

Yacimientos Minerales, Minería y Producción de Metales: de la Naturaleza al Consumidor

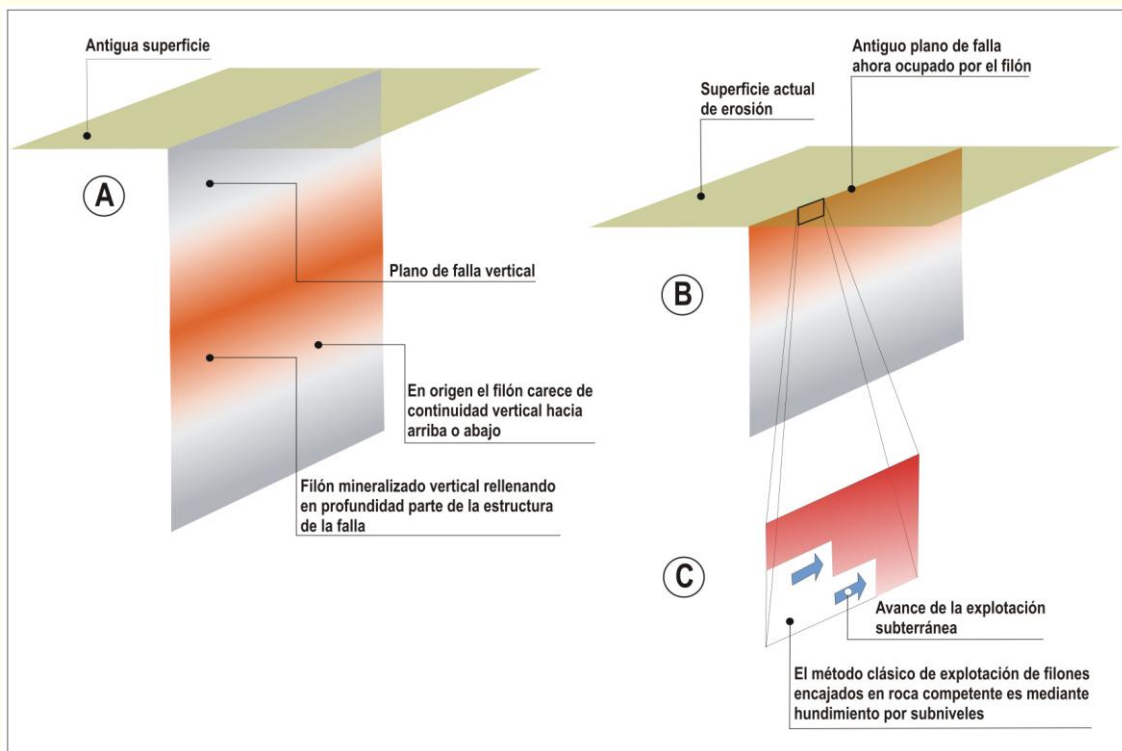
Y una breve "historia" geológica de San Quintín ...

R. Oyarzun, P. Higuera y J.A. López García

La formación de un yacimiento mineral y su valoración económica

Todos los elementos químicos están distribuidos en la corteza terrestre de forma muy amplia, aunque en general su concentración en las rocas es demasiado baja como para permitir que su extracción resulte rentable. La concentración para dar lugar a un yacimiento mineral se produce como consecuencia de algún proceso geológico (ígneo, sedimentario o metamórfico) que provoca la concentración del elemento.

Por ejemplo, el plomo y zinc de **San Quintín** se encontraban originalmente en bajísimas concentraciones en la roca encajante del yacimiento (pizarras). Sin embargo, hace unos 300 millones de años, procesos hidrotermales (movimientos de aguas a elevada temperatura con capacidad para movilizar metales) removieron estos metales del encajante de pizarras, y los depositaron como **filones (= vetas)** de sulfuros a lo largo de grandes fracturas (filones en fallas). Nació así un grupo de yacimientos filonianos de sulfuros de Pb-Zn.



Esquema simplificado y esquemático (representación de filones en 2D) del emplazamiento a lo largo de un plano de falla (A), erosión-afloramiento (B), y explotación subterránea de un yacimiento filoniano (C).

