



Universitat Autònoma de Barcelona

Mineralogía y Tipología del Depósito de Hg-Sb del Valle del Azogue (Almería, España)

Rubén Gutiérrez Martín

Memoria supervisada por:

Dr. Esteve Cardellach López

Unidad de Cristalografía y Mineralogía

Departamento de Geología

Universidad Autònoma de Barcelona

Cerdanyola del Vallès, 13 de junio de 2014

Mineralogía y Tipología del Depósito de Hg-Sb del Valle del Azogue (Almería, España)

Rubén Gutiérrez Martín¹

¹*Departamento de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain*

Resumen

El yacimiento del Valle del Azogue se encuentra ubicado en Sierra Almagrera (provincia de Almería). El yacimiento se encaja en rocas de edad Permo-Triásica del Complejo Nevado-Filábride, perteneciente al Dominio Cortical de Alborán. El yacimiento presenta la siguiente mineralogía: barita, cuarzo, metacinnabrio, estibina, dolomita, calcita, pirita o marcasita, esfalerita, celestina y materia orgánica. Las texturas del cuarzo observadas son: en abanico, laminar fantasma y en rompecabezas. La textura en abanico es una textura de cuarzo primario, en cambio, las texturas laminar fantasma y en rompecabezas indican unas condiciones de reemplazamiento y de recristalización respectivamente. Tanto la paragénesis como las texturas observadas son compatibles con las definidas en yacimientos epitermales de baja sulfuración.

Palabras clave: Valle del Azogue, Sierra Almagrera, Metacinnabrio, Epitermal.

Resum

El jaciment del Valle del Azogue es troba situat en Sierra Almagrera (província d'Almería). El jaciment es situa en roques d'edat Permotriàsiques del Complex del Nevado-Filábride, pertanyent al Domini Cortical del Alborán. El jaciment presenta la següent mineralogia: barita, quars, metacinnabri, estibina, dolomita, calcita, pirita o marcassita, esfalerita, celestina i matèria orgànica. Les textures del quars observades són: en ventall, laminar fantasma i en trencaclosques. La textura en ventall és una textura de quars primari, en canvi, les textures laminar fantasma i en trencaclosques indiquen unes condicions de reemplaçament i de recristal·lització respectivament. Tant la paragénesis com les textures observades són compatibles amb les definides en jaciments epitermals de baixa sulfuració.

Paraules clau: Valle del Azogue, Sierra Almagrera, Metacinnabri, Epitermal.

Abstract

The Azogue Valley is located in Sierra Almagrera (Almeria province). The deposit is enclosed within Permo-Triassic age rocks of the Nevado-Filabride complex, belonging to the Alboran Crustal Complex Domain. The mineralization has the following mineralogy: barite, quartz, metacinnabar, stibnite, dolomite, calcite, pyrite or marcasite, sphalerite, celestine and organic matter. The textures of quartz are observed: spheroidal crystallization, lattice bladed and jigsaw-quartz. Spheroidal crystallization is a texture of primary quartz, however, lattice bladed and jigsaw-quartz textures indicate conditions of replacement and

recrystallization respectively. Both assemblages as observed textures are compatible with those defined in low sulfidation epithermal deposits.

Key words: Azogue Valley, Sierra Almagrera, metacinnabar, Epithermal.

1. Introducción

Los primeros estudios realizados en base a la mineralización del Valle del Azogue (Viladevall *et al.*, 1999) sugieren un yacimiento de Hg formado por influencias geotermales. Los estudios más recientes (Viladevall *et al.*, 1999; Navarro *et al.*, 2000; Mendoza *et al.*, 2006) definen el depósito del Valle del Azogue como un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

Este tipo de depósitos están controlados por fallas de escala regional (Camprubí *et al.*, 2006). Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la actividad hidrotermal.

Sillitoe (1977) distinguió entre dos tipos principales de depósitos epitermales: ácidos y alcalinos. Hedenquist (1987) sin embargo, utilizó la denominación *alta sulfuración* y *baja sulfuración* que fue propuesta en base al estado de oxidación-reducción del azufre en los fluidos de sistemas geotérmicos. Los de *alta sulfuración* se originan a partir de fluidos de carácter oxidado y de pH ácido (azufre en estado de oxidación +6 o +4). Los de *baja sulfuración* se originan a partir de fluidos reducidos y de pH aproximadamente neutro (en los que el azufre se presenta con su estado de oxidación de -2).

Hedenquist *et al.*, 2000; Einaudi *et al.*, 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003; han introducido el término *sulfuración*

intermedia. Los depósitos de *sulfuración intermedia* son estructuralmente muy similares a los de baja sulfuración, aunque las características geoquímicas de los fluidos mineralizantes asociados y de las mineralizaciones metálicas en sulfuración intermedia suele guardar una mayor afinidad con los depósitos de alta sulfuración (Einaudi *et al.*, 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003).

Las características principales de los epitermales y alcalinos están resumidas en forma de tabla por Camprubí *et al.* (2003) aunque, debido al cambio de denominación en sus tipos, cabría sustituir en dicha tabla “baja sulfuración” por “epitermales alcalinos” o “sulfuración baja+intermedia”.

