

## VI. DEPÓSITOS EPITERMALES

Los depósitos epitermales, se forman cerca de la superficie, entre 1 – 2 km de profundidad a partir de fluidos hidrotermales con temperaturas entre <math>150^{\circ}\text{C}</math> hasta  $300^{\circ}\text{C}</math>. En su mayoría, están asociados principalmente a rocas volcánicas terciarias, en zonas de subducción (márgenes de placa), y pertenecientes a diferentes épocas geológicas Sillitoe (1977). También pueden estar asociados a marcos tectónicos tipo rifts en zonas tras-arco como ha sido documentado por Sillitoe y Hedenquist, (2003).$

Los depósitos de tipo epitermales se encuentran asociados a estructuras de origen volcánico como calderas, domos, zonas de brecha, sistemas regionales de fallas y fracturamiento Mitchell y Balce (1990); Nesbitt (1990); Staude (1993); Ponce y Glen (2002), y su forma y mineralogía es controlada por una serie de condiciones físicas y químicas tanto de los fluidos en ascenso, como de las rocas y estructuras involucradas. Según White y Hedenquist (1990) estos factores son: la geología regional, condiciones químicas y termodinámicas de los fluidos mineralizantes, características hidrológicas de la zona (topografía, permeabilidad, sistemas de recarga y descarga, acceso de aguas calientes por vapor y el desarrollo de permeabilidad contemporánea al hidrotermalismo y/o cambios en el gradiente hidráulico de la zona.

## VI.1. Depósitos epitermales de Alta y Baja Sulfuración.

Según las características químicas de los fluidos mineralizantes en un ambiente epitermal, los depósitos de este tipo se pueden clasificar como: de *Baja Sulfuración (BS)* y de *Alta Sulfuración (AS)*, términos propuestos por Hedenquist (1987), y se refieren al estado de oxidación de azufre.

Los depósitos de **AS** también son conocidos como: oro-enargita, cuarzo-alunita, tipo Nansatsu, Ashley (1982). Se les denomina de alta sulfuración debido a que en los fluidos mineralizantes, el azufre se presenta como  $S_4^+$  en forma de  $SO_2$ , con un pH ácido, y se encuentran en sistemas volcánicos hidrotermales.

En los de **BS** o adularia-sericita, el azufre se presenta como  $S_2^-$  en forma de  $H_2S$  (reducido) y un pH cercano a neutro, en sistemas geotermales distales a la fuente de calor.

Ambos sistemas, aunque presentan diferentes características, pueden coexistir uno al lado del otro Hedenquist y Lowenstern (1994); Hedenquist et al., (2000). El ascenso de los fluidos en ambos ambientes BS y AS es a través de sistemas de fallas y fracturas (control estructural), o a través de estratos permeables, también susceptibles de ser mineralizados (control estratigráfico). Los fluidos de BS regularmente dan origen a cuerpos como vetas o series de vetas, zonas de stockwork o “sheeted veins”, en cambio los de **AS** con mayor temperatura y acidez alcanzan a penetrar en rocas encajonantes, dando origen a cuerpos mineralizados vetiformes y cuerpos irregulares diseminados Camprubi et al (2006).

La mineralogía económica principal de los depósitos de **BS** es de Au, Ag y cantidades menores de Pb, Zn, y Cu, también cuarzo, calcedonia, carbonatos, pirita como ganga. En cambio, en los de AS, se tienen cantidades económicas de Au, menores Ag y Cu, y ganga de cuarzo, alunita, pirita, barita.

El movimiento de estos fluidos hacia la superficie es a través de fracturas y fallas, brechas hidrotermales, brechas, diatremas, estructuras radiales de caldera, es decir, obedece a un control de mineralización estructural (preparación física de la roca), aunque también pueden mineralizar ciertos estratos de rocas permeables o químicamente preparadas. Por lo tanto, dependiendo de la preparación de la roca y las características de los fluidos, es común encontrar en estos depósitos estructuras vetiformes, stockworks y brechas, cuerpos diseminados, comúnmente en depósitos irregulares que están controlados por la permeabilidad de la roca encajonante y la geometría de las estructuras controladoras.

La mineralización principal en los depósitos de alta sulfuración consiste de oro, enargita, calcosita, covelita, bornita, esfalerita, tetraedrita, tenantita, galena, marcasita, arsenopirita y sulfosales de plata.

Se encuentran localizados en ambientes tectónicos de distensión, en zonas plutónico-volcánicas en márgenes activos de continentes o arcos de islas, asociados con rocas intermedias calcoalcalinas y están asociados a ambientes volcánicos-subvolcánicos, en calderas, domos y brechas, además guardan una íntima relación con sistemas de pórfidos que se encuentran por debajo en intrusivos mineralizados. Por lo general albergados en rocas piroclásticas y flujos, de composición dacítica o

andesítica y sus correspondientes intrusivos, también unidades sedimentarias intervolcánicas.

La mayoría de estos depósitos ocurren en rocas terciarias a cuaternarias, aunque es posible encontrarlos en rocas mesozoicas y raramente en rocas paleozoicas. Este fenómeno se debe a los efectos de la erosión sobre las rocas, es decir, los depósitos formados en rocas antiguas ya se han erosionado.

#### **VI.1.1.1. Depósitos Epitermales de Alta y Baja Sulfuración en México**

En México, hasta hoy, los principales depósitos epitermales tipo AS de los que se tiene conocimiento son: Mulatos en Sonora, El Sauzal y Santo Niño en el estado de Chihuahua. El Sauzal y Mulatos, con más de 3.2 M de Oz (Gray, M.D., 2001), ambos se encuentran localizados en la provincia de la Sierra Madre Occidental. Los depósitos epitermales de baja sulfuración se encuentran mayormente extendidos y tienen mayor presencia en México como se muestra en la figura 8.

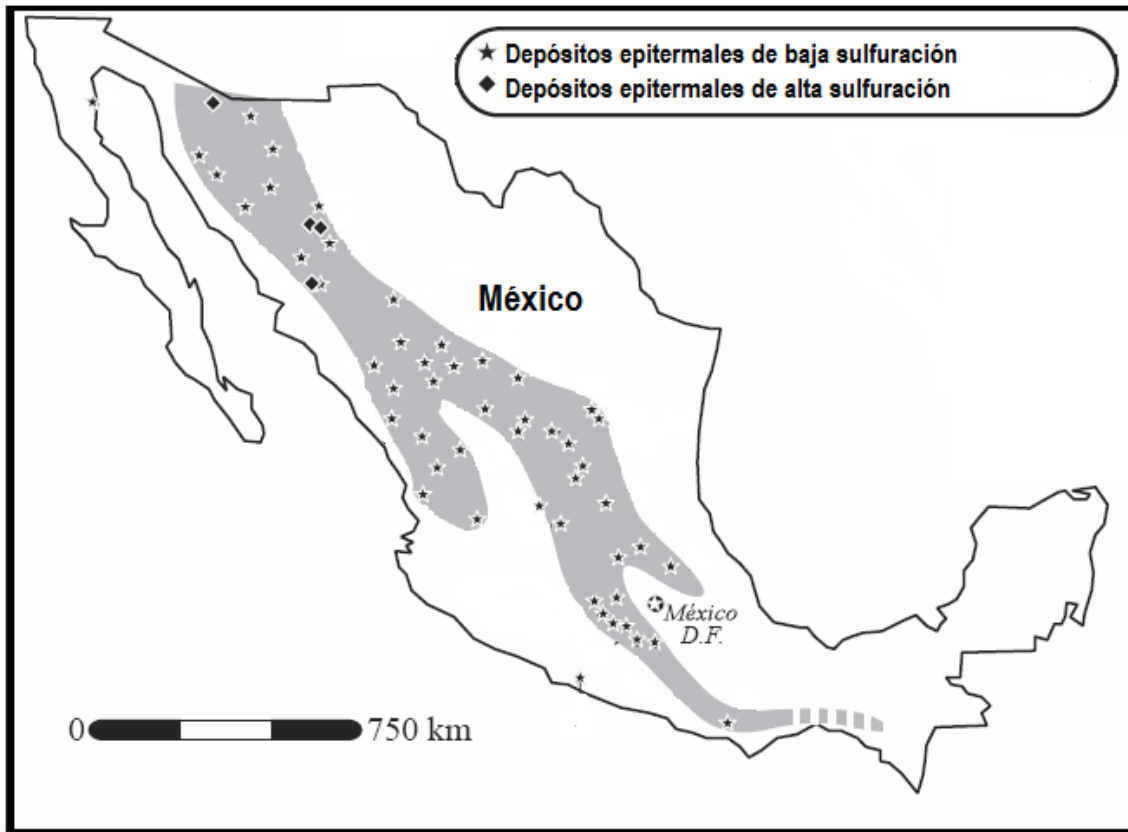


Figura 8.- Distribución en México de algunos depósitos epitermales de alta y baja sulfuración. Editado de Camprubí *et al.*, (1999).