



INCLUSIONES FLUIDAS EN LAS MINAS EL ENTREDICHO Y LAS CUEVAS, DISTRITO MINERO DE MERCURIO, ALMADÉN, ESPAÑA.

COLLAO, S.¹ HIGUERAS, P.² ROCHA, M.¹ JARA, S.¹ DÍAZ, J.¹

¹Departamento de Ciencias de la Tierra, Casilla 160-C, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

²Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Universidad Castilla La Mancha, Plaza M. Meca 1, 13400 Almadén, España.

RESUMEN

El distrito Almadén es la concentración más grande de mercurio conocida en el mundo, con alrededor de 250 000 t de mercurio, lo que implica casi un tercio de las reservas totales de este elemento en la Tierra.

Los depósitos de mercurio de Almadén han sido clasificados en dos tipos principales: tipo 1, menas tempranas estratiformes caracterizadas por la depositación de cinabrio hospedadas en la secuencia denominada Cuarcita de Criadero de edad Silúrico Inferior y tipo 2, cuerpos discordantes, hospedados o relacionados a diatremas del Silúrico Superior. Al tipo 1, corresponde la mina El Entredicho, con depositación de cinabrio durante la diagénesis, pero relacionada, con la circulación hidrotermal. Al tipo 2, corresponde la mina Las Cuevas, como depósito discordante (venas, stockwork, reemplazamientos masivos), relacionado a roca volcánica denominada “frailesca”.

En los dos depósitos, se efectuaron estudios de inclusiones fluidas, hospedadas esencialmente en cuarzo y ocasionalmente en cinabrio, determinándose características muy similares en el tipo de inclusiones (bifásicas enriquecidas en líquido, L+V) y mediciones microtermométricas, de inclusiones de paragénesis primarias, como pseudosecundarias. A pesar, de provenir de dos depósitos de distinto origen, los valores de temperatura de homogenización (TH), en ambos casos, muestran medias limitadas en el rango entre 203 °C a 228 °C, tanto en inclusiones primarias como pseudosecundarias, con baja salinidad del fluido, el cual, oscila entre 0.4 % 16.4 % en peso de NaCl equivalente. Estos datos, que complementan estudios anteriores, expresan que los fluidos responsables de la mineralización de estas minas, corresponden esencialmente al sistema H₂O-NaCl y se habrían formado bajo condiciones de temperatura que imperan en sistemas epitermales o hidrotermales exhalativos, en los que no se descarta la acción de metamorfismo regional.

INTRODUCCIÓN

El distrito Almadén se ubica en España, en la parte central de la península Ibérica, 300 km al sur de Madrid y yace en el sector meridional de la Zona Centroibérica, del Macizo Hesperiano (Julivert y otros, 1972; Dallmeyer y Martínez García, 1991) (figura 1).

Se estima que Almadén ha producido aproximadamente la tercera parte del mercurio consumido por la humanidad, habiéndose extraído de sus minas unos siete millones y medio de frascos (un frasco de mercurio contiene 34,5 kg de metal). De este modo, corresponde a la concentración más grande de mercurio en el mundo, con un contenido total de alrededor de 250.000 t de mercurio.

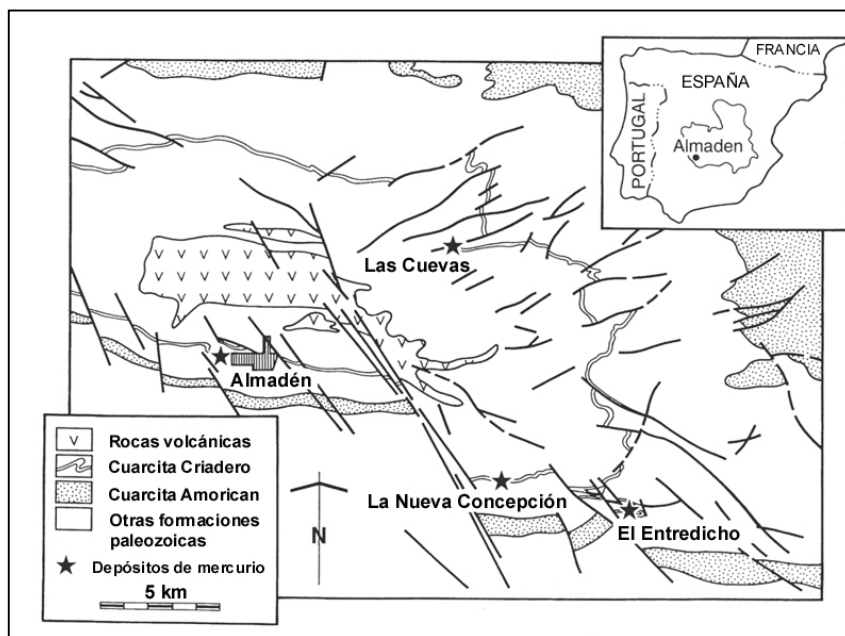


Figura 1. Ubicación de los principales depósitos productores de mercurio del distrito de Almadén en la Península Ibérica. Tomado de Hernández y otros, 1999.