Este trabajo es especialmente importante ya que la zona ha estado poco estudiada en cuanto a su mineralogía y tipología se refiere. Los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Reconocer el ambiente geológico de la zona.
- Realizar una descripción mineralógica y textural (del cuarzo) del depósito.
- Caracterizar tipológicamente el yacimiento.

2. Marco Geológico

El depósito de mercurio del Valle del Azogue se encuentra ubicado en Sierra Almagrera, provincia de Almería, al SE de España (Figura 1). La mineralización está encajada en rocas de edad Permo-Triásicas del Complejo Nevado-Filábride, aprovechando fallas de dirección NE-SW y N-S asociadas a la zona de fallas sinistral de Terreros (Booth-Rea *et al.*, 2004).

En superficie la mineralización consiste en filones de orden centimétrico a métrico encajado en brechas hidrotermales del Complejo Nevado-Filábride que cambia en profundidad, a menos de 100 metros, a una mineralización del tipo “stockwork”

(Martínez *et al.*, 1997).

El área se caracteriza por la presencia de cuencas sedimentarias del Neógeno al Cuaternario que se han depositado sobre cubetas asociadas al basamento metamórfico e intrusiones volcánicas del Mioceno medio. Este basamento metamórfico pertenece al dominio cortical del Alborán (Booth Rea, 2001), que se ha dividido tradicionalmente en tres complejos metamórficos, que son en orden ascendente: los Complejos Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide.

Las cuencas del Neógeno se formaron durante la tectónica extensional del Mioceno temprano y medio, están compuestas principalmente por sedimentos marinos con edades que van desde el Mioceno temprano al Cuaternario (Booth-Rea *et al.*, 2004). La tectónica extensional del Mioceno temprano y medio facilitó la intrusión de rocas volcánicas, las cuales probablemente aportaron el calor de los fluidos mineralizantes en la formación de los yacimientos metalíferos del área.

Las estructuras dominantes son las fallas tipo *strike-slip*, estas son la Falla de Palomares (Booth Rea *et al.*, 2003), la Falla del Arteal, y la Falla de Terreros, activas

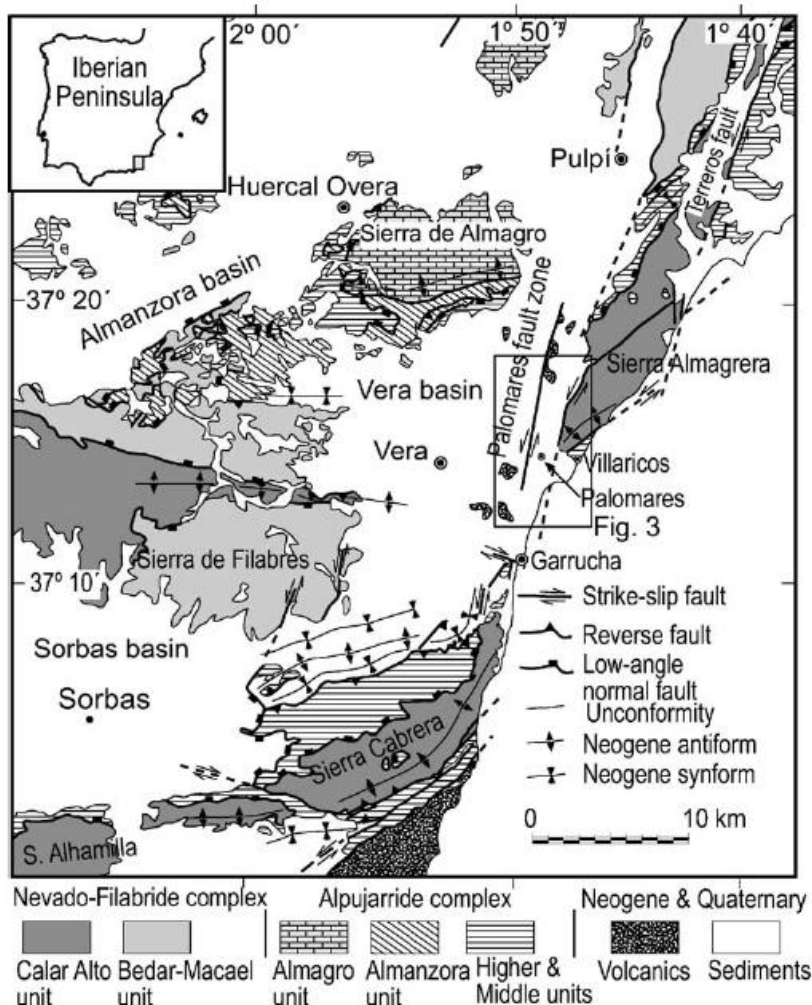


Figura 1. Mapa tectónico del SE de las Béticas. Booth Rea *et al.* (2003).

durante el Neógeno tardío y el Cuaternario, todas con dirección dominante NE/SW.

