

## Problemática Post-minera Derivada de la Explotación de Sulfuros Polimetálicos

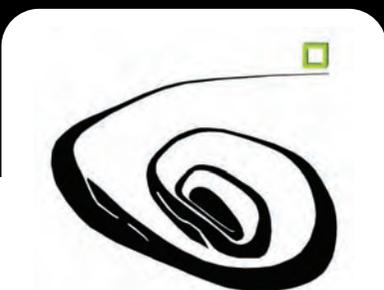
editores invitados: Isabel González Díez / Antonio Romero Baena

Depósito Legal M-38920-2004 / ISSN 1885-7664

Río Tinto, en las proximidades de la localidad de El Madroño (Huelva). Fotografía: Grupo de Mineralogía Aplicada



macla 10



**macla**

- 04. Carta del Presidente
- 05. Presentación Workshop '08
- 06. Workshop '08 y Patrocinadores
- 07. Programa General
- 08. Hoja de inscripción de la SEM

#### CONFERENCIAS INVITADAS

- 10. Science, Engineering, and the Remediation of Metal Mine Sites / D. Kirk Nordstrom
- 13. La Geología y Metalogenia de la Faja Pirítica Ibérica / Fernando Tornos Arroyo
- 24. Una Aproximación al Conocimiento del Impacto Ambiental de la Minería en la Faja Pirítica Ibérica / Juan Carlos Fernández Caliani
- 29. Acid Mine Drainage Remediation Starts at the Source / Dieter Rammlmair, Christoph Grisseemann, Torsten Graupner, Jeannet A. Meima y Antonio Romero Baena
- 34. Acid Mine Drainage in the Iberian Pyrite Belt: an Overview with Emphasis on Generation Mechanisms, Aqueous Composition and Associated Mineral Phases / Javier Sánchez España
- 44. Tratamiento de Aguas Ácidas. Prevención y Reducción de la Contaminación / Juan Carlos Baquero Ubeda, Rafael Fernández Rubio, Julio Verdejo Serrano y David Lorca Fernández
- 48. Contaminación de Suelos por Metales Pesados / Emilio Galán Huertos y Antonio Romero Baena
- 61. Problemática de los Suelos Afectados por la Explotación de Sulfuros / Isabel González Díez, María López Pérez y Antonio Romero Baena
- 76. Soil Remediation in Mining Polluted Areas / Antonio García Sánchez y Esther Alvarez Ayuso
- 85. Contaminación Atmosférica de Material Particulado Provocada por la Extracción Minera / Jesús D. de la Rosa
- 89. Aspectos Económicos y Legislativos. Consideraciones Globales sobre la Problemática de las Explotaciones de Sulfuros en el Medio Ambiente / Luis Carlos Rodríguez León

#### 103. Publicaciones de la Sociedad Española de Mineralogía

#### COMUNICACIONES

- 105. Isotopic Fractionation of Sulphur During Precipitation of Iron Sulphate Minerals from Acid Mine Drainage (San Miguel Mine, Ipb) / Ana Alvaro y Francisco Velasco
- 107. Efecto del Tratamiento con Tecnosoles en la Recuperación de Escombreras de Mina Ricas en Sulfuros Metálicos / Verónica Asensio Fandiño, Beatriz Cerqueira Cancelo, María Luisa Andrade Couce, Flora Alonso Vega y Emma Fernández Covelo
- 111. Distribución de Elementos Pesados en las Fracciones Geoquímicas de un Suelo Agrícola Afectado por los Lixiviados Ácidos de Filón Norte (Minas de Tharsis, Huelva) / Cinta Barba Brioso, Joaquín Delgado Rodríguez y Juan Carlos Fernández Caliani