Sin embargo, a pesar de ser ampliamente explotado, todavía es insuficiente el conocimiento acerca de su génesis, siendo uno de los objetivos de este trabajo, el aportar más antecedentes referente a las condiciones de formación de estos depósitos mediante la aplicación de inclusiones fluidas. Este estudio, constituye parte de un convenio de colaboración, que se efectúa entre el Departamento de Ingeniería Geológica y Minera de la Universidad Castilla-La Mancha y el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción. Las muestras se tomaron durante una estada como Profesor Invitado, gracias a la gestión del Profesor Pablo Higuera. Los datos de microtermometría, se obtuvieron en la parte práctica del curso “Seminario de Inclusiones Fluidas” en el Laboratorio de Microtermometría del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, con los demás coautores de esta investigación.

METODOLOGÍA

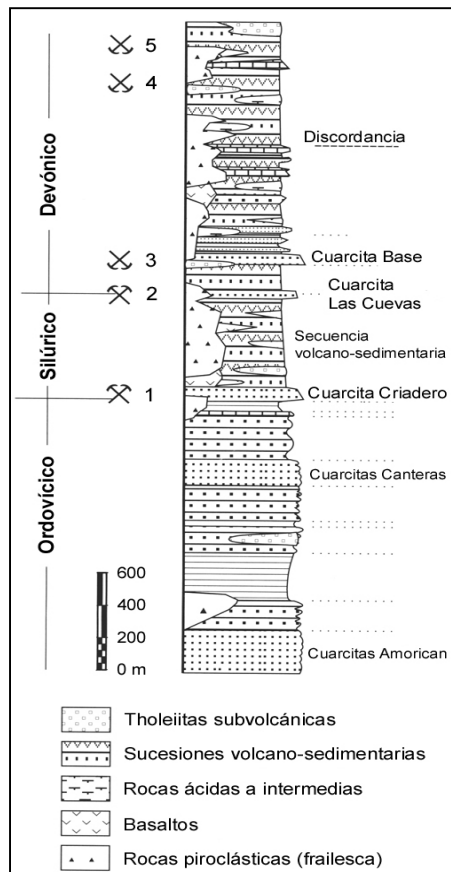
Los minerales no metálicos hospedadores de inclusiones fluidas, se investigaron con un microscopio Olympus, modelo BX-40, mediante la observación con luz transmitida.

Las medidas microtermométricas en secciones pulido-transparentes fueron efectuadas en una platina calentadora-enfriadora marca Linkam (descripción en Shepherd, 1981), modelo TP - 92. La observación y medidas se efectuaron con un microscopio Nikon Optiphot. Las mediciones realizadas en la platina, se corrigieron en hasta 3°C, previa calibración con agua bidestilada.

Los parámetros microtermométricos determinados, fueron la temperatura de homogeneización (TH) y la temperatura de depresión final del congelamiento de la fase fluida (Tfh). En total se ejecutaron 105 mediciones de TH y 84 de Tfh. La temperatura de homogeneización, se obtuvo, en la totalidad de los casos, por la desaparición final de la fase gaseosa pasando a líquido (TH1). La temperatura de homogeneización medida, no es equivalente con la temperatura de atrapamiento.

La concentración de la salinidad del fluido de las inclusiones expresada en porcentaje en peso de NaCl equivalente fue determinada de tabla standard que permite una ligera corrección de valores obtenidos según las ecuaciones de Potter y otros (1978), haciendo uso de los datos de desaparición, por fusión, del congelamiento final del fluido de las inclusiones bifásicas.

El análisis microscópico y las medidas microtermométricas se realizaron en los laboratorios de Microscopía y Microtermometría del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción. El procesamiento estadístico y la interpretación de la información se realizó utilizando el software computacional Statistica.



MARCO GEOLÓGICO

En el área de Almadén se han reconocido tres ciclos de depositación, que cronológicamente se sitúan en: Precámbrico, Paleozoico y Cenozoico.

Las formaciones precámbricas comprenden unidades muy gruesas (>8000 m) de grauwacas y lutitas de edad Ripheano, y variables facies de plataforma (sobre 1000 m de espesor) de edad Vendiano. Un gran sinclinorio Paleozoico sobreyace a las rocas del basamento Precámbrico y es allí donde toda la mineralización de mercurio ha sido encontrada.

