de calcopirita *disease* (Fotomicrografía 38) y, en agregados, como alotriomórfica, diseminada en los minerales de ganga o de forma intersticial en la pirita (Fotomicrografía 39). La esfalerita ocurre en inclusiones o de forma intersticial en pirita (Fotomicrografía 38), diseminada en los minerales de ganga o entrecrecida con la calcopirita. La magnetita aparece en cristales alotriomórficos diseminados en los minerales de ganga y en ocasiones intercrecida con la pirita y la calcopirita (Fotomicrografía 40).

2. VMS. Sílico clástico-máfico (tipo Besshi)

a) Ejemplo Hierro Mantua

Se localiza a 4 km de la costa norte, en la parte NW de la provincia de Pinar del Río (Anexo 1). El depósito pirítico-cuprífero lenticular yace concordantemente en la secuencia carbonatado-terrágena (arenisca, calizas, pizarras) perteneciente a la formación Esperanza, del J3t-K1ne, dentro de las que aparecen diques y capas de porfiritas diabásas, microdiabasas, hialobasaltos y peridotitas serpentinizadas, alternadas hidrotermalmente. Las rocas buzcan hacia el NW, con ángulos entre 300o y 600o.

Se desarrollan dos sistemas de fallas: uno SW-NE que coincide con el rumbo general de las rocas, con buzamiento NW 3500-6000, considerado como sobrecorrimento. La mineralización se asocia a la zona de trituración desarrollada en la zona de falla.

El segundo sistema, transversal a la estructura geológica NW-SE, presenta un buzamiento abrupto, que corta y desplaza a toda la secuencia litológica y le proporciona aspecto de bloques. (Arce Blanco M. et al., 1996). Se compone de 5 cuerpos, al principal de ellos le corresponde el 95% de las reservas; tiene rumbo NE y buza 500-700 al NW con 50 m -130 m por el buzamiento.

Al igual que la mineralización del campo Unión – Juan Manuel existe una zonalidad vertical, (Muliakov, E., 1969; Lisitsin, A., 1971) aunque

se diferencia de aquella por la presencia de una mineralización polimetálica en sus flancos (Estrugo, M., 1995).

En Lisitsin A. et al. (1971) se reportan las especies minerales siguientes: a) minerales principales: pirita, calcopirita (Fotomicrografía 41) y minoritarios: marcasita, esfalerita, galenita (Fotomicrografía 42), bornita, galita, melnikovita, pirrotina, menas grises, garnierita, vallereita, wurtzita, calcosina, halloisita; b) minerales secundarios: digenita (Fotomicrografía 43), goethita, hematita y hidrohematita (Fotomicrografía 44), cuprita, tenorita, cobre nativo, crisocola, malaquita, azurita, smithsonita, cerusita, hinsdalita y siderita.

Se identifican las texturas de exsolución (Fotomicrografía 42), colofórmica festoneada (Fotomicrografía 44), porfiroblástica, (Fotomicrografía 41) y sustitución.

b) Ejemplo Unión I

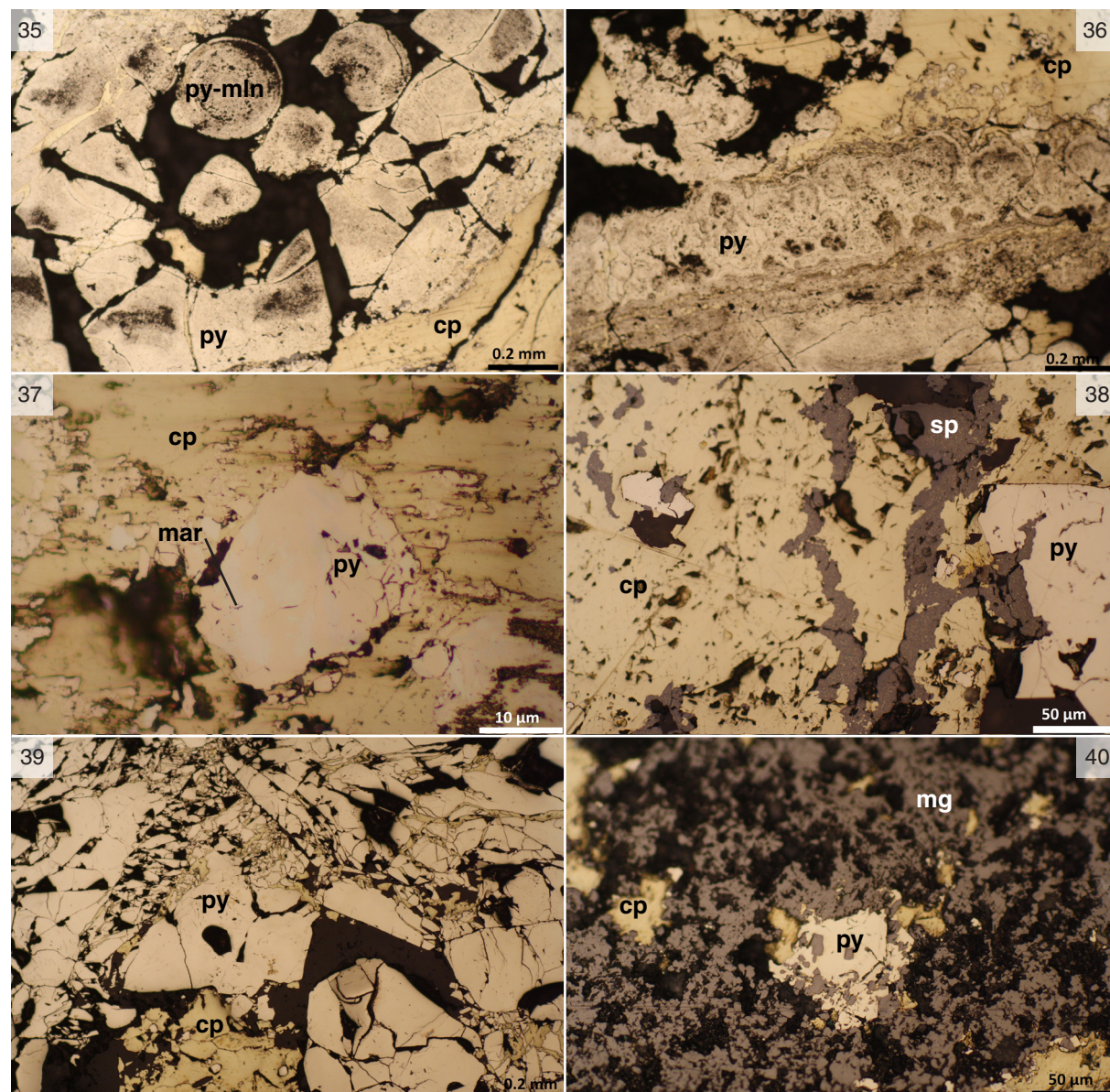
Se ubica en la parte más suroccidental de la provincia de Pinar del Río. Forma parte del campo mineral Unión-Juan Manuel (Anexo 1).

La mineralización en forma de lentes y capas se aloja en una secuencia terrígeno –terrágeno carbonatada, perteneciente a la formación Esperanza J2¹-K1^{ne}, representada por arenisca, limolitas arenosas arcillosas y algunos lentes de calizas con intercalaciones de pizarras negras en su parte inferior. Su parte superior presenta capas y lentes de gabro-diabasas, concordante con el medio encajante. Su rumbo es NE en sus partes central y occidental, producto de una flexura que buza al sur con un ángulo de 15°-30°, con tendencia a una yacencia casi horizontal. En el depósito se manifiestan fenómenos tectónicos postminerales, que incluyen fallas transversales y dislocan a los cuerpos minerales en bloques (García, C. et al., 1990, Torres - Zafra, J. et al., 2004).

Según Estrugo M., en Nanian et al., (1972) el depósito se caracteriza por presentar una zonalidad hacia los sectores más profundos, representada por los tipos de menas siguientes:

- Sulfurosa primaria (menas piríticas y cupropiríticas)
- Menas sulfurosas de enriquecimiento secundario
- Menas oxidadas

Las menas piríticas están esencialmente representadas por pirita y —más raramente— por

**Fotomicrografía 35**

Relictos de framboides de pirita –melnikovita (py-mln), con pirita (py) recrystalizada, sustituida por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 37

Intercrecimiento de pirita (py) con marcasita (mar) bordeada por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 39

Pirita (py) cataclastizada con calcopirita (cp) intersticial.

Fotomicrografía 36

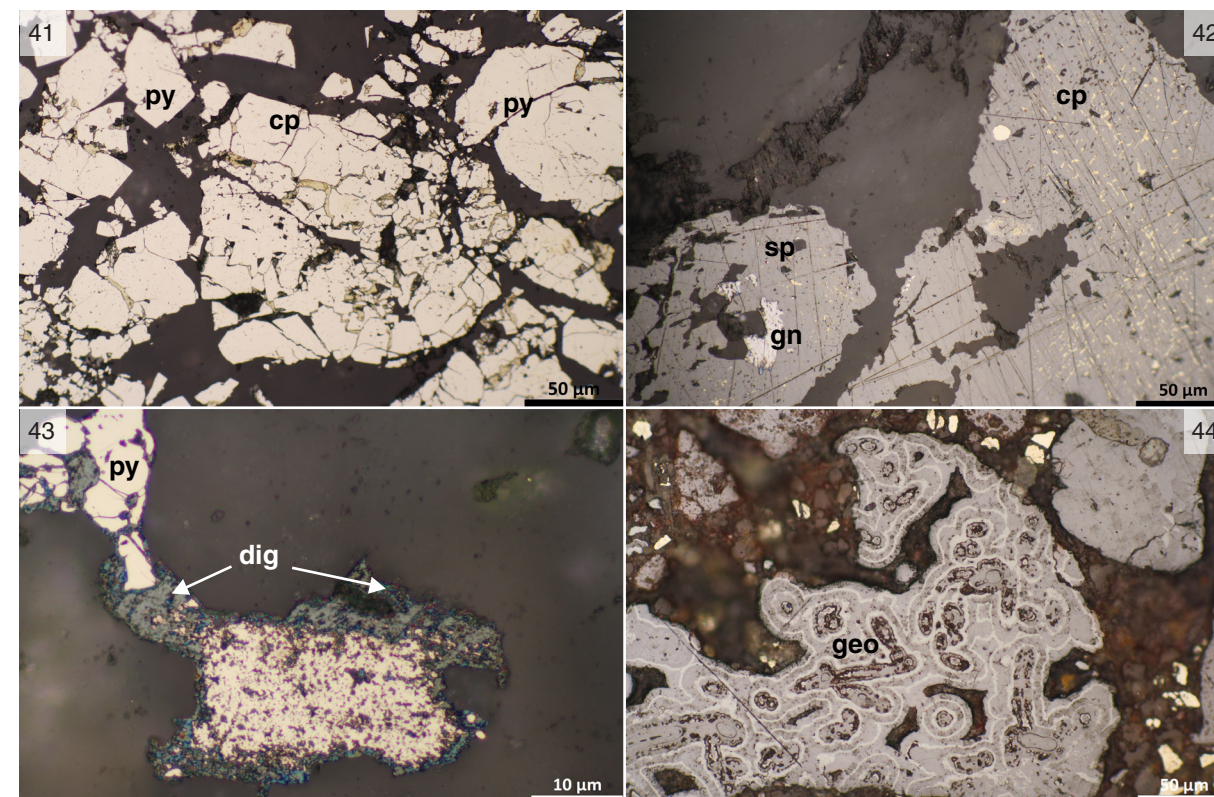
Pirita (py) colofórmica con textura concéntrica zonal finamente granular, parcialmente recrystalizada con calcopirita (cp) intersticial.

Fotomicrografía 38

Esfalerita (sp) con calcopirita *disease* (cp) entrecrecida con agregados allotriomórficos de calcopirita tardía bordeando a pirita (py).

Fotomicrografía 40

Cristales allotriomórficos de magnetita (mg) bordeando a la pirita (py) y la calcopirita (cp).

**Fotomicrografía 41**

Porfiroblastos de pirita (py) fracturados, con calcopirita (cp) relleno de sus espacios, en ocasiones incluida.

Fotomicrografía 43

Digenita (dig) bordeando a pirita (py).

calcopirita, pirrotina, valleriíta? y enargita? Las menas cupropiríticas forman concentraciones aisladas que se relacionan con las menas piriticas y están constituidas fundamentalmente por pirita y calcopirita, aunque más raramente por esfalerita, linneita, cubanita, magnetita, enargita, valleriíta, marcasita, melnicovita y wurtzita. Además, se reportan idaita y cobres grises, por T. V. Tvolchrelidze, así como hematita y cobre nativo, por G. Rumiantsev, en Estrugo, M., (1995).

Las menas sulfurosas, de enriquecimiento secundario, se sitúan por debajo de la zona de oxidación, a una profundidad de 100 m. Están fundamentalmente formadas por calcosina y covelina, y más raramente cuprita, Cu nativo, y relictos de minerales primarios. Las menas oxidadas forman parte de los cuerpos que afloran y se caracterizan principalmente por la presencia de goethita, limonita y minerales relictos de las mineralizaciones antes descritas, acompañadas por minerales de ganga como cuarzo, clorita y minerales arcillosos.

Fotomicrografía 42

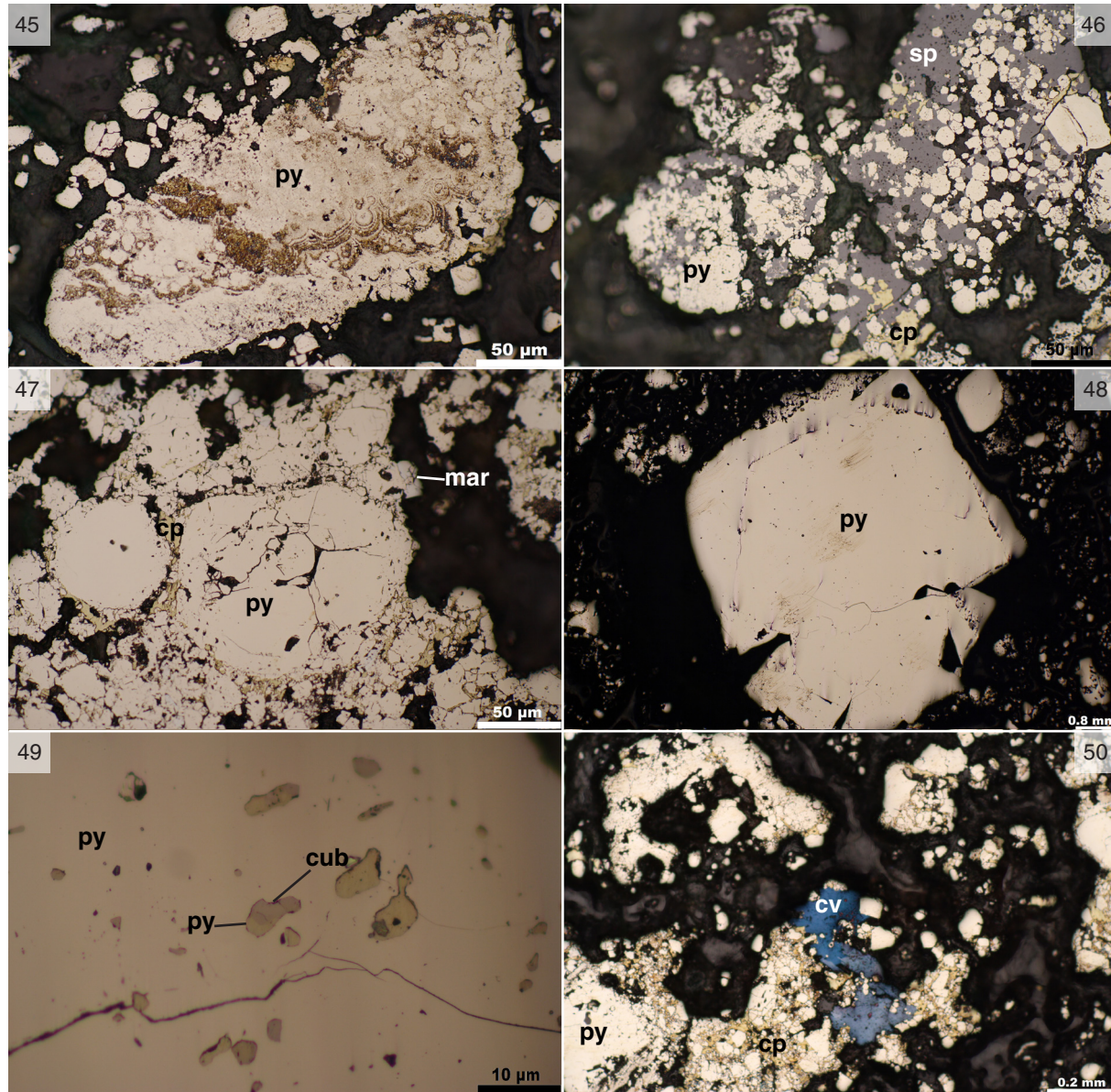
Esfalerita (sp) con calcopirita *disease* (cp) y con inclusiones de galena (gn).

Fotomicrografía 44

Zona de oxidación, pirita alterada a hidróxidos de hierro (geo).

Las estructuras presentes son: masiva, diseminada, vetítica y brechosa.

La mineralización se encuentra formada esencialmente por pirita, debido a su mayor o menor grado de recrystalización, y presenta diversas morfologías, granulometrías y variedades de texturas, de las que se ofrecen ejemplos: coloforme (Fotomicrografía 45), globular (framboidal) (Fotomicrografía 46), punto triple (Fotomicrografía 47), zonal (Fotomicrografía 48), recrystalización (Fotomicrografía 47). Existe una serie de minerales metalíferos depositados en cantidades menores, por ejemplo: calcopirita (Fotomicrografías 49, 50, 51, 52 y 54), esfalerita (Fotomicrografía 46), cubanita (Fotomicrografía 49), marcasita (Fotomicrografía 47), covelina (Fotomicrografía 50, 52), calcosina (Fotomicrografía 52), magnetita (53, 54 y 55), cuprita (Fotomicrografía 53), hematita (Fotomicrografía 55).

**Fotomicrografía 45**

Pirita colofórmica (py) con textura en cáscara de cebolla finamente granular, parcialmente recrystalizada

Fotomicrografía 47

Pirita (py) con textura de punto triple, entrecrecida con marcasita (mar) y calcopirita intersticial (cp).

Fotomicrografía 49

Inclusión en pirita (py) de cubanita (cub), entrecrecida con calcopirita (cp).

