

Análisis microtermométrico en las Vetas de la Sierra (DMG), México

Juan José Martínez Reyes¹ Federico Vogel González¹, Andrea Ramírez Mendoza¹, Tania Guadalupe Rizo Ochoa¹, Karina Lizbeth Martínez Reyes¹, Diana Giselle Martínez Corrales¹, María Fernanda Martínez López¹, Julieta Monserrat Luna Uribe¹
juancho@ugto.mx ¹Universidad de Guanajuato

Resumen

La producción de metales preciosos en México se ha incrementado, incluso en la etapa desde Covid 19, el país es líder en la producción de onzas de plata. El Distrito Minero Guanajuato se ubica a 300 km al NW de la ciudad de México y pertenece a la faja de depósitos polimetálicos epitermales norte-norponiente (Damon, 1981; Clark, 1982). El distrito minero de Guanajuato comprende tres grupos de vetas denominadas: La Luz, Veta Madre y la Sierra, y la producción de plata y oro ha sido desde 1548. Las vetas tienen orientación general NW45°SE, el espesor es variable desde centímetros hasta más de 90 m, con desplazamientos en el rango de 400 a 1700 m Edwars. El objetivo del estudio microtermométrico es comprender la evolución del sistema hidrotermal del Distrito Minero Guanajuato estudiando los tipos de fluidos, las temperaturas y las texturas en la veta San Juan de Dios.

Palabras clave: epitermales, inclusiones fluidas, metales preciosos.

México se ubica dentro de los países con mayor contenido de yacimientos minerales, en la fihura 1, se indican algunos de los principales yacimientos minerales, observe la tendencia NW de los yacimientos.

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 sus 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 San Juan de Dios fueron analizadas según la clasificación de "Dong (1995)", que las agrupa en: (1) texturas de crecimiento primario, (2) de reemplazo y de (3) recristalización. Primero se realizó la descripción y el análisis a nivel megascópico de quince muestras que fueron tomadas en varios lugares de la estructura. La veta San Juan de Dios, es una estructura angosta, se caracteriza por los altos contenidos en oro, la veta consiste de bandas de cuarzo blanco lechoso, en ocasiones por cuarzo amatista y en mucho menor proporción calcita. Es común la presencia de arcilla y cuarzo rosa (rodonita). La textura de la veta es crustificación, que varía de simétrica a asimétrica. Las bandas de cuarzo blanco, cuarzo hialino y listones de cuarzo con tonalidades de gris a negro se alternan. El ancho de las bandas varia de mm a cm. (figura 2).

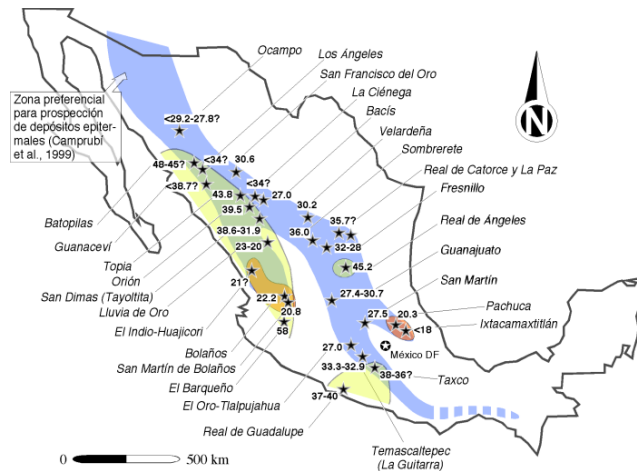


Figura 1. Distribución de los principales yacimientos minerales en México.



Figura 2. Textura en crustificación en la veta San Juan de Dios, las bandas son una alternancia de cuarzo blanco lechoso, cuarzo hialino, y bandas de color gris y oscuras que contienen minerales de oro y plata.

Otra de las texturas que se observa es la brechada, caracterizada por fragmentos angulosos de riolita (figura 3), cementados por cuarzo blanco o hialino, el tamaño de los segmentos es de 2 cms.