115. **Dissolved Organic Carbon and Metals Release in Amended Mine Soils**  
/ Dora María Carmona Garcés, Ángel Faz Cano y Joselito M. Arocena
118. **Evolución de las Características de los Suelos Desarrollados sobre la Balsa de Flotación de una Antigua Explotación de Cobre en Galicia** / Beatriz Cerqueira Cancelo, Verónica Asensio Fandiño, Flora Alonso Vega, Emma Fernández Covelo y María Luisa Andrade Couce
122. **Modelización Predictiva de la Calidad Química de las Aguas del Futuro Lago de Meirama (Cerdeja, A Coruña)** / Jordi Delgado Martín, Ricardo Juncosa Rivera, Francisco Padilla Benítez, Pablo Rodríguez-Vellando y Juan Luis Delgado Fernández
126. **Simple Efflorescent Sulphates from Iberian Pyrite Belt (Portugal)**  
/ Nuno Durães, Iuliu Bobos y Eduardo Ferreira da Silva
129. **Geochemistry of Post Processed Acidic Wastes and Bioaccumulation of Metals in Plants**  
/ E. Jarosz-Krzeminska, M. Kuzniakowska y E. Helios-Rybicka
129. **Environmental Impact of Industrial Wastes from Nitric Plant in Tarnów (Poland)**  
/ M. Kuzniakowska, E. Jarosz-Krzeminska y E. Helios-Rybicka
130. **Interacción de Yeso con Aguas Ricas en As(V): Precipitación en Superficie de Arseniatos de Calcio a Diferentes Rangos de pH** / Amalia Jiménez Bautista, Juan Diego Rodríguez Blanco y Manuel Prieto Rubio
132. **Aplicación de la Microsonda de Protones en la Especiación Mineralógica de Elementos Traza en Suelos Contaminados de la Faja Pirítica (Riotinto, España)**  
/ María López Pérez, Isabel González Díez, J. García y Antonio Romero Baena
134. **Effects of Acid Mine Drainage on Benthic Diatom Communities, Stream Sediments and Surface Waters of Lousal and Aljustrel Areas**  
/ A. Luís, S.F.P. Almeida, P. Teixeira y E. Ferreira da Silva
136. **Geochemistry of Soils and Waters from Abandoned Freixeda Gold Mine, Northeast Portugal**  
/ M<sup>a</sup> Rosario Pereira, Ricardo Montes, M<sup>a</sup> Elisa Gomes, Adelaide Ferreira y Paula Ávila
138. **The LCIA Method Applied To Heavy-Metal Contamination: an Assessment of Aquatic Ecotoxicity in a Lagoon Environment**  
/ Gaëtana Quaranta, Raja Hadj Amor y Norbert Clauer
140. **Laser Raman Spectroscopic Technique: a Tool for the Characterization of Acid Mine Drainage**  
/ Pablo Sobrón Grañon, Aurelio Sanz Arranz, Tayro Acosta García de la Santa y Fernando Rull Pérez
142. **Serpentine As a Natural Nickel Scavenger in Weathering Profiles of the Aguablanca Ni-Cu-(PGE) Deposit (Spain). A SEM and HRTEM Study**  
/ Saioa Suárez Bilbao, Fernando Nieto García y Francisco Velasco Roldán
145. **Aspectos Geoquímicos de las Aguas Superficiales de la Cuenca Minera del Bierzo (León)**  
/ Eduardo Villa Bermejo, Juan Robles Llamazares, Eduardo Alonso Herrero y Manuel Vidal Bardán
147. **Presencia de Alunita y otros Sulfatos de Aluminio en los Drenajes Ácidos de la Minería de Carbón del Bierzo (León)**  
/ Eduardo Villa Bermejo, Sara Alcalde Aparicio, Eduardo Alonso Herrero y Manuel Vidal Bardán
149. **Búsqueda de Especies Vegetales en el Distrito de Almadén, para su Posterior Uso en Técnicas de Fitorremediación de Espacios Contaminados por Mercurio**  
/ Maite Villadóniga, Rocío Millán, Roberto Gamarra, Thomas Schmid, Ana Isabel Cardona, María José Sierra y Sandra Carrasco
151. **Author's Instructions**