Figura 2: Columna estratigráfica de las unidades del Paleozoico en el Sinclinorio Almadén, con las ubicaciones de los depósitos de mercurio: 1.- Posición del depósito tipo 1 (Almadén, El Entredicho y Vieja Concepción) y La Nueva Concepción (tipo 2). 2.- Posición de Las Cuevas (tipo 2). 3.- Posición de El Burcio (tipo 2). 4.- Posición de Gudalperal (tipo 2). 5.- Posición de Corchuelo (tipo 2). Modificado de Higuera, 1995.

Las series paleozoicas comienzan con rocas sedimentarias del Ordovícico Inferior (figura 2), transgrediendo sobre las series precámbricas, éstas incluyen lutitas, areniscas y cuarcitas con algunos lentes de conglomerado en la base. A fines del Ordovícico, la sedimentación llegó a ser rica en material fino y las condiciones sedimentarias en estas series fueron constantes.

Las series Silúrico-Devónico, comprenden una secuencia de 2.200 m de potencia de areniscas cuarcíferas, areniscas y lutitas rítmicamente intercaladas, lutitas negras, rocas basálticas alcalinas y diatremas (figura 2). Las rocas sedimentarias fueron depositadas bajo condiciones marinas, incluyendo, algunas, megasecuencias regresivas (Saupé, 1973; García Sansegundo y otros, 1987).

La cuarcita Criadero de edad Llandoveryano es el principal hospedador de la mineralización de cinabrio, depositado en actitud estratiforme.

La secuencia Almadén está caracterizada por una actividad magmática que se extiende desde el Ordovícico al Devónico. Las rocas magmáticas incluyen lavas porfídicas alcalinas que varían en composición desde basanitas y nefelinitas a riolitas (Higueras y Munhá, 1993; Higueras y otros, 2000) y diatremas compuestas por rocas brechizadas, denominada “roca frailesca”. Ellas han sido interpretadas por Saupé (1990) como representativas de magmatismo contemporáneo con la sedimentación, y de esta manera corresponderían a erupciones freatomagmáticas submarinas someras. La forma cónica abierta indica un emplazamiento en rocas no totalmente consolidadas. Otros tipos incluyen rocas máficas subvolcánicas (diabasa) de afinidad toleítica (Higueras y Munhá, 1993), representando un episodio tardío en la actividad magmática.

Los depósitos de mercurio de Almadén (figura 2) pueden ser clasificados en dos tipos principales: tipo 1, menas tempranas tipo estratiforme caracterizadas por depositación de cinabrio sobre las cuarcitas inferiores del Silúrico (cuarcitas Criadero; ejemplo en los depósitos Almadén y El Entredicho), y tipo 2, cuerpos discordantes tardíos (ejemplo, depósito Las Cuevas) mayormente hospedados o relacionados a diatremas (“Roca Frailesca”) de composición basáltica alcalina. En los depósitos tipo 1, el cinabrio fue depositado durante la diagénesis, en relación con circulación hidrotermal conducida por actividad magmática. Los del tipo 2, incluyen una variedad de depósitos que tienen en común, el carácter discordante de los cuerpos mineralizados (venas, stockwork, reemplazamientos masivos), y su amplia dispersión a lo largo de la columna estratigráfica es decir, desde el Ordovícico (Nueva Concepción) hasta el Devónico Superior (Corchuelo).

MINERALOGÍA ASOCIADA A LAS INCLUSIONES FLUIDAS

Diferentes secciones transparentes de muestras recolectadas en las minas Las Cuevas y El Entredicho del distrito de Almadén, además de las rocas hospedadoras de mineralización (Roca Frailesca) y del sector Corchuelo, fueron estudiadas en este trabajo, con la finalidad de investigar la ocurrencia de inclusiones fluidas. Solamente se detectaron en muestras de las localidades de El Entredicho y Las Cuevas, hecho por el cual, se describen a continuación, relacionando las inclusiones con la mineralogía en ambos yacimientos.

