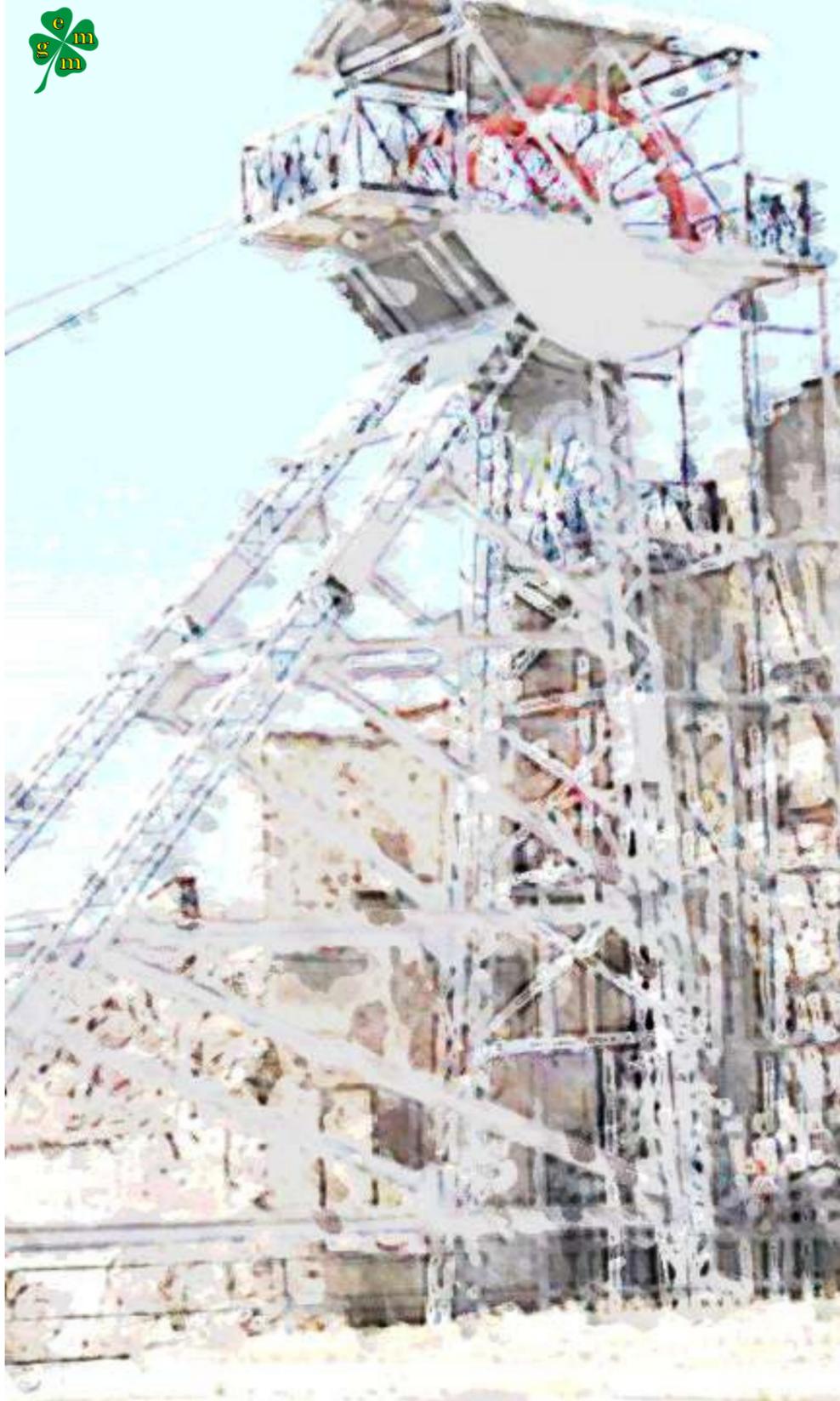


El distrito minero de Almadén: la mayor acumulación de mercurio en la Tierra

Geogúas GEMM
Serie Distritos Mineros 4

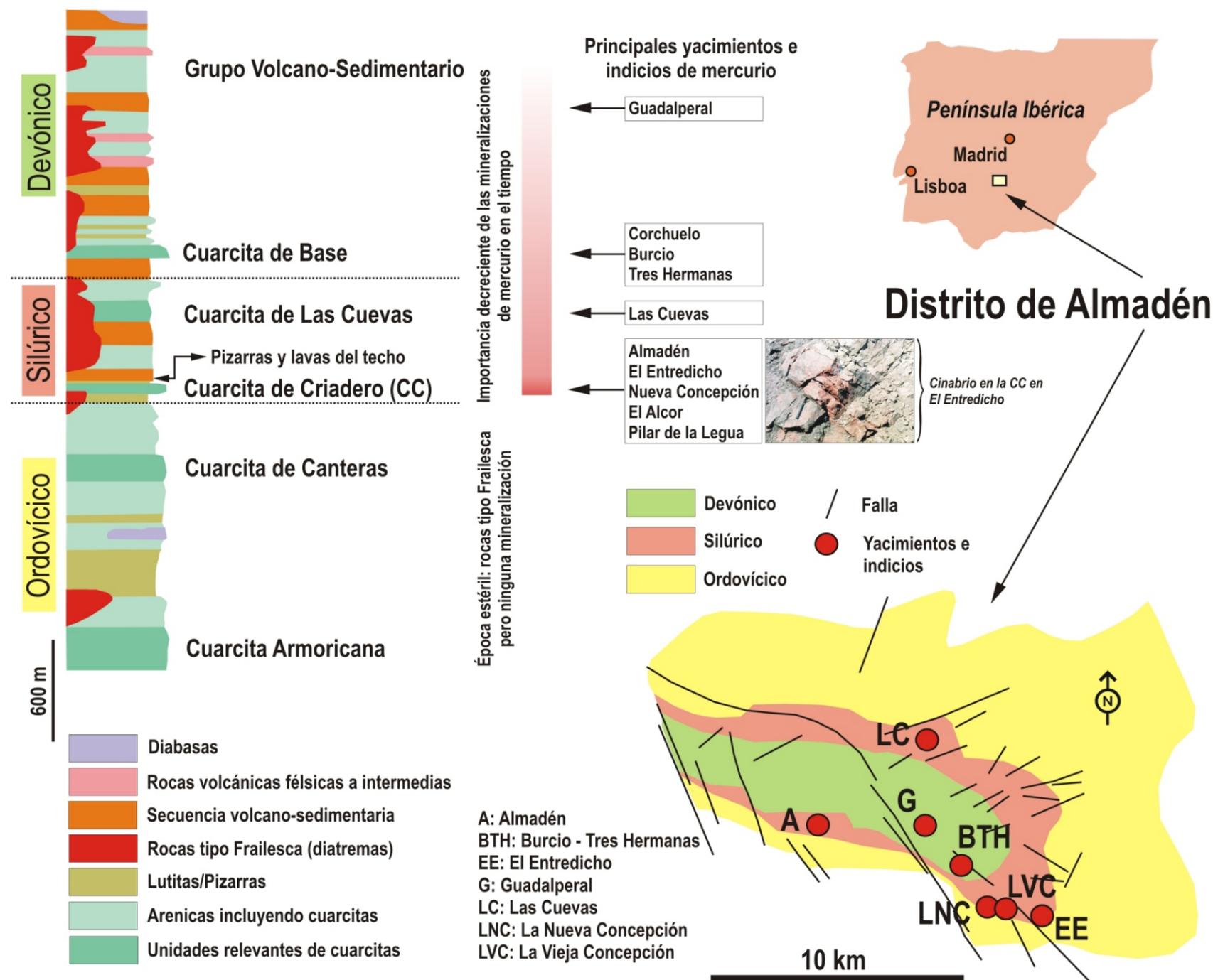


Introducción

El distrito minero de Almadén, situado en España sur-central, corresponde a la mayor concentración de mercurio a nivel mundial, habiendo producido un total aproximado de unas 400.000 toneladas de mercurio metálico, que representan del orden de un tercio de la producción mundial del elemento. El distrito incluye seis minas principales, de las cuales la mina de Almadén, situada en el entorno inmediato de esta localidad, es sin duda la más importante, habiendo producido del orden del 95% del total de la producción del distrito. Este hecho ha producido una dispersión del elemento en el entorno inmediato del área que ha implicado una contaminación del área, la que a su vez puede también considerarse como la más importante del mundo. El mercurio fue extraído en Almadén durante casi 2000 años, y la referencia más antigua a este metal la proporciona "Plinio el Viejo" (Cayo Plinio Cecilio Segundo; escritor, científico, naturalista y militar romano; 23-79 DC) quien cita el área de Almadén como la productora del mejor *bermellón* (rojo) para las togas de los patricios. El pigmento era obtenido del cinabrio (HgS), principal mineral de mercurio en Almadén, que posee un intenso color rojo. La mina de Almadén (que da nombre al distrito) ha estado activa desde tiempos de Roma hasta 2003, con la sola excepción de cierres parciales debidos a desastres mineros (fuegos, inundaciones) o guerras.