# índice de autores

autor	pag.
Acosta García de la Santa, Tayro	140
Alcalde Aparicio, Sara	147
Almeida, S.F.P.	134
Alonso Herrero, Eduardo	145, 147
Alonso Vega, Flora	107, 118
Alvarez Ayuso, Esther	76
Alvaro, Ana	105
Amor, Raja Hadj	138
Andrade Couce, María Luisa	107, 118
Arocena, Joselito M.	115
Asensio Fandiño, Verónica	107, 118
Ávila, Paula	136
Baquero Úbeda, Juan Carlos	44
Barba Brioso, Cinta	111
Bobos, Iuliu	126
Cardona, Ana Isabel	149
Carmona Garcés, Dora María	115
Carrasco, Sandra	149
Cerqueira Cancelo, Beatriz	107, 118
Clauer, Norbert	138
De la Rosa, Jesús D.	85
Delgado Fernández, Juan Luis	122
Delgado Martín, Jordi	122
Delgado Rodríguez, Joaquín	111
Durães, Nuno	126
Faz Cano, Ángel	115
Fernando Rull, Fernando	140
Fernández Caliani, Juan Carlos	24, 111
Fernández Covelo, Emma	107, 118
Fernández Rubio, Rafael	44
Ferreira da Silva, E.	126, 134
Ferreira, Adelaide	136
Galán Huertos, Emilio	48
Gamarra, Roberto	149
García, J.	132
García Sánchez, Antonio	76
Gomes, M <sup>a</sup> Elisa	136
González Díez, Isabel	61, 132
Graupner, Torsten	29

autor	pag.
Grisseemann, Christoph	29
Hadj Amor, Raja	138
Helios-Rybicka, E.	129
Jarosz-Krzeminska, E.	129
Jiménez Bautista, Amalia	130
Juncosa Rivera, Ricardo	122
Kuzniakowska, M.	129
López Pérez, María	61, 132
Lorca Fernández, David	44
Luis, A.	134
Meima, Jeannet A.	29
Millán, Rocío	149
Montes, Ricardo	136
Nieto García, Fernando	142
Nordstrom, D. Kirk	10
Padilla Benítez, Francisco	122
Pereira, M <sup>a</sup> Rosario	136
Prieto Rubio, Manuel	130
Quaranta, Gaétana	138
Rammlmair, Dieter	29
Robles Llamazares, Juan	145
Rodríguez Blanco, Juan Diego	130
Rodríguez León, Luis Carlos	89
Rodríguez-Vellando, Pablo	122
Romero Baena, Antonio	29, 48, 61, 132
Sánchez España, Javier	34
Sanz Arranz, Aurelio	140
Schmid, Thomas	149
Sierra, María José	149
Sobron Grañon, Pablo	140
Suárez Bilbao, Saioa	142
Teixeira, P.	134
Tornos Arroyo, Fernando	13
Velasco Roldán, Francisco	105, 142
Verdejo Serrano, Julio	44
Vidal Bardán, Manuel	145, 147
Villa Bermejo, Eduardo	145, 147
Villadóniga, Maite	149

## Comité Organizador y Científico

Presidenta

Dra. Isabel González Díez

Comité Organizador

Dr. Emilio Galán Huertos

Dr. Antonio Romero Baena

Dña. Isabel Fdez. del Baño

Comité Científico

Dr. Carlos Ayora Ibañez

Dr. Benjamín Calvo Pérez

Dr. José Pedro Calvo Sorando

Dr. Jesús de la Rosa Díaz

Dr. Emilio Galán Huertos

Dra. Isabel González Díez

Dr. Felipe Macías Vázquez

Dr. Darrell Kirk Nordstrom

Dr. Antonio Romero Baena

Dr. Manuel Prieto Rubio



## Carta del Presidente

Cuando los organizadores del **Workshop** sobre “**Problemática post-minera derivada de la explotación de sulfuros polimetálicos**” (Sevilla, 17-20 de Noviembre de 2008) hicieron llegar su iniciativa a la Junta Directiva de la Sociedad Española de Mineralogía, la reacción fue unánime. Se trataba de una propuesta de enorme interés que la SEM debía apoyar en la medida de sus posibilidades. La contribución a la edición de este ejemplar de **Macla** y la divulgación de la iniciativa en el espacio del que dispone nuestra sociedad en la revista **Elements** y en otros medios, son una muestra de ese apoyo.