Los yacimientos filonianos tienen forma tabular y se emplazan a lo largo de los espacios generados por las fallas o zonas de falla (A en la figura anterior). Los fluidos hidrotermales circulan por estos espacios depositando allí su carga mineral. Esto sucede en profundidad, y deberemos esperar un largo tiempo geológico hasta que el desmantelamiento de las rocas por

procesos tectónicos y erosión deje a la vista la masa mineral (**B** en la figura anterior). Si las leyes y el tonelaje de un yacimiento son las adecuadas en el momento económico mundial, entonces se puede proceder a su explotación. El procedimiento más clásico de explotación en estos casos es el denominado hundimiento por subniveles (**C** en la figura anterior).



El campo filoniano San Quintín: localización (izquierda) proyección en superficie (rojo) de los principales filones del grupo (derecha). En gris en la imagen: balsas y escombreras abandonadas de distintos periodos de actividad minera

Así como en **San Quintín** el proceso concentrador hidrotermal fue más o menos importante (permitiendo la minería), otras concentraciones minerales pueden no tener interés económico, lo que delimita el concepto de yacimiento explotable o no explotable en función de factores muy variados. Entre estos destacan el valor económico del metal o metales extraídos, su concentración o ley, el volumen de las reservas, la mayor o menor proximidad a los puntos de consumo, la evolución del mercado, etc., factores algunos fácilmente identificables, mientras que otros son casi imposibles de conocer de antemano.

Esta conjunción de factores geológicos y económicos hace que el estudio de los yacimientos minerales sea una cuestión compleja y problemática, en la que hay que conjugar la labor de especialistas de distintos campos, ya que incluye desde las cuestiones que afectan a la exploración o búsqueda de estas concentraciones, su evaluación, el diseño y seguimiento de su explotación minera, el estudio de la viabilidad económica de la explotación, el análisis del mercado previsible para el metal, hasta factores políticos o cuestiones ambientales, como la recuperación de los espacios afectados por esta actividad.

Concentrando minerales o “separando el trigo de la paja”

Los metales en un yacimiento se encuentran ligados a una fase mineral. El problema radica en que junto con los minerales de interés económico (llamados de **mena**) existen otros llamados de **ganga** (sin valor económico). Los minerales de mena y ganga suelen estar físicamente ligados entre sí, de tal manera que para explotar un yacimiento económicamente, previamente debemos separar estos dos componentes de la mineralización (*separar el trigo de la paja*). Esta operación nos permitirá obtener un concentrado de minerales económicos. Típicos minerales de mena son los sulfuros de cobre, plomo, o zinc (entre muchos otros), mientras que la ganga suele estar constituida por cuarzo o calcita.

Una vez que los minerales son extraídos de la mina, estos tienen que pasar por una fase de molienda antes de la concentración. Esta molienda actuará como sistema liberador de la mena de la ganga. **Antes de la invención del proceso de flotación de sulfuros (a comienzos del siglo XX), estos minerales eran concentrados por gravedad.** Uno de los procesos clásicos de separación de mena y ganga por gravedad utilizaba los llamados **jigs** (pronúnciese: “yigs”). Un jig

es un dispositivo simple de procesamiento de minerales que utiliza el agua y la fuerza de gravedad para separar minerales por densidad. Dado que la ganga suele ser más liviana que los minerales de mena (galena, calcopirita, esfalerita, etc.), resulta relativamente simple separarlos por densidad.



Jigs en la mina Jack Daw (Chitwood, Missouri; Pb-Zn) ca. 1915. http://cdm.sos.mo.gov/cdm4/item_viewer.php?CISOROOT=/riches&CISOPTR=83&CISOBOX=1&REC=7

La flotación moderna, tal como la entendemos hoy en día, no llegó a **San Quintín** hasta la segunda mitad del siglo XX (1973 - 1988), cuando se reprocesaron parte de los antiguos residuos de concentrado. Dado que la concentración de minerales en la primera fase de San Quintín (1888 - 1923) tenía probablemente muchas carencias (antigua concentración por gravedad), estas balsas abandonadas presentaban altas concentraciones de zinc, metal “del momento” durante **la segunda vida** de San Quintín (1973 - 1988).



Antigua balsa en San Quintín Este, cuando se concentraba mineral por gravedad (1888 - 1923).

