

Estudio petrográfico y microtermométrico en el Distrito Minero Guanajuato, Guanajuato, México.

Juan José Martínez Reyes¹ Andrea Arciga Morales¹, Emma Gabriela Valencia Marcial¹, María José Martínez Zavala¹.
¹Universidad de Guanajuato

Resumen

Desde hace tiempo México ha mantenido su liderazgo en la producción de metales preciosos. Tal es el caso del Distrito Minero Guanajuato que se localiza a 300 km al NW de la ciudad de México y se ubica en la parte central de la faja de depósitos polimetálicos epitermales norte-norponiente (Damon, 1981; Clark, 1982), la cual incluye los distritos de: Taxco, Guanajuato, Pachuca-Real del Monte, Zacatecas, Sombrerete y en áreas adyacentes los de Zacatecas y Pachuca. El Distrito minero Guanajuato consiste en tres grupos de vetas de: La Luz, Veta Madre y la Sierra, y desde que se descubrió la primera veta en 1548 ha estado en producción de plata y oro. Las vetas se orientan con patrón estructural NW45°SE, con variaciones locales. El espesor varía desde un reliz hasta más de 90 m, con desplazamientos en el rango de 400 a 1700 m, según diferentes autores. El objetivo del presente estudio es comprender la evolución del sistema hidrotermal del Distrito Minero Guanajuato estudiando la veta Villalpando, que forma parte del grupo de vetas de la Sierra. La finalidad es caracterizar los tipos de fluidos y la temperatura de formación. Se inició con el estudio petrográfico y se complementó con el estudio microtermométrico.

Palabras clave: epitermales, inclusiones fluidas, vetas.

La petrografía

Las texturas de los minerales de ganga y mena proporcionan información acerca de su génesis, del orden de depositación y de la evolución de los yacimientos minerales. Las texturas varían según la formación de sus minerales ya sea por depositación en espacios abiertos a partir de soluciones acuosas o silicatadas sin reaccionar con los minerales preexistentes (sucesión pasiva), o bien, por reemplazamiento de los minerales (sucesión reactiva). Cuando un mineral, sea de mena o de ganga, se aproxima a su respectiva constante de equilibrio, se deposita en cierta secuencia. Esta depositación secuencial provee un registro detallado de la evolución en tiempo y espacio de una solución mineralizadora. Una paragénesis es un grupo de minerales formados al mismo tiempo. El orden cronológico de depositación mineral se llama secuencia paragenética de un yacimiento. Las texturas que se observaron en los minerales de ganga en las muestras de la veta Villalpando fueron analizadas según la clasificación de "Dong (1995)", que las agrupa en: (1) texturas de crecimiento primario, (2) de reemplazo y de (3) recristalización. El estudio contribuyó a caracterizar las diferentes texturas que se presentan en la veta Villalpando, en varios casos se relacionan de manera compleja dentro de un mismo ejemplar. Primero se realizó la descripción y el análisis a nivel megascópico de 40 muestras que fueron tomadas en varios lugares de la estructura.

En la veta Villalpando se aprecian las texturas típicas de rellenos en espacios abiertos, provocados por la circulación de fluidos. Una de ellas es el bandeamiento rítmico (crustificación), en sus variedades simétrica y asimétrica. La alternancia de bandas se manifiesta consiste en: cuarzo blanco lechoso, cuarzo hialino, cuarzo gris y en algunas partes con cuarzo amatista. El espesor de las franjas es de algunos milímetros hasta centímetros. Otra de las exposiciones de la mineralización es la textura brechada, es, de manera general, los constituyentes de los fragmentos son de rocas encajonantes. Los clastos son angulosos y la dimensión varía desde guijarros hasta bloques. También, se observan las texturas en brechas con fragmentos de cuarzo lechoso, cementadas por nuevas pulsaciones de cuarzo o calcita (brechas hidráulicas). Además, es común la textura masiva en la veta Villalpando. La mena se presenta en forma de