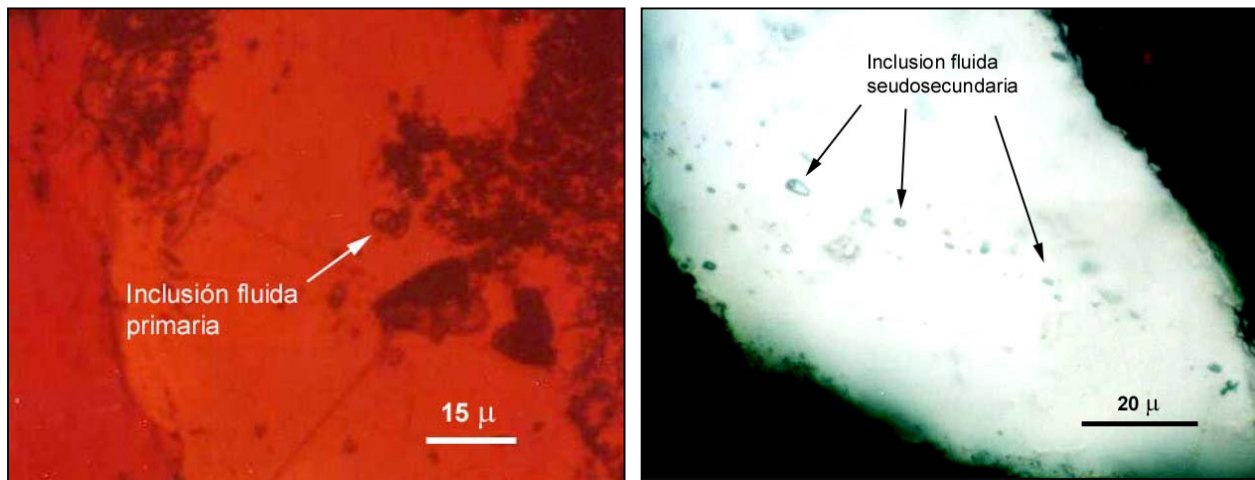
LAS CUEVAS:

Muestras de este sector, están caracterizadas principalmente por partículas de cuarzo (20-25%), con parcial recristalización, agregados de sericita (20-30%), dispersos y en venillas, entremezclados parcialmente con arcillas (15-20 %), los cuales son rodeados o se entremezclan con cinabrio de color rojo oscuro y brillante (25-35%). La textura de recristalización se hace evidente por la orientación de los ejes ópticos del cuarzo, (contactos de 120° entre cristales) y por el desarrollo de cristales límpidos de cinabrio de color rojo brillante (5-15%), lo que correspondería a un evento tardío de mineralización, que pudiese también tener relación, con metamorfismo regional. Este cinabrio secundario, ocurre en menor contenido que el más oscuro. En estas muestras, también ocurren pequeños cristales (< a 5 micrones) automorfos y anhedrales de pirita (1-7% en volumen), a veces, agrupados como nódulos, generalmente como inclusiones dentro del cinabrio.

En secciones pulidas, el cinabrio secundario se observa como agregados masivo y como relleno de espacios abiertos. En algunos casos, cinabrio en ocurrencia granular, parecen guardar relación con inclusiones sólidas, encapsuladas en cuarzo (Fotomicrografía 2 A). Además se reconoce rutilo, con hábito granular (2%) y en tamaños menores a 3 micrones en la roca caja, rellenando

espacios e intercrecido con la mineralización no metálica. Calcopirita intercrecida con cinabrio recristalizado y de forma anhedral, está presente en trazas (< a 1 % en volumen).

Inclusiones fluidas primarias ocurren en el cuarzo detrítico y recristalizado, presentando formas elipsoidales y redondeadas, ocupando las zonas centrales, bordes de cristales y claramente alejadas de fracturas secundarias. Fracturas selladas con cuarzo, contienen inclusiones fluidas seudosecundarias (fotomicrografía 1 B), caracterizadas por no atravesar los límites hacia otros cristales y por su relación con algunas inclusiones sólidas de cinabrio dentro de las mismas. Inclusiones fluidas en cristales de cinabrio fueron reconocidas, pero son difusas y de pequeño tamaño (fotomicrografía 1 A).



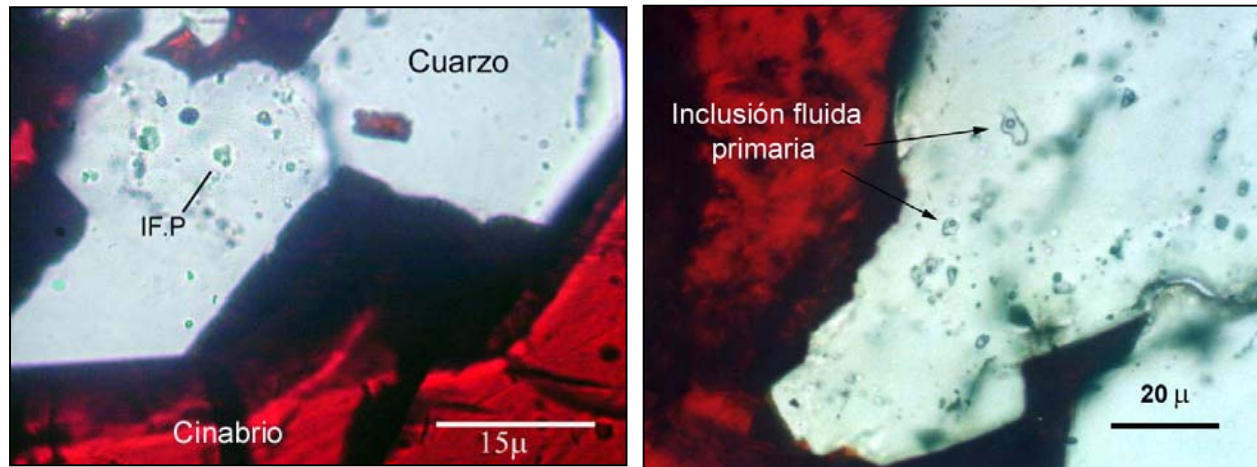
Fotomicrografías 1: **A)** Inclusión fluida bifásica tipo (L+V) enriquecida en líquido, encapsulada difusamente hacia el centro de cristal de cinabrio (color rojo), de paragénesis primaria. **B)** Inclusiones fluidas bifásicas tipo (L+V) enriquecida en líquido, hospedadas en cristal de cuarzo (color blanco), orientadas según un lineamiento seudosecundario, Observaciones con microscopía de luz transmitida a nicols paralelos, en muestras de mina Las Cuevas.

