VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Estudio de las Alteraciones Hidrotermales en la Veta El Nopal.

Juan José Martínez Reyes[1], Federico Vogel González[1], Maylen Abigail Soto[1]
Universidad de Guanajuato
juancho@ugto.mx

Resumen

El área de investigación está enfocado principalmente al estudio de las alteraciones hidrotermales y asociaciones minerales que se presentan en la Veta El Nopal, así como los tipos de alteración hidrotermal presentes como también sus minerales tipo.

Las primeras operaciones mineras para la extracción de Ag-Au realizadas en Guanajuato, empezaron en lo que actualmente es el poblado de la Luz (Vetas de La Luz) y posteriormente continuaron en Guanajuato (1550) en lo que es (Veta Madre), posteriormente se descubrieron otras zonas mineras, dando lugar a lo que se conoce como Distrito Minero Guanajuato.

La Veta El Nopal (VN) se descubre en el año de 1868, muestra una tendencia estructural muy similar a la mayoría de las estructuras mineralizadas del distrito con orientación al NW-SE, así como sus echados o buzamientos al SW, la mineralización económica también es de Ag-Au. Veta Madre ha sido muy estudiada por su riqueza en minerales económicos y sus mineralizaciones, alteraciones, estructuras, temperaturas, etc, determinándose que constituye un yacimiento epitermal del tipo cuarzo adularia.

Para VN se le asocia con un modelo similar, excepto sus asociaciones mineralógicas de alteración que resultaron en alteraciones de tipo propilítica-sericítica y los minerales de ganga en los cuales predomina la calita como mineral principal de la matriz de la veta.

Palabras clave: Alteraciones, Distrito Minero Guanajuato, Mina El Nopal, Texturas minerales, Veta El Nopal, Yacimientos/Depósitos Epitermales.

Introducción

La Veta El Nopal (VN) se encuentra dentro del Distrito Minero de Guanajuato, localizada al alto de Veta Madre principal estructura del distrito, sus operaciones inician posterior a las operaciones de las minas que se localizan a lo largo de Veta Madre (VM). Las operaciones mineras sobre VM dan inicio en el año 1550 y se mantienen en la actualidad, en VN se inician operaciones de minería (Mina El Nopal) en el año de 1868 para cerrar operaciones mineras aproximadamente a principios de 1900.

La VN muestra una tendencia muy similar a la mayoría de las estructuras mineralizadas del distrito y es la tendencia en la orientación al NW-SE, así como sus echados o buzamientos al SW, la mineralización económica también es de Ag-Au. La VN se localiza al alto de VM y paralela a ella, sin embargo, la matriz de la veta es predominante de calcita.

Las leyes económicas (contenido de Au-Ag) que presentan las vetas en el distrito son características para cada una, las formas de las estructuras varían, sus asociaciones minerales también difieren entre vetas, de igual manera, presentan desemejanza en los tipos de alteraciones y asociaciones mineralógicas.

La presente investigación está enfocada en las principales alteraciones minerales que se pueden encontrar en la Veta El Nopal y las asociaciones minerales que presentan y caracterizan a cada tipo de alteración y de igual forma ciertos parámetros fisicoquímicos que se pueden deducir de dichas alteraciones.

Objetivos

El objetivo principal que se persigue con el estudio es analizar, describir, y determinar las principales asociaciones minerales y alteraciones epitermales presentes en la Veta El Nopal (VN), mediante la identificación en mina-(Campo) y en laboratorio de muestras recopiladas de la estructura.

Otros puntos de interés considerados y a manera de complemento para la investigación, fueron importantes también los siguientes:

- Determinación de Asociaciones Mineralógicas en Veta El Nopal (VN).
- Principales texturas y alteraciones en la veta
- Generación del diagrama de reacción de alteraciones
- Determinación de zonificación y paragénesis mineral.

Metodología de Estudio

Para la realización del estudio de investigación se llevaron a cabo varias fases que consistieron en lo siguiente: La primera fase fue la de recopilación bibliográfica sobre información sobre los estudios de la Mina El Nopal y sobre las alteraciones epitermales; la siguiente fase fue la de generar y recopilar información en campo y en la mina para obtener datos geológicos, mineralógicos, estructurales, análisis de alteraciones que pudieron observarse in-situ, así como de las muestras para el estudio de las alteraciones.

