



La nueva minería metálica en Andalucía: mina de Las Cruces

13 de mayo de 2018

F. Moral, J. C. Balanyá, J. M. Delgado, M. Díaz, I. Expósito, A. Fernández y M. Rodríguez

ISSN: 2603-8889 (versión digital)

Colección Geología.

Editada en Salamanca por Sociedad Geológica de España. Año 2018.

1. INTRODUCCIÓN

Geología es una actividad divulgativa de la Geología y del trabajo de los geólogos consistente en una serie de excursiones gratuitas, guiadas por geólogos y abiertas a todo tipo de público. Esta idea nació en la provincia de Teruel en el año 2005 y desde el año 2010 se organiza una excursión en cada una de las provincias de España. Se pretende que los participantes observen con “ojos geológicos” el entorno, entiendan el funcionamiento de los procesos geológicos, conozcan el patrimonio geológico, tomen conciencia de la necesidad de protegerlo y valoren la importancia que tiene para la sociedad el trabajo que desarrollan los geólogos.

En la provincia de Sevilla se celebran estas excursiones desde el año 2010, con participación del grupo de geólogos de la Universidad Pablo de Olavide en todas las ediciones, a excepción de la primera. Este año el itinerario de la excursión discurrirá entre las localidades de Guillena y Gerena y constará de tres paradas: junto al embalse de El Gergal, en la mina de Las Cruces y en la ermita de La Encarnación.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA MINA DE LAS CRUCES

La mina de Las Cruces se sitúa geográficamente en el límite septentrional de la Depresión del Guadalquivir, en su transición a Sierra Morena. Estos dos dominios geológicos y geográficos, que se presentarán en nuestra primera parada (punto 1 en la imagen de la contraportada), se diferencian en el paisaje, tanto por su relieve, como por los distintos usos del suelo. En Sierra Morena afloran las rocas más antiguas de la provincia, predominantemente paleozoicas (hace 540 a 250 Ma). Estas rocas, en su mayoría metamórficas e ígneas, fueron intensamente deformadas durante la Orogenia Hercínica, que finalizó en el Carbonífero (hace unos 300 Ma). Estos materiales antiguos se continúan por debajo de la Depresión del Guadalquivir, de forma que constituyen el basamento sobre el que se depositaron las rocas sedimentarias de dicha cuenca, a partir del Neógeno (desde hace 23 Ma). La sedimentación comenzó en un brazo de mar que separaba el margen emergido de Iberia, al norte, de la reciente Cordillera Bética, al sur. El salto de edad (mayor de 250 Ma) entre los depósitos neógenos y las rocas paleozoicas infrayacentes indica que la superficie de contacto entre unas y otras corresponde a lo que se conoce como una discontinuidad estratigráfica.

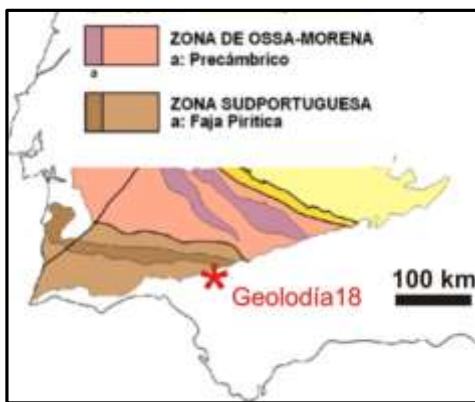


Fig. 1. Localización de la Faja Pirítica (modificada de Vera et al., 2004).

La base de esta secuencia sedimentaria está constituida por un conglomerado con abundantes clastos procedentes de la erosión del basamento. Sobre este conglomerado basal, las rocas son fundamentalmente areniscas calcáreas, con un altísimo porcentaje de bioclastos (fragmentos de fósiles) entre los que abundan los de ostreidos, pectínidos y equinodermos. El carácter erosivo de la superficie que separa el zócalo del relleno sedimentario y las características de este (abundancia de clastos de gran tamaño, poca fracción fina, y organismos típicos de aguas energéticas) permiten interpretar la existencia de una plataforma de abrasión (zona costera, más o menos acantilada y sometida a oleaje) como ambiente de depósito de estos conglomerados basales. Las areniscas que se sitúan por encima indicarían un medio algo más profundo, y por tanto la migración de la línea de costas hacia el interior del continente.