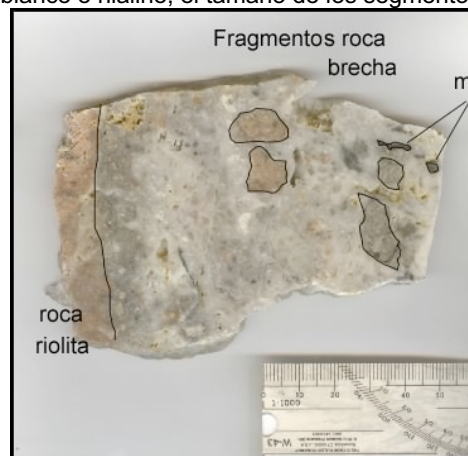


Figura 3. Muestra de la veta San Juan de Dios con textura brechada, los fragmentos son de riolita, están subangulosos. El cementante es cuarzo blanco lechoso, las manchas oscuras contienen minerales de plata y oro.

También, se observa en algunas zonas de la veta San Juan de Dios, la textura en “cocarda” (figura 4), con centros constituidos por cuarzo o fragmentos de la roca encajonante. Rodeando los clastos se observan bandas de color gris, hialinas y blancas. Otra de las manifestaciones del cuarzo es el “oqueroso”, en algunos tramos de la estructura San Juan de Dios. La textura masiva es otra de las manifestaciones de la mineralización en la veta.



Figura 4. Textura en cocarda. Repeticiones de bandas oscuras, blancas lechosas y hialinas. El centro consiste de cuarzo hialino.

En la veta San Juan de Dios, de la misma forma que la veta Villalpando también hay intercalación entre las texturas de la mineralización. En la parte superior se presenta la textura brechada (nivel 120), en los niveles inferiores se observan la textura de crustificación (niveles 60 y 0), el cuarzo oqueroso (vuggy) se encuentra en la zona poniente de la estructura (extremo sw del nivel 60) (figura 5).

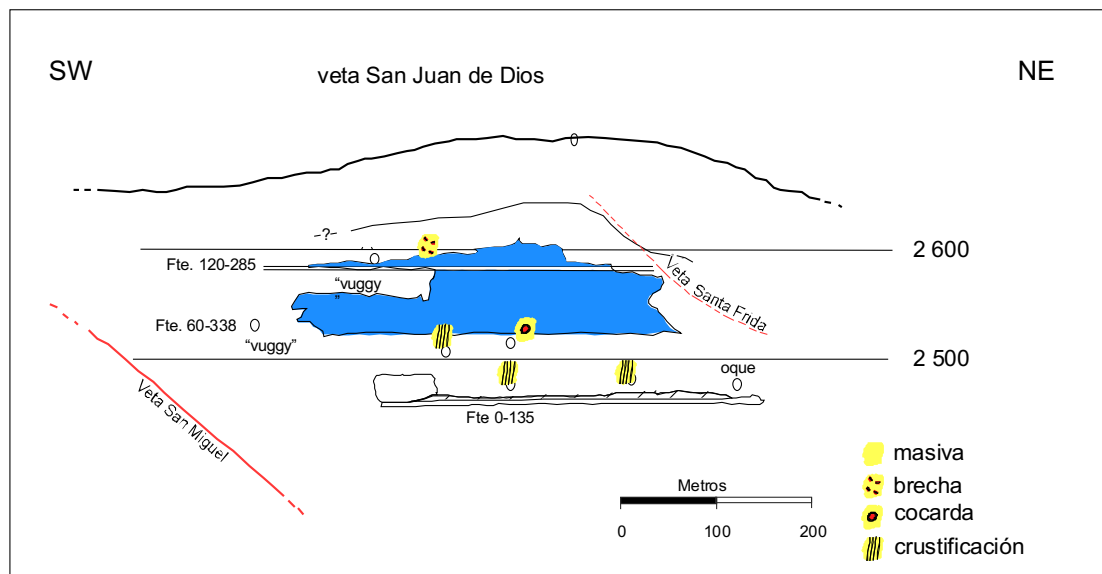


Figura 5. Proyección longitudinal de la veta San Juan de Dios, se indican las diferentes texturas en la veta. La textura brechada en la porción superior (nivel 60), hacia abajo hay crustificación y en el extremo SW del nivel 60 se observa el cuarzo oqueroso "vuggy".