EL ENTREDICHO:

Muestras de este sector se caracterizan por cuarcitas con textura detrítica y de recristalización, así como por la presencia de clastos de rocas volcánicas, con textura de reemplazamiento y alteradas a sericita y arcillas. En las cuarcitas, con granos recristalizados de cuarzo (40%), la cementación con cinabrio es de color rojo oscuro (30%), intercrecido con arcillas (10). En estas rocas, también se reconocen diferencias texturales en el tamaño de los granos y el desarrollo de cristales límpidos de cinabrio secundario (5%) en forma discordante a esta laminación. Respecto a sulfuros presentes en esta etapa, se reconocen nódulos de pirita anhedral a euhedral (15%), relacionadas espacialmente con el cinabrio secundario.

Las inclusiones fluidas son, escasas y en general de carácter seudosecundario, aunque inclusiones primarias se reconocen también hospedadas en cuarzo intercrecido con cinabrio y arcillas (Fotomicrografías 2 B). Además, presentan inclusiones sólidas de cinabrio (Fotomicrografía 2 A).

Las rocas volcánicas con textura de reemplazamiento presentan una alteración con arcillas (5%) y sericita (10%). El cinabrio se encuentra como diseminaciones de color rojo oscuro (10%) en relación con la alteración, asociado a pequeños nódulos de pirita anhedral (40%), mientras que pirita euhedral (20%) se encuentra intercrecida con cinabrio recristalizado (10%) de segunda generación, en relación con halos de cuarzo secundario.



Fotomicrografías 2: **A)** Inclusiones fluidas primarias encapsuladas hacia el centro de cristal de cuarzo (color blanco), con cuarzo adyacente, conteniendo inclusión sólida de cinabrio (color rojo). **B)** Inclusiones fluidas bifásicas tipo (L+V) enriquecida en líquido, hospedadas aisladamente hacia el borde de cristal de cuarzo (color blanco). Observaciones con microscopía de luz transmitida a nicols paralelos, en muestras de mina El Entredicho.

En secciones pulidas se reconocen cristales de rutilo de mayor tamaño y más abundantemente que en Las Cuevas, así como también trazas de calcopirita intercrecida con cinabrio secundario y con pirita.

Las inclusiones fluidas son escasas, reconocidas mayormente en cuarzo secundario (Fotomicrografía 2 A). En cristales de cinabrio, las inclusiones fluidas son mínimas y de pequeño tamaño. En éstas, no fue posible determinar medidas microtermométricas.

La roca Frailesca, no presenta inclusiones fluidas observables al microscopio, está compuesta principalmente, por minerales de cuarzo y cinabrio, con espacios abiertos y vetillas rellenas de cuarzo y cinabrio recristalizado. En el sector Corchuelo, tampoco se encontraron inclusiones fluidas. La mineralización primaria, corresponde a cuarzo granular y cinabrio, que lo cementa. La roca se encuentra cortada por vetillas rellenas de cuarzo y cinabrio recristalizado.

INCLUSIONES FLUIDAS: TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y OCURRENCIA

En general, las inclusiones fluidas son escasas y con tamaños que varían entre los 3 y 15 micrones de diámetro, con una moda de 5 micrones. Tienen formas elipsoidales a subredondeadas (Fotomicrografías 1 B, 2 B) y se reconocen 2 grupos, paragenéticamente diferenciables: primarias y pseudosecundarias. Las de carácter primario se destacan por sus posiciones centrales dentro de los cristales (Fotomicrografía 2 A) y su tamaño relativamente

mayor que las inclusiones pseudosecundarias. Las pseudosecundarias (Fotomicrografía 1 B), ocurren con una clara alineación, evidenciando en algunos casos, el sellado de fracturas que no atraviesan los límites de granos. Las inclusiones fluidas estudiadas corresponden al tipo I, bifásicas ricas en líquido (L+V), de acuerdo con criterios tradicionales aplicados por Nash (1976) y Roedder (1984). La burbuja de la fase gaseosa, de estas inclusiones, varía entre 5% a 20% en volumen, con relación a la fase líquida. Todas estas inclusiones, homogenizan a líquido.