Aunque la mina de Las Cruces aparece cartográficamente rodeada por las rocas neógenas de la Cuenca del Guadalquivir, la explotación se encuentra en las rocas infrayacentes, es decir, en el basamento paleozoico que se continúa hacia el norte en Sierra Morena. Este basamento pertenece a la Zona Sudportuguesa, que constituye el dominio más meridional de una gran unidad geológica, el Macizo Ibérico, que ocupa todo el oeste peninsular. La Zona Sudportuguesa está formada por rocas de edades comprendidas entre el Devónico Medio-Superior y el Pérmico (250-380 Ma). En su mayoría se trata de rocas originalmente sedimentarias, que han sufrido deformación y metamorfismo de grado muy bajo durante la Orogenia Hercínica. Sin embargo, su banda central, conocida como la Faja Pirítica Ibérica, incluye un complejo vulcano-sedimentario al que se asocian los yacimientos de sulfuros metálicos que han hecho de esta banda una de las principales zonas mineras del mundo (Fig. 1).

Podremos observar este contacto en la visita que haremos al Arroyo de la Encarnación (punto 3 en la imagen de la contraportada). El lecho de este arroyo está formado por una roca ígnea, llamada granito, que se genera por enfriamiento del magma en cámaras situadas a varios kilómetros bajo la superficie. Directamente sobre estas rocas se observan estratos de rocas sedimentarias neógenas de la Cuenca del Guadalquivir.

3. HISTORIA DE LA MINERÍA EN LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA

Tanto la abundancia de mineralizaciones como su situación geográfica, en el extremo occidental del Mediterráneo, hacen que la Faja Pirítica Ibérica (FPI) sea uno de los distritos mineros más antiguos del mundo, donde la explotación comenzó, como mínimo, hace 4500 años (Nocete et al., 2005). En la Edad del Bronce tardía (3200-2900a cal. BP) se vivió el florecer de la minería y la metalurgia en la región, promovidas por importantes redes comerciales. De hecho, la civilización tartésica basó su desarrollo en la extracción de cobre y plata (Delgado et al., 2012). Con la dominación romana, en el área de las actuales provincias de Sevilla y Huelva, y del Alentejo portugués, se desarrolló en una de las mayores operaciones mineras en la historia de la humanidad.

Tras un largo periodo de decadencia minera, en el siglo XIX llegan a la región importantes compañías británicas y francesas que iniciaron una minería intensiva, con grandes explotaciones a cielo abierto para la extracción del cobre y de pirita y la construcción de importantes infraestructuras hidráulicas y de transporte. En las dos primeras décadas del siglo XX la alta rentabilidad de la explotación de cobre generaron importantes beneficios a las empresas de la FPI, lo que redundó en una sustancial modernización de sus instalaciones (Carrasco, 2000). En esa época, las piritas españolas suponían en torno a un 50 % de la producción mundial de azufre. Tras diversas etapas de exploración y explotación de los yacimientos a lo largo del siglo XX, relacionados con las fluctuaciones en los mercados de azufre, cobre y otros metales (plomo, zinc, plata y oro, entre otros), en los años 80 se produjo el cierre de buena parte de las explotaciones de la FPI.

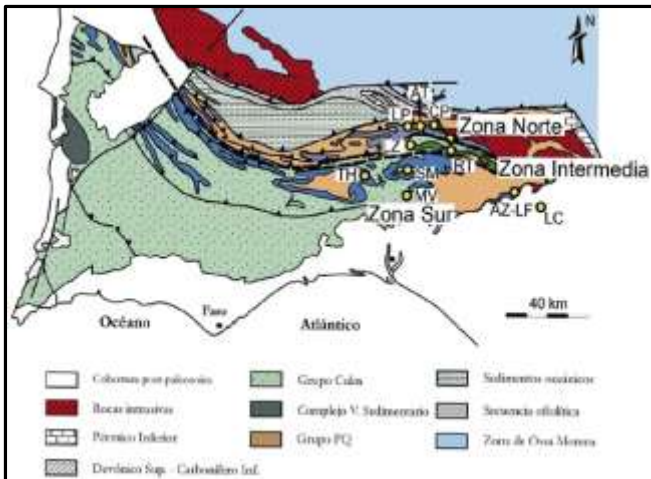


Fig. 2. Esquema geológico de la Zona Sudportuguesa y la FPI, con la posición de las principales minas: Aguas Teñidas (AT), Aznalcóllar-Los Frailes (AZ-LF), Concepción-San Platón (CP), Las Cruces (LC), Lomero-Poyatos (LP), La Zarza (LZ), Masa Valverde (MV), Río Tinto (RT), San Miguel (SM) y Tharsis (TH). Tornos (2008).

