

Evaluación del riesgo ecotoxicológico en suelos afectados por actividades mineras en la Faja Pirítica mediante aplicación de bioensayos

Óscar Andreu-Sánchez (1), José María Esbrí (2), Luz García Lorenzo (2*), Xabier Arroyo Rey (3), Mario Iglesias-Martínez (2), Elena Crespo-Feo (2), Pedro Castiñeiras (2), Ramón Sánchez-Donoso (4), Nuria Ruiz-Costa (1)

(1) Departamento de Biología Celular y Biología Funcional. Universidad de Valencia, 46100, Valencia (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

(3) Unidad de Técnicas Geológicas. CAI Ciencias de la Tierra y Arqueometría. Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

(4) Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología. Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

*corresponding autor: luzgarcia@ucm.es

Palabras Clave: Contaminación de suelos, Elementos potencialmente tóxicos, Ecotoxicología, Faja Pirítica. **Key Words:** Soil contamination, Potentially toxic elements, Ecotoxicology, Iberian Pyrite Belt.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por elementos potencialmente tóxicos (EPTs) en suelos afectados por actividades mineras supone un grave problema ambiental. Estos contaminantes pueden introducirse en la cadena trófica, por lo que puedes suponer un riesgo inaceptable para los ecosistemas y la especie humana.

Este trabajo tiene por objetivo la aplicación de indicadores geoquímicos, mineralógicos, ecotoxicológicos y biológicos para una evaluación integral de los riesgos ecológicos relacionados con la movilidad, ecotoxicidad y biodisponibilidad de EPTs en el distrito minero de Lousal, Portugal. En particular, la toxicidad se evaluó mediante el uso de cuatro bioensayos: algas, ensayos de citotoxicidad con la línea celular HaCaT (dérmica), lombrices de tierra y crustáceos.

ZONA DE ESTUDIO

El distrito minero de Lousal se localiza en la provincia de Setúbal (Portugal). La actividad minera en la zona se desarrolló entre 1900 y 1988, y se extrajeron grandes cantidades de pirita. Además, la historia de explotación de este yacimiento incluyó la extracción de Cu, ligado al gossan y zonas con enriquecimiento supergénico.

La actividad llevada a cabo en la zona ha producido un gran volumen de residuos mineros, cuya elevada reactividad química ha desencadenado la generación de drenajes ácidos de mina, suponiendo un grave problema mediomambiental. Actualmente se está llevando a cabo un proyecto de restauración (LIFE RIBERMINE ENV/ES/000181).

MATERIAL Y METODOLOGÍA

La caracterización geoquímica y mineralógica se ha realizado en trece muestras superficiales (0-25cm) de suelos del Distrito Minero de Lousal (Portugal). Los contenidos en Zn, Fe, Cd, Pb y Cu se han determinado mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X Epsilon 1 de la empresa Malvern Panalytical (Universidad de Castilla La Mancha). Además, se ha realizado una caracterización de la composición mineralógica mediante difracción de rayos X (DRX) en muestra de polvo, con un difractómetro Bruker (Unidad de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid).

El análisis ecotoxicológico se ha realizado en 6 muestras, seleccionadas como representativas del muestreo realizado en la zona. A las muestras seleccionadas se les ha realizado un ensayo de lixiviación según lo establecido en el Real Decreto 9/2005. En concreto, se ha aplicado el método DIN 38414-S4.

Para el análisis del riesgo ecotoxicológico se han realizado 4 bioensayos: bioensayo de inmovilización en el crustáceo *Daphnia magna*, inhibición en el crecimiento del alga *Raphidocelis subcapitata*, determinación de la toxicidad subcrónica con *Eisenia fetida* y un ensayo de citotoxicidad en células de keratinocitos humanos (HaCaT).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis geoquímico y mineralógico demuestran que los residuos mineros presentes en la zona están afectados por intensos procesos de meteorización produciendo una contaminación por EPTs en los suelos adyacentes, así como una movilización de éstos a los cursos de agua. El contenido total de EPTs en suelos muestras que existen concentraciones muy elevadas de As y Cu, mientras que en el caso de Zn y Pb los valores oscilan según la localización del punto de muestreo. Las concentraciones de Cd no son muy elevadas en ninguno de los puntos analizados.

Los bioensayos realizados muestran distinta sensibilidad a los contaminantes analizados, siendo el ensayo en lombriz de tierra el menos sensible de los cuatro.

A pesar de que el contenido total en EPTs es elevado, las concentraciones presentes en los extractos solubles son bajas, siendo los elementos más extraíbles Zn, Cu y As (Tabla 1). La toxicidad en estos extractos es elevada, siendo *Daphnia magna* la especie más sensible, seguida del alga *Raphidocelis subcapitata*.

	LOS06	LOS07	LOS09	LOS10	LOS13
As (mg/L)	0,011	0,006	0,004	0,003	0,01
Zn (mg/L)	152,2	16,2	80,4	113,3	144,3
Cu (mg/L)	99,6	0,1	22,6	31,3	27,7

Tabla 1. Contenido en EPTs en el extracto soluble de los suelos seleccionados.

La UE recomienda el uso de métodos alternativos para la evaluación de la toxicidad en organismos superiores. En este sentido, en este estudio se ha seleccionado el uso de keratinocitos para la evaluación del efecto potencial de los EPTs en la especie humana a través de una exposición dérmica. Los resultados obtenidos muestran una relación similar entre los niveles de metales detectados en los elutriados de cada suelo y la citotoxicidad a la encontrada en bioensayos ecotoxicológicos directos.

De las muestras seleccionadas, todas excepto la LOS07 pueden clasificarse como afectadas por “muy elevada toxicidad aguda” o “extremada toxicidad aguda” para ecosistemas acuáticos, según la clasificación propuesta por Persoone et al. (2003).

CONCLUSIONES

La aplicación de bioensayos de toxicidad junto con la caracterización geoquímica y mineralógica es una herramienta útil para establecer el grado de contaminación y el riesgo ambiental que suponen los EPTs.

Es necesario que la normativa ambiental recoja valores máximos de toxicidad en distintos organismos que permita realizar un análisis de riesgos, tanto para la salud humana como para los ecosistemas.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se ha financiado con el proyecto LIFE RIBERMINE (LIFE18 ENV/ES/000181): Fluvial freshwater habitat recovery through geomorphic based mine ecological restoration in Iberian Peninsula” y el PID2020-117332GB-C21 y PID2020-117332GB-C22 MCIN AEI/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS

- DIN 38414-S4 (1984): Determination of leachability by water (S4). German standard methods for the examination of water, wastewater and sludge. Sludge and Sediments (group S).
- Persoone, G., Marsalek, B., Blinova, I., Törökne, A., Zarina, D., Manusadzianas, L., Nalecz-Jawecki, G., Tofan, L., Stepanova, N., Tothova, L., Kolar, B. (2003): A practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters. *Environ. Toxicol.*, **18**, 395-402. DOI: 10.1002/tox.10141.