La importancia del Distrito Minero de Almadén hay que medirla además en los descubrimientos de Bartolomé de Medina (metalurgista español; 1497-1585) cuyo trabajo experimental alrededor de 1555 en las minas de plata de Pachuca (México) permitió desarrollar un procedimiento metalúrgico novedoso que empleaba mercurio para la amalgamación y recuperación de la plata. Así, dos minas de la Corona de España, Almadén en la península y Huancavelica en Perú iban a permitir con su aporte de mercurio, la minería de la plata en yacimientos tan distantes como Pachuca en México y Cerro Rico de Potosí en Bolivia.

El distrito de Almadén alberga más de 60 puntos en los que se ha descrito (por observación directa o en viejos informes) la presencia de cinabrio. De estos 60 puntos, uno es una gigantesca mineralización (Almadén); cuatro son yacimientos de tamaño considerable que han sido objeto de explotación minera continuada (El Entredicho, Las Cuevas, Nueva Concepción y Vieja Concepción); seis constituyen indicios minerales (*prospectos*) que han sido objeto de reconocimiento minero mediante labores superficiales, sin que puedan considerarse propiamente yacimientos (El Alcor, Pilar de la Legua, Guadalperal, Corchuelo, El Burcio, Tres Hermanas). El resto es poco conocido y en muchos casos se trata de datos de viejos informes que describen la presencia de cinabrio, aunque en muchos casos no se ha reconocido con posterioridad la presencia de este mineral.



Yacimientos minerales

Desde un punto de vista geológico los yacimientos de Almadén se pueden agrupar en dos grandes tipos:

1. Diseminaciones estratoligadas en la denominada Cuarcita de Criadero, en la base del Silúrico: *Tipo Almadén*.
2. Yacimientos relacionados con fracturas o zonas de deformación tectónica en general: *Tipo Las Cuevas*.

Los yacimientos del tipo *Almadén* incluyen la Mina de Almadén, ubicada justamente bajo esta localidad. La población se desarrolló sobre y alrededor del yacimiento. Conviene recordar que *Al-maadén*, nombre árabe del que deriva el de la localidad, significa "la mina", lo que da idea de su importancia al singularizarse el nombre en este yacimiento. También la mina de El Entredicho, explotada cerca de Almadenejos a cielo abierto, pertenece a esta tipología, a la que también parece pertenecer la mina de La Vieja Concepción, la peor conocida desde el punto de vista geológico del distrito. Una característica común de estas mineralizaciones es que son prácticamente monominerales, e incluso prácticamente monoelementales. Por lo general el cinabrio es la única mena metálica reconocible, acompañada de pirita muy minoritaria, y de trazas muy esporádicas de otros sulfuros como calcopirita o estibina. Desde el punto de vista elemental, el mercurio es el único elemento que presenta un factor de concentración de consideración, sin estar acompañado por los elementos que habitualmente le acompañan en otros yacimientos, como arsénico, antimonio u oro; por ejemplo, en los yacimientos epitermales de metales preciosos. Los yacimientos tipo Almadén se relacionan espacialmente con diatremas tipo Frailesca.

Por su parte, los yacimientos del tipo *Las Cuevas* presentan una considerable variabilidad. Las morfologías varían desde filoncillos únicos encajados en cuarcitas de edades diversas, como se observa en los indicios de El Alcor (en la cuarcita de Criadero) o Tres Hermanas (en la Cuarcita de Base); haces de filoncillos como en El Burcio (también en la Cuarcita de Base); pasando por filoncillos encajados en rocas magmáticas en Corchuelo; diseminaciones controladas por fracturas en Guadalperal; o yacimientos de cierto tamaño encajados en rocas de diversas litologías afectadas por una deformación de tipo zona de falla, como es el caso de Las Cuevas. Además estos yacimientos son más ricos en pirita. Por otra parte, al igual que los yacimientos tipo *Almadén*, los tipo *Las Cuevas* también se relacionan espacialmente con diatremas tipo Frailesca.



Arriba izquierda, cristales de cinabrio con su intenso color rojo; a la derecha, cinabrio en la mina (actualmente inundada) de El Entredicho (yacimiento tipo Almadén); abajo, gotas de mercurio nativo en La Nueva Concepción (Almadenejos) (Oyarzun et al., 2011).

Minería y metalurgia

La explotación subterránea moderna de cinabrio (HgS) en las minas de Almadén se realizó mediante corte y relleno (*cut and fill*), y finalmente por cráteres invertidos (*vertical crater retreat*). Una excepción la constituyó la mina de El Entredicho, que se explotó a cielo abierto (*open pit*). Por su parte la metalurgia del cinabrio en Almadén fue muy simple, y consistía en la calcinación del mineral, que se descompone a temperaturas del orden de 300°C. El mercurio se recupera posteriormente a partir de los vapores de la condensación. La técnica se desarrolló desde primitivos sistemas que utilizaban piezas de cerámica (los llamados *hornos de xabecas*), luego mediante el uso de líneas de cerámica para condensar los vapores (los llamados *hornos Aludeles* o *Bustamante*), y finalmente los modernos *hornos tipo Pacific*, alimentados con gas propano. Toda actividad minero-metalúrgica cesó en 2003.



Visita guiada a la mina subterránea de Almadén como parte de las actividades para visitantes organizadas por el Parque Minero de Almadén: www.parqueminerodealmaden.es/index.php?idioma=es.



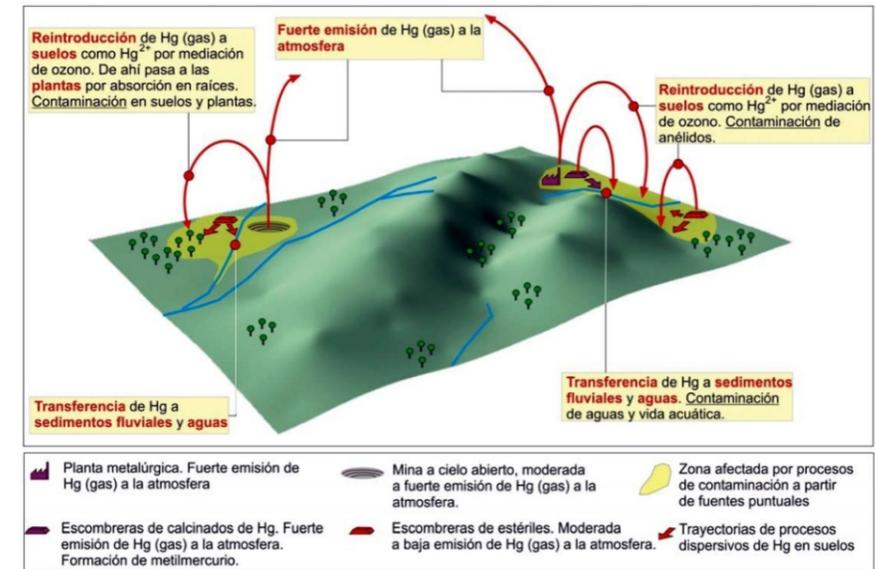
Los viejos hornos tipo Pacific del complejo minero-metalúrgico de Almadén.

Temas ambientales

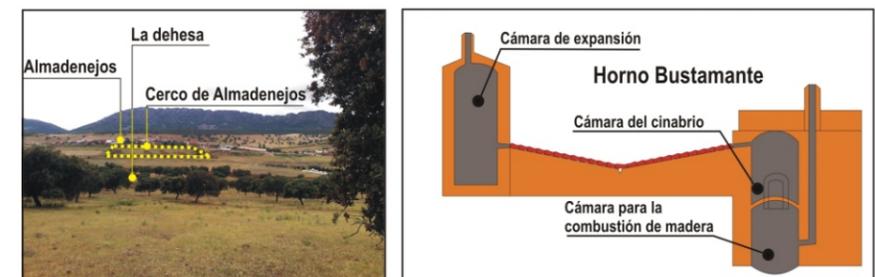
El mercurio es un elemento de alta toxicidad, si bien, para ser más correctos, deberíamos decir que es un elemento que tiene compuestos o especies que son tóxicas en bajas concentraciones. Sobre el mercurio podemos decir que se trata de un metal tóxico, es decir, que no tiene un papel biológico específico, lo que hace que su incorporación al organismo no resulte necesaria, y que a partir de ciertas dosis produzca efectos adversos sobre nuestra salud.

Los sectores más contaminados en un distrito minero suelen ser las áreas metalúrgicas, debido a: 1) los gases y el particulado emitido por las chimeneas; y 2) los residuos sólidos que la metalurgia genera. El caso de Almadén no fue diferente ya que el procedimiento utilizado para la obtención de mercurio metálico (Hg⁰) consistía precisamente en la calcinación (*roasting*) de la mena de cinabrio. Esto generaba mercurio en fase gaseosa (Hg⁰_{gas}) y residuos sólidos ricos en mercurio, los que a su vez emitían mercurio gaseoso a la atmósfera.

Resultaba imposible evitar el escape de vapores de mercurio en Almadén, lo que generaba concentraciones en el orden de unos 14000 ng Hg m⁻³ en el entorno inmediato de la planta metalúrgica (máximo recomendado por la OMS: 1000 ng Hg m⁻³). Como se ha podido observar además en el Cerco de Almadenejos (vieja planta metalúrgica del distrito de Almadén; operativa entre 1794 y 1861), parte de ese mercurio pasaba de la atmósfera a los suelos, contaminando fuertemente estos últimos (media actual en esos suelos = 4200 ppm).



Relaciones yacimientos – minería – atmósfera – ríos para el mercurio en un entorno minero complejo como era el de Almadén en su época productiva (Oyarzun et al., 2011).



El Cerco de Almadenejos, uno de los sitios más contaminados por mercurio en el distrito de Almadén (suelos y atmósfera). Arriba izquierda, principales elementos constitutivos del lugar; a la derecha, diagrama de un horno Bustamante como los que se usaban antaño. Abajo izquierda, ruinas de un antiguo horno Bustamante y el espárrago silvestre comestible "triguero" (*Asparagus acutifolius*). A la derecha, ruinas y animales de granja que viven en el sitio contaminado (Martínez Coronado et al., 2011).

Bibliografía

Higuera, P., Oyarzun, R., Lillo, J. & Morata, D. 2013. Intraplate mafic magmatism, degasification, and deposition of mercury: The giant Almadén mercury deposit (Spain) revisited. *Ore Geology Reviews*, 51: 93-102.

Martínez Coronado, A., Oyarzun, R., Esbrí, J.M., Llanos, W. & Higuera, P. 2011. Sampling high to extremely high Hg concentrations at the Cerco de Almadenejos, Almadén mining district (Spain): The old metallurgical precinct (1794 to 1861 AD) and surrounding areas. *Journal of Geochemical Exploration*, 109: 70-77.

Oyarzun, R., Higuera, P., Lillo, J., 2011. *Minería Ambiental: Una Introducción a los Impactos y su Remediación*. Ediciones GEMM - Aula2punto.net

Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Ciencias Geológicas
Roberto Oyarzun Muñoz
José Angel López García

Universidad de Castilla La Mancha
IGeA - Instituto de Geología Aplicada
Pablo Higuera Higuera
José María Esbrí Víctor
Alba Martínez Coronado

Universidad Rey Juan Carlos
ESCT
Francisco Javier Lillo Ramos

Aula2punto.net
www.aulados.net



CC creative commons

Reconocimiento No Comercial (by-nc):
Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría. 2014.

GEMM: Grupo de Estudios en Minería & Medioambiente.
www.aulados.net/GEMM/GEMM.html

Foto portada: Castillete en el Parque Minero de Almadén. A partir de una imagen de Raimundo Pastor: <http://es.wikipedia.org/wiki/Almad%C3%A9n>