Fotomicrografía 46

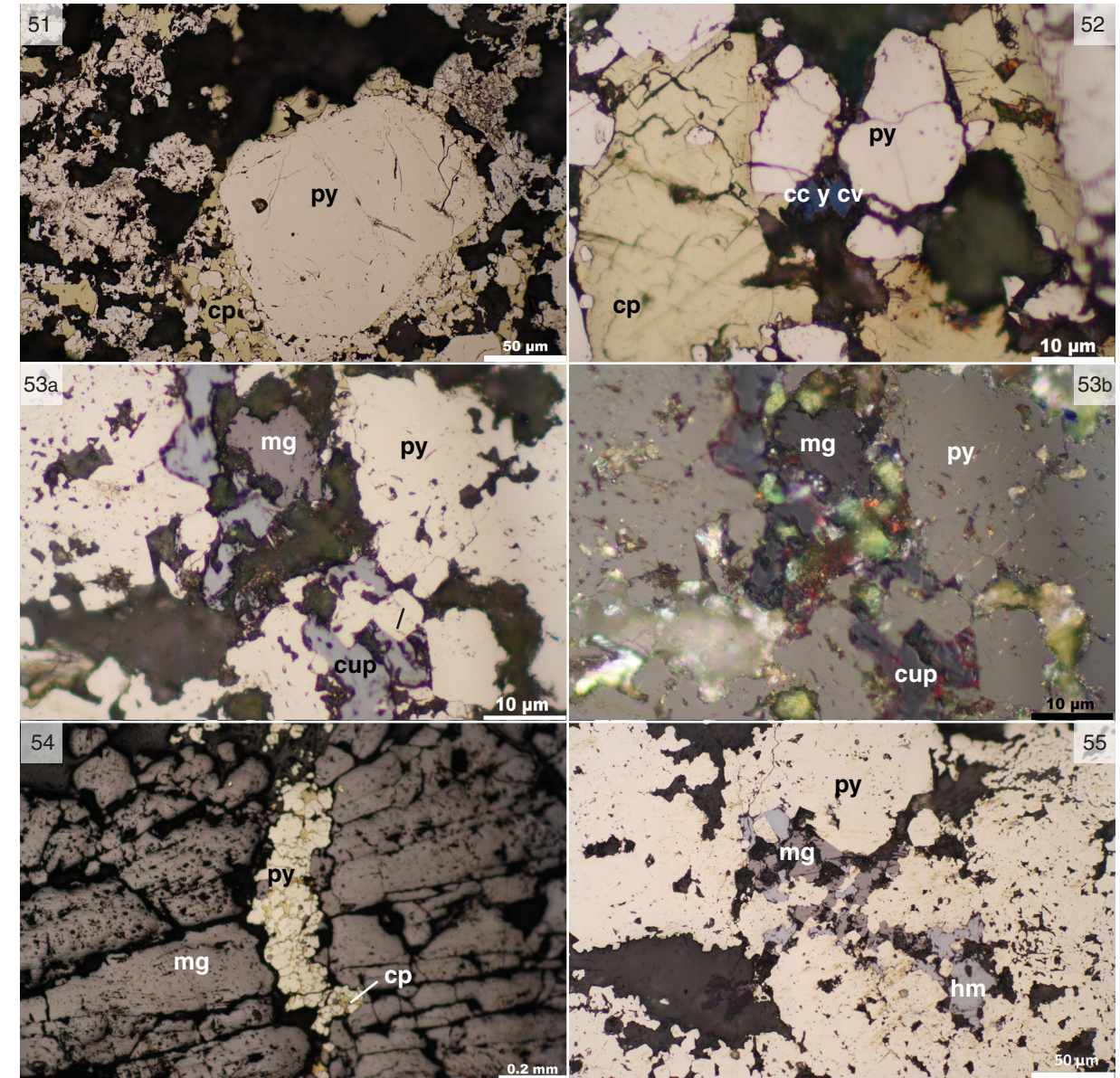
Relictos de framboides y pirita (py) recrystalizada bordeada por esfalerita (sp) y calcopirita (cp).

Fotomicrografía 48

Crecimiento zonal de la pirita (py).

Fotomicrografía 50

Pirita (py) euhédrica y subhédrica con covelina (cv) y calcopirita intersticial (cp).

**Fotomicrografía 51**

Pirita (py) con textura de reborde y sustituida por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 53a y 53b

Pirita (py) recrystalizada y colofórmica con cuprita (cup), magnetita (mg) y calcopirita intersticial (cp), a nicols // y b nicols X (nótese los reflejos internos rojo sangre en la cuprita).

Fotomicrografía 54

Magnetita (mg) con pirita (py) y calcopirita (cp) en vetillas.

Fotomicrografía 52

Sustitución de calcosina (cc) por covelina (cv) con minerales de ganga con pirita (py) y calcopirita (cp).

Fotomicrografía 55

Hematita (hm) entrecrecida con magnetita (mg), cementando a la pirita (py).

3. VMS Félsico (Tipo Kuroko).

Ejemplo: San Fernando

Se ubica a unos 30 km al este de la ciudad Cienfuegos. (Anexo 1).

Esta mineralización está asociada a la formación litoestratigráfica Los Pasos, referida al Cretácico Inferior (Neocomiano) en consideración a sus relaciones estratigráficas en el corte (Díaz de Villalvilla et al., 1986, 1997). La mineralización se relaciona con facies piroclásticas y subvolcánica, de composición ácido-media, producida durante el vulcanismo bimodal en condiciones fundamentalmente submarinas, localmente subaéreas. Petrográficamente, sus rocas está representadas por tobas lapílicas de composición basáltica y andesito-basáltica, interestratificadas, coladas de basalto, riolitas y dacitas, así como por tobas brechas de composición predominantemente ácidas (alteradas a cuarzo-sericita-clorita) y pórfidos andesito-dacíticos. Esta secuencia se encuentra cortada por diques de basaltos (Díaz de Villalvilla, L. et al. 1986, 1997).

La mineralización principal es lentiforme, compuesta básicamente por sulfuros. La mayor parte de ellos son de hierro (en forma de pirita hasta un 80%), asociado a cantidades variables de sulfuros de metales base: esfalerita, calcopirita, más raramente galena, tetraedrita, tenantita, bornita, marcasita y arsenopirita (Santa-Cruz Pacheco, M. et al., 1998, 2001; De la Nuez, D., 2010). Toledo, C. (2014) reporta la presencia de oro, *electrum*, argentita, hessita y bornita.

A estas acumulaciones les infrayace una mineralización epigenética de vetillas y disseminaciones, fundamentalmente, de calcopirita, a la que se le denomina zona de *stringer*.

Se desarrollan las texturas euhedral (pirita) hasta anhedral (calcopirita); en algunos casos, agregados coloformes de pirita-melnicovita y calcopirita, con textura *disease*.

La pirita presenta diversas morfologías y texturas debido a su mayor o menor grado de cristalización. Se observan formas euhédricas, en ocasiones porfiroblastos (idiomórficos, cuadráticos, tabulares y textura coloforme) (Fotomicrografías 56 y 57).

La esfalerita (marmatita) bordea a la pirita, se intercrece con la tetraedrita y la calcopirita II o

aparece disseminada en los minerales de ganga. En ocasiones presenta inclusiones de calcopirita, conocida como calcopirita *disease* (Fotomicrografía 58).

La pirrotina se observa en granos individuales, en los minerales de ganga o como producto intermedio, intercrecido con calcopirita y esfalerita (Fotomicrografía 59). La arsenopirita forma cristales rómbicos y euhédricos, bordeado por esfalerita y calcopirita (Fotomicrografía 60). La galena aparece en cristales anhedrales dispersos en la ganga. (Fotomicrografía 61).

La tetraedrita se intercrece con calcopirita y esfalerita; en ocasiones aparece incluida en esta última. Sus granos anhedrales también están presentes en los minerales de ganga. (Fotomicrografía 62).

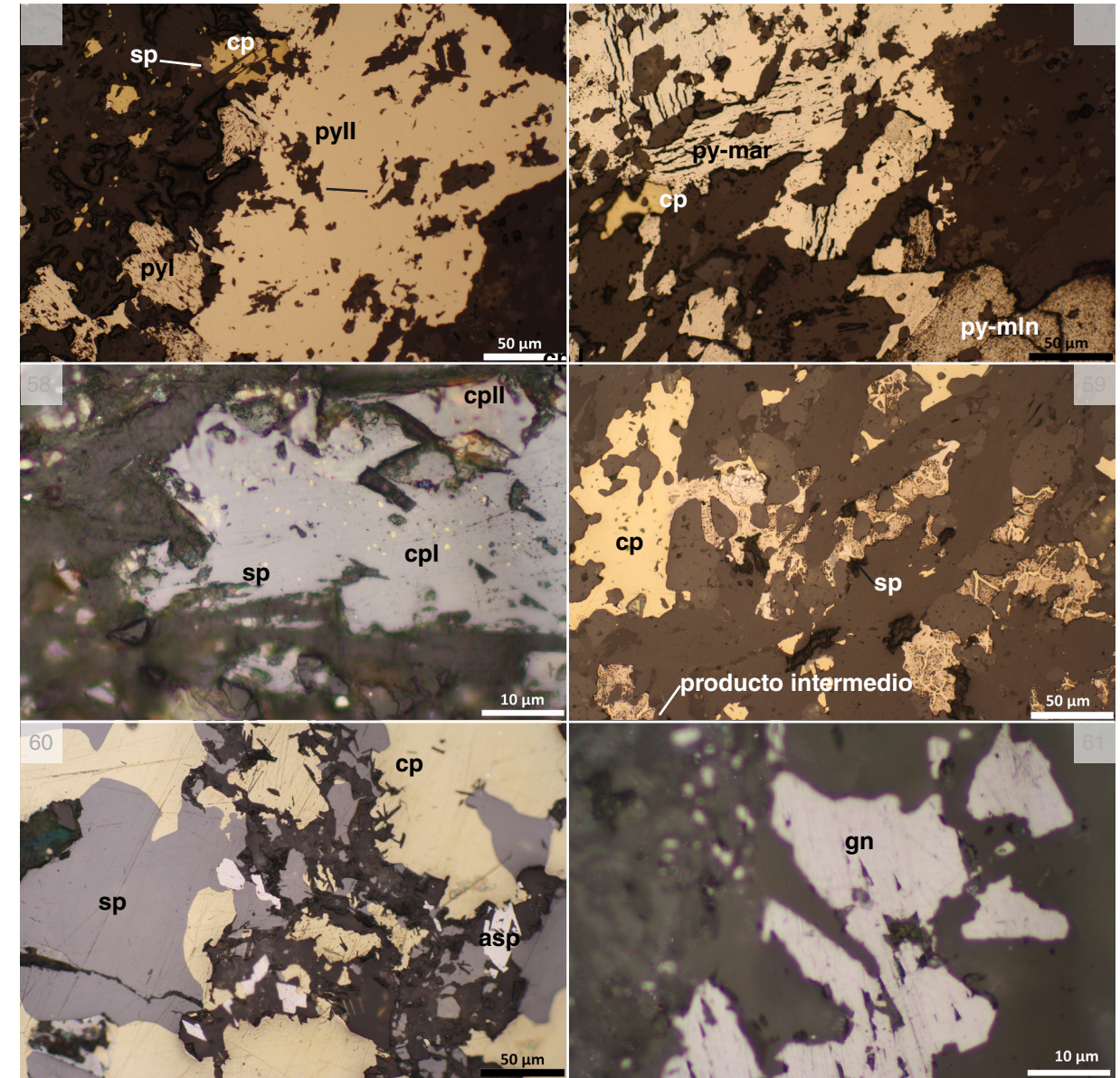
La tenantita aparece más raramente. Se observa intercrecida con *electrum* y pirita. (Fotomicrografía 63).

La bornita aparece como inclusiones en pirita, en agregados que la bordea y como inclusiones submicroscópicas en calcopirita. (Fotomicrografía 64).

La hessita aparece como finas inclusiones en calcopirita, pirita (Fotomicrografía 65).

El oro, el *electrum*, argentita (Fotomicrografía 66) aparecen en partículas submicroscópicas, incluidos en pirita y calcopirita.

La covelina sustituye a la pirita, la esfalerita, y la bornita. (Fotomicrografía 67).



Fotomicrografía 56

Intercrecimiento de pirita coloforme (pyl) y pirita recristalizada (pyll) sustituida en parte por esfalerita (sp) y calcopirita (cp).

Fotomicrografía 58

Agregados anhedrales de esfalerita (sp) con inclusiones de calcopirita *disease* (cpl) intercrecida con calcopirita (ll) y pirita (py).

Fotomicrografía 60

Cristales euhédricos de arsenopirita (asp) bordeado por esfalerita (sp) y calcopirita (cp).

Fotomicrografía 57

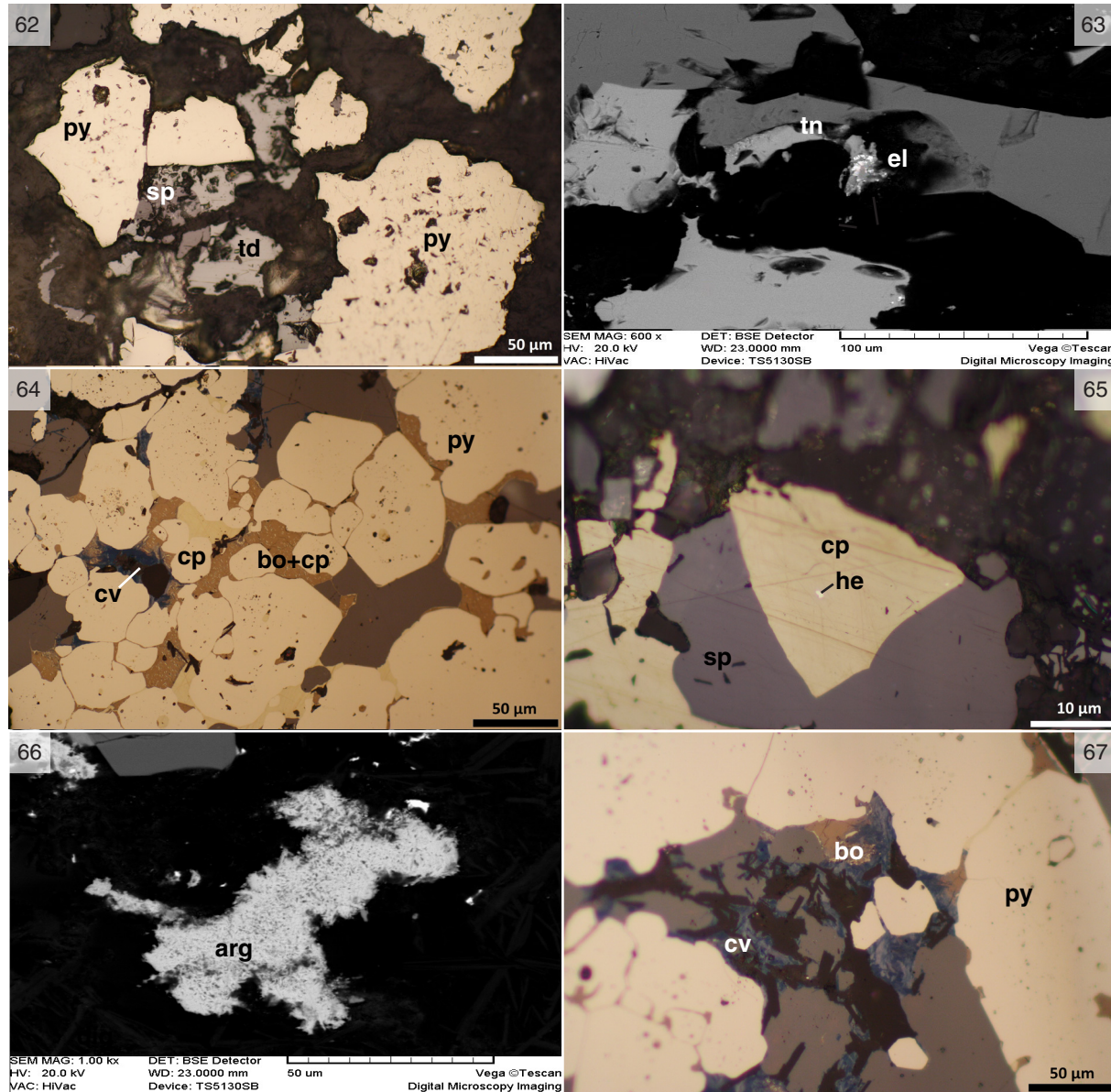
Intercrecimiento de pirita-melnicovita (py-mln), pirita-marcasita (py-mar) y calcopirita (cp) bordeando con minerales de ganga.

Fotomicrografía 59

Producto intermedio de pirrotina (po) entrecrecida con calcopirita (cp) y esfalerita (sp).

Fotomicrografía 61

Cristales anhedrales de galena (gn) disperso en la ganga.



Fotomicrografía 62

Tetraedrita (td) intercrecida con esfalerita y bordeada por pirita (py).

Fotomicrografía 64

Bornita (bo) con lamelas de calcopirita (cp)

Fotomicrografía 66

Argentita (arg) intercrecida con los minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 63

Electrum (el) intercrecido con tenantita (tn). Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 65

Hessita (he) intercrecida con calcopirita (cp) y pirita (py).

Fotomicrografía 67

Pirita (py), esfalerita (sp), y bornita (bo) sustituida parcialmente por covelina (cv).

4. VMS tipo Sedex

a) Zn-Pb (\pm Cu, Ba). Ejemplo Santa Lucía-Castellanos

El campo Santa Lucía – Castellanos, situado en la costa norte de la provincia de Pinar del Río (Anexo 1), está asociado a la zona metalogénica Guaniguanico (Mormil et al., 1980). También coincide con la zona tectono-estratigráfica de igual nombre (García D. et al., 2003) y por la parte denominada en la literatura “terreno Guaniguanico”, de edad Jurásico Inferior-Medio al Oxfordiano Tardío (Iturralde 1996), en Proenza J. et al., 1998; Torres Zafra et al., 2004.

La mineralización principal lentiforme y exhalativo-sedimentaria de metales base (Zn, Pb, Ba) —y con *stockwork* de cobre— para Castellanos, yace concordantemente con la secuencia encajante representada por pizarras negras, areniscas (cuarzosas y polimícticas), así como limolitas con lentes e intercalaciones de calizas y dolomitas, pertenecientes al miembro Castellanos J2cll-J3ox (j4-j5/2), parte superior de la Fm San Cayetano (Astajov, K., 1981, en Dora et al., 2003), modificadas por un metamorfismo de bajo grado que se manifiesta mediante las dislocaciones y plegamientos que se observan.

La mineralogía en ambos depósitos se encuentra básicamente formada por pirita. En cantidades variables, le siguen los sulfuros de metales base, esfalerita y galena, con melnikovita, marcasita, hematita, bornita, magnetita, calcopirita y pirrotina, como minoritarios. (Las dos últimas solo para Castellanos).