puntos oscuros esparcidos por toda la estructura, es la textura diseminada. Una de las texturas más características de la mineralización en la veta Villalpando es la alternancia de bandas de color oscuro, gris o bien hialino, denominada crustificación. Los minerales de ganga son cuarzo, calcita, en menor proporción arcilla y poca adularia. El cuarzo es por mucho el de mayor proporción, se presenta en tonalidades de blanco lechoso, gris, hialino y morado cuando se trata del cuarzo amatista. El tamaño de los cristales de cuarzo es variable, desde cristales euhedrales (formando "peine"), el microcristalino hasta el criptocristalino (masiva). En algunas vetas de la mina "Del Cubo" se observan zonas con lixiviación, proporcionando al cuarzo numerosos espacios denominado "cuarzo oqueroso" (cuarzo "vuggy"). La calcita, en forma general, se presenta masiva, pero en los lugares donde existe concentración de los metales de mena (rebajes) la estructura que predomina es la hojosa. Los cristales de calcita son aplanados y desarrollan varios centímetros de longitud. mineral.

En algunas zonas la veta Villalpando presenta la textura brechada, en general los clastos son angulosos, la composición de los clastos es variable y depende de las rocas encajonantes. Los clastos son cementados por cuarzo lechoso. En la figura 1 se observa la muestra (VV23) de la veta Villalpando con textura brechada, los clastos son lavas del mesozoico de la Formación La Luz. Los fragmentos son de color verde, presentan cloritización y están cementados por cuarzo blanco.

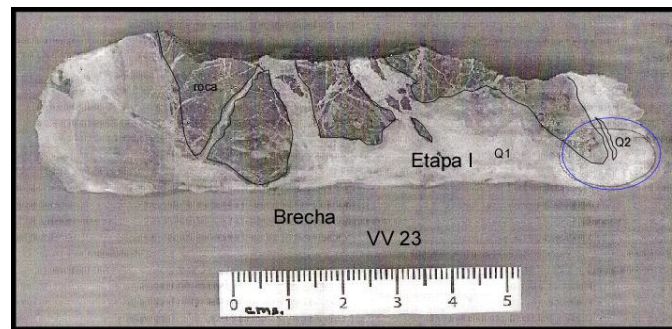


Figura 1. La muestra VV-23 de la veta Villalpando con textura brechada. Los clastos son subangulosos, pertenecen a "Andesitas mesozoicas" de la Formación La Luz (gris oscuro) y están cementados por cuarzo blanco lechoso.

Después de realizar la descripción megascópica de las muestras de la veta Villalpando, se seleccionaron de acuerdo con los eventos de mineralización, se marcaron y se cortaron para la preparación de las secciones doblemente pulidas y el análisis con el microscopio petrográfico. La preparación y análisis de las muestras se realizó en los laboratorios del Centro de Geociencias de Juriquilla. El mineral en mayor proporción es el cuarzo, desde cristales euhedrales (estructura en peine), microcristalinos y criptocristalinos. Se presenta formando bandas alternadas de cuarzo blanco lechoso, hialino y amatista. El tamaño varía de macro (cm) a microcristalino (figura 2).

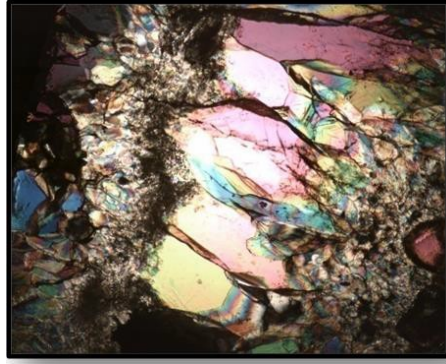


Figura 2. En la microfotografía se observan por lo menos tres tamaños de cuarzo, desde cristales subhedrales de cuarzo (cristales grandes), en contraste entre bandas de cuarzo en mosaico, de tamaño pequeño hasta más fino.