El Complejo Nevado-Filábride ocupa la posición estructural más baja del Dominio Cortical del Alborán. Este complejo está formado por una sucesión de esquistos grafitosos y cuarcitas de edad pre-Pérmica (Booth Rea, 2001); una secuencia de metapelitas y metasammitas de tonos claros de posible edad Permo-Triásica y una formación carbonatada de edad Triásica a Cretácea. Incluidos en estas unidades hay intrusiones de ortogneises pérmicos y de metabasitas Jurásicas.

La foliación principal (S_2) asociada a pliegues isoclinales y subparalela al bandeo litológico se formó bajo condiciones de esquistos verdes y bajo facies de anfibolitas, pero hay unidades que conservan paragénesis relictas de alta presión con glaucófana en esquistos azules y onfacita + granate en eclogitas (Booth Rea, 2001). La foliación S_1 se conserva en las charnelas de pliegues S_2 y en algunos porfidoblastos.

Tubía *et al.* (1992) establecen una división en tres grupos de unidades: Alpujárrides Inferiores, Intermedios y Superiores. Los Alpujárrides Inferiores presentan un metamorfismo de bajo grado, los Alpujárrides Intermedios presentan un metamorfismo de grado medio a alto y los Alpujárrides Superiores se caracterizan por presentar las peridotitas de Ronda a su base y por presentar metamorfismo de

grado muy alto en la base de la sucesión metapelítica.

Si confeccionamos una unidad tipo Alpujárride estaría constituida en orden ascendente por una formación de esquistos de grano fino y cuarcitas de colores claros de edad Permo-Triásica y por una formación carbonatada datada como Triásico medio y superior (Booth Rea, 2001). A la base de las unidades de posición más alta afloran esquistos grafitosos de posible edad paleozoica sobre una sucesión de gneises.

En los términos basales de las unidades más altas, el metamorfismo se desarrolló bajo facies eclogíticas (Booth Rea, 2001). Este evento metamórfico y en general el metamorfismo que afecta al Complejo Alpujárride se ha relacionado con la superposición del Complejo Maláguide sobre el Alpujárride.

El Complejo Maláguide ocupa la posición más alta de los complejos del Dominio Cortical del Alborán recubriendo completamente a los complejos anteriores.

El basamento de este complejo ha registrado un metamorfismo de bajo grado atribuido a la Orogenia Hercínica, en cambio la cobertera mesozoica y terciaria no ha sufrido metamorfismo.

En este trabajo se utilizará la clasificación propuesta por Booth Rea (2001), esta es: Complejos Maláguides Inferiores y Complejos Maláguides Superiores.

El Complejo Maláguide Inferior solo aflora en las Béticas Orientales y se caracteriza por haber sufrido un metamorfismo alpino de muy bajo grado y por no mostrar formaciones pre-Pérmicas ni post-Triásicas.

El Complejo Inferior estaría formado por cuarcitas, filitas, dolomías, pizarras, microconglomerados y algunos niveles de yesos de edad Permo-Triásica.

Sobre esta formación hay rocas carbonáticas de edad Triásica, formada de muro a techo por calcofilitas, dolomías, yesos, dolomías y calizas tableadas.

Las Unidades Maláguides Superiores se caracterizan porque sus sucesiones Permo-Triásicas solo han sufrido diagénesis, tienen un Zócalo Paleozoico que ha sufrido metamorfismo de muy bajo grado durante la Orogenia Varísca y están cubiertas por una cobertera post-Triásica que incluye términos desde el Jurásico hasta el Oligoceno (Booth Rea, 2001).

Las Unidades Maláguides Superiores están constituidas por pizarras, grauvacas, conglomerados, areniscas, lutitas, yesos y dolomías. En esta unidad se han identificado graptolites, conodontos y tintínidos característicos del Silúrico (Booth Rea, 2001).

3. Muestras y Metodología

Para la realización de este proyecto hemos contado con 5 muestras de la mineralización del Valle del Azogue (Figura 2). De estas cinco muestras, se han

realizado 6 láminas delgadas pulidas: 2 láminas de la muestra DOL-AZ, 1 lámina de QTZ, 1 lámina de AZ-1, 1 lámina de AZ-3 y 1 lámina de AZ-4.





Figura 2. Muestras de las rocas del Valle del Azogue.

El proceso que se ha realizado para llevar a cabo el proyecto ha consistido en un estudio descriptivo de la mineralogía y de las texturas del cuarzo presentes en las láminas. Para ello se ha utilizado el microscopio Nikon Eclipse E400 POL.

Otro microscopio utilizado es el microscopio electrónico de barrido, más conocido por sus siglas en inglés como SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy with X-ray microanalysis*). El modelo utilizado ha sido un Zeiss Evo® MA 10 con detector EDS Oxford INCA (Figura 3).

También se han escaneado las láminas delgadas utilizando para ello el escáner EPSON PERFECTION 4990 PHOTO y se

han realizado diferentes fotografías a los minerales con la cámara Nikon Digital Sight DS-U3.

La muestra DOL-AZ fue teñida con rojo alizarina y ferrocianuro potásico.



Figura 3. SEM-EDS Zeiss EVO MA 10.