RESUMEN DE RESULTADOS

La gran mayoría de los datos microtermométricos, corresponden a inclusiones fluidas alojadas en cristales de cuarzo, siendo mínima, las medidas efectuadas en cristales de cinabrio.

En el sector de Las Cuevas (figuras 3.1; 3.2) se obtuvieron 43 medidas de temperatura de homogenización a líquido (TH_l) en inclusiones primarias. La TH_l en estas inclusiones varió entre 84 °C – 334 °C con una media de 220,3 °C (desviación estándar de 45,12). En la determinación de la composición salina del fluido, 32 medidas de temperatura de fusión de hielo (Tfh), arrojaron salinidades entre 0,4 a 11,8 % NaCl equivalente, con una media de 4,5 % NaCl equivalente (desviación estándar de 3,14). En inclusiones pseudosecundarias, se determinaron 21 medidas de TH_l , la que varió entre 89 °C a 318°C, con una media de 221,6 °C (desviación estándar de 56,75), mientras que 15 medidas de Tfh, se determinaron salinidades entre 1,4 a 6,8 % NaCl equivalente, con una media de 3,86 % NaCl equivalente (desviación estándar de 1,98). Medidas de TH_l (3), efectuadas en inclusiones fluidas de cristales de cinabrio recristalizado, varían entre 169 °C a 175 °C, las cuales están dentro del rango obtenido para las medidas determinadas en cuarzo. En estas inclusiones, no se pudo definir la composición del fluido.

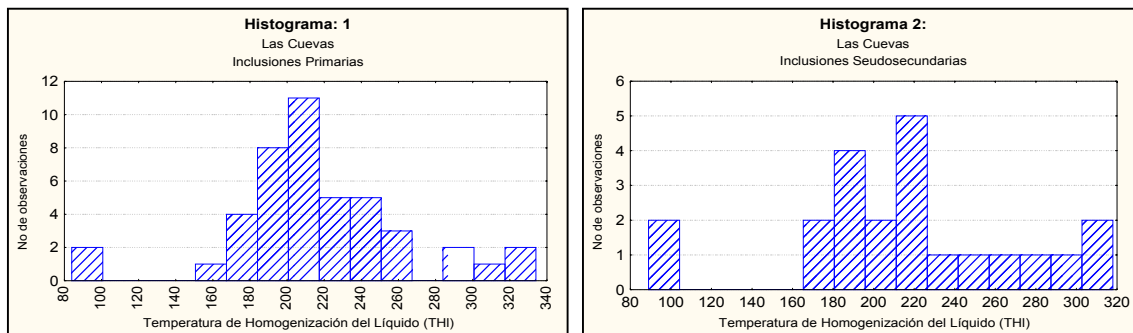


Figura 3: Histogramas de Temperatura de homogenización , sector Las Cuevas. 1) Inclusiones Primarias. 2) Inclusiones pseudosecundarias.

En el sector de Entredicho (figuras 4.3; 4.4), 20 medidas de TH_l en inclusiones primarias expresan una variación entre 127 °C a 280 °C, con una media de 202,5 °C (desviación estándar de 39,65). En la determinación de la composición salina del fluido, 17 medidas de Tfh, arrojaron salinidades entre 4,6 y 16,4 % NaCl equivalente, con una media de 9,8 % NaCl equivalente (desviación estándar de 3,51). En inclusiones pseudosecundarias, 21 medidas de TH_l expresan valores entre 169 °C a 296°C, con una media de 227,6 °C (desviación estándar de 38,77); mientras que 20 medidas de Tfh, indican salinidades entre 2,8 y 11,2 % NaCl equivalente, con una media de 7,1 % NaCl equivalente (desviación estándar de 2,39).