Las inclusiones fluidas

El estudio de inclusiones fluidas es una técnica de análisis para conocer la temperatura de formación de un yacimiento mineral. La variable de la temperatura es imprescindible en la caracterización de yacimientos minerales. Al mismo tiempo, la técnica permite determinar la salinidad de los fluidos y conocer su origen. Es posible conocer la evolución temporal y el zoneamiento de la temperatura y la salinidad. Al determinar la dirección de los fluidos mineralizadores se pueden guiar mejor las exploraciones indirectas, con la finalidad de optimizar los recursos. Apoyados con un buen análisis petrográfico y con el estudio de las asociaciones de inclusiones se pueden determinar los mecanismos de precipitación del mineral, así como determinar la existencia de diferentes pulsos hidrotermales. Con el análisis microtermométrico es posible determinar la migración de salmueras a través de una cuenca sedimentaria y la relación con la formación de ciertos tipos de depósitos minerales. Es una herramienta útil para determinar la posición de la paleosuperficie del depósito. Por los atributos antes mencionados, con la microtermometría se pretende caracterizar el tipo o tipos de fluidos que originaron la veta Villalpando.

Las inclusiones se presentaron en minerales de cuarzo, en cristales euhedrales, en amatista y calcita. Las inclusiones fueron primarias, secundarias y pseudosecundarias. El tamaño varió entre medio micrón y seis micrones y el tamaño promedio es de 1.6 micrones. Las mediciones microtermométricas se realizaron principalmente en cristales de cuarzos euhedrales, en cuarzo amatista, en la calcita masiva y hojosa. Las inclusiones primarias son pequeñas y se encontraron principalmente en planos de crecimiento de los cristales de cuarzo (figura 3).

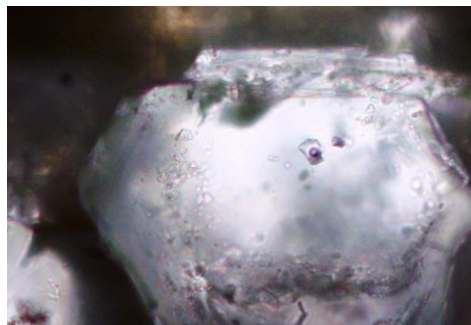


Figura 3. Planos de crecimiento de un cristal de cuarzo con inclusiones bifásicas del tipo de la etapa III.

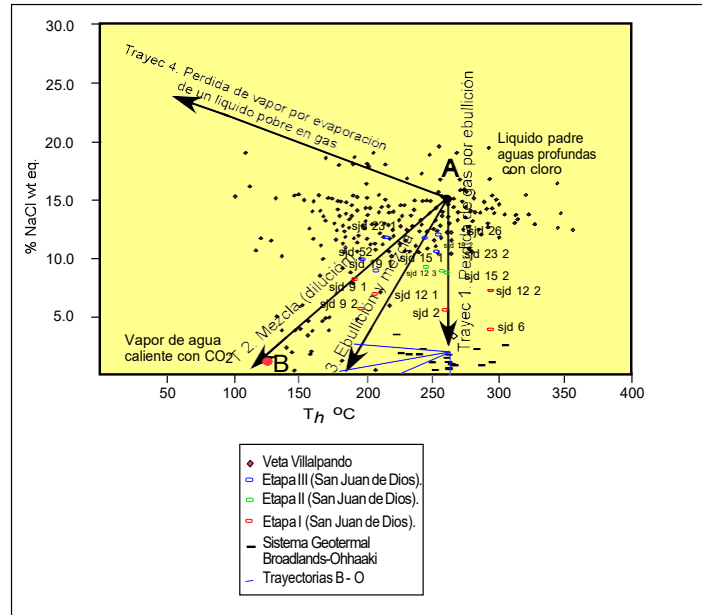


Figura 5. Gráfica de la temperatura de homogenización (T_h) y la salinidad de las inclusiones fluidas en las tres etapas de mineralización. En los datos de la veta Villalpando resaltan las tendencias 1 y 2. El punto A (líquido padre) se ubica en la intersección de las trayectorias. Las flechas indican la trayectoria pérdida de gas por ebullición, la trayectoria de evaporación por pérdida de vapor y la mezcla de fluidos. Una composición intermedia puede resultar de la pérdida de gas por la mezcla de fluidos (Hendenquist y Henley, 1985 a; Simmons y Chistenson, 1994; Simeone y Simmons, 1999 y Simmons 2000).