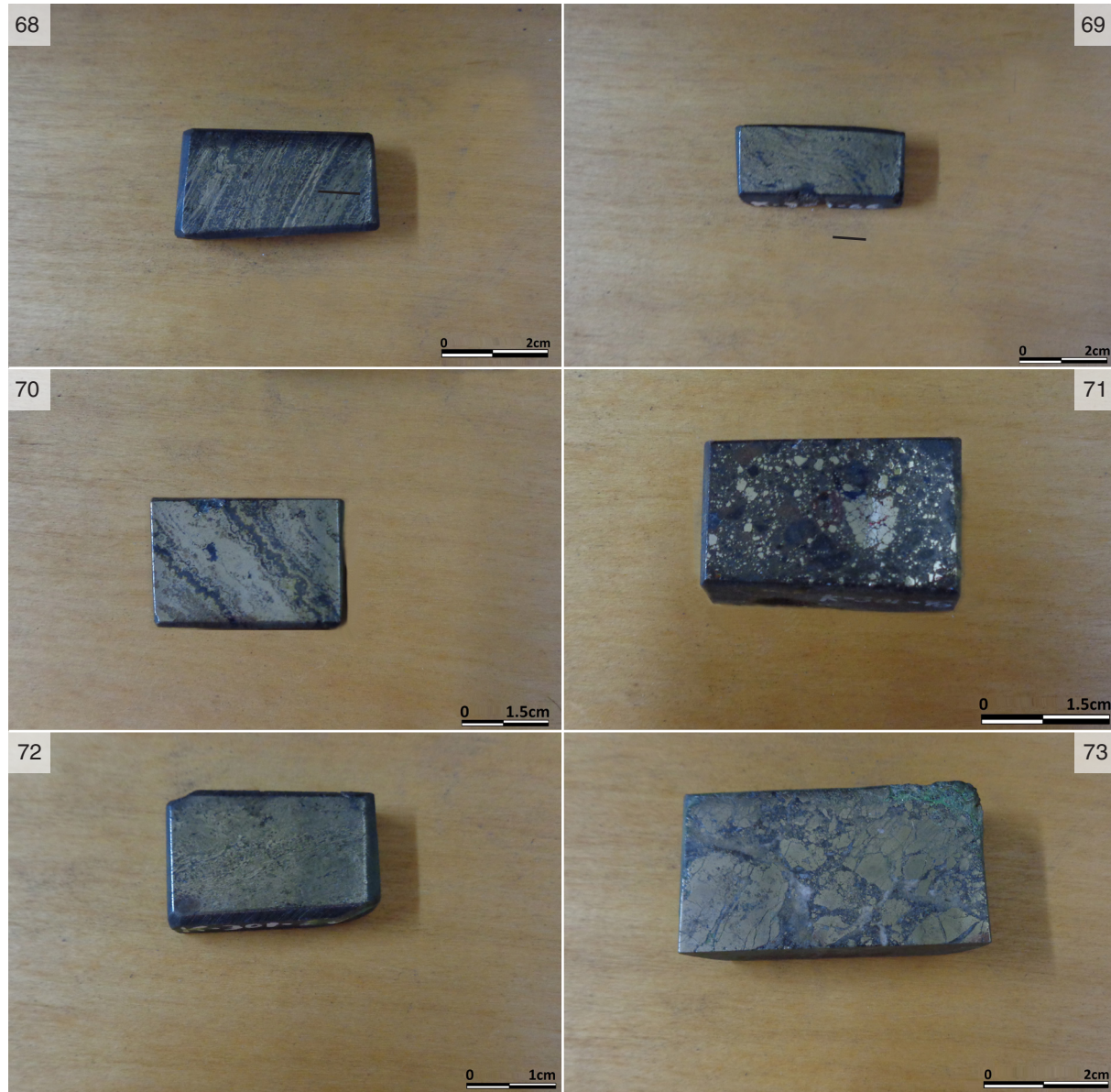
Raramente difundidos, se describen para Santa Lucía: arsenogalenita, graytonita, wurtzita, bornita, pirrotina, calcopirita y stemberguita. A Castellanos le corresponden: tetraedrita, hematita, reinierita, oro, plata y arsenopirita; así como goethita, calcosina, cerusita, plumbosita y plumbojarosita, como minerales secundarios. (Estrugo, M., 1971, 1976, 1977, 1995; Rumiansev, G., 1971; Yurpalov, O., 1972; Whitehead, J. et al., 1996; De la Nuez, D., 2012; Toledo, C., 2014).

Las estructuras identificadas son: bandeada recta (Fotomicrografía 68), bandeada plegada (Fotomicrografía 69), colofórmica festoneada (Fotomicrografía 70), diseminada (Fotomicrografía 71), masiva (Fotomicrografía 72), brecha (Fotomicrografía 73). Estas dos últimas son más características para Castellanos, lo que indica un

grado de maduración más acentuado, debido a la recrystalización más intensa en este depósito.

La pirita es el mineral más abundante, que se presenta con diferentes morfologías y texturas. De carácter primario, aparece la pirita framboidal o globular, que en ocasiones cohabita con pirita más recrystalizada, en forma de granos isométricos, más tardía, como resultado de las condiciones diagenéticas (Fotomicrografía 74). Su crecimiento es zonado (Fotomicrografía 75), se aprecian porfiroblastos muy fracturados, proceso ligado a movimientos tectónicos posteriores y fenómenos del metamorfismo (Fotomicrografía 76). Entrecrecida con la pirita aparece la melnikovita (Fotomicrografías 77 y 90). La esfalerita forma agregados alotriomórficos, que en ocasiones incorpora relictos de pirita (Fotomicrografía 78) o inclusiones de galena (Fotomicrografía 79). En otros casos presenta exsoluciones de pirrotina (Fotomicrografía 80), o de calcopirita (Fotomicrografía 81). Generalmente, relacionada con la pirita colofórmica aparece esfalerita sin exsoluciones (Fotomicrografía 82). La galena forma finos entrecrecimientos con esfalerita, que puede llegar a formar bandas alternantes con pirita colofórmica (Fotomicrografía 83), o aparecer de forma intersticial, con pirita y esfalerita (Fotomicrografía 84), o incluida en la esfalerita, entrecrecida con stemberguita (Fotomicrografía 85 y 89). La marcasita forma agregados alotriomórficos. Se desarrolla por los bordes o por el interior de los granos de pirita (Fotomicrografía 77). La pirrotina forma a veces exsoluciones en esfalerita (Fotomicrografía 80) y/o aisladas inclusiones pequeñas en pirita (Fotomicrografía 86). La arsenopirita forma cristales euhédricos entrecrecidos con los minerales de ganga (Fotomicrografía 87). La calcopirita aparece en la esfalerita como granos submicroscópicos a manera de calcopirita *disease* (Fotomicrografía 81), bordeando a la pirita (Fotomicrografía 90) y más raramente incluida en pirita entrecrecida con bornita (Fotomicrografía 88). La argentopirita y la tenantita aparecen como raras inclusiones submicroscópicas estrechamente entrecrecidas, e incluidas en algunos casos, en esfalerita (Fotomicrografía 89).

El oro se aprecia entrecrecido con esfalerita, pirita (Estrugo, M., 1977), y también con limonita (Fotomicrografía 91; Toledo, C., 2014).

**Fotomicrografía 68**

Estructura bandeada recta con bandas alternantes de pirita colofórmica y pirita más recristalizada, esfalerita y galena.

Fotomicrografía 70

Estructura colofórmica festoneada de pirita finamente granular, particularmente recristalizada.

Fotomicrografía 72

Estructura masiva de pirita.

Fotomicrografía 69

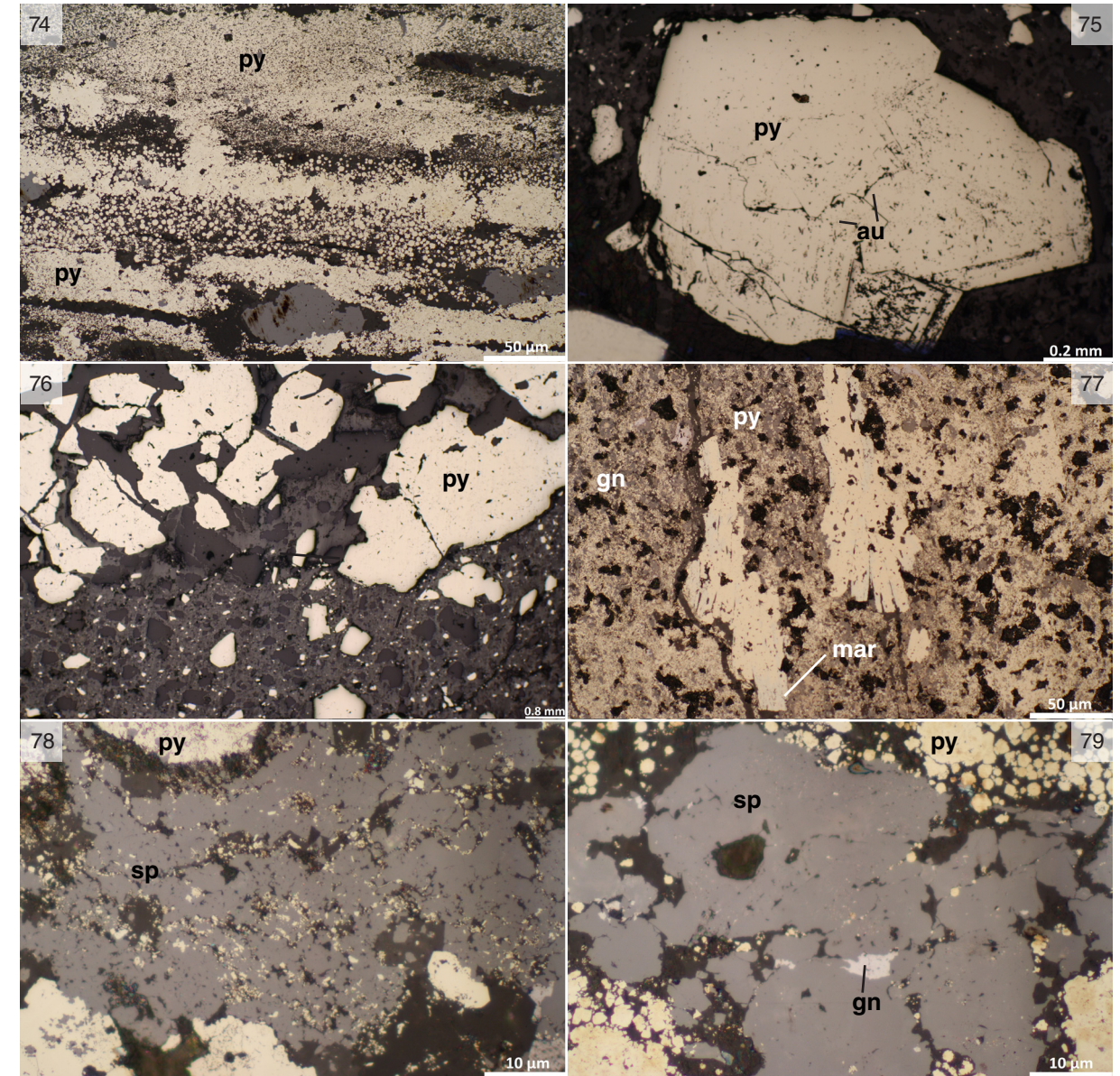
Estructura bandeada plegada de pirita con huellas de deformación.

Fotomicrografía 71

Estructura diseminada. Porfiroblastos de pirita muy cataclastizados en una matriz de cristales euhédricos de pirita.

Fotomicrografía 73

Estructura de brecha.

**Fotomicrografía 74**

Pirita (py) framboidal cohabitando con pirita más recristalizada

Fotomicrografía 76

Porfiroblastos de pirita (py) fracturados, relacionados a movimientos tectónicos y fenómenos del metamorfismo posterior.

Fotomicrografía 78

Esfalerita (sp) con finas inclusiones de pirita (py) y a su vez bordeada por ésta y minerales de ganga de color negro.

Fotomicrografía 75

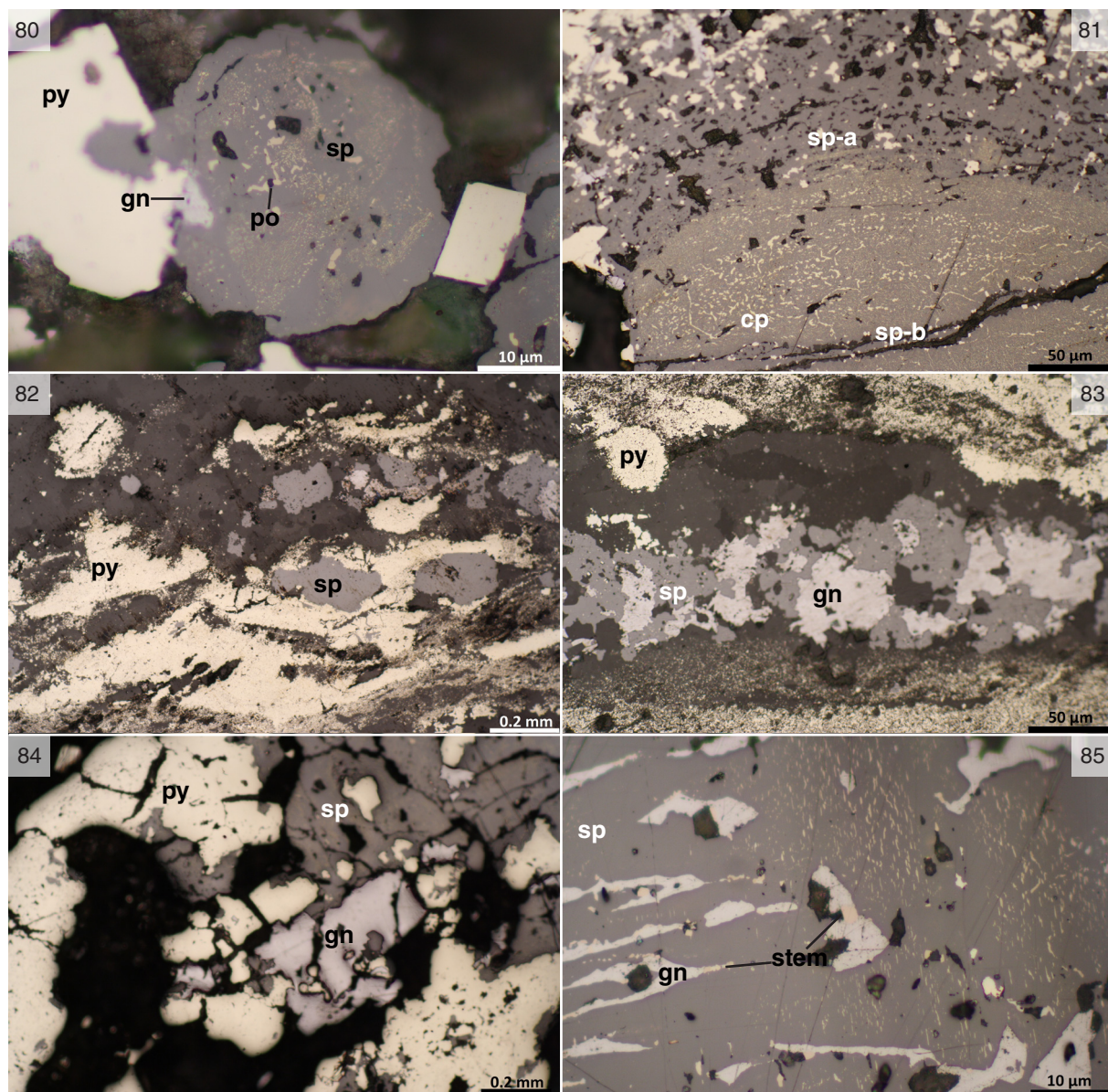
Porfiroblasto de pirita (py) con crecimiento zonado.

Fotomicrografía 77

Pirita (py) recristalizada fuertemente entrecrecida con marcasita, bordeada por pirita colofórmica muy fina, melnikovita, galena (gn) y minerales de ganga.

Fotomicrografía 79

Esfalerita (sp) con inclusiones de galena (gn) y framboides de pirita (py) bordeada por pirita más recristalizada, pirita framboidal y minerales de ganga.

**Fotomicrografía 80**

Esfalerita (sp) con exsoluciones submicroscópicas de pirrotina (po) bordeada por pirita(py), galena(gn), y minerales de ganga (negro)

Fotomicrografía 82

Agregados de esfalerita (sf) bordeado por pirita colofónica (py) y por minerales de ganga (negro)

Fotomicrografía 84

Galena intersticial (gn) entre pirita (py) y esfalerita (sf)

Fotomicrografía 81

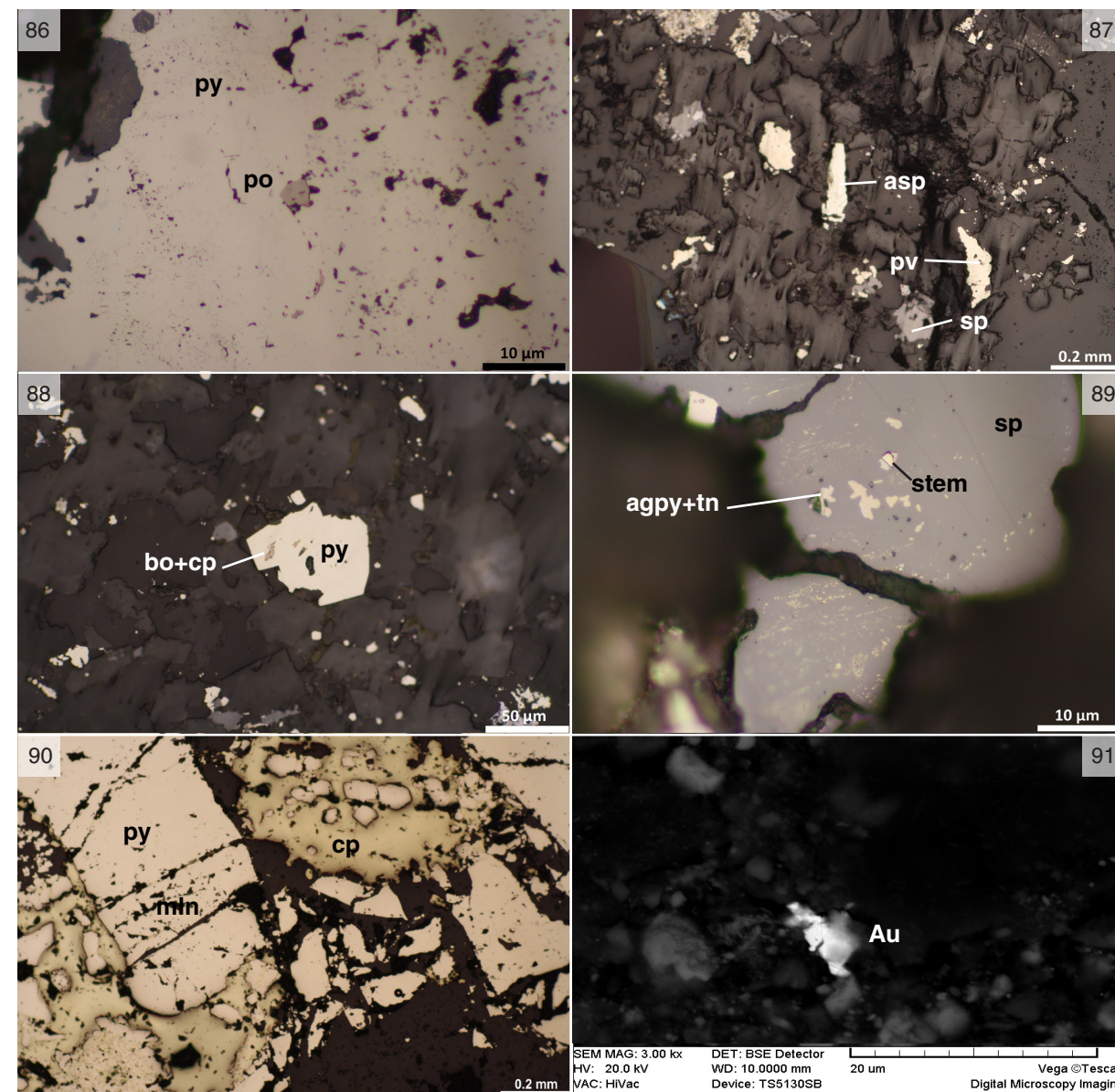
Esfalerita de coloración más oscura (sf -a) asociada a la pirita colofónica (py), en contacto con esfalerita de coloración más clara (sp-b) con calcopirita diseada (cp)

Fotomicrografía 83

Galena (gn) entrecrecida con esfalerita (sp) en formas de bandas, alternando con pirita colofónica (py)

Fotomicrografía 85

Galena (gn) entrecrecida con stemberguita (stem) incluida en esfalerita (sp)

**Fotomicrografía 86**

Inclusiones finas de pirrotina (po) en pirita (py) y minerales de ganga (negro).

