

Inmovilización de selenio influenciada por la microbiota presente en bentonitas tratadas con Se(IV): simulando el escenario de un Almacenamiento Geológico Profundo

Cristina Povedano-Priego (1*), Fadwa Jroundi (1), Ramiro Vilchez-Vargas (2), Isabel Guerra Tschuschke (3), Pier L. Solari (4), Mohamed L. Merroun (1)

(1) Departamento de Microbiología. Universidad de Granada, 18003, Granada (España)

(2) Department of Gastroenterology, Hepatology and Infectious Diseases. University of Magdeburg, 39106, Magdeburg (Alemania)

(3) Centro de Instrumentación Científica. Universidad de Granada, 18003, Granada (España)

(4) MARS Beamline, Synchrotron SOLEIL. L'Orme des Merisiers, 91192, Saint-Aubin, Gif-sur-Yvette Cedex (Francia)

* corresponding author: ppriego@ugr.es

Palabras Clave: Bentonita, Diversidad microbiana, Selenio, Reducción. **Key Words:** Bentonite, Microbial diversity, Selenium, Reduction.

RESUMEN

La gestión y almacenamiento de residuos radioactivos de alta actividad (RAA) es un problema creciente en países que cuentan con producción de energía nuclear. El radioisótopo ^{79}Se es uno de los elementos críticos presentes en éstos RAA. Por ello, el sistema de gestión más aceptado es el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP): un sistema multibarrera en el que los residuos nucleares almacenados en contenedores metálicos quedan rodeados de bentonitas compactadas (barrera artificial), y emplazados en una formación geológica estable como barrera natural (Lopez-Fernandez, 2015; Bengtsson & Pedersen, 2017). La bentonita extraída del Cortijo de Archidona (Almería) es una de las más caracterizadas desde el punto de vista mineralógico y geoquímico, por lo que ha sido seleccionada para un futuro AGP por su gran capacidad de intercambio catiónico y de hinchamiento (Povedano-Priego, 2019). En cuanto a su caracterización microbiológica, el análisis de la microbiota autóctona presente en esta bentonita sería de gran importancia ya que pueden estar presentes microorganismos con capacidad de reducir los oxianiones de selenio a nanopartículas de Se(0) de menor solubilidad y toxicidad.

Para el estudio de la microbiología de la bentonita frente a la exposición a selenio soluble, microcosmos de bentonitas saturados de agua se trataron con selenito [Se(IV)], acetato, y glicerol-2-fosfato; además, se inoculó un consorcio bacteriano (*Bacillus*, *Stenotrophomonas*, *Pseudomonas*, *Amycolatopsis*, y *Shewanella*) para acelerar los procesos microbianos e investigar su efecto frente al selenito. Los microcosmos se incubaron en condiciones anóxicas y a temperatura ambiente.

Tras seis meses de incubación, los análisis de secuenciación masiva del gen ARNr 16S revelaron la presencia de bacterias (principalmente Firmicutes y Proteobacteria) y arqueas (*Methanosarcina*). Esta última disminuyó su abundancia en presencia de Se(IV), indicando un efecto tóxico sobre su crecimiento. Sin embargo, bacterias como *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, y *Desulfosporosinus* fueron enriquecidas en los tratamientos con Se(IV) lo que podría indicar su gran potencial en la reducción a Se(0). Macroscópicamente, se pudo observar precipitados de color naranja y negro en los microcosmos tratados con Se(IV). Estos precipitados fueron analizados mediante microscopía electrónica de barrido (VP-FESEM) y Energía Dispersiva de rayos X (EDX), observándose la presencia de nanoestructuras cristalinas de Se(0) de diferentes morfologías (nanoesferas, nanopartículas hexagonales y agregados policristalinos) compuestos principalmente de Se y S. Se identificaron nanopartículas de Se (SeNPs) en el citoplasma de células bacterianas que se podrían formar mediante diferentes mecanismos celulares (por ejemplo, mediante enzimas citoplasmáticas); posteriormente, estas SeNPs serían liberadas al medio extracelular. El análisis de Espectroscopía por Absorción de Rayos-X (XAS) indicó que el selenio encontrado es elemental, compuesto por una mezcla de alotropías (amorfo, monoclinico y trigonal). Además, se determinó mediante Espectroscopía Raman que la fase cristalina del Se(0) de estas formaciones era monoclinica para las nanoesferas y trigonal para los agregados hexagonales.

Estos resultados ponen de manifiesto el potencial impacto directo o indirecto de las comunidades bacterianas de la bentonita sobre la inmovilización del Se(IV), mediante un proceso de reducción a Se(0), y su posterior biotransformación de nanoesferas de Se amorfo/monoclínico a Se trigonal, pasando de una forma inestable a una más estable y biológicamente menos tóxica.

REFERENCIAS

- Bengtsson, A. & Pedersen, K. (2017): Microbial sulphide-producing activity in water saturated Wyoming MX-80, Asha and Calcigel bentonites at wet densities from 1500 to 2000 kg·m⁻³. *Appl. Clay. Sci.*, **137**, 203–212. DOI: 10.1016/j.clay.2016.12.024.
- Lopez-Fernandez, M., Cherkouk, A., Vilchez-Vargas, R., Jauregui, R., Pieper, D., Boon, N., Sanchez-Castro, I., Merroun, M.L. (2015): Bacterial diversity in bentonites, engineered barrier for deep geological disposal of radioactive wastes. *Microb. Ecol.*, **70**, 922–935. DOI: 10.1007/s00248-015-0630-7.
- Povedano-Priego, C., Jroundi, F., Lopez-Fernandez, M., Sánchez-Castro, I., Martín-Sánchez, I., Huertas, F.J., Merroun, M.L. (2019): Shifts in bentonite bacterial community and mineralogy in response to uranium and glycerol-2-phosphate exposure. *Sci. Total Environ.*, **692**, 219–232. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.228.