Las tres zonas mineras de la FPI que pertenecen a la provincia de Sevilla son las de El Castillo de las Guardas, Aznalcóllar y Las Cruces. Las dos primeras comenzaron a ser explotadas en época romana y, de forma intermitente, hasta finales del s. XX. El cierre definitivo de la explotación de El Castillo de las Guardas se produjo en 1963 y el de las minas de Aznalcóllar en 1998, tras la rotura de la balsa de estériles.

4. LA MINA DE LAS CRUCES

A diferencia de otros yacimientos de la Faja Pirítica, el yacimiento mineral de Las Cruces es un descubrimiento muy reciente. Ocurrió en el año 1994, merced a los resultados de exploraciones de carácter geofísico, concretamente prospección gravimétrica. Al igual que otros yacimientos ubicados a considerable profundidad bajo el suelo, este yacimiento no ofrece ninguna evidencia directa en superficie. Sin embargo, determinadas propiedades físicas medibles a distancia, como la conductividad eléctrica o la densidad de los materiales existentes en profundidad, dieron las primeras evidencias indirectas de su existencia. La densidad de los minerales (sulfuros de cobre) del yacimiento es muy alta (5gr/cm^3) comparada con la media de los materiales típicos de la parte alta de la corteza terrestre ($2,6\text{gr/cm}^3$). Esto hace que, debido a la masa muy considerable del yacimiento (solo las reservas extraíbles suponen 17,6 millones de toneladas), las medidas locales del campo gravitatorio señalen valores anormalmente altos. Posteriormente, gracias al mapa de anomalías gravimétricas obtenido en las campañas de prospección, se comprobó mediante sondeos mecánicos la existencia de estos sulfuros metálicos.

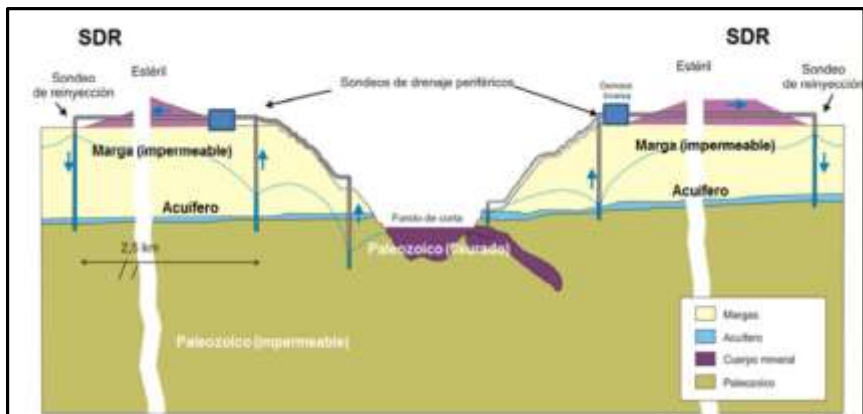


Fig. 3. Sección de la corta minera de Las Cruces y esquema del sistema de drenaje y reinyección. Con este sistema se deprime el nivel piezométrico (línea azul discontinua) en el fondo de corta (Fuente: Cobre Las Cruces)

El yacimiento de Las Cruces está formado principalmente por el mineral calcosina (derivado del griego: *calcos*, bronce), que es un sulfuro de cobre (Cu_2S). La calcosina es un mineral muy denso ($5,8 \text{ gr/cm}^3$), de color gris plomo y brillo metálico. La ley en cobre que se obtuvo de las primeras muestras de los sondeos, resultó ser excepcionalmente elevada. Además, en el yacimiento, este mineral se encuentra asociado a otros sulfuros polimetálicos de hierro, zinc y plomo y a menas de metales preciosos como la plata.