Para finalizar, y no por ello menos importante, se ha realizado una recopilación bibliográfica de la zona de la mineralización para conocer la geología regional donde se emplaza el yacimiento.

4. Resultados obtenidos

La mineralogía descrita en las láminas estudiadas es: barita (BaSO_4), cuarzo (SiO_2), metacianabrio (HgS), estibina (Sb_2S_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), calcita (CaCO_3), pirita o marcasita (FeS_2), esfalerita (ZnS), celestina (SrSO_4) y materia orgánica.

Ninguno de estos minerales presenta características peculiares más allá de las que le son propias del mineral.

En la literatura se ha definido la presencia de cinabrio pero en las muestras estudiadas no se ha encontrado dicho mineral y sí se ha encontrado la variante cúbica denominada metacianabrio.

El resultado de la tinción con rojo alizarina y ferrocianuro potásico da un color rosado-rojizo.

A continuación se hará una descripción mineralógica por cada lámina observada:

Láminas DOL-AZ

En esta lámina se puede observar cristales de dolomita y venas de calcita rellenas de las diversas fracturas de la roca. También hay una vena de sílice y múltiples estilolitos.

Lámina QTZ

Esta es sin duda la lámina de mayor importancia de todas las estudiadas. En ella encontramos cristales de barita (Figura 4), cuarzo y metacianabrio (Figura 5).

La barita se presenta con cristales euhedrales y aciculares. El cuarzo presenta cristales subhédricos y euhédricos.

Lo interesante de esta lámina son las texturas del cuarzo-sílice. Estas son: textura en abanico (Figura 6a y 6b), textura laminar fantasma (Figura 7) y textura en rompecabezas (Figura 8).

Lámina AZ-1

En esta lámina podemos observar estibina, barita, pirita o marcasita y cuarzo (Figura 9).

Lámina AZ-3

En esta lámina encontramos barita, estibina y cuarzo. Como novedad tenemos la presencia de pequeñas cantidades de esfalerita y celestina. En esta lámina no hay presencia de metacianabrio ni de pirita/marcasita.

Lámina AZ-4

En esta lámina encontramos barita (Figura 10), metacianabrio, cuarzo, pirita y materia orgánica.

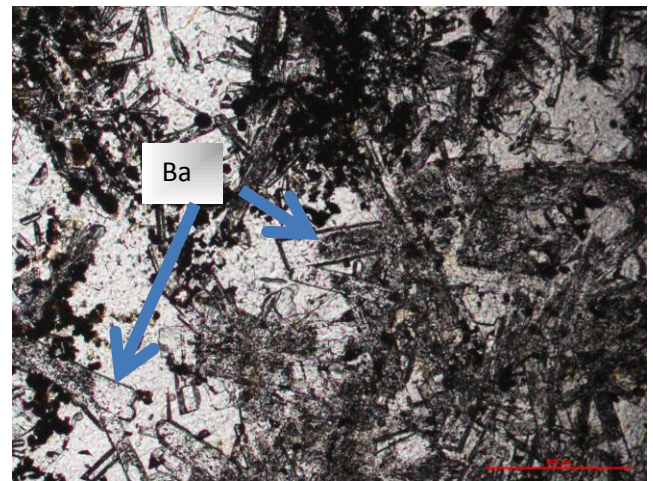


Figura 4. Cristales aciculares de Barita.

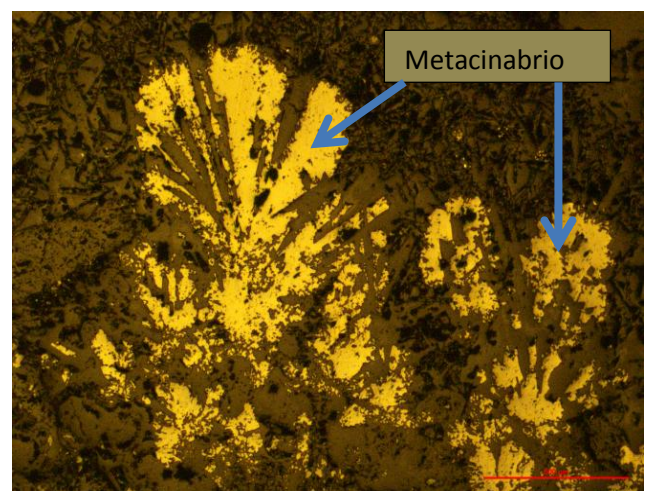


Figura 5. Metacianabrio.