En la reconstrucción paleogeográfica de la veta Villalpando se graficaron los promedios de la temperatura de homogenización contra la presión hidrostática y la litostática y la profundidad (figura 6). La escala en la profundidad y en las curvas de ebullición se adaptó a la serie de datos de las inclusiones fluidas de la veta Villalpando. El rango de mayor amplitud en la presión es el registrado en las inclusiones fluidas de las etapas I y III. Los datos indican que la profundidad de la mineralización estuvo por lo menos a 600 metros por debajo del nivel freático, y la profundidad actual es la misma que existió durante la mineralización.

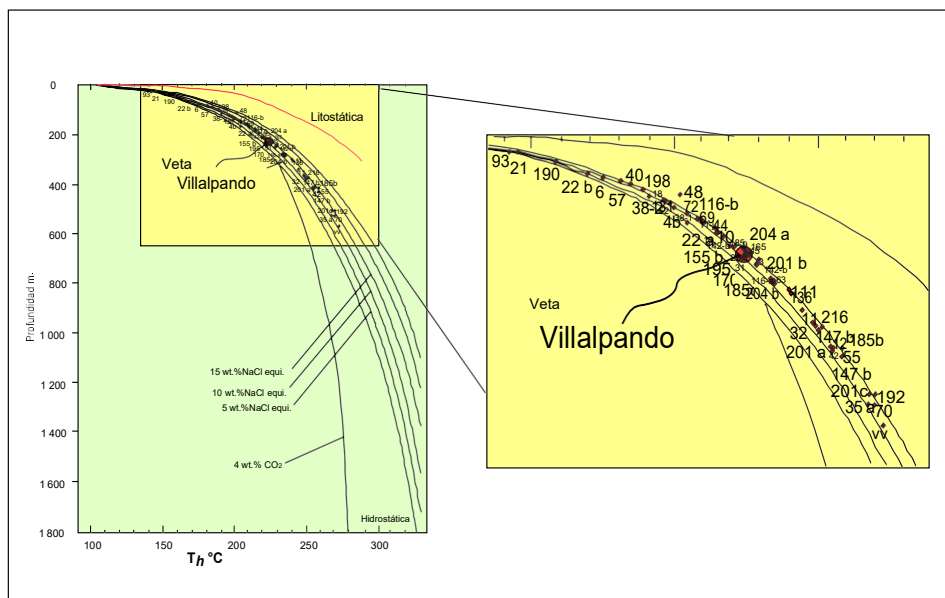


Figura 6. Curvas de profundidad con la presión hidrostática y litostática estimadas asumiendo una densidad de 2.7 g/cm³ utilizando el método de Henley (1984). Las curvas de 0 wt %; 5wt % y 10wt % NaCl son en solución (Hass, 1971) y 1 wt% CO₂ (Hedenquist y Henley, 1985). Se indican los datos de la temperatura de homogenización (T_h) y la curva de salinidad de las muestras en la veta Villalpando. En círculo rojo se indica el valor promedio de los datos microtermométricos. El rango de la profundidad de mineralización se encuentra entre 600 metros.

