Movilidad de metales en suelos mineros: una clave esencial para evaluar el riesgo ambiental

Autor/Autora: Marta Fernández , Mario Lerín, Estefanía Conde, Ana I. Barrado y Edmundo Escareño

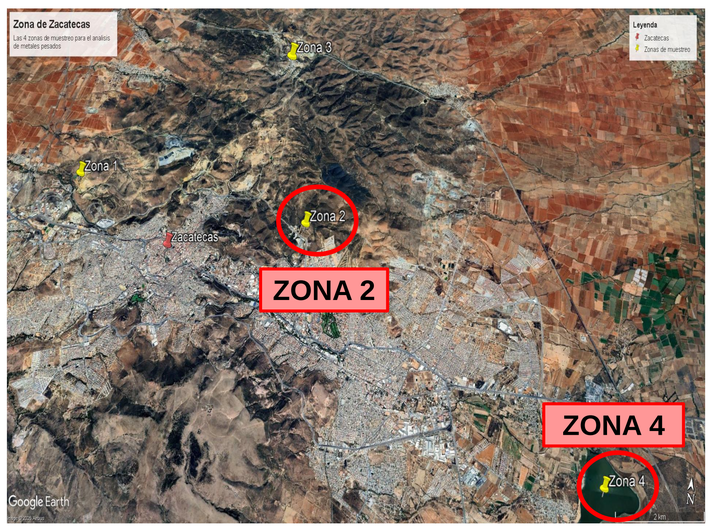
[1]Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas (México)

Introducción

La creciente demanda de los recursos naturales en las ultimas décadas ha intensificado la contaminación de aguas, suelos y atmosfera. Entre las actividades que contribuyen a este deterioro medioambiental está la minería mediante los desechos de la lixiviación y demás residuos, que afectan de manera grave a los suelos próximos con la introducción de metales pesados en su seno.

Este estudio aborda el impacto ambiental en zonas cercanas a una mina de **Zacatecas** (México), donde la minería ha sido un motor económico histórico, pero también un factor crítico en la degradación ambiental de la región. El análisis se centra en dos áreas:

- **Zona 2**. Vetagrande con una población de alrededor de 10000 habitantes.
- **Zona 4**. Embalse que recoge agua de Zacatecas y Guadalupe.



Procedimiento

1. Selección de zonas de mayor interés ***Zonas 2 y 4***.
2. Propiedades físico-químicas que afectan a la movilidad de metales pesados ► ***carbono orgánico total*** (COT) y ***pH***.

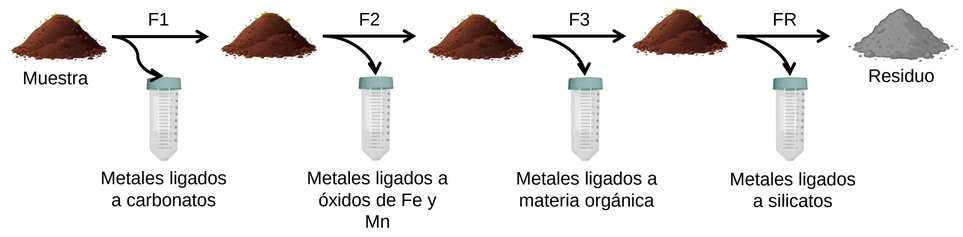
3. <u>Procedimiento de extracciones secuenciales BCR</u>:

3.1 Fracción soluble (**F1**) → Intercambiables y unidos a carbonatos.

3.2 Fracción reducible (**F2**) → Asociados a óxidos de Fe y Mn.

3.3 Fracción orgánica (**F3**) → Unidos a materia orgánica y sulfuros.

3.4 Fracción residual (**FR**) → Ligados a silicatos y otras formaciones no disueltas en las anteriores fracciones.



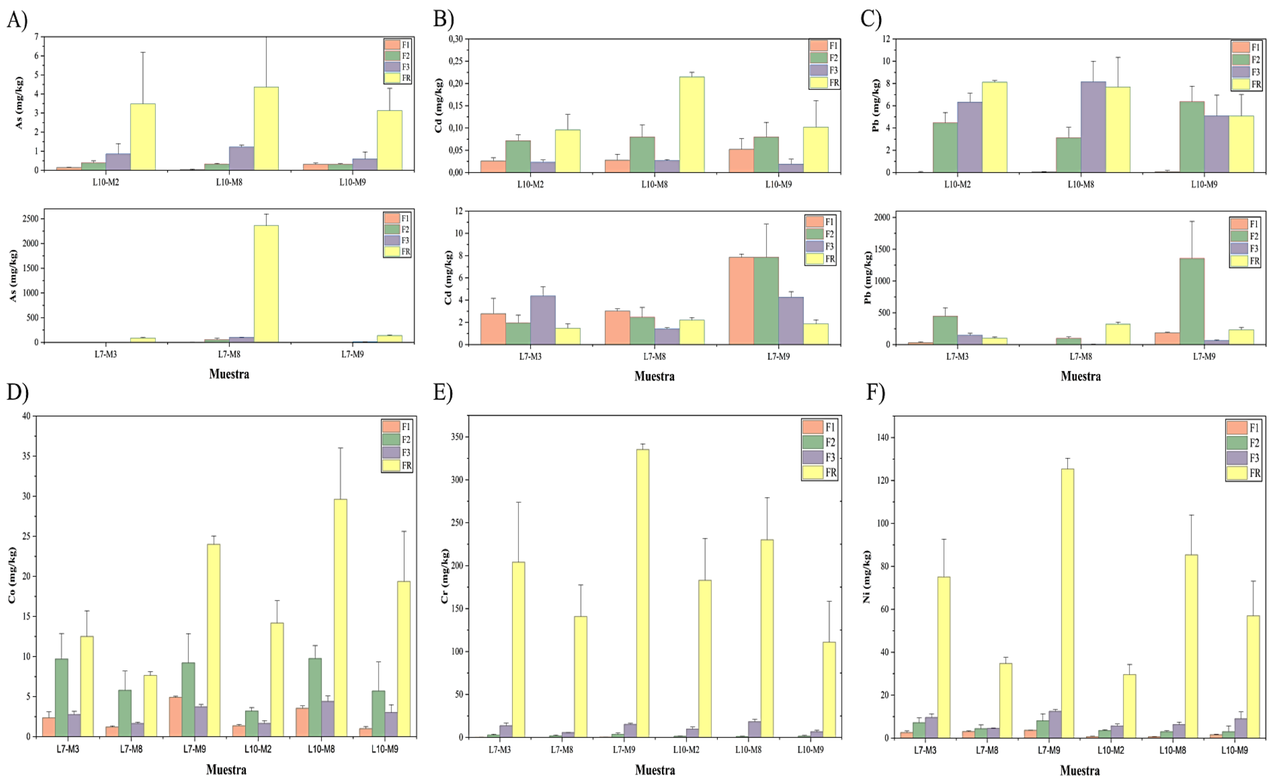
Resultados

<u>Parámetros Físico-Químicos</u>

pH → Los valores de ambas zonas se encontraron comprendidos entre 6-8, indicando que se trataba de un medio ligeramente alcalino.

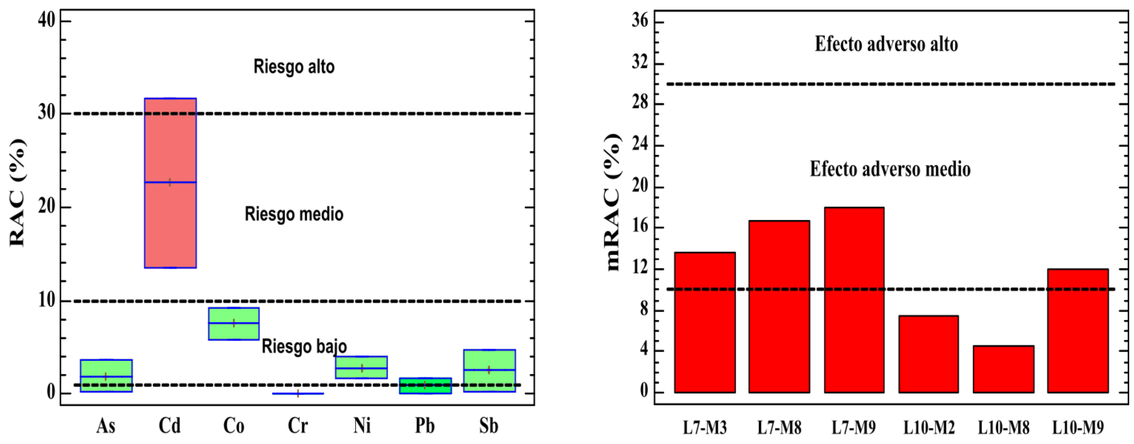
Materia orgánica total (COT) → La Zona 2 (10-15 %) tenia una baja proporción en materia orgánica, mientras que la Zona 4 (25 %) era más rica en esta.