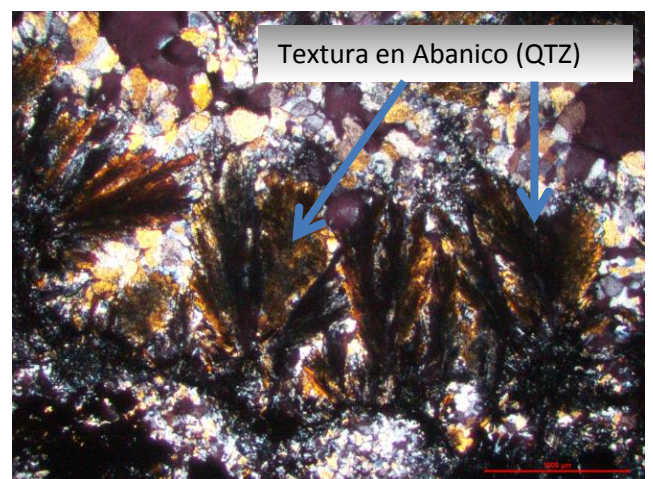




Figura 6. A (arriba): textura en abanico del cuarzo con nícoles cruzados. B (abajo): igual que A pero con nícoles paralelos.

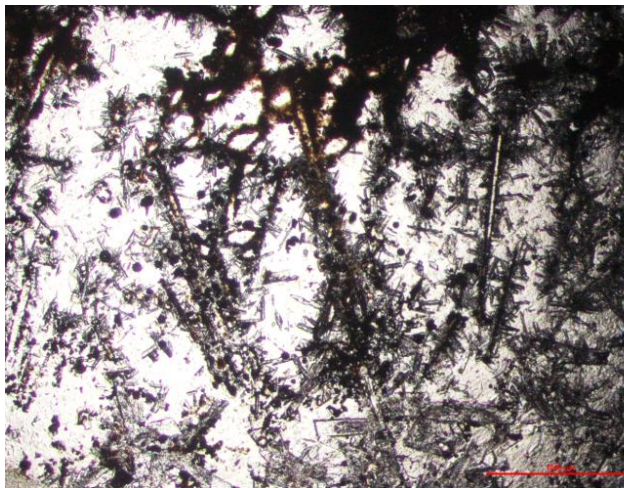


Figura 7. Textura Laminar Fantasma.

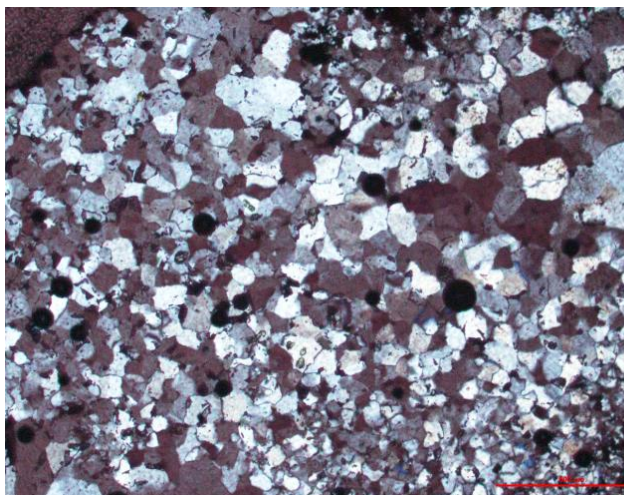


Figura 8. Textura en Rompecabezas.

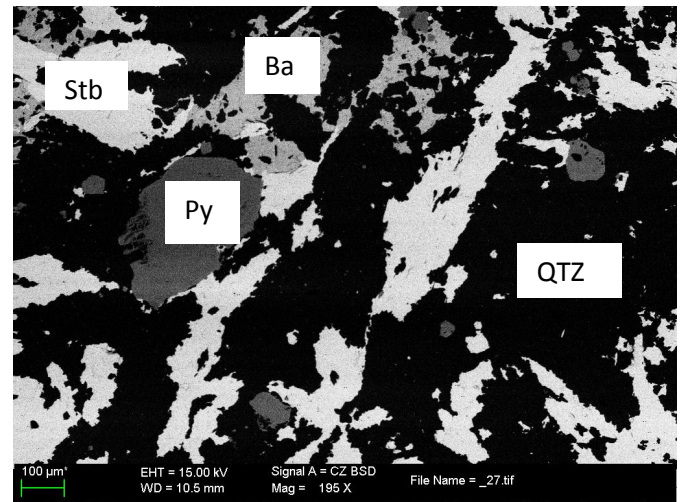


Figura 9. Imagen del SEM-EDS donde podemos observar Estibina (Stb), Barita (Ba), Pirita (Py) y el fondo negro sería el Cuarzo (QTZ).

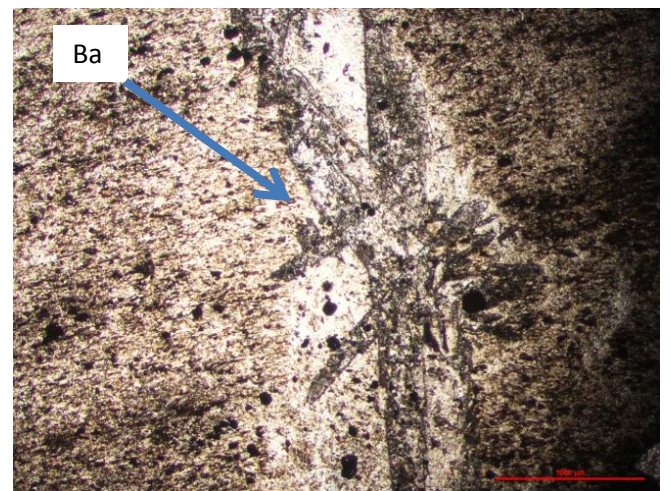


Figura 10. Cristales de Barita intercrecidos entre si.

La Pirita existente es framboidal asociada a la misma roca encajante (Figura 11).

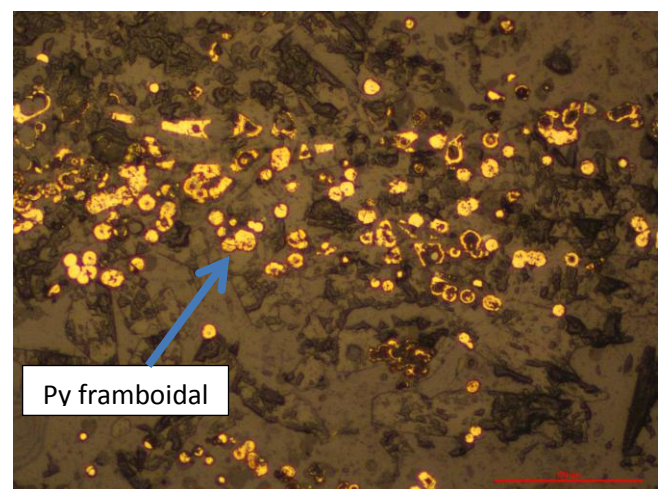


Figura 11. Pirita framboidal.

A continuación se añaden los gráficos realizados por el SEM-EDS (Figura 12):

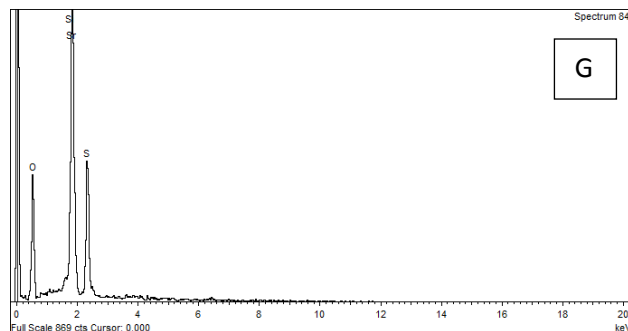
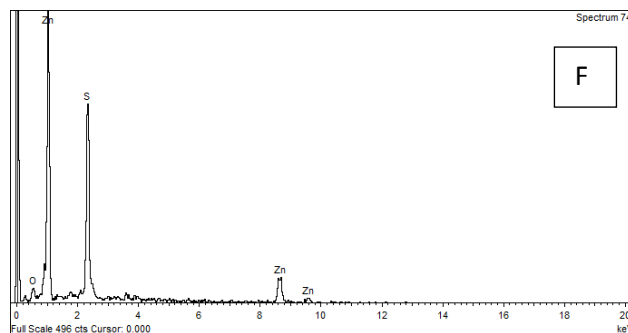
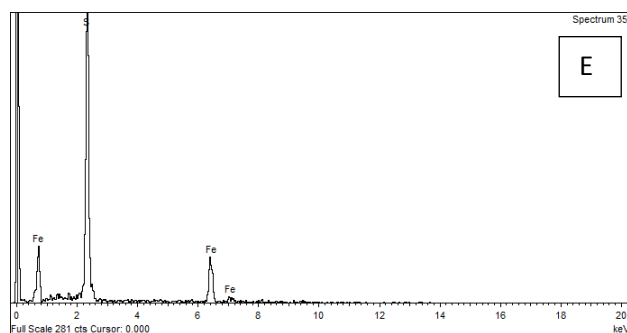
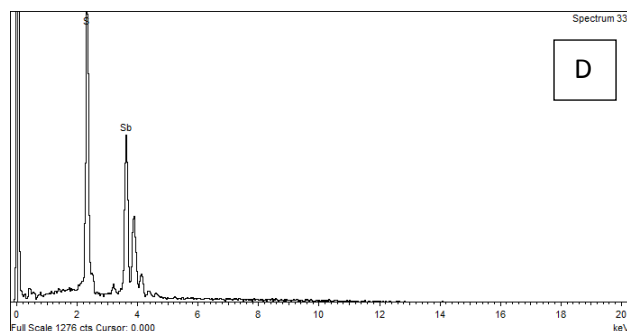
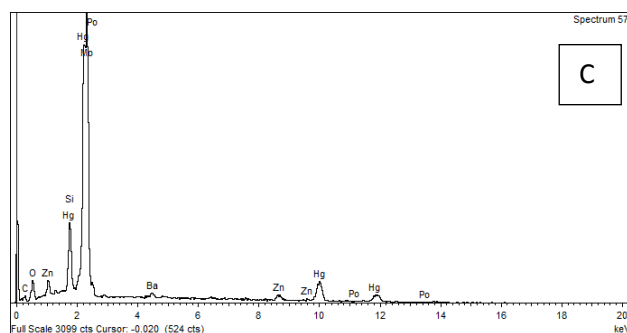
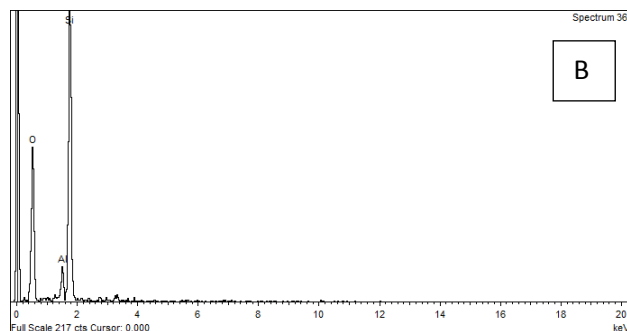
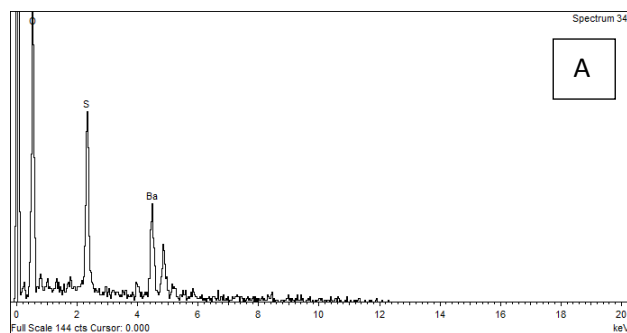