Bibliografía/Referencias

- Abeyta, R. (2003). Epithermal gold mineralization of the San Nicolas vein, El Cubo Mine, Guanajuato, Mexico: Trace element distribution fluid inclusion microthermometry and gas chemistry.
- Albinson, T., Norman, D.I., Cole, D., and Chomiak, B. (2001). Controls on formation of low-sulfidation epithermal deposits in México; constraints from fluid inclusion and stable isotope data. *New mines and discoveries in Mexico and Central América*, v8, p.1-32.
- Bodnar, R. J., Reynolds, T.J., and Kuehn, C.A. (1985). Fluid-inclusion systematics in epithermal systems: Geology and geochemistry of epithermal systems, *Reviews in Economic Geology*, v.2p.73-97.
- Buchanan, L.J. (1980). Ore controls of vertically stacked deposits, Guanajuato, Mexico. *Society of Mining Engineers*, 80-82, 27p.
- Cooke, D.R., and Simons, S.F. (2000). Characteristics and genesis of epithermal gold deposits: *Gold in 2000*, v 13, p. 221-244.
- Girnius, R., 1993, Deposition of the upper ore in the El Cubo Mine, Guanajuato Mining District, Mexico: Dartmouth College, unpublished Bachelor's Honor Thesis, p.18.
- Gross, W.H. (1975). New Ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, Mexico. *Proceedings of Gold and Money Session and Gold Technical Session*.
- Guoyi, D., Morrison, G., Jaireth, S. (1995). Quartz textures in epithermal veins, Queensland-classification, origin and implication: *Economic Geology*, v, 90, p. 1841-1856.
- Hass, J.L., Jr. (1971). The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure: *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, v. 66, p. 940-946.
- Heddenquist, J.W., and Henley, R.W. (1985). The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions; Evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition: *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, v, 80, p. 1379-1406.
- Heddenquist, J.W. (1990). The Thermal and Geochemical Structure of the Broadlands-Ohaaki Geothermal System, New Zealand: *Geothermics* Vol. 19, No. 2, pp. 151-185.

Orozco Villaseñor. (2014). *Estudio de inclusiones fluidas del "clavo de Rayas". En: Mineralogía y génesis del "clavo de Rayas" de la zona central de la Veta Madre de Guanajuato, pp. 93-95"*

Randall R. J.A. (1989). Cause of gold distribution in veins, Guanajuato, Mexico. Gold '89 in Europe, Toulouse, France, p 15.

Randall R. J.A., Saldana A, E., and Clark, K.F. (1994), Exploration in volcano-plutonic center at Guanajuato, Mexico, A special issue on volcanic centers as targets for mineral exploration. Economic Geology, v 89, p. 249-272.

Reed, M.H., Spycher, N.F. (1985). Boiling, cooling, and oxidation in epithermal systems, a numerical modeling approach: Geology and geochemistry of epithermal systems, Reviews in Economic Geology, v 2, p 249-272.

Saldana A, E. (1990), Gold-silver geothermal systems of the central part of the Sierra de Guanajuato, Mexico. Unpublished M.S.c. thesis, p 127.

Seward, T.M. (1973). Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions: Geochimica et Cosmochimica Acta, v 37, p. 379-399.

Seward, T.M. (1988). The hydrothermal chemistry of gold and its implications for ore formation, *in* Goode, A.D. T., and Bosma, L.I., eds., Bicentennial gold, 1988, 22, Geological Society of Australia, p. 197-198.

Simeone, R., and Simmons, S.F. (1999). Mineralogical and fluid inclusion studies of low-sulfidation epithermal veins at Osilo (Sardinia), Italy. Mineralium Deposita, V. 34, p. 705-717.

Simmons, S.F., Arehart, G., Simpson, M.P., and Mauk, J.L. (2000). Origin of massive calcite veins in the Golden Cross low-sulfidation, epithermal Au-Ag deposit, New Zealand: Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, v. 95, p. 99-112.

Simmons, S.F. and Christenson, B.W. (1990). Platy calcite as an indicator of boiling in epithermal deposits, evidence from New Zealand geothermal systems, *in* Anonymous, ed., Geological Society of America, 1990 annual meeting, 22, Geological Society of America (GSA), p. 42.

Simmons, S.F., and Christenson, B.W., 1994, Origins of calcite in a boiling geothermal system: American Journal of Science, v. 294, p. 361- 400.

Orozco Villaseñor. (2014). *Estudio de inclusiones fluidas del "clavo de Rayas". En: Mineralogía y génesis del "clavo de Rayas" de la zona central de la Veta Madre de Guanajuato, pp. 93-95"*