La otra fase consistió en la toma de muestras, 25 muestras de las cuales, debido a la problemática de obtener un tamaño adecuado de estas, solamente se consideraron 5 muestras, estas últimas fueron obtenidas en el crucero de acceso y en la zona de la Capilla.

Otra de las fases, ya en gabinete, consistió en la determinación de características litológicas, mineralógicas, texturales de las muestras seleccionadas, por último en esta fase se procedió a tomar las fotografías, en la cual fueron fotografiadas las muestras seleccionadas (4), cabe mencionar que para la mejora de algunos de los fondos de las fotografías tomadas se realizó un proceso de mejora digital para facilitar la observación de las muestras, terminando con elaboración del escrito.

Antecedentes y Localización.

En el año 1868 (Antúnez E., 1964) comenta en su monografía que se iniciaron las obras mineras sobre un grupo de vetas denominado “Grupo de El Nopal” (Mina El Nopal, MN) que se localiza a una distancia que varía entre los 500 a 600 metros al W del afloramiento de Veta Madre.

La obra con la que se inician las operaciones en la Veta El Nopal (VN), constituye cañón de acceso (Socavón de San Nicolás) que corta la estructura y tiene una longitud total de 175 metros, consiste en una obra de sección 2.50 de ancho y 2.50 metros de alto.

La Mina El Nopal (MN) se localiza en la periferia de la Ciudad de Guanajuato, en el entronque de la salida norte de la Ciudad de Guanajuato-Dolores Hidalgo. Presenta las siguientes coordenadas: Norte: 2’327,412, Este: 265,209. Las siguientes imágenes muestran la localización.

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

En la figura inferior se muestra la ubicación de la Mina El Nopal, como se puede observar la mina se localiza en las cercanías a la Ciudad.



Figura 1. Ubicación de Mina El Nopal..

La figura 2 muestra la ubicación de la mina, el acceso se efectúa por el socavón principal (Crucero San Nicolás), que actualmente está a un costado de la Carretera Panorámica.

.



Figura 2. Localización y entrada de la Mina El Nopal, autora en la fotografía.

Los yacimientos de Veta Madre y de igual forma la estructura de la Veta El Nopal consiste en un relleno de fracturas por la circulación y deposición de fluidos cargados de metales (Ag-Au) a temperaturas elevadas, posiblemente en los procesos terminales del vulcanismo que afectó el Distrito Guanajuato.

VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

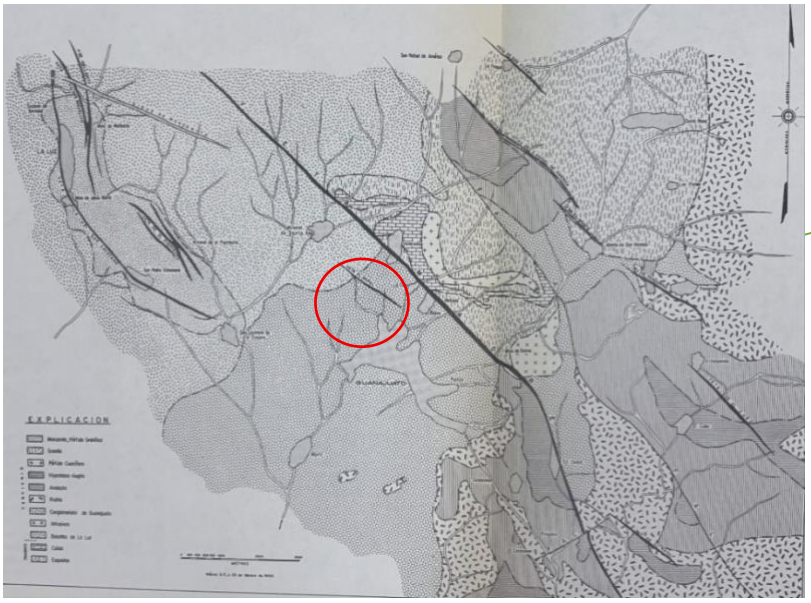
Características del Yacimiento de Veta El Nopal