Figura 12. Espectros de los minerales observados en el SEM-EDS. A: Barita. B: Cuarzo. C: Metacinnabrio. D: Estibina. E: Pirita o Marcasita. F: Esfalerita. G: Celestina.

5. Discusión de los resultados

El color rojizo de la tinción de la muestra con rojo alizarina y ferrocianuro potásico indica que la muestra es calcita. La parte no teñida es dolomita (Gómez-Gras, 1999).

Los estilolitos representan el proceso de compactación (disolución por presión) en los procesos diagenéticos.

El metacinnabrio tiene como fórmula química HgS , igual que el cinabrio y que el hipercinnabrio, cristalizando en el sistema cúbico a diferencia de los otros dos. En su fórmula química acepta Zn sustituyendo al Hg como así lo refleja el estudio de Viñals *et al.* (1990).

La textura en abanico del cuarzo es un tipo de estructura primaria del cuarzo. En concreto pertenece al subgrupo de textura en cresta.

Cada cristal crece radialmente a partir de un núcleo de cuarzo micro-cristalino e interfiere con los de alrededor. La extinción

global del conjunto es ondulante (Demoustier *et al.*, 1998).

La textura en rompecabezas es una textura de recristalización del cuarzo (Demoustier *et al.*, 1998; Dong *et al.*, 1995). Esta textura también es conocida como *jigsaw-quartz* o textura en puzle y se caracteriza por cristales de cuarzo microcristalino cuyos contornos son muy irregulares e imbricados.

La textura laminar fantasma es una textura de reemplazamiento. Esta textura se caracteriza por estar compuesta por fantasmas de calcita o barita incluidos en una masa de cuarzo cristalino.

Resulta de un reemplazamiento por cuarzo seudomórfico o de sustitución de otros minerales respetando la morfología inicial tabular en el caso de la barita, laminar si se trata de la calcita.

El cuarzo seudomórfico empieza a crecer sobre cristales de cuarzo existentes del entorno, con la misma orientación cristalográfica. Después del reemplazamiento, los cristales originales de barita o calcita solo se perciben por la concentración de impurezas insolubles, que delinean sus contornos.

A continuación se presenta un cuadro con la paragénesis mineral del yacimiento.

Minerales	Pre-Ore	Ore Stage
Calcita	————	
Dolomita	————	
Barita		■■■■■
Cuarzo		■■■■■
Metacinnabrio		————
Estibina		————
Pirita/Marcasita	————	
Esfalerita		————
Celestina		————

Figura 13. Paragénesis de la mineralización.

6. Conclusiones

El área geológica se caracteriza por un basamento de materiales del Paleozoico-Mesozoico distribuidos en tres complejos metamórficos que en orden ascendente son: Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide formando el Dominio Cortical del Alborán.

El yacimiento del Valle del Azogue se encuentra encajado en rocas Permo-Triásicas del Complejo Nevado-Filábride aprovechando fallas de dirección NE-SW y N-S asociadas a la zona de falla sinistral de Terreros activa durante el Neógeno tardío y el Cuaternario.

La tectónica extensional del Mioceno temprano y medio facilitó la intrusión de rocas volcánicas, las cuales probablemente aportaron el calor de los fluidos mineralizantes en la formación de los yacimientos metalíferos del área.

Tanto la paragénesis (barita, cuarzo, metacinnabrio, estibina, calcita y dolomita, pirita o marcasita, esfalerita y celestina) como las texturas observadas (textura en abanico, textura laminar fantasma y textura en rompecabezas) son compatibles con las definidas en yacimientos epitermales de baja sulfuración.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Dr. Esteve Cardellach López por su ayuda en la elaboración de esta memoria ya que sin él no hubiera sido posible.