La moderna concentración de sulfuros se realiza en la llamadas **celdas de flotación**, donde los sulfuros útiles son flotados mediante el uso de espumantes y colectores. Los colectores otorgan un carácter hidrófobo a las partículas sulfuradas (permitiéndoles “flotar”) y los espumantes generan la espuma a la que se fijan las partículas que se desea flotar. Las burbujas arrastran consigo los minerales sulfurados económicos hacia la superficie, donde rebasan por el borde de la celda hacia canaletas que las conducen hacia estanques especiales, desde donde esa **pulpa** (o **concentrado** en estado semilíquido) es enviada a la siguiente etapa. Tomado en cuenta las elevadas concentraciones de zinc en la moderna balsa de San Quintín, da la impresión que

tampoco la empresa (Sociedad Minero-Metalúrgica de Peñarroya) lo hizo muy bien durante esta segunda etapa.



*Celdas de flotación en una planta de concentración de sulfuros y la espuma que contiene la fase sulfurada que se quiere concentrar.
<http://www.fipr.state.fl.us/Education2004/11-4.JPG> y <http://web.uct.ac.za/depts/geolsci/dlr/hons/u42a.jpg>*



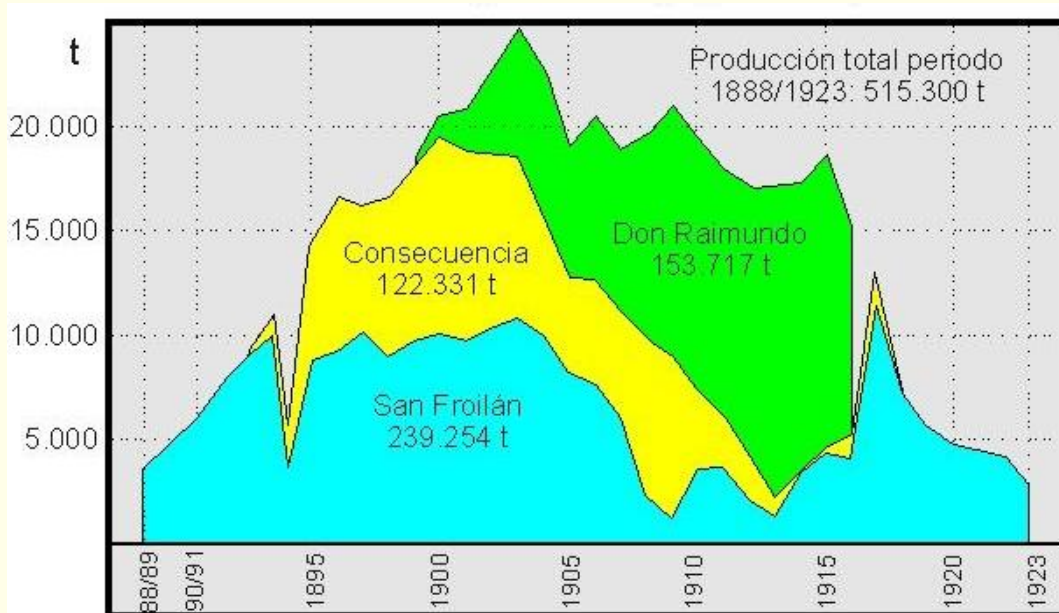
Balsa (relave) de la planta moderna de flotación de San Quintín (1973 - 1988)

Aquello que no es concentrado son **colas** o residuos del proceso, y estas superan en muchas veces el tonelaje del concentrado. Esto significa que las colas del proceso de flotación crecen rápidamente. Dado que la concentración no posee una eficiencia total, parte de los minerales que se quiere flotar van a parar a las colas. A estas también va a parar la piritita, un mineral sin valor económico que posee sin embargo un gran potencial para generar drenaje ácido de mina, como de hecho ocurre en San Quintín Este. A su vez las colas forman la **balsa** de una mina. El otro residuo clásico de una mina son las **escombreras**, formadas por roca estéril o con una concentración de mineral subeconómico que ha habido que remover inevitablemente durante el proceso de extracción de la roca mineralizada.