Las inclusiones fluidas

El uso de inclusiones fluidas en la exploración mineral ha aumentado en los últimos años, desde las aplicaciones en la literatura Soviética (ver a Roedder, 1984). El mayor progreso puede ser por los datos de las inclusiones fluidas en sí mismos, parece ser la gran diferencia, pero también por la evolución de las técnicas geoquímicas. En un estudio microtermométrico las inclusiones fluidas generan información muy útil, proveen de una serie de datos que son utilizados para justificar una exploración por barrenación de diamante. El impacto más significativo de las inclusiones fluidas es quizás el menos obvio, los comentarios son válidos en la carta de W.C. Nelly a Ed Rodder: "la gran contribución de las inclusiones fluidas es sutil, pero de impacto penetrante que se tiene en la filosofía básica de los exploradores" (Roedder, 1984, p. 468). La importancia de retroalimentación de los datos de las inclusiones fluidas dentro de los modelos de exploración empíricos y conceptuales obliga a no ser subestimados, y es aquí donde los estudios de las inclusiones tienen mucho por contribuir.

Las aplicaciones más directas de las inclusiones en la exploración principalmente es el relacionado a definir la relación empírica entre las características de algunas inclusiones y la mineralización. Los métodos para utilizar las inclusiones fluidas a ayudar a seleccionar los objetivos a escala regional o para una mejor definición de la localización o de las zonas probables o focos de flujos de fluidos o "clavos" zonas de mineral pueden ser divididos en tres categorías:

- 1.-la presencia o la abundancia relativa o de un tipo específico de inclusión.
- 2.-variaciones sistemáticas en las propiedades microtermométricas.variaciones sistemáticas en otras propiedades (e.g. comportamiento de la decrepitación, la química de las inclusiones).

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. s 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, cuarzo amatista y calcita. Las inclusiones fueron primarias, secundarias y seudosecundarias. El tamaño de las IF varía entre dos y diez micrones con un tamaño promedio de dos micrones. Las inclusiones primarias son pequeñas y se encontraron principalmente en planos de crecimiento de los cristales de cuarzo (figura 6).

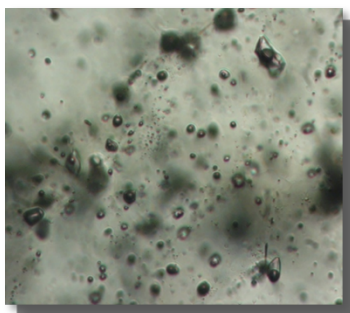


Figura 6. Microfotografía de inclusiones fluidas líquido-vapor (L+V) coexistiendo en un cristal de cuarzo.

El estudio de la microtermometría se realizó en una platina térmica, en total se realizaron quince (15) análisis (tabla# 1). La temperatura de homogenización varía de 189 hasta un valor máximo de 289°C. El valor promedio en la temperatura de homogenización (T_h) es de 237°C (tabla 1).

Tabla 1

| Muestra | Elevacion | Panel | Mineral | Promedio de T_h (°C) | Promedio de T_f (°C) | Salinidad(eq.% NaCl) |
|----------|-----------|--------|---------|------------------------|------------------------|----------------------|
| SJD#2 | 2595 | 123 | Qz | 259.1 | -3.7 | 6.01 |
| SJD#6 | 2602 | 192.34 | Qz + Ca | 292.9 | -2.7 | 4.49 |
| SJD#9-1 | 2533 | 19.13 | Qz | 189.9 | -5.5 | 8.55 |
| SJD#9-2 | 2533 | 19.13 | Qz | 195.3 | -3.8 | 6.16 |
| SJD#12-1 | 2514 | 239.58 | Qz+ Ca | 205.3 | -4.6 | 7.31 |
| SJD#12-2 | 2514 | 239.58 | Qz | 293.8 | -4.8 | 7.59 |
| SJD#12-3 | 2514 | 239.58 | Qz | 255.8 | -6 | 9.21 |
| SJD#15-1 | 2505.51 | 183.77 | Qz+ Ca | 244.5 | -6.2 | 9.47 |
| SJD#15-2 | 2505.51 | 183.77 | Qz | 259.7 | -5.9 | 9.08 |
| SJD#19-1 | 2474.78 | 239.58 | Qz | 206.2 | -6 | 9.21 |
| SJD#19-2 | 2474.78 | 239.58 | Qz | 243.2 | -8.1 | 11.81 |
| SJD#23-1 | 2477.7 | 341.53 | Qz | 213.8 | -8.2 | 11.93 |
| SJD#23-2 | 2477.7 | 341.53 | Qz | 252.3 | -7.2 | 10.73 |
| SJD#26 | 2475.85 | 434.87 | Qz | 252.5 | -8.4 | 12.16 |
| SJD#52 | 2711.21 | 295.32 | Qz + Ca | 196.7 | -6.7 | 10.11 |
| promedio | | | | 237 | -5.9 | 8.9 |