Los depósitos hidrotermales se forman a partir de la circulación de fluidos hidrotermales a temperaturas elevadas en zonas de fracturas abiertas, que posteriormente se rellenan con mineralización económica y de ganga, han sido definidos y aparecen en la literatura sobre yacimientos con anterioridad desde hace varios años (Lindgren W., 1922), siguiendo esta clasificación y para no entrar en una discusión sobre terminología y tipos de yacimientos consideramos los modelos establecidos para los depósitos de Guanajuato,

A continuación, se presentan algunos datos sobre los yacimientos o depósitos hidrotermales y en particular de los yacimientos epitermales, que de acuerdo con los modelos establecidos (Buchanan, 1981., Henley, 1991) para el yacimiento mineral de Guanajuato (Veta Madre) se han establecido.

En depósitos o yacimientos de origen hidrotermal la mineralización (minerales de mena y ganga) precipitan a partir de un fluido hidrotermal en donde las asociaciones y el orden de precipitación de los minerales están controlados por procesos termodinámicos (Townley B. K., 2006) como la temperatura, la actividad y fugacidad de los aniones, los ligandos, pH, Eh, presión, salinidad, composición química del fluido, reacciones con la roca de caja, como principales.

Los yacimientos hidrotermales que corresponden al Distrito Guanajuato de acuerdo con Buchanan op.cit., presentan las siguientes características: son yacimientos hidrotermales dentro del subgrupo de los depósitos epitermales, son formados a profundidades de la superficie no mayor a los 1000 metros, asociados a actividad volcánica, formados a temperaturas entre los 200 a 300 °C. A estos yacimientos se asocia mineralización principal de Au, Ag con presencia de metales base. Estos yacimientos se han dividido en dos modelos principales: epitermales de alta sulfuración y epitermales de baja sulfuración, agrupando a los de Guanajuato en epitermales de baja sulfuración.



Mapa Geológico del Distrito Guanajuato. La Veta el Nopal se localiza al alto de VM. Se emplazada dentro de la unidad litológica del Conglomerado Guanajuato.

Figura 3. Geología del Distrito Guanajuato. Veta el Nopal (círculo rojo), se presenta al alto de Veta Madre (VM).

La estructura de la Veta El Nopal (VN) se encuentra emplazada en rocas sedimentarias del Conglomerado Guanajuato (Figura 3), esta unidad litológica consiste en un conglomerado de grano grueso con intercalaciones de areniscas, presenta una tonalidad café rojiza debido a su formación en un medio oxidante continental lagunar somero. La estructura de VN muestra un rumbo de NW 35-50° con una inclinación que varía entre los 50-60° con buzamiento al SW.

Las características estructurales de VN se enlistan en la tabla inferior:

***Tabla 1**. Características estructurales de Veta El Nopal (VN).*

Veta El Nopal	***Características***
Forma.	Vetiforme , Ocasional Brechada.
Actitud	Rumbo NW 35-50°. Echado 55° SW.
Ancho y Longitud	0.30-3.0 mts: 1400 a 1600 mts.
Minerales de Mena	Sulfuros de Ag-Au
Minerales de Ganga	Calcita predominante, cuarzo secundario.
Roca de Caja	Conglomerado de Formación Guanajuato

De acuerdo con las características que presenta Veta El Nopal con la mineralización, morfología, relación estructural, cercanía a Veta Madre, se puede pensar que corresponde a un modelo de Yacimiento Epitermal de Baja Sulfuración similar al de VM.

Alteración Hidrotermal

El proceso de alteración hidrotermal constituye el intercambio químico (iónico) que ocurre debido a la interacción del fluido hidrotermal con la roca circundante en la que se emplazan al circular por las fracturas que constituyen el principal camino de circulación de las soluciones.

De acuerdo con Townley B. (2006), la interacción fluido-roca conlleva cambios químicos y mineralógicos en la roca afectada producto de desequilibrio termodinámico entre ambas fases, la alteración hidrotermal podría ser considerado como un proceso de metasomatismo. La alteración hidrotermal es el producto de un proceso, donde las características mineralógicas, químicas y morfológicas de esta entregan (muestran) información acerca de las condiciones termodinámicas del fluido hidrotermal que las generó.