Drenaje ácido de mina en San Quintín Este proveniente de las antiguas balsas

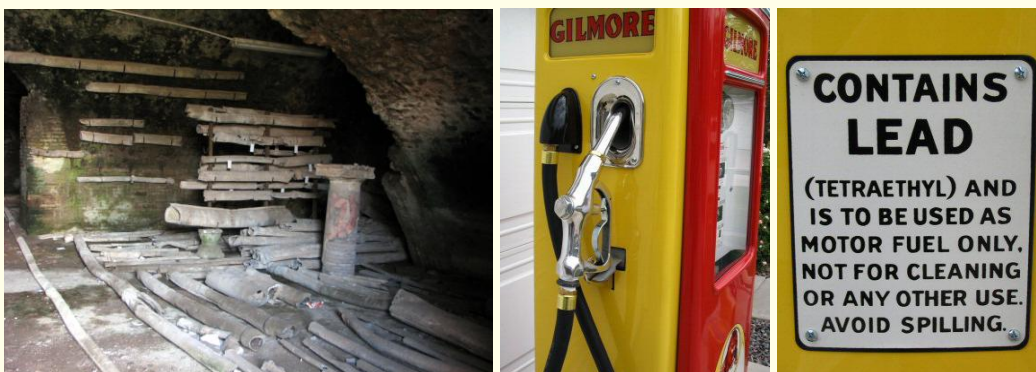
Durante los años 1888 y 1923 el Grupo Minero San Quintín produjo unas 515.000 t de concentrados de galena, de las cuales el 46,5% corresponden a la producción de la mina San Froilán, el 23,7% al filón Consecuencia, y el 29,8% restante a la mina Don Raimundo. Con posterioridad, entre los años 1973 y 1988, se reprocesaron unos 3 millones de toneladas provenientes de las antiguas balsas.



Producción de concentrados de plomo durante el período inicial del Grupo Minero San Quintín

Cuando las consideraciones ambientales dejan un metal atrás ...

El plomo fue un metal importante a lo largo de la historia del hombre, aunque su relevancia empezó a disminuir en el siglo XX a medida que empezaban a surgir preocupaciones ambientales en la sociedad, siendo progresivamente reemplazado en la industria con ejemplos tan llamativos con el abandono de la gasolina con plomo.



De izquierda a derecha. Cañerías de plomo del período romano, antiguo surtidor de gasolina con plomo y leyenda en el surtidor: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roman_lead_pipe_ostia_antica_04.jpg - <http://www.antiquevend.com/projecthistory/2004RoarGas.html>

El plomo aun se utiliza en la construcción de edificios, las baterías de plomo-ácido, las balas, pesos, soldadura, aleaciones y blindaje contra la radiación. Como metal ya era de primera importancia en la época romana, cuando se utilizaba para la construcción de cañerías.

El principal riesgo relacionado con la minería del plomo no radica en la posible puesta en solución de este metal (precipita rápidamente como carbonato o sulfato), sino en lo que

concierno a los procesos metalúrgicos de las menas de plomo (fundiciones). Cabe destacar que el problema con el plomo no es nuevo (ni siquiera de comienzos de la revolución industrial). Estudios en Suecia revelan que por lo menos el 50 % de la contaminación en suelos del país fue depositada en períodos anteriores al año 1800.

El particulado de plomo en aire relacionado con residuos metalúrgicos constituye el problema principal, pero existen otras fuentes que entrañan también una peligrosidad extrema. En los años 1990's se constató en la ciudad de Antofagasta (Chile) que había niños que presentaban altos contenidos de plomo en sangre. La fuente del problema pudo ser determinada, y eran minerales y concentrados de plomo que se acumulaban sin protección en las instalaciones portuarias (pertenecientes a Bolivia), para su posterior envío al extranjero. Esto nos lleva a encaminar nuestra mirada no solo a las fundiciones, sino también a las zonas donde se acumulan minerales o concentrados de plomo.

Para saber más:

Higueras, P. y Oyarzun, R. 2000. Yacimientos minerales. UCLM-UCM. Manual on-line: <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/IndiceYM.html>.

Higueras, P. y Oyarzun, R. 2002. Curso de minería y medio ambiente. UCLM-UCM. Manual on-line: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam>.

Higueras, P. y Oyarzun, R. 2004. Curso de Mineralogía y Geoquímica Ambiental. UCLM-UCM. Manual on-line: http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Port_MGA.htm.

Oyarzun, R. 2007. Apuntes de Geología de Minas: Exploración y Evaluación. http://www.ucm.es/info/crismine/Geologia_Minas/Geologia_Minas_portada.htm.

[Volver al Documento Principal](#)