<u>Método BCR (extracciones secuenciales)</u>



Figuras correspondientes: A) As, B) Cd, C) Pb, D) Co, E) Cr y F) Ni. **Zona 2** (muestras L7) y **Zona 4 (**muestras L10.)

<u>Índices de riesgo medioambiental</u>



	Igeo			
Elemento	**Área 2**	**Riesgo**	**Área 4**	**Riesgo**
As	5	Extremadamente contaminado	≤ 0	No contaminado
Cd	3	Fuertemente contaminado	≤ 0	No contaminado
Co	≤ 0	No contaminado	0.4	Ligeramente contaminación
Pb	2	Moderada contaminación	≤ 0	No contaminado
Ni	≤ 0	No contaminado	≤ 0	No contaminado
Sb	4	Fuertemente contaminado	≤ 0	No contaminado
Cr	≤ 0	No contaminado	≤ 0	No contaminado

Las representaciones graficas corresponden a los índices de riesgos medioambientales más significativos como son el **RAC**, **mRAC** de ambas áreas**,** mientras que en la tabla se recoge el **índice geoquímico** (Igeo) del área 2, debido a que es el de mayor impacto.

Discusión

<u>Parámetros físico-químicos</u>

Estos suelos presentan pH ligeramente alcalino, lo que favorece la retención de metales, condicionando su movilidad.

El mayor contenido de materia orgánica de la Zona 4, asociado a su uso agrícola, podría favorecer la retención mediante interacciones metal-ligando, frente al menor contenido de la Zona 2..

<u>BCR e índices de contaminación y riesgo</u>

El método BCR muestra diferencias en la proporción de los metales entre zonas y su distribución en las cuatro fases. La Zona 2 presenta mayores concentraciones totales, destacando el Pb (500 mg/kg) y el Cd (22 mg/kg), que superan los límites normativos considerados en el estudio. La Zona 4 presenta valores inferiores a dichos límites. Este contraste es coherente con los resultados del Igeo y del mRAC, que señalan una mayor contaminación y riesgo ambiental en la Zona 2.

La mayor proporción de Pb y Cd en las fracciones más móviles (F1 y F2) sugiere una mayor facilidad de movilización hacia el agua y de absorción por las plantas.

En el índice RAC destaca el Cd como elemento de mayor riesgo por su elevada presencia en la fase de mayor movilidad (F1). Su liberación en condiciones que favorezcan la disolución de los carbonatos podría facilitar su transferencia a las aguas subterráneas y a las plantas, así como su incorporación a la cadena trófica.

Conclusiones

Los resultados ponen de manifiesto diferencias entre las dos Zonas estudiadas. La Zona 2, entorno urbano próximo a la explotación minera, presenta concentraciones elevadas de As, Cd, Pb y Sb. En cambio, la Zona 4, de uso agrícola, muestra concentraciones menores, próximas al fondo geológico, indicando una menor afectación ambiental menos acusada.

El Cd es el metal con mayor movilidad, lo que incrementa su disponibilidad ambiental y su posible incorporación a los recursos hídricos y cultivos. Por su parte, el As, Pb y el Cr se encuentran mayoritariamente asociados a fracciones menos móviles y, como consecuencia, menor capacidad de movilización en los suelos.

Referencias