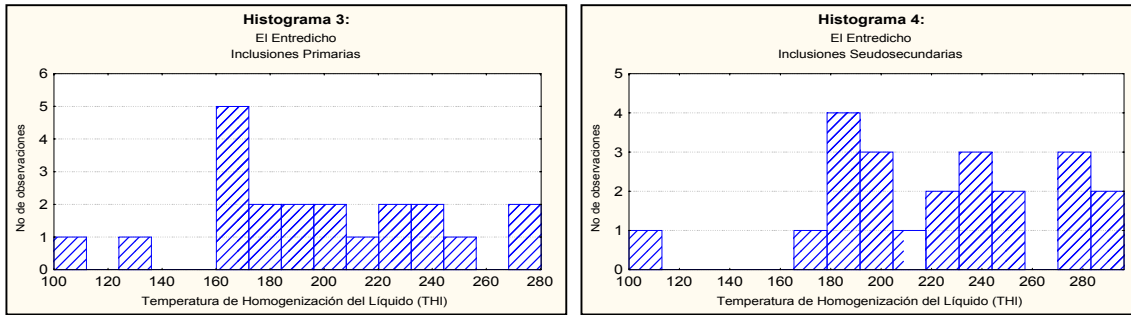


Figura 4: Histogramas de Temperatura de homogenización, sector El Entredicho. 3) Inclusiones Primarias. 4) Inclusiones secundarias.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis de los resultados obtenidos para el sector de Las Cuevas, es posible observar que existe una alta concentración de datos para inclusiones primarias entre 150° y 265°C, población que puede ser prolongada hasta los 330°C (figura 3, A). Por otro lado se reconoce una población discreta alrededor de los 100°C. Las inclusiones secundarias muestran una distribución muy similar (figura 3, B) y en los mismos rango de temperatura, insinuando que ambos tipos de inclusiones (primarias y secundarias), pueden corresponder a eventos contemporáneos dentro del mismo proceso de formación del yacimiento. La información entregada por el diagrama de dispersión (figura 5) muestra que ambas poblaciones se superponen en salinidades entre 1 a 7 % NaCl equivalente, siendo este último el tope máximo para las inclusiones secundarias, mientras que las primarias muestran salinidades levemente mayores (hasta 12 % NaCl equivalente).

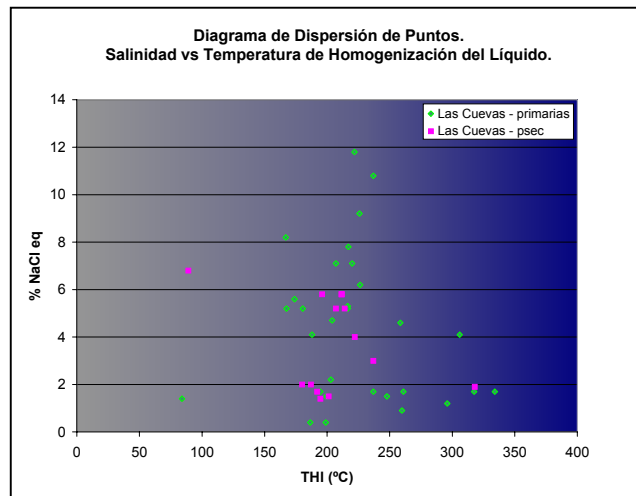


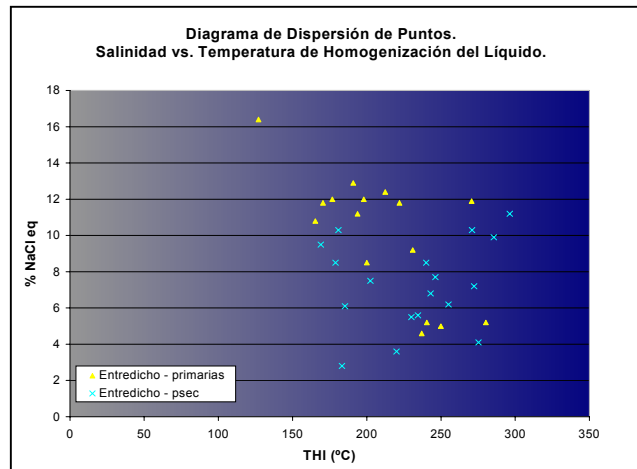
Figura 5. Diagrama de dispersión de puntos. Salinidad versus TH_i. Mina Las Cuevas. Inclusiones primarias (rombos), inclusiones secundarias (cuadrados).

En la mina El Entredicho se observa una mayor concentración de datos en las inclusiones primarias entre 160° y 170°C en una población que puede ser prolongada hasta los 280°C (figura 4, A). Un evento discreto de menor temperatura se reconoce en el rango de 100° a 135°C. Las inclusiones secundarias se concentran principalmente en el rango 180° a 290°C (figura 4, B). Sin embargo se destaca una población de baja temperatura alrededor de los 100°C. En forma

similar a lo descrito para el sector de Las Cuevas, ambos tipos de inclusiones comprenden rangos coincidentes de temperatura, nuevamente insinuando similitud y tal vez contemporaneidad de los eventos precursores de mineralización.

Las salinidades determinadas para las inclusiones primarias se pueden agrupar en dos poblaciones: baja temperatura (150°-230°C) y alta salinidad (9-11% NaCl equivalente) y alta temperatura (240 °C-280°C) y baja salinidad (5 % NaCl equivalente). Las salinidades en inclusiones pseudosecundarias se encuentran dispersas entre el rango 4-11 % NaCl equivalente. (Fig. 6).