El declive de la minería de sulfuros metálicos en Europa durante la década de los 90 provocó, entre otras cosas, que un gran número de investigadores y profesionales desviarán 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, pero también en toda Europa. La preocupación medioambiental, propiciada por la inquietud social y por la legislación, se ha plasmado en un avance impresionante en el conocimiento de los procesos biogeoquímicos que, desde la escala molecular a la escala regional, regulan la evolución de las zonas mineras abandonadas. Los trabajos que se reúnen en este ejemplar de **Macla** pretenden ser un referente, no sólo para los especialistas en el tema, si no también para todos aquellos que estén implicados de un modo u otro este problema. El momento no puede ser más oportuno. Nos hallamos ante una etapa de florecimiento de la minería metálica que está propiciando un buen número de nuevos proyectos mineros en nuestro país. 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 explotadas. Sin duda alguna, este **Workshop** va a constituir una contribución relevante en esa perspectiva.

**Manuel Prieto Rubio**  
**Presidente de la SEM**



S.E.M.

Revista de la Sociedad de Española de Mineralogía  
Museo Nacional de Ciencias Naturales  
C/ José Gutiérrez Abascal, 2  
28006 Madrid

<http://www.ehu.es/sem>  
[nvpsem@ehu.es](mailto:nvpsem@ehu.es)

### CONSEJO EDITORIAL MACLA

Director  
Jordi Delgado Martín

Secretario  
José Manuel Astilleros García-Monge

Vocales  
Blanca Bauluz Lázaro  
Benjamín Calvo Pérez  
Isabel González Díez  
José Miguel Herrero Rubio  
José López Ruiz  
Joaquín Proenza Fernández  
Carlos Rodríguez Navarro

### DISEÑO

Soma Dixital, S.L. ([www.somadixital.com](http://www.somadixital.com))

### IMPRIME

Lugami A.G., S.C.

### DEPÓSITO LEGAL

M-38920-2004

### ISSN

1885-7264

Las opiniones reflejadas en esta revista son las de los autores y no reflejan necesariamente las del Comité Editorial o las de la Sociedad Española de Mineralogía.

## Presentación

En este volumen se recogen las Conferencias impartidas en el **Workshop** titulado: “**Problemática postminera derivada de la explotación de sulfuros polimetálicos**” que tuvo lugar en Sevilla, del 17 al 20 de Noviembre de 2008. Su finalidad ha sido doble: por un lado se ha querido dar una formación a las personas que estén interesadas en el tema, sobre los aspectos más novedosos relacionados con el impacto provocado por la actividad minera, recogiendo once conferencias de conocidos especialistas en estos temas. Por otro, como se ha considerado de gran interés que los investigadores que están trabajando en esta línea de investigación conozcan los nuevos avances en esta temática, se ha dedicado un capítulo a la presentación de los resúmenes de posters. Con posterioridad se realizará un resumen con las principales conclusiones extraídas de la mesa redonda, donde se discutirán los avances y los problemas encontrados en este tema de gran interés medioambiental. También se intentará realizar una puesta en común de metodologías de trabajo, modelización de estas metodologías, e incluso se plantearán nuevas jornadas para la divulgación de los resultados que se están obteniendo a nivel nacional e internacional.