Fotomicrografía 88

Entrecrecimiento de bornita (bo) con calcopirita (cp) incluida en pirita y minerales de ganga (negro).

Fotomicrografía 90

Pirita (py) con bordes de melnicovita (mln) y bordeada o corroída por calcopirita (cp).

Fotomicrografía 87

Arsenopirita (asp), pirita (py) y esfalerita (sp) entrecrecidas con los minerales de ganga (negro).

Fotomicrografía 89

Entrecrecimientos finos de stemberguita (stem) y argentopirita (agpy) con tenantita (tn) incluidos en esfalerita (sp).

Fotomicrografía 91

Oro en limonita. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

b) Cu ±Ag ±Co. Ejemplo: Matahambre

Se ubica en la Sierra de los Órganos, a 46 km al norte de la ciudad Pinar del Río. (Anexo 1). La mineralización vetiforme se aloja en rocas sedimentarias terrígenas de origen deltaico fluvial de la formación San Cayetano (J1-3 oxfordiano), constituidas por areniscas, argilitas, brechas sedimentarias y pizarras negras carbonosas (Nodarse et al., 1994). Las texturas más frecuentes son: granular, granoblástica, porfiroblástica y descomposición de soluciones sólidas.

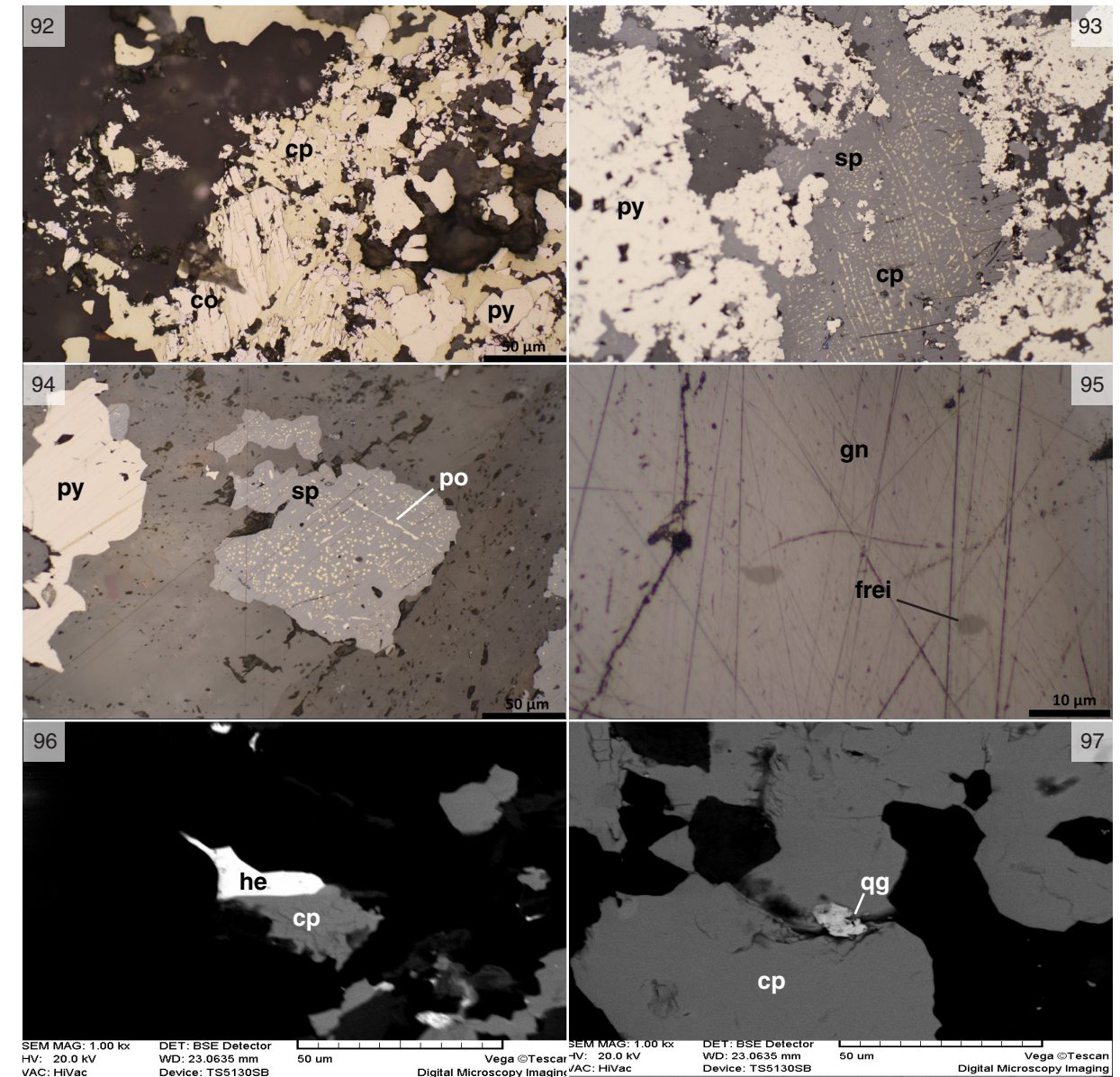
Se describen dos tipos de mineralizaciones: una principal, filoniana, constituida por cuerpos cupríferos que conforman el yacimiento propiamente dicho y otra, subordinada, estratiforme polimetálica (cuerpo 70).

La mineralización cuprífera está constituida fundamentalmente por calcopirita. Se reconocen dos variedades morfológicas: la más común de ellas es la que forma granos alotriomórficos que bordean o sustituyen a la piritita cataclastizada y a la cobaltina laminar (Fotomicrografía 92), así como la calcopirita *disease* en esfalerita (Fotomicrografía 93)- También aparecen, de forma minoritaria, piritita, pirrotina, (Fotomicrografía 94) galena, cobaltina. Más raramente se observan hessita, como inclusión en la calcopirita (Fotomicrografía 96), freibergita, como inclusión en galena (Fotomicrografía 95) y querargirita (Fotomicrografía 97). Estas tres últimas fases son portadoras de plata. Toledo, C. (2014) reporta clauthalita (Fotomicrografía 98), oro y platino-paladio (Fotomicrografía 99).

Como mineral de oxidación aparece digenita (Fotomicrografía 100) y bismutita (Fotomicrografía 101). Nodarse et al., (1994) reporta además marcasita, linneita, arsenopiritita, valleiita, pentlandita, cubanita, reinierita, hematita, magnetita, cuprita, goethita, siderita, malaquita y azurita. Pérez – Vázquez R. et al. (1998) añade kawazulita, bohdanowiczita, joseita?, y violarita. Los minerales principales de ganga son: cuarzo, clorita y calcita.

Según Pérez Vázquez et al., (1998) la mineralización estratiforme de Pb-Zn-Cu (denominado cuerpo 70) se caracteriza por una zonación vertical gradual, constituida por piritita hacia el yaciente del cuerpo, que transiciona hacia su parte superior a una mineralización polimetálica. Los minerales de mena más frecuentes son esfalerita y galena, y de forma minoritaria, calcopirita, piritita y pirrotina.

Existen ideas diversas respecto al modelo de este depósito. Por ejemplo, Nodarse et al. (1994) plantean que Lavierov et al., (1967) lo relacionan a una génesis epigenética asociada a procesos magmáticos. Livatec et al., (1970) también consideran su relación con esos procesos pero lo clasifican como mesoepitermal. Kramer (1983) y Lavandero (1985) plantean una génesis hidrotermal. Simón, 1984, 1987; Nodarse et al., 1994; Pérez Vázquez R. et al., 1998; Proenza et al., 1998; Cazañas, X. et al., (2014) sugieren un modelo tipo Sedex.



Fotomicrografía 92

Calcopirita (cp) sustituyendo a piritita (py) y cobaltina (co) laminar fuertemente cataclastizada.

Fotomicrografía 94

Agregados alotriomórficos de piritita (py) y esfalerita (sp) con emulsiones de pirrotina (po), en minerales de ganga.

Fotomicrografía 96

Calcopirita (cp) con inclusiones de hessita (he). Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 93

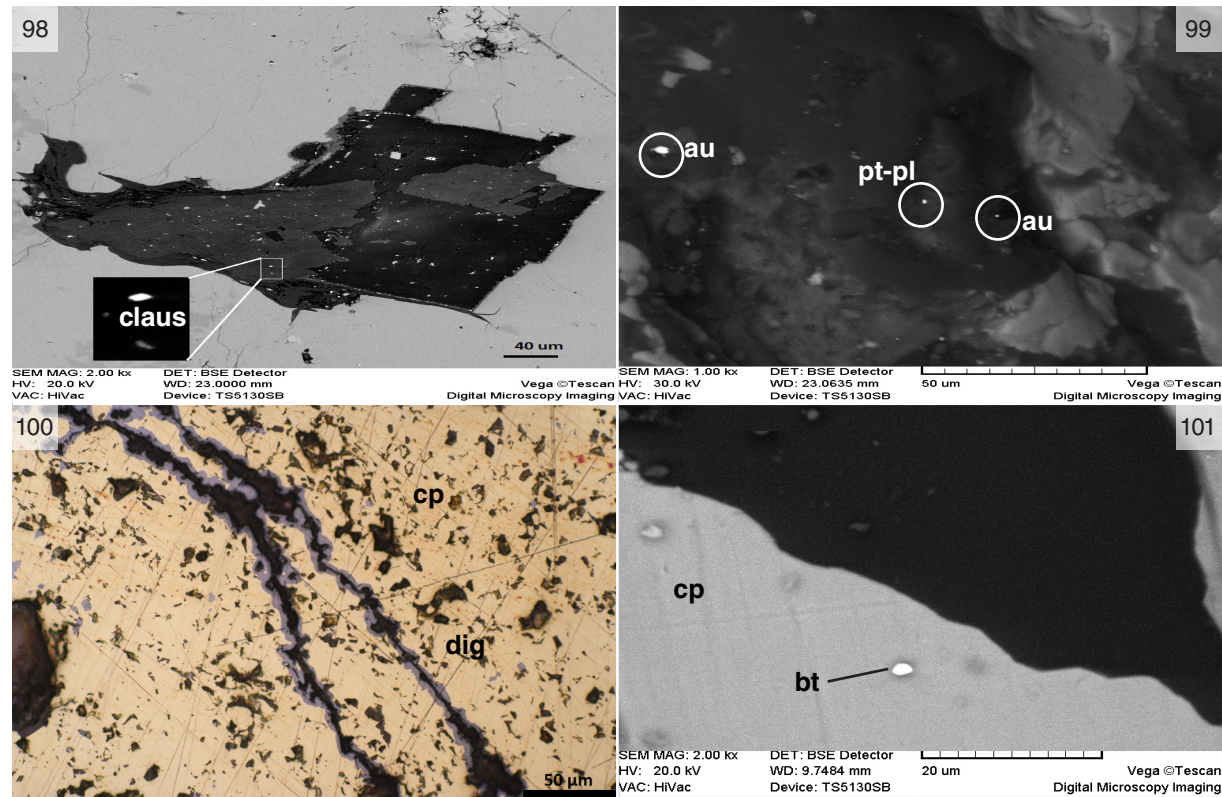
Esfalerita (sp) con emulsiones de calcopirita, sustituida por piritita metacoloidal (más tardía), en ocasiones recristalizada

Fotomicrografía 95

Galena (gn) con inclusiones de freibergita (frei).

Fotomicrografía 97

Querargirita (qq) incluida en calcopirita (cp) y minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.



Fotomicrografía 98

Clausthalita incluida en Óxido de hierro. Imagen de electrones retrodispersados, (microscopio electrónico).

Fotomicrografía 100

Sustitución de calcopirita por digenita según grietas.

Fotomicrografía 99

Granos de oro y platino – paladio (pt-pl) incluidos en cuarzo. Imagen de electrones retrodispersados, (microscopio electrónico).

Fotomicrografía 101

Granos de Bismutita (bt) en calcopirita (cp). Imagen de electrones retrodispersados, (microscopio electrónico).

5. VMS de Manganeso.

Ejemplo: Los Chivos

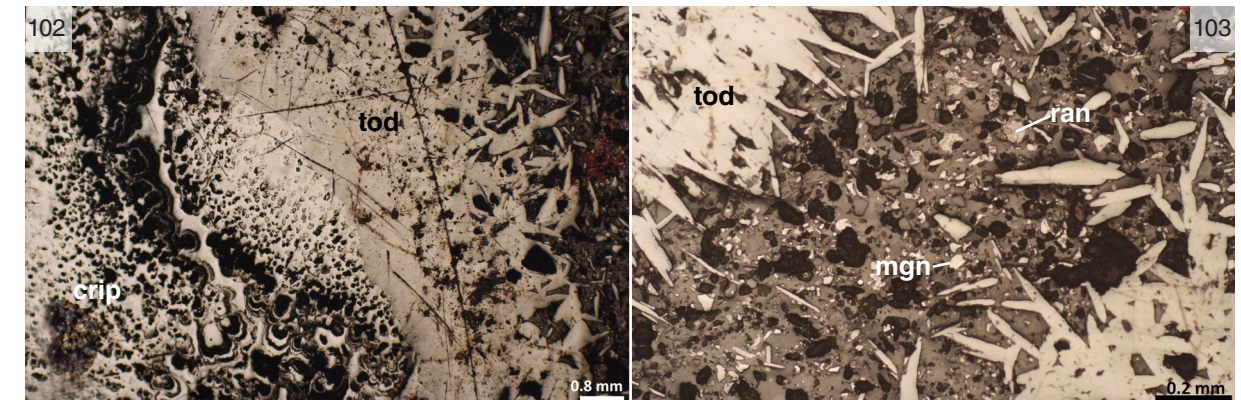
Está ubicado en la región minera Cristo-Po-nupo-Los Chivos, en la parte oriental del país, 20 km al norte de la ciudad Santiago de Cuba, provincia de igual nombre. La zona forma parte del sistema montañoso Sierra Maestra (Cazañas et al., 1998). (Anexo 1)

La mineralización está asociada genética y espacialmente al arco volcánico del Paleógeno (Park et al., 1944; Woodring y Doviess, 1994; Simons Straczck, 1958; Sokolova et al., 1974; Lavandero et al., 1988; Rusell et al., 1995, y Cazañas et al., 1998, en Proenza et al., 1998) dentro de dos rocas volcánicas y volcanoclásticas pertenecientes a los últimos 200 m del corte del arco volcánico insular paleogénico.

Los cuerpos son generalmente estratiformes. Están constituidos principalmente por óxidos de

manganeso (todorokita, pirolusita). En menor caso, por criptomelano, hollandita (rica en Sr y Ba), manganita y rancierita, asociados con cuerpos de jaspe (Bayate) integrados por cuarzo criptocristalino (calcedonia) en forma de cristales aciculares agrupados en agregados esferulíticos, que en su parte central presenta inclusiones submicroscópicas de hematita y/o goethita, responsables de la coloración rojiza o parda de la roca (Sokolova et al., 1971; Cazañas et al., 1998).

Las texturas son masiva, diseminada moteada, vetítica, colofórmica y zonal concéntrica. El criptomelano aparece con textura zonal concéntrica interceptada por las vetas de todorokita (Fotomicrografía 102). Esta última forma intercrecimientos de cristales tabulares y aciculares. Entre sus intersticios se observan pequeños granos de manganita y rancierita. (Fotomicrografía 103).



Fotomicrografía 102

Textura zonal concéntrica de criptomelano (crip) interceptado por vetas de todorokita (tod).

Fotomicrografía 103

Cristales euhedrales diseminados de manganita (mgn) y rancierita (ran) entre los agregados de todorokita (tod).

VI. Depósitos de ambientes orogénicamente activos

1. Oro en secuencias silicoclásticas (Tipo Bendigo).

Ejemplo: Delita

Se ubica al oeste de Isla de la Juventud, a 25 km al SW de la ciudad Nueva Gerona. (Anexo 1).

La mineralización se emplaza en esquistos gráficas y cuarzo micáceos de la formación Cañada, de edad Jurásico (J1-2). Se localiza en una zona tectónica principal de dirección NE (40°-50°), formada por fallas escalonadas y de plumaje que se extiende al NE con longitud de hasta 2.5 km y espesores que oscilan entre 1 m hasta 40 m (Ananian et al., 1976; López-Kramer, 2009).

Los cuerpos minerales están constituidos por vetas, vetillas y brechas discontinuas de cuarzo con sulfuros y oro, acompañado por caolinita y más raramente grafito, turmalina, clorita, carbonatos y otros (Ananian et al., 1976; López – Kramer, 2009).