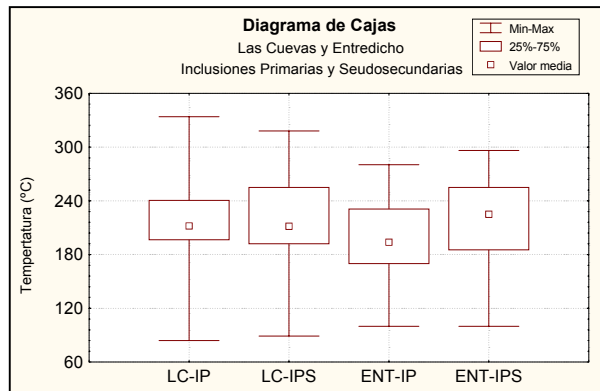
Figura 6. Diagrama de dispersión de puntos. Salinidad versus TH_1 . Mina El Entredicho. Inclusiones primarias (triángulos), inclusiones pseudosecundarias (cruces).



En cada uno de los diagramas de ambos yacimientos se reconocen dos poblaciones claramente diferenciadas, una población de baja temperatura (< a 120°C) y otra de alta temperatura que varía entre los 165 °C- 320°C con un peak importante entre los 170° - 220°C. El primer evento puede relacionarse con menas tempranas estratiformes depositadas en cuarcitas durante la diagénesis, con relación a circulación hidrotermal conducida por actividad magmática, como lo menciona Hernández y otros (1999). El segundo evento de carácter hidrotermal, con temperaturas mayores que 170°C, estaría asociado a la recristalización de cuarzo, cinabrio y precipitación de piritita y calcopiritita. En ambos casos, las condiciones son típicas de sistemas formados bajo condiciones de temperatura que imperan en sistemas epitermales o hidrotermales exhalativos. Sin embargo, en los valores más altos, también puede influir, la acción de metamorfismo regional

El diagrama de cajas (figura 7) indica que existe una mayor dispersión de temperaturas de homogenización para las muestras del sector Las Cuevas que para las de Entredicho, sin embargo, estas concentraciones expresadas como diagramas de cajas, para ambos yacimientos, no muestran una gran diferencia en su temperatura de homogenización. Es decir, presentan rangos similares que varían entre 190°C – 250°C.

Figura 7. Diagrama de cajas de los sectores Las Cuevas y El Entredicho. Las Cuevas, inclusiones primarias (LC-IP), inclusiones pseudosecundarias (LC-IPS). El Entredicho, inclusiones primarias (ENT-IP), inclusiones pseudosecundarias (ENT-IPS).



REFERENCIAS

- Dallmeyer, R.D. Martínez García, E. (1991). Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer-Verlag. 409 pp.
- García Sansegundo J., Lorenzo Alvarez S., Ortega E. (1987). Mapa Geológico Nacional a escala 1: 50.000, sheet 808 (Almadén). Instituto Geología y Minero España, Madrid.
- Hernández, A., Jébrak, M.; Higuera, P.; Oyarzun, R.; Morata, D.; Munhá, J. (1999). The Almadén mercury mining district, Spain.
- Higuera P, y Munhá J. (1993). Geochemical constraints on the petrogenesis of mafic magmas in the Almadén mercury mining district. Terra Abstract 5: 12-13.
- Higuera, P. (1995). Procesos petrogenéticos y de alteración de las rocas magmáticas asociadas a las mineralizaciones de mercurio del distrito de Almadén. PhD Thesis, University of Granada. Servicio de Publicaciones, Univ. de Castilla-La Mancha, 270 p.
- Higuera P. Oyarzun, R. Munhá J. Morata, D. (2000). The Almadén mercury metallogenic cluster (Ciudad Real, Spain) Alkaline magmatism leading to mineralization processes at an intraplate tectonic setting. Revista de la Sociedad Geológica de España. 13-1: 105-119.
- Julivert, M., Fonboté, JM., Ribeiro, A., Conde LEN. (1972). Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares a escala 1: 1.000.000. Instituto Geológico y Mineo España, Madrid.
- Nash, J. T. (1976). Fluid - inclusion petrology - data from porphyry cooper deposits and application to exploration: U.S.Geol.Survey Prof. Paper 907-D, 16 p.
- Potter, R. W. II, Barnes, H.L. (1978). Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions: ECON. GEOL., v. 73, p. 284-285.
- Roedder, E. (1984). Fluid Inclusions. Review in mineralogy. Mineralogical Society of America. Edited by P.Ribbe. 12:664 pp.
- Shepherd, T. J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M. (1985). A Practical Guide to Fluid Inclusions Studies. Edit by Blackie, Glasgow and London. 239 pp.
- Saupé, F. (1973). La géologie du gisement de mercure d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne), Sciences de la Terre, Mem 29,342 p.