En el Workshop, se han tratado algunos de los principales problemas derivados de las explotaciones mineras de sulfuros polimetálicos. En concreto al estudio del drenaje ácido de minas (DAM)\* ya que es uno de los más graves problemas asociados a la minería de sulfuros metálicos, y requiere de una especial atención por el impacto ambiental que provoca en las aguas y en el medio físico en general. Además, y aunque en la Península Ibérica existen importantes zonas mineras, los principales problemas de DAM están localizados en el suroeste, en la denominada Faja Pirítica Ibérica (FPI), donde numerosas minas, la mayoría de ellas abandonadas, vierten una gran cantidad de aguas ácidas y metales pesados a los ríos Tinto y Odiel, convirtiéndolos en unos de los ríos más contaminados del mundo. Por ello cada vez es mayor el interés por el estudio de los procesos genéticos que generan estas aguas ácidas, y la investigación aplicada de métodos preventivos de tratamientos que puedan atenuar el DAM. En este bloque se ha contado con especialistas de gran prestigio internacional como el *Dr. Darrell Kirk Nordstrom (U.S. Geological Survey, Boulder, Colorado, USA)* que ha desarrollado un tema novedoso y de gran interés medioambiental en la conferencia inaugural titulado: “**Science, engineering, and the remediation of metal mine sites**”. El encuadre geológico de la zona ha estado a cargo del *Dr. Fernando Tornos (Instituto Geológico y Minero de España)* con la conferencia: “**Encuadre Geológico, metalogía y minería de los sulfuros masivos en la Faja Pirítica**”. La Introducción al impacto ambiental de la minería en la Faja Pirítica, se ha llevado a cabo por el *Dr. Juan Carlos Fernández Caliani (Universidad de Huelva)*. La problemática del drenaje ácido de minas por el *Dr. Dieter Rammlmair (Federal Institute for Geoscience and Natural Resources, Hannover, Alemania)* con la conferencia: “**Acid Mine Drainage remediation starts at the source**”. La problemática de las aguas ácidas de minas por el *Dr. Javier Sánchez España (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid)* con el tema: “**Generación de aguas ácidas. Procesos de disolución y precipitación. Minerales neoformados en minas de la Faja Pirítica Ibérica**” y por último la persona encargada de aportar soluciones a esta problemática ha sido *Dr. Juan Carlos Baquero Úbeda (Universidad Politécnica de Madrid)* con el tema: “**Tratamiento de aguas ácidas. Prevención y reducción de la contaminación**”.

También se ha considerado necesario dar a conocer aspectos relacionados con la contaminación por elementos traza y la peligrosidad actual y futura de los suelos que se han empezado a cultivar en los entornos mineros, a veces incluso sobre las propias escombreras, y otro tema de gran actualidad es conocer la influencia que el material particulado atmosférico, derivado de los residuos mineros acumulados y abandonados tras las explotaciones mineras, puede tener sobre la calidad del aire y la contaminación de los suelos de la zona minera. Es obvio que son necesarios estudios de este tipo en zonas mineras, que den a conocer la calidad ambiental del aire, en estas zonas rurales, que poseen una enorme cantidad de material acumulado en escombreras, que es susceptible de pasar a la atmósfera, y según su tamaño, transportarse a larga distancia. Este material puede impactar la salud de la población de la zona, a la que le puede llegar por las vías normales (inhalación, ingestión y contacto dérmico), y producir según el caso y la solubilidad, tamaño y reactividad de las partículas, distintas patologías. Todos estos temas se han tratado de plasmar en las siguientes conferencias: “**Contaminación de suelos por metales pesados**”, realizada por el *Dr. Emilio Galán Huertos (Universidad de Sevilla)*; “**Problemática de los suelos asociados a la explotación de sulfuros**” a cargo de la *Dra. Isabel González Díez (Universidad de Sevilla)*, “**Remediación de suelos en áreas afectadas por explotaciones mineras**”, por el *Dr. Antonio García Sánchez*, y “**Contaminación atmosférica provocada por la extracción minera**” *Dr. Jesús de la Rosa Díaz (Universidad de Huelva)*. Por último se ha dado a conocer la legislación vigente sobre este problema con la conferencia: “**Aspectos económicos y legislativos. Consideraciones globales sobre la problemática de las explotaciones de sulfuros en el medio ambiente**” *D. Luis Rodríguez León (Fiscal Coordinador de Medio Ambiente de Andalucía)*

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que han colaborado en que estos resúmenes vean la luz, decir que sin su ayuda esto no hubiese sido posible, y también gracias a las Instituciones como la Universidad de Sevilla, el Instituto Geológico y Minero de España, la Sociedad Española de Mineralogía, las Consejerías de Medio Ambiente e Innovación Ciencia y Empresa, de la Junta de Andalucía, que aceptaron con ilusión participar y subvencionar esta apuesta científica.

**La Presidenta del Comité Organizador**

**Dra. Isabel González Díez  
Profesora Titular de la Universidad de Sevilla.**

\*Acid mine drainage (AMD)



## WORKSHOP 2008

**Sociedad Española de Mineralogía y Universidad de Sevilla**

título:

**Problemática Post-minera Derivada de la Explotación de Sulfuros Polimetálicos  
Postmining Issues Derived from the Exploitation of Polimetalic Sulphides**

fecha:

17-19 de noviembre de 2008

lugar:

Salón de Actos del Centro Nacional de Aceleradores (CNA)  
Avda. Tomás Alba Edison, 7  
Isla de la Cartuja, 41092-Sevilla

editores invitados:

Isabel González Díez  
Antonio Romero Baena

**Patrocinadores**



# Programa general

## Lunes 17 de noviembre

9:00-10:00	<b>Entrega de documentación</b>
10:00-10:30	<b>Sesión de apertura</b>
10:30-11:30	<b>Conferencia inaugural</b> <b>Science, engineering, and the remediation of metal mine sites</b> Dr. Darrell Kirk Nordstrom (U.S. Geological Survey, Boulder, Colorado, USA)
11:30-12:00	<b>Pausa café + sesión de posters</b>
12:00-13:00	<b>Encuadre geológico, metalogenia y minería de los sulfuros masivos en la Faja Pirítica.</b> Dr. Fernando Tornos Arroyo (Instituto Geológico y Minero de España)
13:00-14:00	<b>Introducción al impacto ambiental de la minería en la Faja Pirítica.</b> Dr. Juan Carlos Fernández Caliani (Universidad de Huelva)
14:00-16:00	<b>Pausa comida</b>
16:00-17:00	<b>Acid mine drainage remediation starts at the source.</b> Dr. Dieter Rammelmair (Federal Institute for Geoscience and Natural Resources, Hannover, Alemania)
17:00-18:00	<b>Pausa café + sesión de posters</b>
18:00-19:00	<b>Generación de aguas ácidas. Procesos de disolución y precipitación. Minerales neoformados en minas de la Faja Pirítica Ibérica.</b> Dr. Javier Sánchez España (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid)
19:00-20:00	<b>Tratamiento de aguas ácidas. Prevención y reducción de la contaminación.</b> Dr. Juan Carlos Baquero Úbeda (Director de Aguas de Cobre las Cruces, Sevilla)
22:00	<b>Cena de Bienvenida</b>

## Martes 18 de noviembre

8:30	<b>Visita al Complejo Minero de Cobre Las Cruces</b>
11:00-11:30	<b>Pausa café</b>
11:30-12:30	<b>Contaminación de suelos por metales pesados.</b> Dr. Emilio Galán Huertos (Universidad de Sevilla)
12:30-13:30	<b>Problemática de los suelos asociados a la explotación de sulfuros.</b> Dra. Isabel González Díez (Universidad de Sevilla)
13:30-14:30	<b>Remediación de suelos en áreas afectadas por explotaciones mineras.</b> Dr. Antonio García Sánchez (Instituto de Recurso Naturales y Agrobiología-CSIC, Salamanca)
14:30-16:00	<b>Cóctel</b>
16:00-17:00	<b>Contaminación atmosférica provocada por la extracción minera.</b> Dr. Jesús de la Rosa Díaz (Universidad de Huelva)
17:00-18:00	<b>Aspectos económicos y legislativos. Consideraciones globales sobre la problemática de las explotaciones de sulfuros en el medio ambiente.</b> D. Luis Rodríguez León (Fiscal Coordinador de Medio Ambiente de Andalucía)
18:00-18:30	<b>Pausa café</b>
18:30-20:00	<b>Mesa redonda</b>

## Miércoles 19 de noviembre

9:00	<b>Excursión científica a Riotinto</b> Dr. Antonio Romero y Dra. Isabel González (Universidad de Sevilla)
------	--

## Tarifas Publicitarias 2008

Tarifa publicitaria vigente para el año 2008:

Formatos Anuncios:	Color	ByN o 2 tintas
- <b>Página Completa</b> Tamaño (210 mm x 297 mm):	450,00 Euros	300,00 Euros
- <b>1/2 Página</b> Tamaño (210 mm x 148,5 mm):	200,00 Euros	150,00 Euros

Si tiene interés en dar a conocer actividades, reuniones, publicaciones, cursos, libros, software o material educativo y/o científico, etc. a través de nuestra revista, contacte con nosotros.