La composición mineralógica de las menas del yacimiento es muy compleja y variable, según datos de Turovtsev, D., 1976; Estrugo, M., 1979; Santa-Cruz Pacheco, M., 1979; Krapiva L. et al., 1988; López Kramer, J., 1988; Bornikov et al., 1989. En este depósito se describen cerca de 45 minerales metálicos y más de 10 no metálicos. Los metálicos más abundantes son: arsenopirita, esfalerita, antimonita, galena, boulangerita y jamesonita. En orden subordinado aparecen pirita, marcasita y tetraedrita.

Más raramente se hallan oro, plata, zinkenita, acantita, greenockita, pirrotina, calcopirita, stermbergita, bravoita, lollingita, cobaltita, mac-kinawita, valleriita, millerita, estannina, famatinita, proustita, pirargirita, pearceita-polibasita, stromeyerita, bournonita, owyheeita, diaforita, freislebenita, andorita, meneghinita, plagionita, fülöppita, semseyita, heteromorfitas, casiterita, wolframita.

Entre los minerales no metálicos que se aprecian están fundamentalmente el cuarzo (alcanza 80% - 85%) y, en menor grado, sericita, caolinita, grafito, turmalina, carbonatos, cloritas, hidrómicas, biotita y dickita, entre otros (Turovtsev, 1976), Krapiva, L. et al., 1988).

Se observan estructuras de los tipos diseminada, bandeada, masiva y brechosa. Las texturas son granulares, metagranulares, de corrosión, cataclástica, de sustitución y relíctica.

La fase principal con contenido de oro es la arsenopirita (Fotomicrografía 104), que se observa entrecrecida con pirita (Fotomicrografía 105), burnonita (Fotomicrografía 106) y tetraedrita (Fotomicrografía 107). En ocasiones aparece zonada (Fotomicrografía 108) o con huellas de deformación (Fotomicrografía 109).

La boulangerita origina agregados irregulares que rellenan grietas, o rodean a la arsenopirita y a veces se entrecrece con tetraedrita (Fotomicrografía 107).

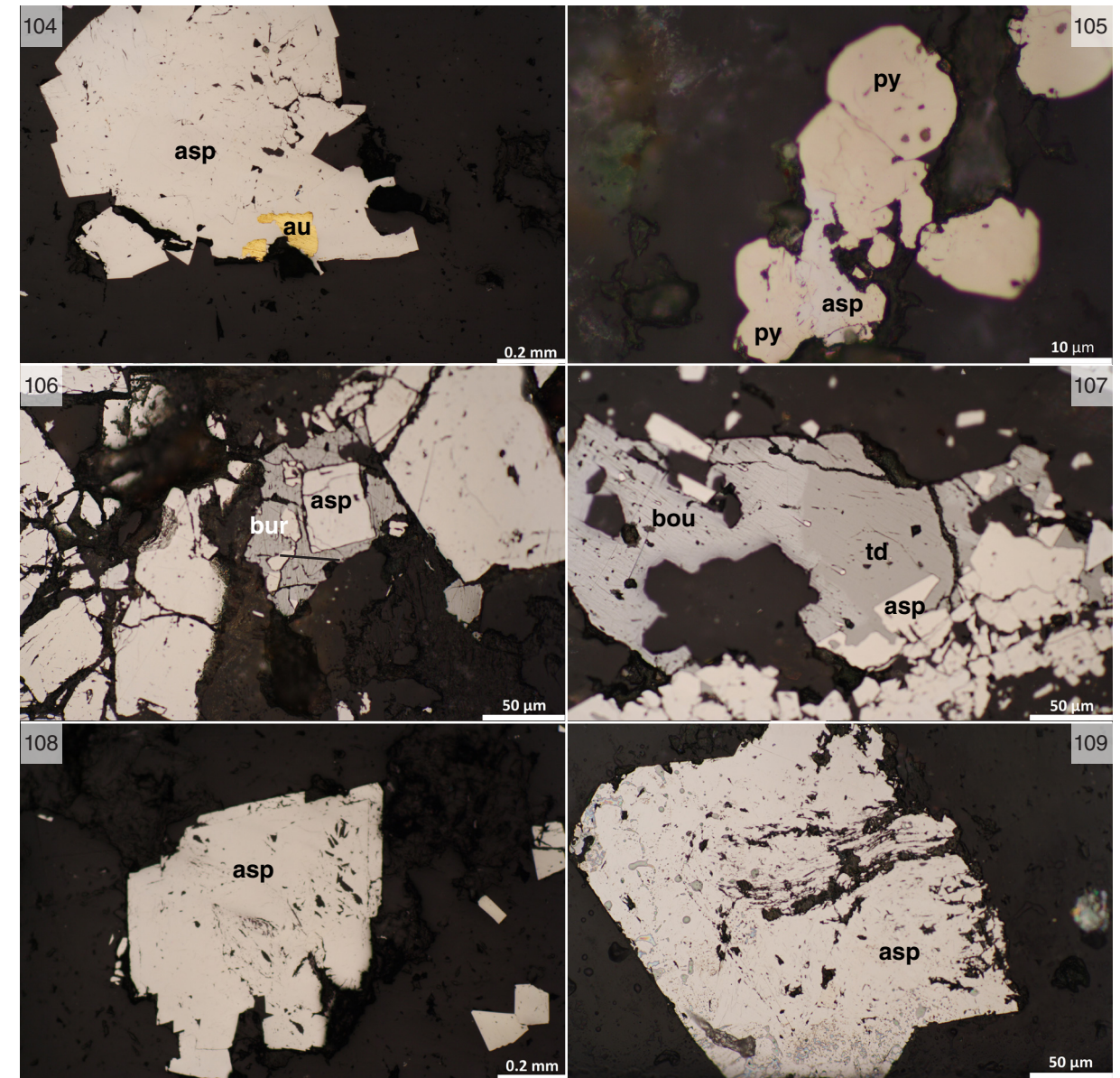
La esfalerita se asocia con la jamesonita, que sustituye o cementa los granos xenomórficos de arsenopirita (Fotomicrografía 110). En menor cantidad aparece la calcopirita, que se incluye en arsenopirita, o está diseminada en los minerales de ganga. (Fotomicrografía 111).

La antimonita es uno de los minerales más tardíos, sustituye a la esfalerita, la galena y la arsenopirita cataclastizada (Fotomicrografía 112). La covelina se presenta como diseminaciones anhedrales en la ganga (Fotomicrografía 113). El oro también se encuentra en la galena, boulangerita, esfalerita, pirita, cobres grises y cuarzo (Krapiva et al, 1988).

La plata se observa en forma nativa, Ag-tetraedrita (freiberita), y como elemento acompañante de algunas sulfosales de antimonio y plomo, galena, antimonita y oro nativo (Krapiva et al., 1988) en tetraedrita, pirargirita, diaforita, andorita, owyheeita (Bornikov et al., 1989, López Kramer et al., 2010).

En general, el tamaño de los granos y segregaciones minerales metálicas para este depósito son finos o muy finos, con dimensiones entre 0.00n – 0n de mm, en raros casos hasta mm y cm.

Esta mineralización ha sido asociada por diferentes autores a un magmatismo ácido. Hay que señalar que su génesis es muy polémica, ya que se asocia a los estadios finales del arco de islas del Cretácico (Pardo, 1989), relacionado con el vulcanismo del Paleógeno (Ananian et al., 1976; Somin y Millán, 1981; Cobiella – Reguera, 1997) y con el magmatismo desarrollado durante los procesos de colisión (Proenza J. A. et al., 1998).



Fotomicrografía 104

Oro (au) en arsenopirita (asp).

Fotomicrografía 106

Burnonita (bur) bordeando a cristales de arsenopirita cataclastizada (asp).

Fotomicrografía 108

Crecimiento zonal de la arsenopirita (asp).

Fotomicrografía 105

Arsenopirita (asp) bordeada por pirita (py)

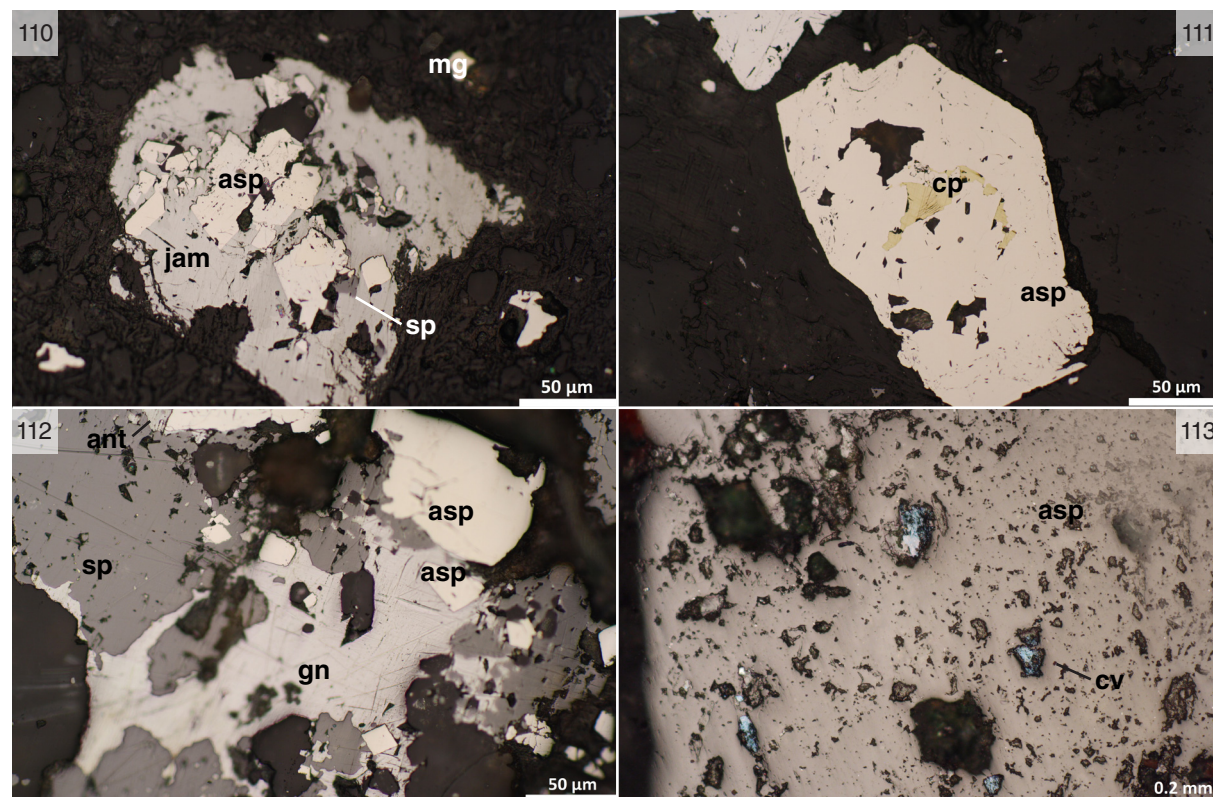
Fotomicrografía 107

Tetraedrita (td) bordeando a la arsenopirita (asp) y a su vez bordeada por boulangerita (bou).

Fotomicrografía 109

Arsenopirita (asp) con evidencias de deformación.

Debido a ello, esta mineralización ha recibido diferentes clasificaciones. Por ejemplo, para Turovtsev, D., en Ananian et al., 1976; López-Kramer, J., 1988 es hidrotermal; mesotermal para Bornikov et al., 1989 y, más recientemente, Proenza et al., 1998; y Cazañas, X. et al., 2014; la consideran orogénica.

**Fotomicrografía 110**

Entrecrecimiento de esfalerita (sp) y jamesonita (jam) sustituyendo a los agregados xenomórficos de arsenopirita (asp).

Fotomicrografía 112

Arsenopirita cataclastizada (asp) sustituida por galena (gn), esfalerita (sp) y antimonita (ant).

Fotomicrografía 111

Calcopirita (cp) incluida en arsenopirita (asp) y minerales de ganga.

Fotomicrografía 113

Covelina (cv) y arsenopirita (asp) dispersa en minerales de ganga.

2. Oro en zona de cizalla (Tipo Mother Lode).

Ejemplo: Meloneras

Con el cinturón ofiolítico septentrional cubano y asociadas a las serpentinitas alteradas, varios autores han descrito la presencia de depósitos de oro. En la región de Holguín se destaca el campo Aguas Claras y en Las Villas, la de Meloneras-Descanso. (Anexo 1).

El área del sector Meloneras se caracteriza por el predominio de rocas ultramáficas con diferente grado de serpentización, entre las que se destacan las peridotitas, peridotitas plagioclásicas y piroxenitas, además de los cuerpos de gabros, diabasas y pórfidos dacíticos (Romero, et al., 2011).

La zona mineralizada está controlada por un sistema de fallas asociadas a la dirección principal de las estructuras del complejo ofiolítico, paralelas a la esquistosidad y cortada por sistemas de fallas submeridionales posteriores. Su dirección es sublatitudinal, con un ángulo de buzamiento de 70°-90° y una dirección predominante hacia el norte, con espesor real variable de 0.25 km hasta 2 m y a veces mayor.

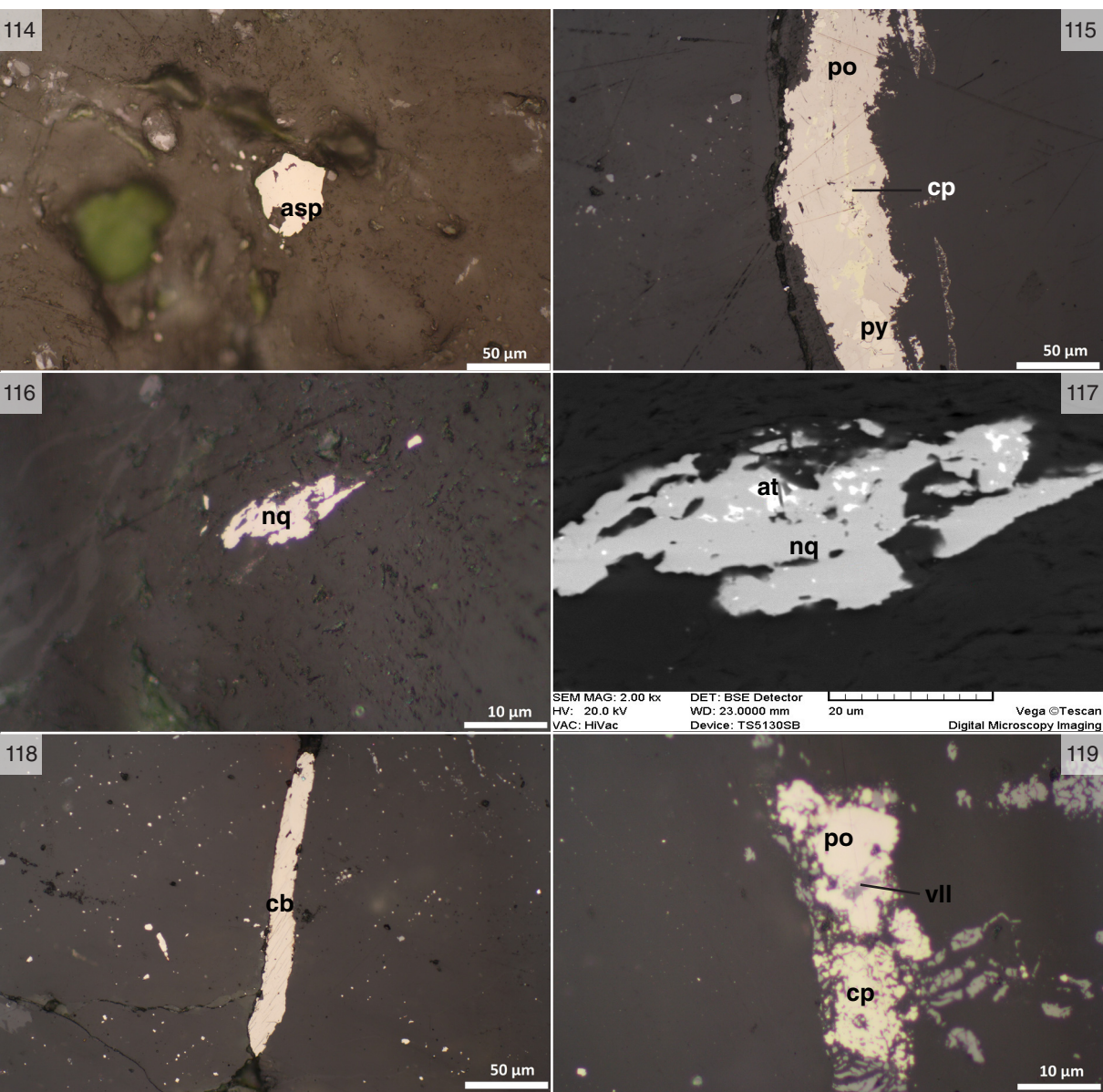
Desde un punto de vista microscópico, la zona mineral se describe como nidos y vetillas de sulfuros (principalmente arsenopirita) diseminados en una mezcla de serpentinita carbonatizada muy alterada (talquitizada, cloritizada) tectonizada que puede llegar a ser deleznable (Romero, O. et al., 2011).

La mineralización está representada por arsenopirita (Fotomicrografía 114), pirrotina, pirita, calcopirita (Fotomicrografía 115), níquelina (Fotomicrografía 116), altaíta (Fotomicrografía 117), cobaltina (Fotomicrografía 118), valleriita (Fotomicrografía 119), pentlandita (Fotomicrografía 120) y oro, como mineral más importante, que aparece en las variedades siguientes: aurocuprita (Fotomicrografía 121), electrum y oro en plata (Fotomicrografía 122). En general, se encuentran diseminados en los minerales de ganga, con tamaños de partículas no mayores de 10 micras. Como minerales accesorios de la roca de caja aparecen cromita —como diseminaciones—, en ocasiones fracturadas y alterada en sus bordes a cromoespinela, y magnetita, que forma finas vetillas y diseminaciones en los minerales de

ganga, o bordea y sustituye a la cromita (Fotomicrografía 123).

Además, Kramer et al., (1988), Romero et al. (2011), Álvarez et al. (2014), refieren la presencia de oro nativo, cobres grises, gersdorfita, bornita, calcosina, marcasita y esfalerita.

Esta mineralización ha sido clasificada como listvinitas por Cabrera et al., (1986); Kramer, (1988) y como orogénico, Proenza et al., (1998), Romero et al., (2011).



Fotomicrografía 114
Cristal de arsenopirita (asp) en minerales de ganga.

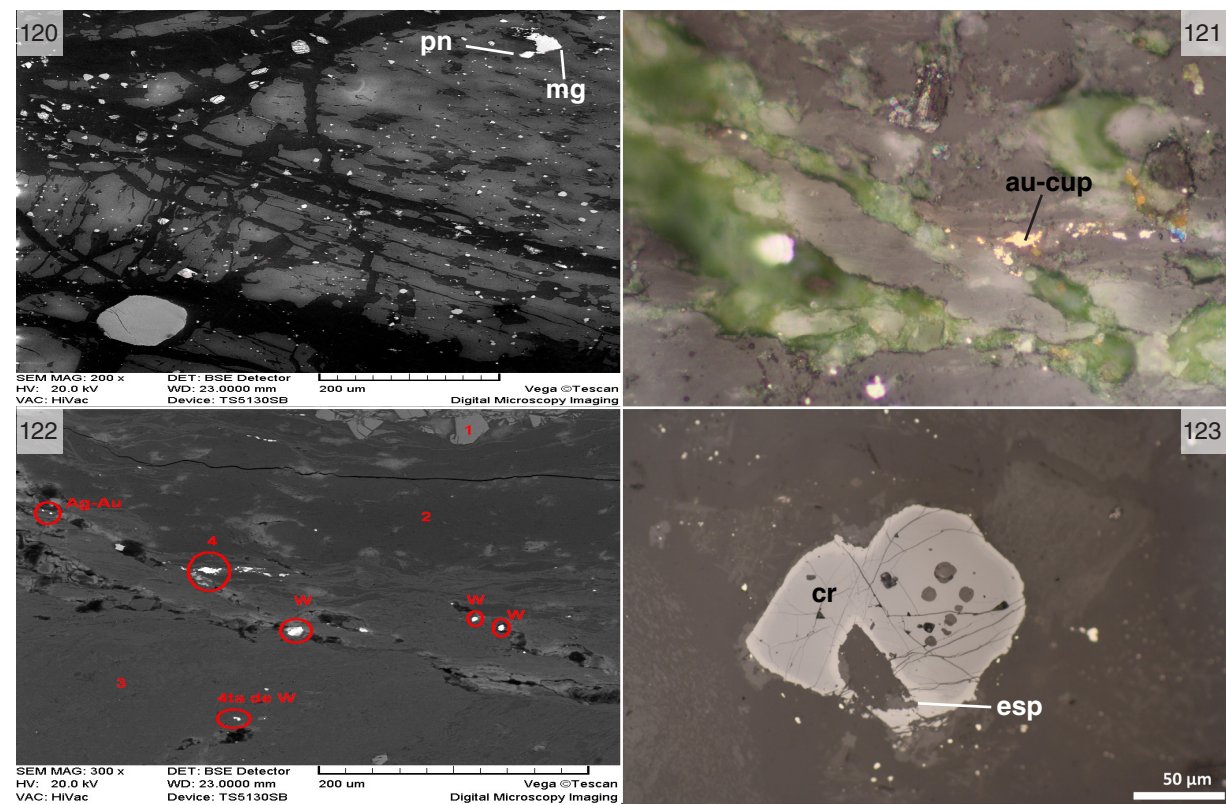
Fotomicrografía 116
Niquelina (nq) diseminada en minerales de ganga.

Fotomicrografía 118
Cobaltina (cb) diseminada en los minerales de ganga.

Fotomicrografía 115
Pirrotina (po) en vetilla, entrecrecida con pirita (py) y calcopirita (cp).

Fotomicrografía 117
Altaita (at) entrecrecida con niquelina en minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 119
Valleriita (vll) entrecrecida con pirrotina (po) y calcopirita en minerales de ganga



Fotomicrografía 120
Pentlandita (pn) incluida en magnetita (mg), diseminada en minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 122
Diseminación de electrum y plata (con oro) en minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

Fotomicrografía 121
Aurocuprita en vetilla entrecrecida con minerales de ganga.

Fotomicrografía 123
Cromita (cr) alterada a cromoespinela (esp) diseminada en los minerales de ganga.

3. Depósito de Cu-Ni-Fe ±Au Mesotermal.

Ejemplo: Majana

El sector mineralizado Majana, se halla localizado en la provincia Mayabeque, aproximadamente a 15 km al SE del poblado de Guanabo (Anexo 1). Esta mineralización de cobre - níquel – hierro, con oro y plata acompañantes, se desarrolla a lo largo de una faja tectónica de dirección E - W, en forma de venas, disseminaciones o masas irregulares, ubicada en la zona de tránsito (tectonitas - cúmulos ultramáficos), representada por serpentinitas harzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas predominantemente, que contactan con ortopiroxenitas y lherzolitas plagioclásicas, (Llanes et al., 1997). El área mineralizada forma parte de la escama tectónica Peñas Altas, anteriormente denominada antiforma, con el mismo nombre. (Shein V.S. et al., 1975).

Esta estructura tectónica está fundamentalmente compuesta por rocas efusivas y vulcanógeno - sedimentarias del arco volcánico del Cretácico hasta el Turoniano (Fm. Chirino y Grupo La Trampa), secuencias sedimentarias de cuencas superpuestas del Campaniano-Maestrichtiano (Fm. Vía Blanca y Fm. Peñalver) y representantes de algunos niveles ofiolíticos). Todas estas estructuras geológicas se imbrican tectónicamente y yacen sobre el paleomargen continental de Las Bahamas (Iturralde – Vinent, M., 1996, Llanes, A. I. et al., 2002).

El corte ofiolítico aquí representado está formado por las tectonitas (ultramafitas serpentinizadas), las rocas de zona de tránsito (límite tectonitas - cúmulos ultramáficos) y los cúmulos máficos. Las tectonitas son las rocas de mayor desarrollo en el sector, y están constituidas por ortopiroxenitas, harzburgitas serpentinizadas y serpentinitas; la zona de tránsito la conforman harzburgitas serpentinizadas y lherzolitas plagioclásicas; los cúmulos máficos, por los gabros (bandedos y homogéneos anfibolizados) y las gabronoritas isotrópicas de la parte superior de los cúmulos máficos. De acuerdo con datos petrográficos y geoquímicos, además de la estructura del corte ofiolítico en esta región, (Llanes, A. I. et al., 1997), es evidente la influencia del componente subducción durante la formación de la corteza oceánica aquí expuesta, probablemente generada en una cuenca oceánica de tipo “back-arc “ (o retroarco) que evolucionó desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior

Cenomaniano (Iturralde – Vinent, M., 1996; Llanes, A. I. et al., 1997, en Llanes A. I. et al., 2002). No obstante, entre los elementos oceánicos del nivel superior existen efusivos que pueden constituir o una fase madura de desarrollo de dicha cuenca o quizás representar relictos de corteza protocaribeña, con influencia de intraplacas (Llanes, A. I. et al., 1997).

La mineralización está constituida principalmente por pirrotina y calcopirita; en menor proporción aparecen pentlandita, valleriíta, cubanita, cobaltina, pirita, oro, magnetita y cromita.

Los minerales de ganga los forman la dolomita, la serpentinita, la calcita y la clorita.

Macroscópicamente, se observa una mena de estructura masiva, que en secciones pulimentadas se presenta brechosa, con fragmentos y matriz sin diferencia en su composición mineralógica. (Fotomicrografía 124).

La pirrotina es el mineral más desarrollado. Sus granos presentan variaciones en su morfología, con predominio de xenomórficas y tamaños que alcanzan hasta 0.86 mm. Por difracción de Rayos X se determinó la presencia de la variedad hexagonal, lo que corrobora la formación de este mineral a temperaturas mayores de 300°C (Genkin et al. 1991). Los rasgos de deformación observados en el mineral —formación de porfiroblastos, maclas laminares cataclastizadas y onduladas—, (Fotomicrografía 125), son signos de procesos ligados al metamorfismo de presión, de temperaturas de aproximadamente 200°C (Atkinson, 1974).

La calcopirita corroe con mayor frecuencia a las zonas más brechadas de la pirrotina recristalizada, aunque también se observa incluida en esta última. Esta textura indica su formación posterior con respecto a la pirrotina; además, forma granos aislados intercrecidos con los minerales de ganga. (Fotomicrografía 126).

La pentlandita forma pequeñas inclusiones en la pirrotina (quizás exsoluciones) o segregaciones xenomórficas entre sus granos. Ambas se asocian paragenéticamente. En muchos casos, con gran aumento, se observa que la pentlandita ha sido sustituida completamente por bravoíta. Su presencia fue corroborada a través de Rayos X (Santa-Cruz Pacheco, en Llanes et al., 1997., Santa Cruz Pacheco et al., 2003)

La cubanita forma exsoluciones laminares en la calcopirita, con tamaños variables (Fotomicrografía 127). La presencia de esta textura sugiere un proceso de formación a temperaturas de aproximadamente 250° (Ramdohr, 1960; Thalhmer, et al., 1986).

La valleriíta forma finos entrecrecimientos con la calcopirita (Fotomicrografía 4), en ocasiones aparece en sus intersticios, a veces sustituyéndola parcialmente. Hay casos donde aparece formando granos xenomórficos aislados en los minerales de ganga.

La cobaltina en ocasiones se intercrece con el oro, en los minerales de ganga (Fotomicrografía 128).

El oro generalmente aparece en grietas, oquedades o incluido en la pirrotina o la calcopirita. Sus formas son generalmente alargadas, con bordes angulosos raramente redondeados (Fotomicrografías 127, 128 y 129). Las dimensiones de los granos no sobrepasan las 7 µm. En su composición aparece la plata como inclusión isomórfica.

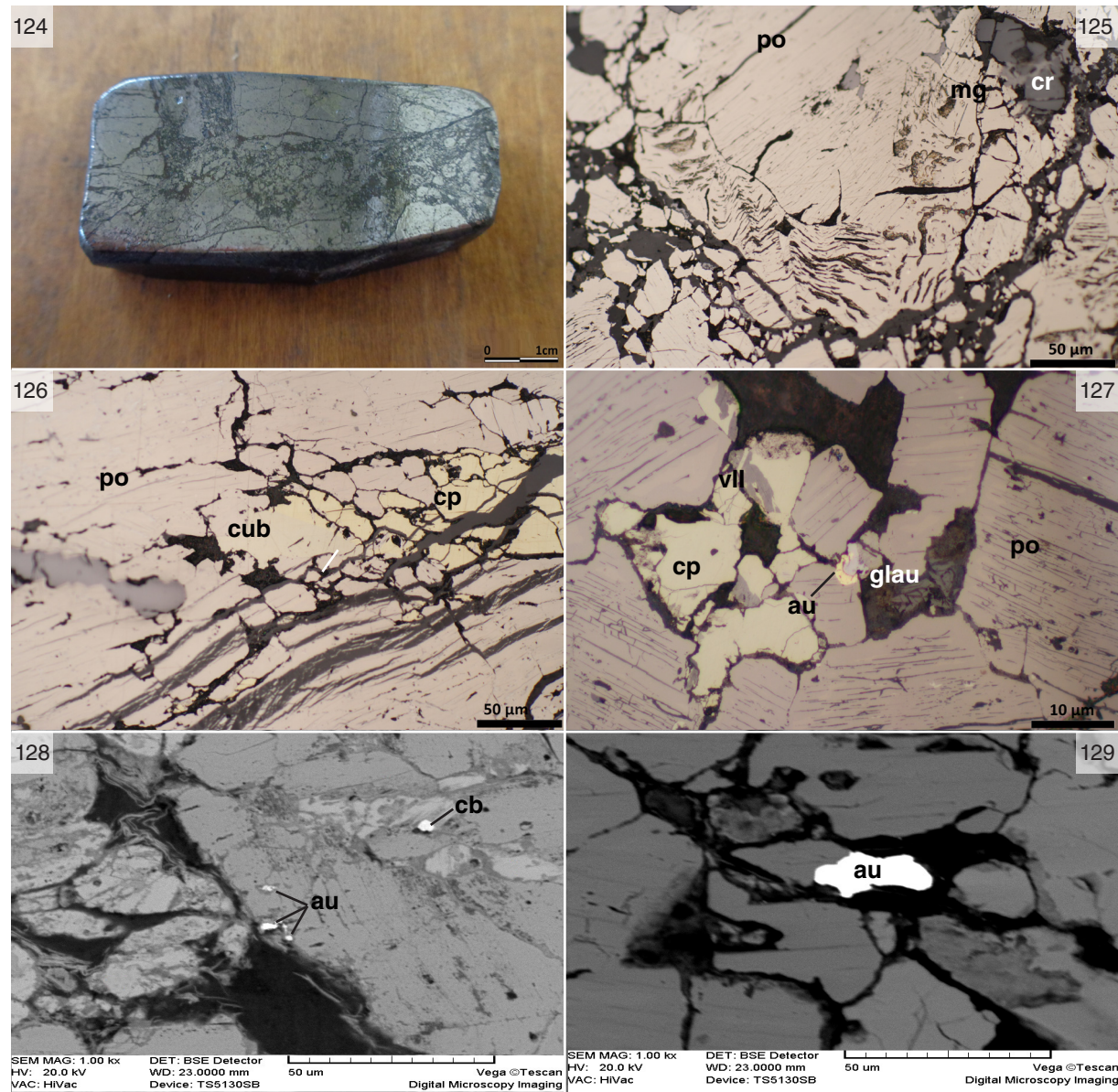
La pirita forma sustituciones en pirrotina, al parecer como resultado de una elevada presión parcial del azufre (Ramdohr, 1980). (Fotomicrografías 130 y 133).

La magnetita generalmente sustituye o se incluye en la pirrotina, a veces forma vetillas. Estas relaciones texturales pueden interpretarse como alteración de bajas condiciones oxidantes (Eckstrand, 1975; Ramdohr, 1980). (Fotomicrografías 131 y 133).

La cromita es el mineral accesorio de la roca de caja, se distribuye escasamente. Sus granos relictos tienen formas redondeadas o subredondeadas, debido a la corrosión de la pirrotina y la calcopirita fundamentalmente, más raramente de la magnetita. En ocasiones se encuentra bordeada por espinela cromífera (Fotomicrografía 132).

Los minerales de ganga principales lo constituyen los representantes de los procesos de serpentización (lizardita, crisotilo, antigorita y bastita), que rellenan las cavidades y fisuras existentes entre la mineralización metálica; en menor escala aparecen carbonatos y clorita.

Esta mineralización ha sido objeto de variadas interpretaciones genéticas (Santa-Cruz Pacheco, en Llanes et al., 1997; Santa-Cruz Pacheco, et al., 2003) plantea un origen hidrotermal. Cazañas, et al., (2014) lo consideran orogénico (mesotermal).



Fotomicrografía 124

Estructura brechosa de la mena.

Fotomicrografía 126

Calcopirita (cp) intercrecida con cubanita (cub), y sustituyendo a la pirrotina (po), con cromita (cr) y minerales de ganga.

Fotomicrografía 128

Intercrecimiento de oro (au) y cobaltina (cb) en minerales de ganga.

Fotomicrografía 125

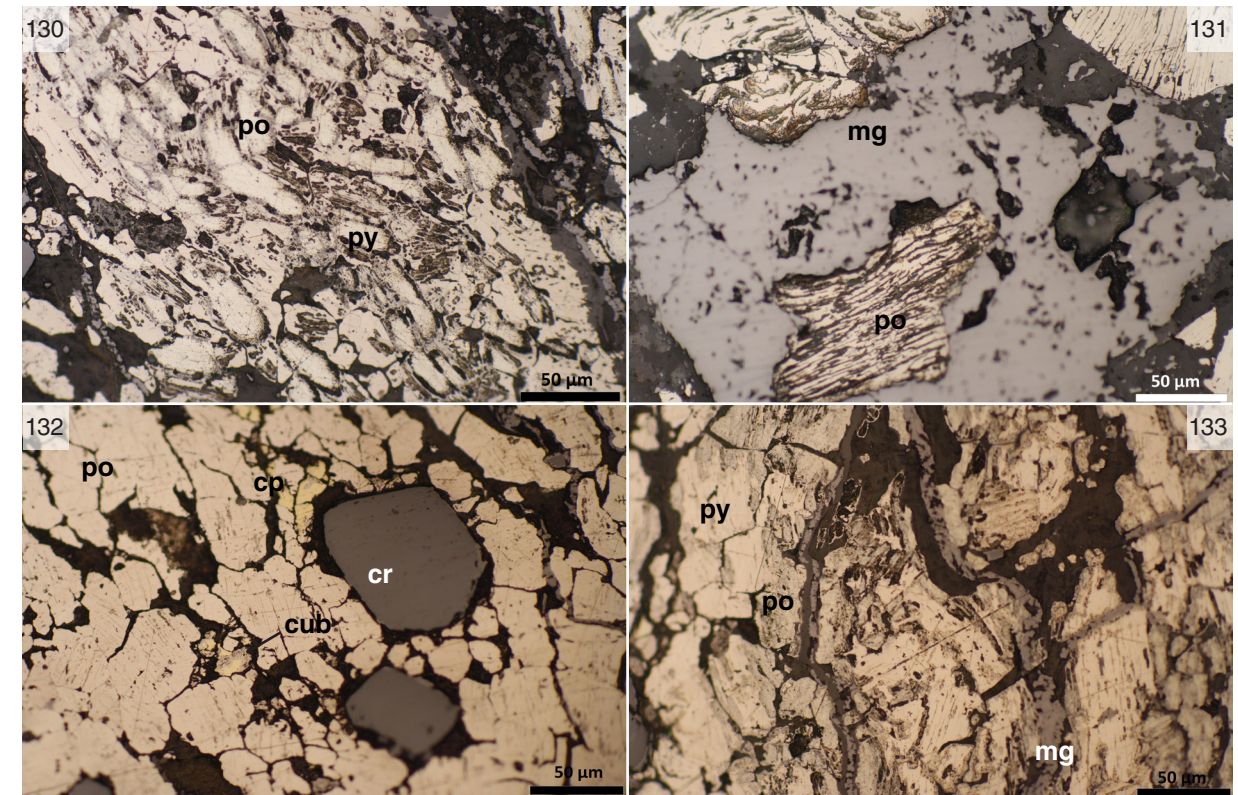
Porfiroblastos, maclas laminares, cataclastizada y ondulada de pirrotina (po) con cromita (cr), magnetita (mg) y minerales de ganga.

Fotomicrografía 127

Intercrecimiento de valleriita (vll) con calcopirita (cp) y oro (au) con glaucodot bordeando a la pirrotina (po).

Fotomicrografía 129

Oro (au) en grieta intercrecido con minerales de ganga.



Fotomicrografía 130

Sustitución de pirrotina (po) (producto intermedio) por pirita (py).

Fotomicrografía 132

Granos subhedrales de cromita (cr) bordeados por pirrotina (po) y calcopirita (cp) intercrecidos con cubanita (cub).

Fotomicrografía 131

Magnetita (mg) sustituyendo y bordeando a la pirrotina (po).

Fotomicrografía 133

Sustitución de pirita (py) por pirrotina (producto intermedio) con vetillas de magnetita (mg) que la bordea.

4. Vetas asociadas a Wolframio.

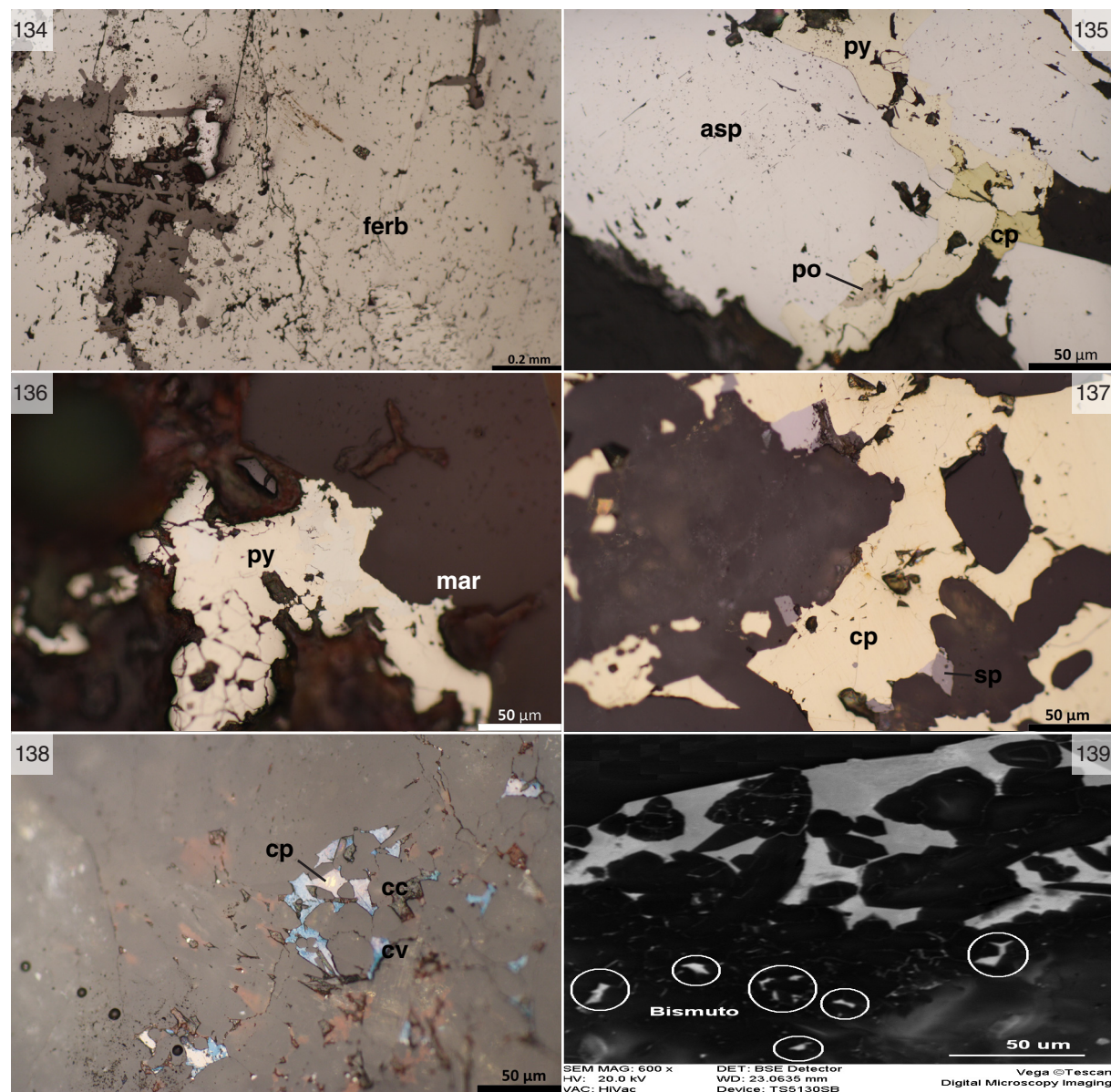
Ejemplo: Lela

Ubicado en la parte SW del Municipio Especial Isla de la Juventud, este depósito está asociado al cierre periclinal sur de la estructura anticlinal Victoria (Anexo 1). Se desarrolla en los límites de las rocas de la formación Victoria (J1-2) compuesta por esquistos gráfícos-micáceos cuarzosos que yacen al S-SW y SE, con ángulos que oscilan entre 20°-400°. En el plano regional, se asocia a la zona tectónica Siguanea (Avdiev, S. et al., 1986).

Los cuerpos constituyen venas de cuarzo-ferberita-turmalina, asociados con diques porfídicos de cuarzo que cortan rocas metamórficas (Page y Revollester, 1944; Lavandero et al., 1988; Pardo, 1990; Kesler et al., 1990, en Proenza et al., 1998).

La mineralización metálica se presenta en vetillas y diseminaciones principalmente de wolframita, con pequeñas cantidades de sheelita y sulfuros, como pirita, calcopirita, pirrotina (más abundante). Más raramente, hay presencia de arsenopirita, esfalerita, tetraedrita, galena, molibdenita, marcasita, covelina, estannina, calcosina, magnetita e hidróxidos de hierro y bismuto nativo. López Kramer, (2009) refiere además la presencia de antimonita, minerales de bismuto y otros.

El mineral principal es la ferberita, miembro rico en hierro de la serie hubnerita-ferberita. La ferberita es nombrada wolframita para el depósito, pero su contenido alto en hierro y bajo en manganeso no justifican este nombre. Según el análisis de F.S. Gremaldi, 1944; la composición es como sigue: WO₃- 76.3%, FeO-21.35%, MnO-1.79%, CaO- 0.20%, MgO-0.25% Page and Allestid, 1944. Recientemente, resultados

**Fotomicrografía 134**

Agregados alotriomórficos de ferberita (ferb)

Fotomicrografía 136

Pirita (py) cataclastizada entrecrecida con marcasita (mar)

Fotomicrografía 138

Calcopirita (cp) sustituida por covelina (cv) y calcosina (cc)

Fotomicrografía 135

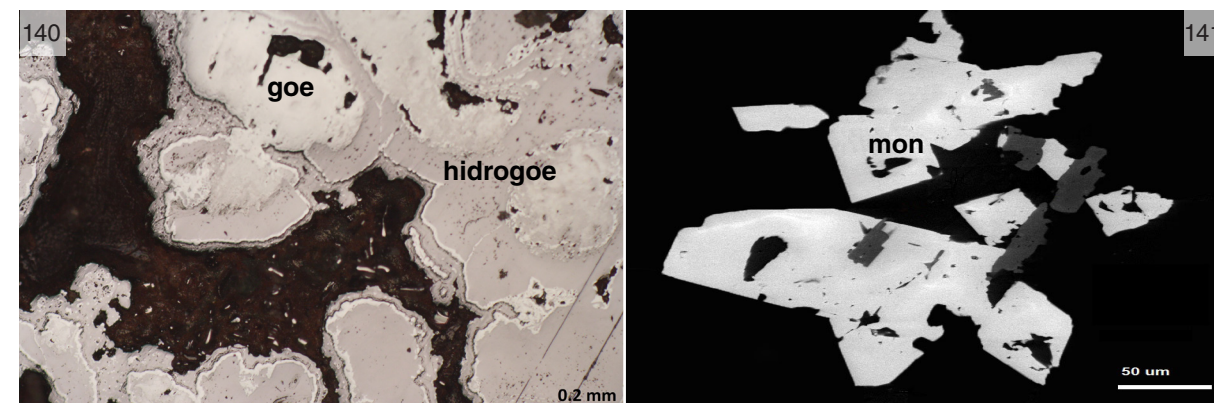
Arsenopirita (asp) bordeada por pirita (py), calcopirita (cp) y pirrotina (po).

Fotomicrografía 137

Calcopirita (cp) bordeada por esfalerita (sp) y tetraedrita (td).

Fotomicrografía 139

Bismuto nativo. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

**Fotomicrografía 140**

Textura colofórmica de reborde de goethita (goe) e hidrogoethita (hidrogoe).

Fotomicrografía 141

Monacita (mon) en minerales de ganga. Imagen de electrones retrodispersados, Microscopio electrónico.

obtenidos por Toledo, C.A., (2014) reporta para este mismo mineral una composición de WO_3 -78.0%, MnO -1.95%, FeO -20.05%. La ferberita forma agregados anhedrales, que a veces se hallan paralelos a la esquistosidad de la roca, en ocasiones con inclusiones de hematita (Fotomicrografía 134).

La arsenopirita representada por cristales idiomórficos y agregados anhedrales en ocasiones aparece bordeada por pirita, calcopirita y pirrotina (Fotomicrografía 135), con fracturas rellenas por los minerales anteriores. La pirita forma granos euhedrales muy cataclastizados, que pueden estar entrecrecidos con la marcasita, dispersos en los minerales de ganga (Fotomicrografía 136). La calcopirita forma granos anhedrales bordeados por tetraedrita y esfalerita (Fotomicrografía 137) o sustituida por covelina y calcosina (Fotomicrografía 138).

Se describen partículas de bismuto nativo, con dimensiones entre $10\ \mu\text{m}$ - $20\ \mu\text{m}$. (Fotomicrografía 139) y monacita (Fotomicrografía 141), en minerales de ganga. Toledo, C., 2014.

Los minerales de oxidación (goethita e hidrogoethita) pueden formar texturas colofórmicas de reborde (Fotomicrografía 140).

Bibliografía

- Álvarez, R., Romero, O., León, S., Jo-Valdés, S., Calero, G. 2014. Proyecto Minero para la Exploración Oro – Meloneras. ONRM. La Habana. Cuba.
- Ananian, V., Pardo, M., Vavilov, G., Fajardo, M., Turovtsev, D., Zhidkov, A. 1976. Yacimiento Aurífero Delita. ONRM. MINEM. La Habana. Inédito.
- Arce Blanco, M., et al., 1996 Proyecto de cobre Hierro Mantua. Informe de actualización de las reservas de cobre, preparado para la ONRM. Inédito.
- Atkinson, B. K. 1974. Experimental deformation of polycrystalline galena, chalcopyrite and pyrrhotite. *Trans of Mining and Metallurgy*. 83: 819-828.
- Avdiev, S., Ferreiro, M., Machado, A., Fernández, M., Horta, J., Bosch, M. 1986. Informe de búsqueda evaluativa para oro y wolframio, en el yacimiento Lela y sus flancos (1978-1985). 730pp Oficina Nacional de Recursos Minerales. Ministerio de Energía y Minas, La Habana (Inédito).
- 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*, t XXXI, No. 5, pp.3- 18. Moscú.
- Cabrera, R. 1986. Geología y Regularidades de la distribución de los yacimientos de Cobre y Oro de la región mineral de Las Villas. Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana. 130 p
- Cobiella-Reguera, J. L. 1997. Zonación estructural facial del corte Paleoceno-Eoceno Medio de Cuba. *Minería y Geología* 14 (1): 3-12.
- Capote, C.; M. Santa Cruz Pacheco; L. Díaz De Villalvilla; G. Brito; M. Pérez; O. Pereda; D. García; F. Talavera; E. González. 1993. Proyecto temático-productivo: Fundamentación del pronóstico y la búsqueda de minerales sólidos en la Región Siboney-Las Tunas. Instituto de Geología y Paleontología (IGP) y Empresa Geólogo-Minera Camagüey, Ministerio de la Industria Básica, Cuba, (inédito): Archivo IGP, Ciudad de La Habana.
- Capote, C.; M. Santa Cruz Pacheco; D. González; I. Altarriba; F. Bravo; D. De la Nuez Colón; D. Carrillo Pérez; X. Cazañas. 2002. Informe Final del Proyecto I+D 224: Evaluación del Potencial de Metales

- Preciosos y Base del Arco Cretácico en el Territorio Ciego-Camagüey-Tunas. (Inédito): Archivo IGP, Ciudad de La Habana.
- Capote C., M. Santa Cruz Pacheco, D. González, M. Pardo, M. Torres, D. De la Nuez Colón, A. I. Llanes. 2012. Informe Final del Proyecto I+D 63020: Estandarización y Generalización de las Evaluaciones de Potencial de Oro y Metales Base en los Arcos Cubanos de Islas Volcánicas del Cretácico. (Inédito): Archivo IGP, Ciudad de La Habana.
- Cazañas, X. 2000. Depósitos volcanogénicos del Arco Paleógeno de la Sierra Maestra. El ejemplo del yacimiento “El Cobre.” Tesis (Doctor en ciencias geológicas). Universidad de Barcelona.
- , Torres-Zafra, J., Lavaut, W., Cobiella, J., Capote, C., González, V., López-Kramer, J., Bravo, F., Llanes, A. I., González, D., Ríos, Y., Ortega, Y., Torres, R., Pantaleón, G., Torres, M., Figueroa, D. 2014. Informe final Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1:250 000. Instituto de Geología y Paleontología. Inédito.
- De la Nuez, D. 2011. Estudio microscópico de 57 secciones pulidas para el depósito Jacinto, vetas El Limón Nuevo y Beatriz. Información interna del Grupo de Mineralogía y Petrología del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba
- Santa Cruz Pacheco, M., Llanes, A. I. 2003. Sobre la mineralogía y geoquímica de la manifestación de cromo metalúrgico Camarioca II en la provincia de Matanzas. V Congreso Cubano de Geología y Minería. CD ROM. ISBN 939-7117-11-8.
- 2010. Estudio microscópico de 38 secciones pulidas para el depósito San Fernando. Información interna del Grupo de Mineralogía y Petrología del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.
- 2012. Estudio microscópico de 15 secciones pulidas para el depósito Santa Lucía. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- Figueroa, D. 2014. Estudio microscópico de 8 secciones pulidas para el depósito Castellanos. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.

- Díaz E. 1983. Algunas consideraciones sobre la génesis del yacimiento Santa Lucía de Pinar del Río. *Minería y Geología*. 2: 132 – 141. La Habana.
- Díaz de Villalvilla, L., et al. 1986. Petrología de las rocas vulcanógenas de Cuba. ONRM. La Habana. Inédito.
- , 1988. Caracterización geológica de las asociaciones vulcanógenas del Arco Insular Cretácico en Cuba Central. Tesis (Doctor en ciencias geológicas) 1-161. Resumen de la tesis (1-28). Instituto de Geología y Paleontología. La Habana.
- , 1997. Caracterización geológica de las formaciones volcánicas y volcano-sedimentarias en Cuba Central, provincia Cienfuegos – Villa Clara – Sancti Spiritus. *Estudios sobre Geología de Cuba*. CNDIG. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba, ISBN 959-243-002-0 p 325-344.
- Disler, V. V. et al. 1988. Valoración de los minerales y elementos del grupo de los platinoideos en las etapas del proceso tecnológico de la planta Pedro Soto Alba, en las cortezas de intemperismo y en las cromititas de la región Mayarí – Moa – Sagua – Baracoa. Información interna del Grupo de Mineralogía –Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- Estrugo, M. 1971. Estudio microscópico de 3 secciones pulidas del depósito Santa Lucía. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1971. Estudio microscópico de 52 secciones pulidas del depósito Unión I. Información Interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1976. Estudio microscópico de 126 secciones pulidas del depósito Castellanos. Información interna del Grupo de Mineralogía - Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1977. Características Mineralógicas de las menas polimetálicas del yacimiento Castellano en la provincias de Pinar del Río: Serie # 2 Centro de Investigaciones Geológicas, Ministerio de Minería y Geología. La Habana.
- 1979. Estudio microscópico de 37 secciones pulidas del depósito Delita. Información interna del Grupo de Mineralogía

- Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1982. Estudio microscópico de 15 secciones pulidas del depósito Lela. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1983. Manifestaciones polimetálicas al Oeste – Sur – Este de los yacimientos Castellanos – Santa Lucía. Serie Geológica. 2: 93 –110.
- 1995. Resumen de los yacimientos Santa Lucía, Castellanos, Matahambre, Hierro Mantua y Unión I. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- 1995. Estudio microscópico de 25 secciones pulidas del depósito Júcaro. Información interna del Grupo de Mineralogía –Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- Flint, D. E., Albear, J. F., De Guild, P. W. 1948. *Geology and Chromite deposits of the Camagüey district, Camagüey province, Cuba*. *Geology Survey Bull.* 954-B. USA.
- Fonseca, E., Sladkevich, S. Santa Cruz Pacheco, M. Rodríguez, R., Morales, A., García, I., Capote, C., Navarrete, M. 1990. Informe del Tema 401-12 Geología de los yacimientos cromíferos con evaluación pronóstico en la región Moa-Baracoa. Archivo IGP.
- García, C. A., Avila, R., Kindelán, M., Pérez, M., Valdivia, J. A., Castañeda, A., Díaz, G., Hernández, M. 1990. Informe de los trabajos de exploración orientativa para menas sulfurosas-cupríferas del yacimiento Juan Manuel y el completamiento de la exploración orientativa del yacimiento Unión I. ONRM. Inédito.
- García, D., Gil, S., Delgado, G., Millán, G., Peñalver, L., et al 2003. Generalización y actualización geológica de la Provincia de Pinar del Río. Escala 1: 100 000 IGP. ONRM. La Habana. Cuba. Inédito.
- Gaspar, O. 1996. Microscopia e petrología de minérios aplicadas à gênese, exploração e mineralurgia dos sulfuretos maciços dos jazigos de Aljustrel e Neves-Corvo. Separata do Tomo 38, de “Estudos, Notas e Trabalhos do Instituto Geológico e Mineiro: 3-195.
- Genkin, A. D., Morales, A. R. et al. Características de la mineralización aurífera en la mina Salomón. Provincia Ciudad de La