La explotación se realiza a cielo abierto, mediante una corta de planta elíptica y considerables dimensiones, que permite dejar al descubierto en su fondo el nivel mineralizado. Está previsto que, en su fase final, la corta alcanzará unas dimensiones en planta de 1000 por 1600 metros. En los taludes de la corta se han practicado una serie de carriles que permiten la circulación de camiones de gran tonelaje que transportan el mineral.

Una vez extraído el mineral, la tecnología de su tratamiento es la hidrometalúrgica, que se realiza en una planta anexa a la corta minera. Las fases de dicho tratamiento son trituración y molienda, lixiviación, extracción por disolventes y electrodeposición. Recientemente, la compañía ha ampliado su capacidad para producir, además de cobre a partir de la mineralización primaria de calcosina, también zinc, plomo y plata.

5. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA MINERÍA METÁLICA

Una explotación minera de tan dilatada historia en la FPI ha modificado notablemente el paisaje y las características químicas de las aguas de la región, dando lugar a uno de los sistemas fluviales más complejos y extraordinarios del mundo. A escala regional la deforestación es la mayor consecuencia ambientales de la minería antigua. Los procesos de calcinación generaron lluvias ácidas y gran cantidad de cenizas de tostación de la piritita que fueron abandonadas de manera incontrolada (Pérez López, 1994). No obstante, las modificaciones más significativas tienen lugar a finales del siglo XIX, con el desarrollo de la minería a cielo abierto, no solo por el impacto paisajístico sino por la gran cantidad de estériles y escorias de fundición que eran apilados en voluminosas escombreras, sumado a las balsas y diques de decantación y lixiviación y canales de cementación construidos para el tratamiento hidrometalúrgico (Fig. 4). Sin embargo, los mayores impactos ambientales son debidos a que las áreas mineras exponen toneladas de desechos ricos en sulfuros a la oxidación bajo condiciones atmosféricas, generando lixiviados altamente ácidos con concentraciones extremas de metales, metaloides y sulfatos conocidos como drenaje ácido de minas (Delgado et al., 2009)

La oxidación de la pirita (FeS_2) en presencia de aire y agua es un proceso químico complejo por el que se obtienen formas oxidadas de hierro, aniones sulfato y una fuerte acidez. La presencia de microorganismos catalizadores de las reacciones de meteorización pueden acelerarlas hasta 100.000 veces (Olías et al. 2010). La acidificación de las aguas (el pH puede ser inferior a 2) permite la disolución de numerosos metales que, a pesar de su elevada toxicidad, pueden ser captados por los seres vivos.



Fig. 4. Drenaje ácido de mina en el aluvial del río Agrio, afluente del Guadiamar (febrero de 2005).

La degradación de los ecosistemas persiste durante décadas, incluso tras el cese de las labores mineras. Además, estudios recientes han demostrado que la contaminación minera tiene una incidencia, incluso, en los estuarios de la costa y por ende en las aguas del Golfo de Cádiz (Nieto et al. 2007).

Una explotación minera a cielo abierto como la de Las Cruces requiere de un control exhaustivo de las aguas superficiales y subterráneas para su correcta gestión hídrica, puesto que para su puesta en marcha han sido necesarias la modificación del trazado de los arroyos Molinos y Garnacha, la extracción y reinyección de agua subterránea en el acuífero Niebla-Posadas y la recogida y tratamiento de las aguas de escorrentía de la zona minera antes de verterlas a la red de drenaje superficial.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco. 2010. *Bocamina* 5, 10-49.
- Delgado et al. 2009. *Water, Air, and Soil Pollution*, 199 (1), 323-341.
- Delgado et al. 2012. *Quat. Sci. Rev.*, 33, 121-141.
- Nieto et al. 2007. *Environ. Int.* 33, 445-455.
- Nocete et al. 2005. *Journal of Archaeological Science*, 32(10), 1566-1576.
- Olías et al. 2010. *Apéndice al Plan Hidrológico del Distrito Tinto-Odiel-Piedras*, Agencia Andaluza del Agua, Sevilla.
- Pérez López. 1994. *Catálogo monográfico nº 1.*, F.R.T. Ríotinto.
- Tornos. 2008. *Macla* 10, 13-23.
- Vera et al. 2004. *Geología de España*. IGME-SGE.



COORDINA:



ORGANIZA:



Facultad de Ciencias Experimentales

Con la colaboración de:

