

## **TRANSFORMACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS (PAM) EN ACTIVOS MINEROS, AMBIENTALES O SOCIALES (AMAS)**

Roberto Rodríguez

Departamento de Investigación en Recursos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosa 23. 28003 Madrid. España. Email: [roberto.rodriguez@igme.es](mailto:roberto.rodriguez@igme.es)

### **RESUMEN**

La transformación de un pasivo ambiental minero (PAM) en activos mineros, ambientales o sociales (AMAS) requiere como elemento primordial la generación de un beneficio económico, ambiental o social. Lo más adecuado es que en ese proceso de transformación se combinen los tres aspectos, integrando de esta manera los actores del desarrollo sostenible. En el proceso de transformación de un PAM en AMAS se distinguen diferentes campos de actuación: 1) reutilización de los residuos mineros y estériles, 2) construcción de parques temáticos y museos de la minería, 3) reutilización y cambio de uso de las infraestructuras, 4) creación de parques de ocio y 5) recalificación del terreno minero para uso agrícola, industrial o urbano.

### **INTRODUCCIÓN**

En una gran parte de la sociedad existe la convicción de que el aprovechamiento de los recursos minerales y la protección del medio ambiente son actividades incompatibles. Esta creencia es el resultado de que durante muchos siglos la actividad de la industria extractiva se haya desarrollado de una forma desordenada, donde primaba la rentabilidad económica sin tener en cuenta los costes ambientales derivados de su actuación. Resultado de esta actividad desordenada y sin ningún tipo de planificación de un cierre de minas adecuado dio lugar a la existencia de un gran número de pasivos ambientales mineros (PAM). De acuerdo con Arranz y Alberruche (2008) se define como PAM a *“todos aquellos elementos, tales como instalaciones, edificaciones, superficie afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral, que, estando en la actualidad en entornos de la minería abandonada o activa, constituyen un riesgo potencial permanente para la salud de la población y el medio ambiente”*. El objetivo de este trabajo es mostrar la tendencia actual en el terreno de transformación de los PAM en AMAS. Para ello se ilustra con casos concretos de diferentes actuaciones que muestran la variedad de usos y aplicaciones que se puede obtener si se realiza una rehabilitación de los PAM y el desarrollo adecuado de una ordenación minero ambiental de las zonas afectadas por las actividades de la industria extractiva.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La realización del trabajo se basa en una revisión y análisis de diferentes casos a nivel nacional e internacional de transformación de pasivos ambientales mineros en activos mineros. El volumen de información existente al respecto es amplio y puede consultarse un gran variedad de literatura sobre estos casos, entre los que se pueden destacar Arranz y Alberruche (2008), Fernández-Rubio (2007), Guitián (1995), IGME (1989, 1995, 2000), Rodkom, (2002), Pearman (2009) y Rodríguez y García-Cortés (2006).

### **TRANSFORMACIÓN DE UN PAM EN AMAS**

La transformación de los PAM, especialmente a gran escala en minas abandonadas o activas, es un trabajo complejo, muy costoso que requiere de medios económicos y técnicos, tiempo y, además, lograr su éxito constituye un gran desafío para los profesionales dedicados a esta labor. En la transformación de los PAM a AMAS se puede señalar que son cinco los actores que desempeñan un papel fundamental: 1) la industria minera (o dueño de la propiedad), 2) la agencia reguladora, 3) la industria de la consultoría, 4) académicos, y 5) la población (en particular los actores locales). Hay que señalar que estas cinco partes tienen diferencias sustanciales en el fondo, la educación y la experiencia. Por lo tanto, las negociaciones y comunicaciones

entre estas partes pueden ser difíciles y puede añadirse a las dificultades para el logro de los objetivos de transformación de un PAM en activo minero, ambiental y social mediante el uso de la remediación.

En el caso de la transformación de los PAM en AMAS hay que señalar que su proceso de transformación se puede manifestar en diferentes campos de actuación, siempre con el objetivo de generar una actividad económica, que permita la recuperación de la zona y su transformación social y ambiental. Entre las transformaciones más comunes se pueden señalar: 1) Reutilización de los residuos mineros y estériles, 2) Construcción de parques temáticos de la minería, 3) Recalificación del terreno minero para uso agrícola, industrial o urbano y 5) Reutilización o cambio de uso de las infraestructuras.

### REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS MINEROS Y ESTÉRILES

El volumen de estériles de las actividades de minería a cielo abierto ha dado lugar a que se practique la reutilización de los estériles de minas como materiales de construcción o como fuente de mineral para procesos minero-metalúrgicos más avanzados. En la Figura 1 se puede observar la explotación de los vacíos o estériles de mina de la corta los Blancos en la Sierra Minera de Cartagena-La Unión como áridos para la construcción.



Figura 1. En la imagen de la izquierda se puede observar la extracción de los estériles generados durante la apertura de la corta Los Blancos en La Sierra Minera de Cartagena-La Unión como áridos para la construcción.

### CONSTRUCCIÓN DE PARQUES TEMÁTICOS DE LA MINERÍA

Normalmente, en muchas de las áreas mineras con PAM existe un patrimonio cultural (geológico, minero, arqueológico e industrial) que en muchos casos puede estar inventariado o no. En España el aprovechamiento de estos recursos e interés en conservarlo y desarrollarlo ha sido puesto en evidencia, a través de varios de los proyectos consolidados a nivel nacional “*Los parques temáticos de la minería y museos mineros*” (tabla 1) y otros proyectos que están en marcha. A nivel internacional en el libro de Pearman (2009) se hace una valoración y análisis de 101 casos de antiguas zonas mineras transformadas en diferentes usos de ocio, cultural, agrícola e industrial. Por tanto, resulta evidente la necesidad de definir cuales son los elementos patrimoniales a preservar y potenciar, para evitar su desaparición ante cualquiera de las actuaciones propuestas en estos territorios. Los objetivos de los parques temáticos o geomineros son varios:

1. Recuperación de un espacio degradado que contiene un patrimonio valioso y constituye una fuente de empleo y riqueza económica para la zona,
2. Se oferta al público para su conocimiento y disfrute,
3. A la comunidad científica brinda la posibilidad de realizar estudios de diferente naturaleza y
4. Se conserva un patrimonio cultural e histórico para las nuevas generaciones.

### PAM DECLARADOS PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD POR LA UNESCO

En la figura 2 se puede ver una imagen del parque minero de Las Médulas, antiguas exploraciones auríferas de la época romana declaradas recientemente Patrimonio de la Humanidad. Este patrimonio está ubicado en la provincia de León. España. El Parque Minero de Almadén acaba de ser declarado Bien de Interés Cultural y es candidato por UNESCO como Patrimonio de la Humanidad.

Tabla 1. Parques temáticos y museos mineros relacionados con la actividad minera en España.

- 
- Museo histórico-minero D. Felipe de Borbón (Madrid)
  - Museo histórico-minero Francisco Pablo Holgado (Almadén, Ciudad Real)
  - Museo de la minería y de la industria (El Entrego, Asturias)
  - Museo de la minería (Cercs, Barcelona)
  - Mina de Jayona (Fuente del Arco, Badajoz)
  - Mina museo (Cardona, Barcelona)
  - Museo de la minería (Barruelo, Palencia)
  - Minas de Navajún (Navajún, La Rioja)
  - Minas de La Celia (Jumilla, Murcia)
  - Museo de la Ciencia y de la Técnica de Castilla-La Mancha (Cuenca)
  - Parque minero Pozo Norte (Puertollano, Ciudad Real)
  - Parque geominero y arqueoi industrial (La Unión, Murcia)
  - Parque geológico-minero (Mazarrón, Murcia)
  - Parque arqueológico de las minas neolíticas de Can Tintorer (Gavá, Barcelona)
  - Parque geológico-minero de Las Médulas (León) (Figura 2)
  - Parque temático de la minería y la sal (Cardona, Barcelona)
  - Parque minero (Río Tinto, Huelva)
- 



Figura 2. Imagen del parque minero de Las Médulas, antiguas exploraciones auríferas de la época romana declarada Patrimonio de la Humanidad. León. España.

#### RECALIFICACIÓN DEL TERRENO MINERO PARA USO AGRÍCOLA, INDUSTRIAL O URBANO

La recalificación del terreno en antiguas áreas mineras y sus áreas de influencia constituye un tema que actualmente adquiere una gran connotación. La recalificación se ha de realizar en función a la normativa de ordenación del territorio y considerando el grado de contaminación de acuerdo al uso que se pretende dar al suelo. El cambio de uso del suelo puede ser agrícola, urbano, ocio e incluso industrial. En el marco de la Unión Europea existe una serie de normativas legales vigentes que hay que tener en cuenta en cada uno de los posibles usos. Por ejemplo, a continuación se muestra el ejemplo de los límites establecidos para considerar un suelo contaminado en función del tipo de metal que se esté analizando. En este caso analizamos el cadmio a modo ilustrativo de lo que se debe hacer.

*Cadmio (Cd)*: para la concentración de cadmio, la legislación española cita un nivel máximo en suelos agrícolas de 1 mg/kg para un suelo de  $\text{pH} < 7$  y de 3 mg/kg para uno de  $\text{pH} > 7$ . Por otra parte, los límites máximos de cadmio en lodos de depuradora para uso agrícola son de 20 mg/kg para un  $\text{pH} < 7$  y de 40 mg/kg para uno de  $\text{pH} > 7$  (Real Decreto 1310/1990). La legislación de Turquía da un valor de 5 mg/kg como límite de suelo contaminado y de 20 mg/kg como límite de suelo extremadamente contaminado (T.S.P.C.R., 2000), de igual modo sucede con la legislación de Holanda (Ewers, 1991). Por su parte, la legislación italiana (Abollino *et al.*, 2002) marca un límite de 10 mg/kg de cadmio para considerar un suelo como contaminado. Para determinar el grado de contaminación se emplean los métodos de extracción secuencial (Rodríguez y García Cortés, 2006).

#### FRACASO DE LA TRANSFORMACIÓN DE UN PAM EN AMAS

Las alternativas de transformación de PAM a AM mediante las técnicas de remediación para la recuperación de minas inactivas o abandonadas, en algunos casos han fracasado o el proceso de transformación ha sido inadecuado. El fracaso tiene una componente humana principal que puede ser minimizada, si no prevenida, a través de la práctica honesta, la humildad, la cooperación, y la revisión por pares de expertos de instituciones para una planificación y ejecución de la remediación de los PAM. Científicos, ingenieros, agencias regulatorias, y la sociedad juegan todos papeles importantes en esta restauración, pero estos grupos a menudo son de muy diferentes culturas con perspectivas que deben comprender y apreciar las posibilidades, limitaciones y restricciones de otros grupos o actores del proceso de transformación de un PAM en AMAS para alcanzar la solución de remediación de mejor coste económico y efectividad social y medioambiental.

La naturaleza experimental de la transformación de un PAM en AMAS estipula que la investigación es esencial para lograr este objetivo mediante la aplicación de las mejores técnicas de remediación disponibles en el mercado. Para áreas con PAM complejos, el cambio o transformación mediante aproximaciones iterativas aplicando en ocasiones diferentes técnicas en la remediación, por fases, con constante monitorización, funciona mejor y permite corregir durante el proceso de transformación.

## TENDENCIAS ACTUALES

La preocupación medioambiental, propiciada por la inquietud social y por la legislación ambiental, se ha plasmado en un avance impresionante en el conocimiento de los procesos geológicos, ambientales, biogeoquímicos y sociales que, desde la escala local a la regional, regulan la transformación y evolución de las zonas mineras abandonadas con gran número de PAM a zonas con actividad socioeconómica y cultural importante (tabla 1).

El momento no puede ser más oportuno. Nos hallamos ante una etapa de florecimiento de aplicación y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la restauración y transformación de los PAM en AMAS que ha proporcionando y propiciará un buen número de nuevos proyectos de restauración de PAM localizados en diferentes espacios mineros abandonados o activos a nivel internacional. Es de esperar que el conocimiento de la problemática post-minera del que disponemos en la actualidad, sirva de base para la futura recuperación de las zonas mineras con PAM. El declive de la minería en Europa a partir de la década de los años 90 provocó, entre otras cosas, que un gran número de investigadores y profesionales desviaran su atención del campo de la prospección y explotación de recursos minerales, al campo del medioambiente y al estudio de la problemática post-minera. Este es un hecho notorio en España, Europa y el mundo occidental en general, que ha trascendido las fronteras a los países en vías de desarrollo gracias a la globalización y el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación y el desarrollo de la cooperación.

Resulta estimulante comprobar que la sociedad se ha mostrado sensible con este tipo de patrimonio y que cada vez es mayor el interés por integrar su estudio y tratamiento en el análisis, planificación, desarrollo y ordenación del territorio. No obstante, es mucho aún lo que falta por hacer en las zonas mineras y especialmente en las abandonadas con PAM a nivel internacional.

## REFERENCIAS

- Abollino Ornella, Aceto Maurizio, Malandrino Mery, Meutasti Edoardo, Sarzanini Corrado y Barberis Renzo. (2002). Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. *Environmental Pollution* 119: 177-193.
- Arranz, J.C. y Alberruche, E. (2008). Minería medio ambiente y gestión del territorio. RED DESIR. Madrid. 95 pp.
- Fernández-Rubio, R. (2007). Activos ambientales de la minería española. Edita. Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas. 413 pp.
- Guitián, F. (1995). Recuperación de las escombreras de la Mina de Lignitos de Meirama (A Coruña). Edita Universidad Santiago de Compostela. 286 pp.
- IGME (1989). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en Minería. Serie Ingeniería ambiental. 321 pp.
- IGME (1995). Manual de reutilización de residuos de la industria minera, siderometalúrgica y termoeléctrica. . Serie Ingeniería ambiental. Coordinador Lucas Vadillo. 308 pp.
- IGME (2000). Guía de restauración de graveras. Coordinador Lucas Vadillo. 186 pp.
- Pearman, G. (2009). 101 things to do with a hole in the ground. Printed by Four Way Print Limited. Launceston. UK. 134 pp.
- Rodkom, F. (2002). Guía de buenas prácticas medioambientales en la industria extractiva europea. Coordinación Lucas Frade (ANRFA). Edita Dirección General de Política Energética y Minas. Ministerio de Economía. Madrid. 133 pp.
- Rodríguez, R. y García-Cortés, A. (2006). Los residuos minero-metalúrgicos en el medio ambiente. IGME. Serie Medio ambiente No. 11. 744pp.