En la naturaleza se reconocen variados tipos de alteración hidrotermal, caracterizados por asociaciones de minerales específicos. Los distintos tipos de alteración e intensidad son dependientes de factores tales como composición del fluido hidrotermal, composición de la roca huésped, temperatura, pH, Eh, relación fluido-roca y tiempo de interacción, entre otros.

Son varios los tipos de alteración que se pueden manifestar en un yacimiento Epitermal, algunas de las alteraciones típicas son: silicificación, alteración potásica-adulárica, alteración propilítica, alteración sericítica, alteración argílica; cada una con características específicas y minerales tipo.

Asociaciones de Alteración

Una de las formas de clasificar las alteraciones consiste en determinar las principales asociaciones mineralógicas y/o abundancia de minerales que se encuentren presentes en la estructura y en la roca de caja que contiene la mineralización.

En Veta El Nopal, las principales alteraciones hidrotermales que se encontraron fueron dos tipos principales de alteración, presentándose una oxidación supergénica, causada por meteorización de los compuestos de pirita producto de la alteración propilítica:

Alteración Propilítica

Alteración Sericítica.

En la tabla inferior se muestran las características y asociaciones de las alteraciones para VN.

***Tabla 2**. Asociaciones de Alteración Hidrotermal en Veta El Nopal (VN).*

Alteración	***Minerales Indicativos***	***Características***	***Parámetros Inferidos***
Propilítica.	Clorita, Calcita, Pirita	Halo gradacional, en la parte de la Veta alcanza >10 mts.	Temperatura de Formación 200-250°C. El potencial de hidrógeno pH ≥7
Sericítica	Ilita-Esmectita, Cuarzo, Hematita.	Dentro de la veta en los extremos, en forma irregular.	pH neutro, Temperatura (± 200°C).

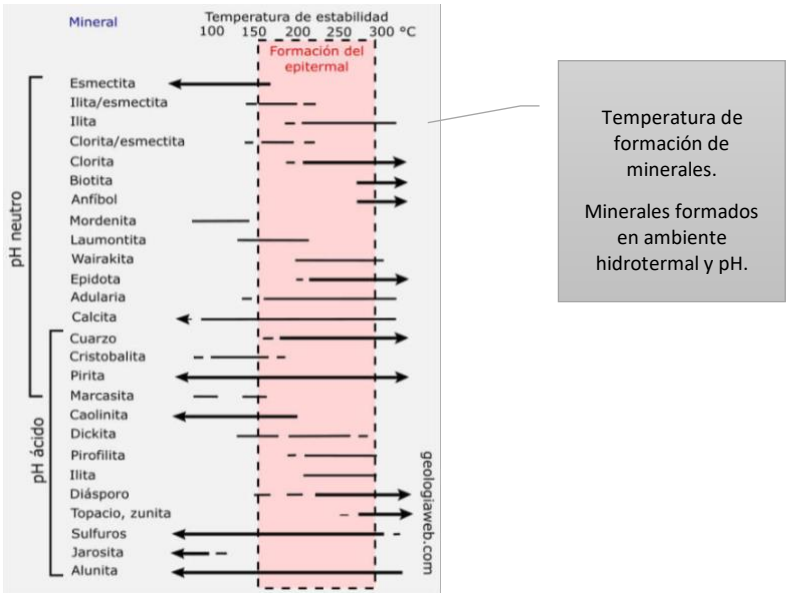


Figura 4. Minerales en un ambiente hidrotermal. Fuente: Geologiaweb.com.

A continuación, se muestran una serie de fotografías tanto de interior mina (Grupo I) como de muestras de mano analizadas en laboratorio. (Grupo II).

Grupo I.- El primer grupo de fotografías corresponden a las tomadas en interior mina.

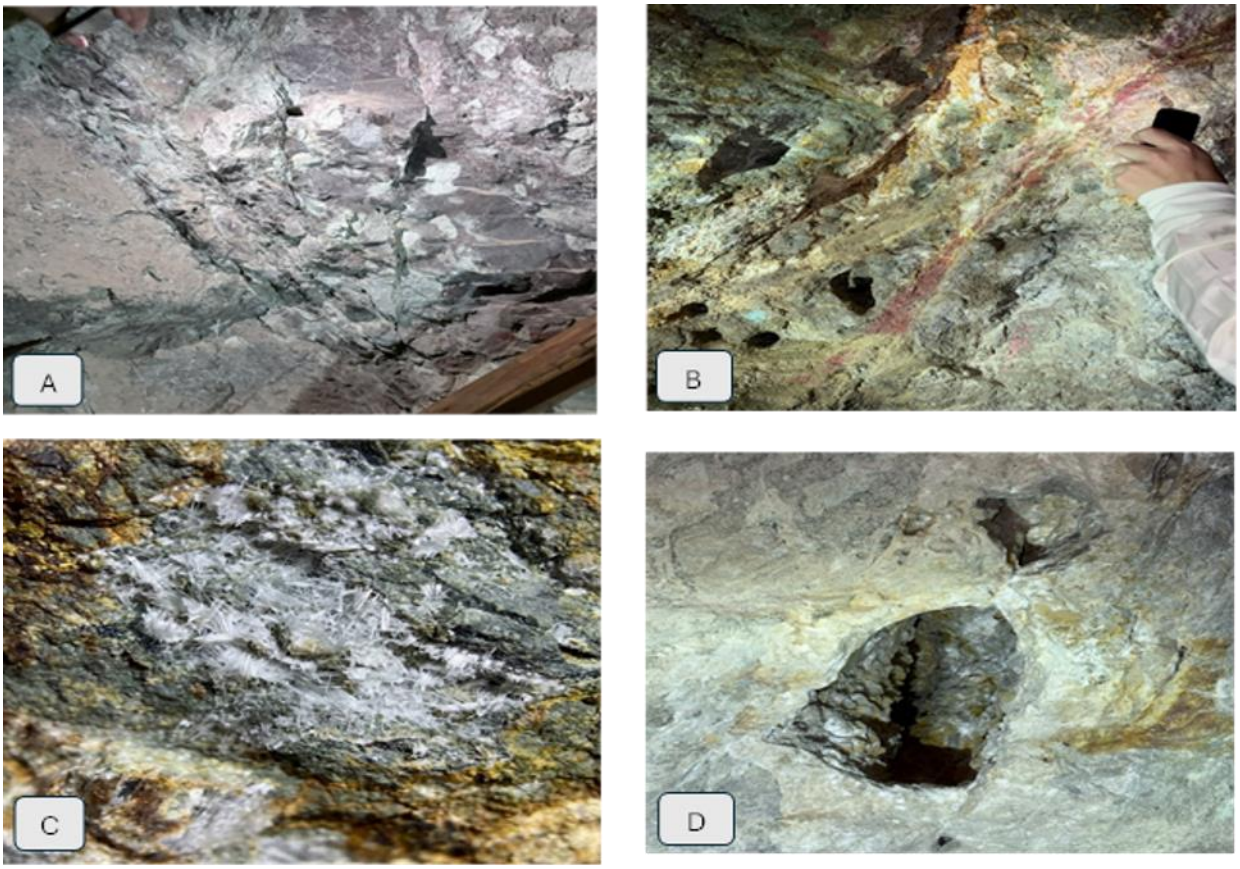


Figura 5. ***A****. Identificación de clorita + calcita + pirita + cuarzo, característica de la alteración Propilítica, desarrollada por la circulación de fluidos hidrotermales de baja a moderada temperatura.* ***B****. La oxidación superficial refleja la alteración de los sulfuros por exposición a agentes meteóricos.* ***C****. Vista de detalle de eflorescencias secundarias de epsomita ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Se observan agregados con hábito cristalino acicular y fibroso, desarrollados sobre una matriz rocosa y en minerales de pirita afectada por alteración propilítica, en color café y ocre se aprecian procesos de oxidación supérgena. La epsomita se originó por procesos de alteración supergénica, como resultado de la oxidación de sulfuros (principalmente pirita), que generó soluciones ricas en sulfato.* ***D****. La presencia de drusas indica cristalización de minerales a partir de fluidos hidrotermales en espacios abiertos.*



Figura 7. Figura compuesta, mostrando Veta El Nopal (Capilla). La presencia de pirita, acompañada por minerales característicos como clorita y calcita, indica un ambiente de alteración Propilítica asociado a la circulación de fluidos hidrotermales. La oxidación corresponde a procesos supergénicos que afectan los minerales sulfuros expuestos.

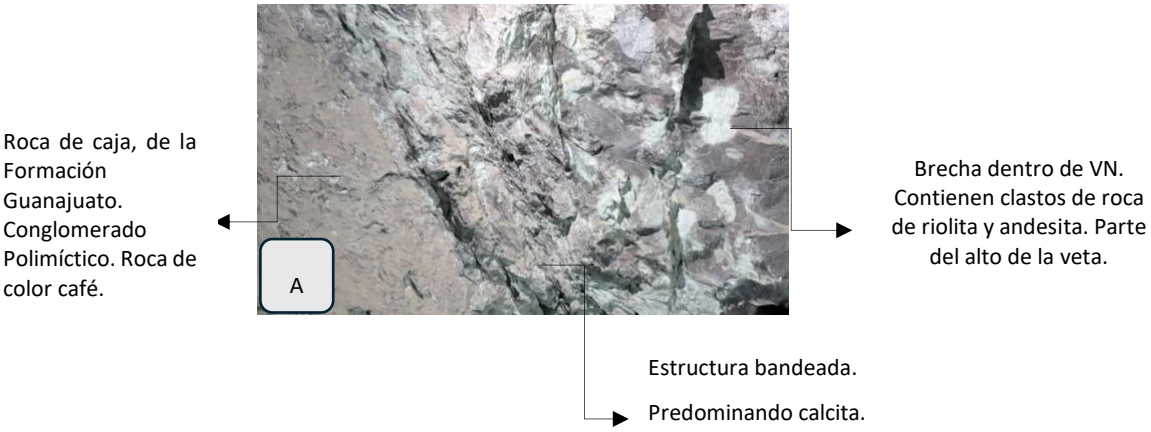


Figura 8. Detalle de la Veta El Nopal (Figura 5A). La parte izquierda de la fotografía corresponde a la roca de caja de la VN, se emplaza en un conglomerado de carácter polimíctico con clastos de rocas ígneas. Fuente: Fotografías de interior mina, tomadas en el Crucero de acceso de VN..



Figura 9. Detalle de la Veta El Nopal (Figura 5B). Mostrando las asociaciones minerales y las tonalidades verdosas que le imprime a la roca de caja. Fuente: Fotografía tomadas en Mina El Nopal.

Grupo II.- El grupo II de fotografías, corresponden a muestras obtenidas en la VN.

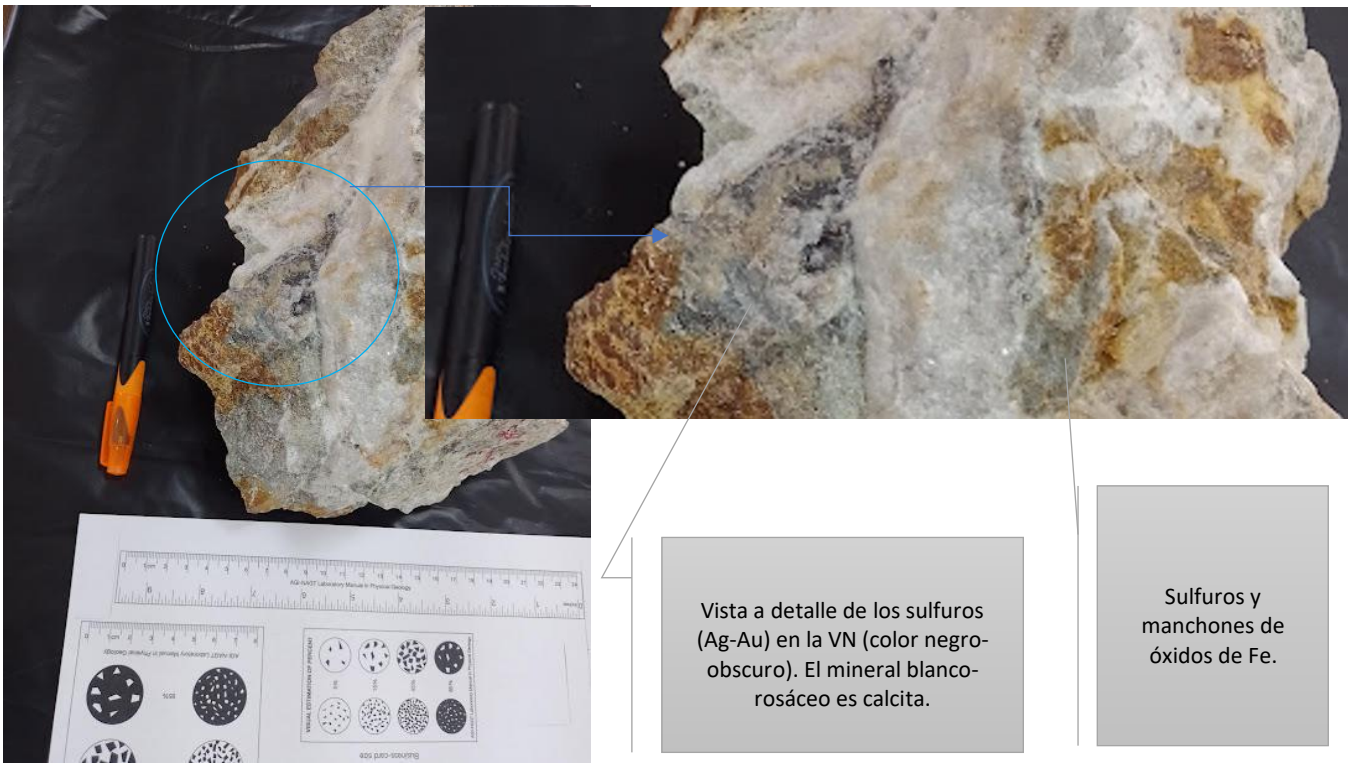


Figura 10. Vista a detalle de los minerales de sulfuros en VN. Fuente: Fotografía de muestras obtenidas en MN, tomadas en Laboratorio en el trabajo de Gabinete.

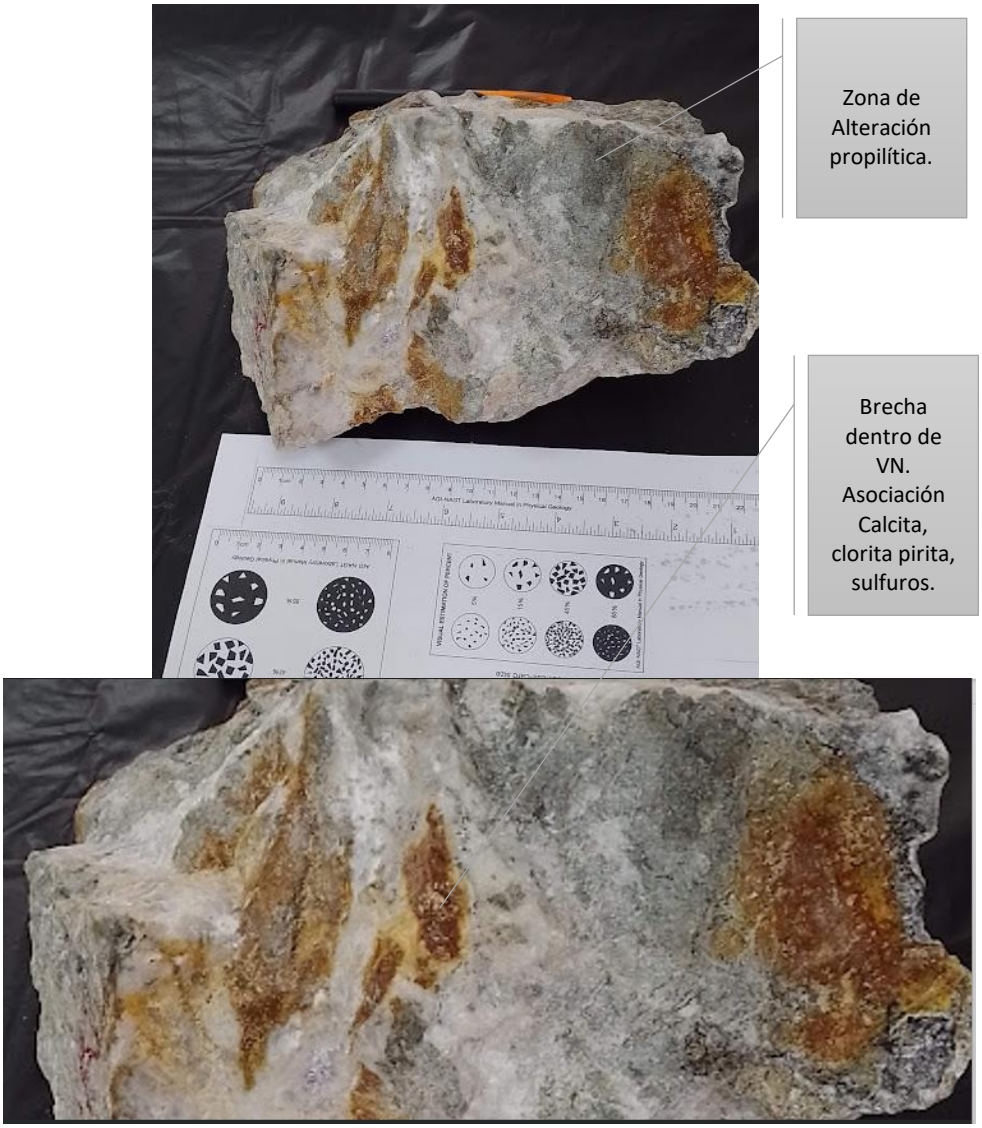


Figura 10. Muestra de VN, nótese los fragmentos angulosos dentro de la veta formando zonas brechadas. en color blanco constituyne minerales de calcita, color verde alteración propilitica (clorita-pirita), color negro son minerales de sulfuros de Ag-Au, color café corresponde a zonas de óxidos. Fuente: Muestras de MN, analizadas en laboratorio.

Conclusiones

La Veta El Nopal se encuentra al alto de Veta Madre y tiene una orientación similar al de VM (NW-SE) con echados al SW; la alteración que predomina en VN es la alteración propilítica con una asociación mineral de calcita, clorita, pirita; seguida de una alteración sericítica con asociación mineral de ilita-esmectita, cuarzo, hematita. De acuerdo con la asociación mineralógica presente se puede estimar que los fluidos mineralizantes presentaron condiciones de pH entre Neutro-Alcalino con temperaturas de formación entre los 200 a 250 °C.

La matriz común en la VN es de calcita a diferencia de VM que su matriz predominante consiste en cuarzo, la alteración potásica es más común en VM en su parte central y la propilítica en los costados. El modelo de yacimiento mineral corresponde a depósitos epitermales de baja sulfuración.

Agradecimientos

Deseamos presentar nuestro agradecimiento a la Universidad de Guanajuato y en especial al Departamento de Posgrados por la invitación al Verano UG y permitirnos presentar este artículo.

Bibliografía/Referencias

Antúnez Echagaray Francisco (1964). *Monografía Histórica y Minera Sobre el Distrito de Guanajuato*. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Publicación 17-E. Talleres Gráficos de La Nación. México.

Buchanan, L. J. (1980). *Ore Controls of Fossil Geotermal System: The Las Torres Mine, Guanajuato, México.* Informe Interno, Compañía Minera Las Torres. S.A de C.V. pp. 138.

Cunningham, C.; McNamee, J.; Vásquez J., y Ericksen, G. (1991). *A Model of Volcanic Dome-Hosted metal in Bolivia.* Economic Geology. Vol. 86: pp. 415-421.

Edwards J. D. (1956). *Studies on some Early Tertiary red conglomerates of central México:* U. S. Geological Survey Profesional Paper. 264-H, pp., 153-183.

Henley R. W. (1991). *Epithermal Gold Deposits in Volcanic Terranes; En: Gold Metallogeny and Exploration, R.P. Foster, Editor, Blackie and Sons Ltd, Glasgow, 133-164.*

Lindgren, W. (1933). *Mineral Deposits. New York, E.U.A., McGraw-Hill Book Co. 930 p.*

Townley Brian K, (2006). *Metalogénesis: Hidrotermalismo y Modelos de Yacimientos* Geología Económica. Departamento de Geología. Universidad de Chile.

White Noel C. and Hedenquist Jeffrey W. (1998). *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. Publisher in SEG Newsletter, No. 23, pp.1-9.*