Para conocer la salinidad del fluido en la Veta San Juan de Dios, se determinaron las temperaturas de fusión (T_f) de las quince muestras. La T_f varía de un valor mínimo de -8.4 °C hasta un -2.7 °C, con valor medio de -5.7°C en la. Al obtener la salinidad, el valor promedio de los fluidos es de 8.9 eq. % NaCl (Tabla # 1).

En la reconstrucción paleogeográfica de la veta San Juan de Dios se graficaron los promedios de la temperatura de homogenización contra la presión hidrostática y la litostática y la profundidad. La escala en la profundidad y en las curvas de ebullición se adaptaron a la serie de datos de las inclusiones fluidas de la veta San Juan de Dios. La veta San Juan de Dios se formó a una profundidad de 317 metros (figura 7).

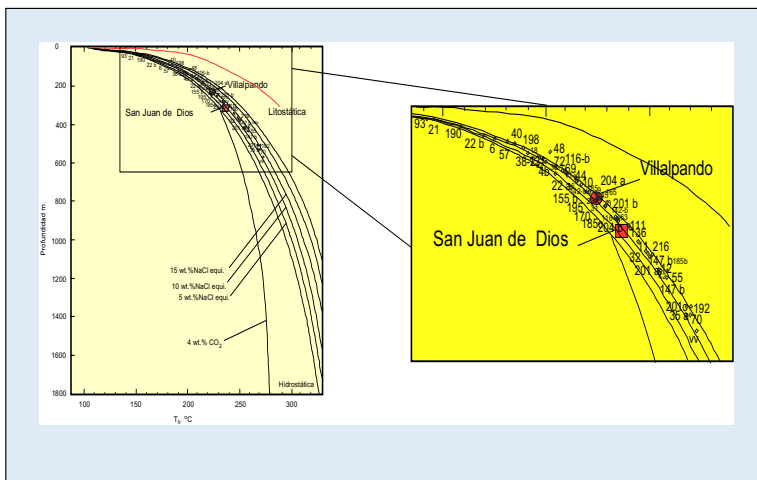


Figura 7. Graficas de las temperaturas de homogenización y las temperaturas de fusión de la Veta San Juan de Dios.

Con la finalidad de comprender la evolución del sistema hidrotermal que mineralizo el Distrito Minero de Guanajuato, se han comparado la información obtenida de la Veta Villalpando en el Verano de la Ciencia XXVI y los de las Vetas San Nicolás (Abeyta 2000) y de la Veta Madre (Mango 1992), podemos concluir que los fluidos en la Veta San Juan de Dios son de mayor salinidad, pero las temperaturas están en el rango promedio (figura 8).

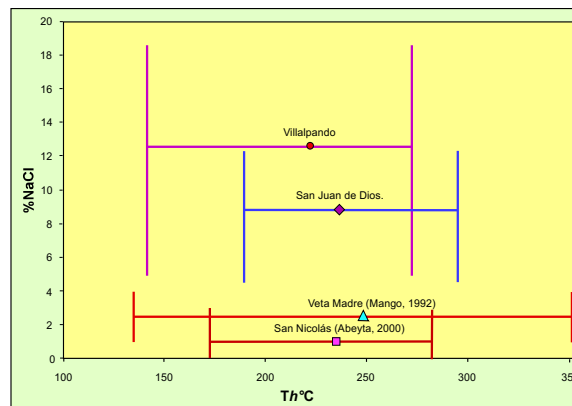


Figura 8. En el gráfico se incluye la información microtermométrica disponible de los grupos de vetas del distrito Guanajuato. Los de la veta Villalpando contrastan con los de Veta Madre y de la veta San Nicolás, son de mayor salinidad y más fríos.

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). Quarts 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 Zeland: *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"*