- Habana. Archivo Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.
- González – Ponton, R. 1998. Mineralizaciones cromíticas de la asociación ofiolítica de Camagüey. Cuba. III Congreso Cubano de Geología y Minería (GEOMIN 98). La Habana: 281-283.
- Iturralde-Vinent, M. 1996. Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba. Project 364. Caribbean Ophiolites and Volcanic Arcs. Special Contribution. 1.
- Isaenko, M.P., Bornichanckaia, S.S., Afanasieva, E.L. 1978. Determinación de los principales minerales de mena en luz reflejada. Moscú. Niedra.
- ISO 710-5: 1989 (E) Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections. Part 5: Representation of minerals.
- Krapiva, L., Estrugo, M. 1983. Tipos genéticos de las menas de los yacimientos en la provincia de Pinar del Río. Serie Geológica, 2(3):18.
- , Hernández, G. 1988. Composición mineralógica de las menas del yacimiento aurífero Delita. Isla de la Juventud. Boletín de Geociencias. Centro Universitario de Pinar del Río. Ministerio de Educación Superior. 3 (3): 1-5. La Habana.
- , Hernández, G. 1988. Primer hallazgo de Greenockita en el yacimiento aurífero Delita. Isla de la Juventud. Boletín de Geociencias. Centro Universitario de Pinar del Río. Ministerio de Educación Superior. 3(3):6-10. La Habana.
- Kretz. 1983. Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist, 68, (277-279)79. <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/pet-met/seminario03/kretz.html>.
- Lavandero, R., Estrugo, M., Santa Cruz Pacheco, M., Bravo, F., Melnicova, A., Cazañas, X., Aniatov, A., Krapiva, L., Badamgavyn, D., Carrillo, D., Janchivin, A., Altarriba, I. 1985. Tema 0108: Sistematización y generalización de los yacimientos minerales metálicos. Instituto de Geología y Paleontología. Inédito.
- Lavaut, W., Medina, A., Acosta, J., Guerra, M., Figueredo, D. 1994. Investigaciones geólogo – geofísicas actuales macizo ofiolítico Sierra de Nipe, un sistema para pronóstico y prospección de cromitas metalúrgicas. Resumen del II Congreso Cubano y Geología y Minería. Santiago de Cuba. P. 108.
- Lisitsin, A., Muliukov, E., Linchenat, A. 1971. Un nuevo tipo de mineralización sulfurosa en Cuba. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 13 pp.
- López-Kramer, J. 1988. Composición sustancial y asociaciones mineralógicas de los yacimientos auríferos hidrotermales de Cuba. Departamento de yacimientos minerales. Moscú, IGME. 15 pp. Resumen Tesis Doctoral. En CD ROM. La Habana. 15 pp. Cap. III.
- , Vázquez, R. 1988. La mineralización de oro y plata en terrenos de afinidad continental de Cuba SW (Guaniguani-co, Pinos y Guamuhaya). Implicaciones regionales. En: Principales depósitos minerales en el archipiélago cubano. En CD ROM. Multimedia. (López Kramer, J. M. et al, eds) Instituto de Geofísica y Astronomía. IGA. La Habana 27 pp, Cap III.
- , Moreira, J., Cazañas, X., Pimentel, H., Garandilla, J., Pérez, R. 2009. Principales depósitos minerales metálicos del archipiélago cubano. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba.
- Lugo, R., Barroso, A., Ferrer, C. 1989. Informe de los trabajos de búsqueda en el sector de anomalías magnéticas. Gaspar, Ciego de Ávila. Inédito: 230 pp.
- Llanes, A.I., Santa Cruz Pacheco, M., García, I., Morales, A., Palacios, B. 1997. Petrología y mineralización de la asociación ofiolítica en la región Habana-Matanzas. Archivo Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba: 65.
- , Santa Cruz Pacheco, M., García, I., Morales, A., Palacios, B., Fonseca, E. 2001. Petrología y mineralización de la asociación ofiolítica de Habana – Matanzas (Cuba Occidental). Memorias GEOMIN 2001. Publicado en CD ROM ISBN 979-7117-30-8.
- , García, I., Santa Cruz Pacheco, M., Capote, C., Morales, A., Milia, I., De la Nuez, D. 2002. Valoración petrólogo-mineralógica de la Zona Límite Manto – Corteza Oceánica y su implicación en la metalogenia de Au, Ag, Fe, Ni, Cu, Cr, en la región Habana-Matanzas. Inédito. IGP. MINBAS. La Habana. Cuba: 37.
- , Proenza, J., Zacarini, F., Garuti, G., Santa Cruz Pacheco, M. 2011. The Ophiolitic Chromitites from Habana – Matanzas (Western Cuba), Chromite Composition and Mineralogy of the Platinum Group elements. IX Congreso Cubano de Geología. Memorias en CD ROM. La Habana. ISBN 978-959-7117-30-8.
- Morales – Quintana, A., Arzuaga, H. 1994. Perspectivas metalíferas de la región Habana-Matanzas. II Congreso Cubano de Geología y Minería. Libro de programas y resúmenes. Santiago de Cuba. P 106.
- Mormil, S.; Norman, A; Varvarov, A.; Skosiries, J; Linares, E; Vergara, F. 1980. Geolo- y Metalogenia de la Provincia de Pinás del Río. Inédito.
- Moreira, J., Torres-Zafra, J., Montano, J., Morales, A., Bravo, F., Lavandero, R., Suarez, A., Sánchez, R. 1999. Modelos de depósitos minerales en la Región Oriental. Algunas consideraciones genéticas y criterios para su exploración. Metales preciosos y base. Instituto de Geología y Paleontología.
- , Torres-Zafra, J., Montano, J., Lavandero, R., Sánchez, R., Cazañas, X. 2001. Depósitos de Skarn de Cuba. IV Congreso de Geología y Minería. Geología de los yacimientos minerales sólidos. CD ROM. ISBN 959-7117-10-X.
- Muliukov, E. et al. 1969. Informe de los trabajos geológicos realizados en el yacimiento Hierro con el cálculo de reservas según su estado para el 1-7-69. ONRM.
- Murashkov, V., Escobar, E., González, L. 1985. Informe de los trabajos complementarios de la exploración detallada del yacimiento Camagüey II. Categoría de reserva C. ONRM. La Habana. Cuba. Inédito.
- Nanian, B., V. Sedov, V. Shulzhenko, S. Andreev, R. Fernández, M. Estrugo, Z. Epimova, I. Semionov, A. Mezentsev (1972): Informe con el cálculo de reservas de las menas pirítico – cupríferas del yacimiento Unión I en base a los trabajos de exploración geológica efectuados en los años 1967 – 1972. Inédito.
- , Illing, O., Estrugo, M., Escalona, N., Díaz, L., Valdivia, M., Ayata, I. 1979. Informe sobre los trabajos de búsqueda y búsqueda evaluativa en el campo mineral Santa Lucía- Castellano (sector Sur, Este y Oeste) y parte de los flancos de este yacimiento durante los años 1973-1979. Inédito.
- Page, L. R., Mc Allister, J.F, 1944. Tunsten deposits, Isla de Pinos, Cuba, U.S. Geological Survey Bulletin, 935-B: 97.
- Pardo, M. 1989. Regularidades de la metalogenia endógena y su pronóstico en el macizo metamórfico de la Isla de la Juventud. Ciencia de la Tierra y del Espacio. (15/16): 17-26.
- Pérez – Vázquez, R. G., Melgarejo, J. C., 1998. El yacimiento Matahambre. Pinar del Río. Cuba. Estructura y mineralogía. Acta Geológica Hispánica, 33(1-4): 133-152.
- Piñero, E., Quintana, M. E., Mari, T. 1997. Caracterización geológica de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios de la región Ciego-Camagüey-Tunas. Estudios sobre Geología de Cuba CNIG. IGP. Cuba. Pp 345-356. ISBN 959-243-002-0.
- , Balbis, C. 1997. Informe Anual del Proyecto Jacinto. ONRM. Inédito.
- , Quintana, M. E., Mari, T. 1997. Caracterización geológica de los depósitos vulcanógeno-sedimentarios de la región Ciego-Camagüey-Tunas. Estudios sobre Geología de Cuba CNIG. IGP. Cuba. Pp 345-356.
- , Mishekurina, E. Y., Donet, P., Escobar, E. 2011. Exploración complementaria Oro Jacinto, veta El Limón Nuevo. ONRM. Inédito.
- , Mishekurina, E. Y. 2015. Identificación y cuantificación de una zona con contenido mayor o igual de 10 g/t de oro en los cuerpos minerales El Limón Nuevo y Beatriz, pertenecientes al sistema vetítico Jacinto. Memorias VI Convención Cuban de Ciencias de la Tierra. Cuba. ISSN 2307-499X.
- Proenza J, A., Melgarejo, L.C. 1998. Introducción a la metalogenia de Cuba bajo la perspectiva de la Tectónica de placas, Acta Geológica Hispánica. 33(1-4): 89-131.
- , Gervilla, F., Melgarejo, J. C. Reve, D., Rodríguez, G. 1998. Las cromititas ofiolíticas del yacimiento Mercedita (Cuba). Un ejemplo de cromitas ricas en Al en la zona de transición manto-corteza. Acta Geológica Hispánica. 33(1-4): 179-212.
- Ramdohr, P. 1980. The ore minerals and their intergrowths. Second Edition. Brithish Library Cataloguing in Publication Data. International series in earth sciences; vol. 35. ISBN. 0-08-0238017.
- Ribeiro, B. 2000. Minérios e ambiente. Campinas, SP. Unicamp. Brasil.
- Rodríguez, R., Santa Cruz Pacheco, M., Navarrete, M., Fonseca, E., Albear, J. F. 1997. Las cromititas podiformes en las ofiolitas de Cuba. Estudios sobre Geología de Cuba. CNDIG. Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba, ISBN 959-243-002-0 p 301-314.
- Romero, O., Oña, R., León S. 2011. Pronóstico de la mineralización de tipo Oro Orogénico en el Polígono San Martín (Sector Place-

- tas). ONRM. La Habana. Cuba.
- Rumiansev, G. 1971. Estudio microscópico de 30 secciones pulidas del depósito Santa Lucia: Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Inédito.
- Santa Cruz Pacheco, M. 1979. Estudio microscópico de 9 secciones pulidas del depósito Delita. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- , 1984. Descripciones de secciones pulidas del depósito Antoñica. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- , Hernández, N., Estrugo, M. 1985. Estudio de la composición sustancial de la muestra tecnológica del yacimiento magnetítico Concordia. Boletín Técnico Geología #2. CNDIG. IGP. MINBAS. Pg 13-16.
- , Díaz de Villalvilla, L., Palacios, B., Pérez, M., Milia, I. 1998. Estudio mineralógico petrográfico en la parte norte del sector Los Mangos del prospecto San Fernando. Provincia Villa Clara. ONRM. La Habana. Inédito.
- , M., Díaz de Villalvilla, L., Palacios, B., Pérez, M., Milia, I., Capote, C. 2001. Sobre la mineralogía y la petrología de un nuevo sector de mineralización VMSD encontrado al NW del depósito San Fernando. IV Congreso de Geología y Minería. CD ROM. ISBN 959-7117-10-X.
- , Díaz de Villalvilla, L., Capote, C., De la Nuez, D. 2003. Sobre la mineralogía, la petrología y la génesis del Pilar, un sector de mineralización epitermal aurífera del Arco Volcánico Cretácico Camagüeyano. V Congreso de Geología. CD ROM. ISBN 959-7117-11-8.
- , M. Estudio de 18 secciones pulidas del depósito Lela. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- , Llanes, A. I., García, I., Morales, A. 2003. Estudio mineralógico geoquímico del nuevo punto de sulfuro de Cu-Ni-Fe con Au y Ag acompañante. Majana. V Congreso Cubano de Geología y Minería. La Habana. Cuba. CD ROM. ISBN 959-7117-11-8.
- Shein, V. S. et al 1975. Tectónica de Cuba y su plataforma litoral en relación con su evaluación de las perspectivas petrogasíferas. Archivo ONRM.
- Segal, S., Crosta, S., 2011. Atlas de asociaciones paragenéticas de menas de la República de Argentina. Serie Publicaciones No 172. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires.
- Siivola, J., Schmid, R. List of Mineral Abbreviations. Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01.02.07. <http://www.bgs.ac.uk/scmr/home.html>
- Simón, G., Kesler, S., Rusell, N., Hall, C., Bell, D., Piñero, E. 1999. Epithermal Gold mineralization in an old Volcanic Arc: The Jacinto Deposit, Camagüey. District. Cuba. Economic Geology. Vol. 94. No. 4. Pp 487-506.
- Somin, M. Millán, G. 1981. Geology of the metamorphic complexes of Cuba. Nauka, Moscú, 218 pp.
- Sukar, K., Romero, O., Valdés, C. D., Gómez, M. A., Morejón, M., Ulloa, M. 2000. Petrología y geoquímica del magmatismo ácido medio de Cuba Central relacionado con la mineralización de Cu-Mo y sus metales acompañantes (Au-Ag). Instituto de Geología y Paleontología. MINBAS. La Habana. Cuba. Inédito
- Thayer, T. P. 1942. Chrome resources of Cuba. Geology Survey Bull. 935-A USA.
- Toledo, C. 2014. Determinación por microscopía electrónica del oro, electrum en el depósito El Pilar. Manuscrito del departamento de mineralogía y Petrología. IGP.
- , 2014. Determinación de la cobaltina, Au, Ag para el depósito Majana. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- , 2014. Determinación por microscopía electrónica de barrido de la argentita y el electrum en el depósito San Fernando. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito
- , 2014. Estudio por microscopía electrónica de mineral del oro en el depósito Castellanos, de wolframio (Hubnerita) y monacita en el depósito Lela, querargirita, hessita, clausthalita, oro, platino-paladio y bismutita en el depósito Matahambre. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito
- Torres- Zafra J. L., Moreiras J., Lavandero R., Montano, J. 2004. Reevaluación metalogénica del potencial de Recursos minerales de Oro, Plata y polimetálicos asociados en secuencias ricas en materia orgánica Pinar del Río.
- Townley, B. www.educarchile.cl/Portal.Herramientas/autoaprendizaje/tierra/modulo4/clase2/Texto/yasim.htm/
- Whitehead, R. E., Davies, J. F., Valdés-Nodarse, E. L., Díaz-Carmona, A. 1996. Economy Geology. v. 91 p.p 713-722.
- Yurpalov, O. 1975. Estructura Geológica Material y Génesis de las menas del yacimiento Santa Lucia (Cuba). Editorial Orbe, La Habana, 13p.p.
- Valdés, C. 1988. Descripción de 4 muestras de secciones pulidas del depósito Cobre Macagua. Información interna del Grupo de Mineralogía – Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana. Cuba. Inédito.
- Valdés – Nodarse, E., Fernández, R. Salinas, A., Quintas, R., Borges, E., Guerra, U., Díaz, O., Rodríguez, G., Fonseca, L. 1994. Informe modelo geológico del yacimiento Matahambre 1990-1993. Inédito p 88.
- , Díaz – Carmona, A. Whitehead, R. E., Davies, J. F. 1996. Mineralogical and Chemical Variations, Castellanos Shale-Hosted Zn-Pb-Ba Deposit, Northwestern Cuba. Economic Geology. Vol. 91. 1996. pp 713-722.
- , 1998. Pb – Zn “Sedex” deposits and their copper stock work roots, western Cuba. Mineralium Deposita. V 33, 560 – 567.

Anexo 1

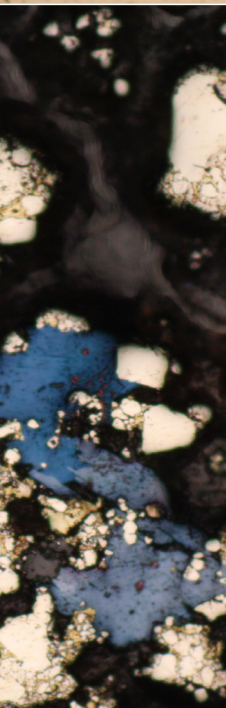
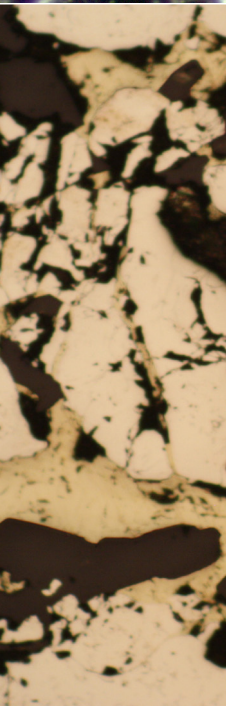
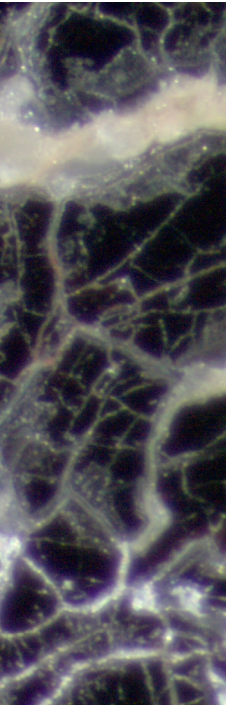
Localización de algunos yacimientos y manifestaciones de minerales metálicos de Cuba



Índice de fotomicrografías por mineral

altaita	117
antimonita	112
argentita	16-66
argentopirita	89
arsenopirita	60-87-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-135
aurocuprita	121
bismutita	101
bismuto nativo	139
bornita	64-67-88
boulangerita	107
burnonita	106
calcopirita	7-8-10-12-13-15-20-24-26-29-31-32-35-36-37-38-39-40-41-42-46-47-49-50-51-52-54-56-58-59-60-64-65-81-88-90-92-93-96-97-100-101-111-115-119-126-127-132-135-137-138
calcosina	52-138
clausthalita	98
cobaltina	92-118-128
covelina	12-15-33-50-52-64-67-113-138
criptomelano	101
cromita	1-2-3-4-5-123-125-132
cubanita	49-126-132
cuprita	53
digenita	12-32-33-43-100
electrum	63-122
esfalerita	8-24-26-38-42-46-56-58-59-60-62-65-78-79-80-81-82-83-84-85-87-89-93-94-110-112-137
espinela	123
estemberguita	85-89
ferberita	134
ferricromita	4
freibergita	95
galena	24-27-42-61-77-79-80-83-84-85-95-112
glaucodot	127
goethita	14-28-34-44-140
hematita	18-19-55
hessita	65-96
jamesonita	110
laurita	6
magnetita	11-13-14-17-18-19-22-23-40-53-54-55-120-125-131-133
manganita	102
marcasita	21-37-47-77-136

melnicovita	90
molibdenita	9-10
monacita	141
niquelina	116-117
oro	25-30-91-99-104-122-127-128-129
osmio	6
pentlandita	120
pirita	7-13-14-16-20-21-22-23-24-26-28-29-35-36-37-38-39-40-41-43-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-62-64-67-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-86-87-88-90-92-93-94-105-115-130-133-135-136
pirrotina	22-80-86-94-115-119-125-126-127-130-131-132-133-135
platino-paladio	99
querargirita	97
rancierita	102
teluro bismutita	31
tenantita	63-89
tetraedrita	62-107
todorokita	101-102
valleriita	119-127
violarita	5



El Atlas de Menas Metálicas de Cuba, único y primer material de su tipo en Cuba, es resultado de una investigación de dos años del Colectivo de Autores del Departamento de Mineralogía y Petrografía del Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba. Para su realización se utilizaron técnicas eficaces y novedosas, aplicadas por un personal altamente calificado, a más de 1300 muestras pertenecientes a 14 depósitos y 4 manifestaciones.

Material imprescindible para el trabajo de entidades investigativas, productivas y docentes, es un atlas fotográfico comentado, que de manera abarcadora y actualizada, trata sobre el estudio de las menas de los depósitos minerales metálicos cubanos y facilitará su diagnóstico, sirviendo además, como material didáctico docente y como aporte de elementos específicos que puedan servir al proceso tecnológico que demanda el aprovechamiento industrial de cada tipo y subtipo de menas.

Es una obra científica de carácter aplicado y de gran impacto en diversas ramas de la economía y los servicios, que demuestra, no solo el valor científico- técnico del IGP y de sus especialistas, sino también subraya el valor práctico de su misión social como institución en nuestra sociedad.

ISBN: 978-959-7117-64-3