También quiero agradecer a Andrés Navarro Flores, profesor en la Universidad Politécnica de Cataluña por la aportación de las rocas para la realización del trabajo.

Agradecer también al doctorando Dídac Navarro toda su ayuda aportada durante la realización del trabajo sobretodo en la parte de reconocimiento mineral.

Y dar las gracias a todos aquellos que sin querer me estoy olvidando de ellos, así que gracias a todos por ayudar a construir este proyecto.

Bibliografía

Booth Rea, Guillermo. (2001). Tectónica Cenozoica En El Dominio Cortical De Alborán. Tesis Doctoral. Granada. p1-264.

Booth-Rea, Guillermo., Azañón, José Miguel., García-Dueñas, Víctor., Augier, Romain. (2003). Uppermost Tortonian to Quaternary depocentre migration related with segmentation of the strike-slip Palomares Fault Zone, Vera Basin (SE Spain). *C. R. Geoscience*. Vol. 335. p751-761.

Booth Rea, Guillermo., Azañón, J. M., Martínez-Martínez, J. M., Vidal. O., García-Dueñas, V. (2003). Análisis estructural y evolución tectonometamórfica del basamento de las cuencas Neógenas de Vera y Huerca-Overa, Béticas Orientales. *Rev.Soc.Geol.España*, 16. p193-211.

Booth Rea, Guillermo., Azañón, José Miguel., Azor, Antonio., García-Dueñas, Víctor. (2004). Influence of strike-slip fault segmentation on drainage evolution and topography. A case study: the Palomares Fault Zone (southeastern Betics, Spain). *Journal of Structural Geology* 26. p1615-1632.

Booth Rea, Guillermo., Azañón, José Miguel., García-Dueñas, Víctor. (2004). Extensional tectonics in the northeastern Betics (SE Spain): case study of extension in a multilayered upper crust with contrasting rheologies. *Journal of Structural Geology*. Vol. 26. p2039-2058.

Camprubí, Antoni., González-Partida, Eduardo., Levresse, Gilles., Tritlla, Jordi., Carrillo-Chávez, Alejandro. (2003). Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Núm. 1. p10-18.

Camprubí, Antoni., Albinson, Tawn. (2006). Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Núm. 4. p27-81.

Demoustier, A., Castroviejo, R., Charlet, J. M. (1998). Clasificación textural del cuarzo epitermal (Au-Ag) de relleno filoniano del área volcánica de Cabo de Gata, Almería. *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 109-5 y 6. p29-48.

Dong, Guoyi., Morrison, Gregg., Jaireth, Subhash. (1995). Quartz textures in epithermal veins, Queensland-Classification, Origin, and Implication. *Economic Geology*. Vol. 90. p1841-1856.

Einaudi, Marco T., Hedenquist, Jeffrey W., Esra Inan, E. (2003). Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments. *Society of Economic Geologist*. p1-50.

Gómez-Gras, David. (1999). Petrologia sedimentària de roques detrítiques. Manual de practiques de laboratori. Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions. P1-74.

Hedenquist, J. W. (1987). Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin, in *Transactions 4th Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference*. Singapore. p1-26.

Hedenquist, J. W., Arribas, A. Jr., Urien-González, E. (2000). Exploration for epithermal gold deposits. *Reviews in Economic Geology*, 13. p245-277.

Martínez-Frías, Jesús., Navarro Flores, Andrés., Lunar Hernández, Rosario. (1997). First reference of pyrite framboids in a Hg-Sb mineralization: The Valle del Azogue mineral deposit (SE Spain). *N. Jb. Miner. Mh*. p175-184.

Mendoza F, José L., Navarro, Andrés., Cuitiño, Lucía. (2006). Nueva interpretación metalogenética del yacimiento de mercurio del Valle del Azogue (Almería), España. P1-4.

Navarro, A., Martínez, J., Font, X., Viladevall, M. (2000). Modeling of modern mercury vapor transport in an ancient hydrothermal system: environmental and geochemical implications. *Applied Geochemistry*, Vol. 15 (3): p281-294.

Sillitoe, R. H. (1977). Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review, in *Volcanic processes in ore genesis*. Institution of

Mining and Metallurgy-Geological Society of London. p99-116.

Sillitoe, Richard H., Hedenquist, Jeffrey W. (2003). Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. Society of Economic Geologists. p1-29.

Tubía, J. M., Cuevas, J., Navarro-Vilá, F., Álvarez, F., Aldaya, F. (1992). Tectonic evolution of the Alpujarride Complex (Betic Cordillera, Southern Spain). Journal of Structural Geology, 14. p193-203.

Viladevall, M., Font, X., Navarro, A. (1999). Geochemical mercury survey in the Azogue Valley (Betic Area, SE Spain). Journal of Geochemical Exploration. Vol. 66. p27-35.

Viñals Olià, Juan., Curto Milà, Carles., Núñez Álvarez, Carlos. (1990). Sobre la presencia de sulfuro de mercurio cúbico (Metacinabrio) en el distrito minero de Almadén (Ciudad Real, España). Treb. Mus. Geol. Barcelona, 1. p209-218.