

Influencia de la comunidad microbiana de la bentonita en la biotransformación del Se(IV) y la corrosión del cobre a altas temperaturas

Mar Morales-Hidalgo (1*), Cristina Povedano-Priego (1), F. Javier Huertas (2), Isabel Guerra-Tschuschke (3), Cecilia de la Prada Sánchez (3), Fadwa Jroundi (1), Mohamed L. Merroun (1)

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

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-Universidad de Granada, 18100, Granada (España)

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

* corresponding author: marmh@ugr.es

Palabras Clave: Selenio, Bentonita, Cobre, Corrosión. **Key Words:** Selenium, Bentonite, Copper, Corrosion.

RESUMEN

Debido al peligro que suponen los residuos radiactivos de alta actividad, la Organización de las Naciones Unidas se comprometió a proteger las generaciones futuras de su daño potencial (Tondel & Lindahl, 2019). En las últimas décadas, se han sugerido diversas estrategias para gestionar estos residuos llegando, a día de hoy, a un consenso internacional en que la forma más apropiada y segura es inmovilizándolos y confinándolos en un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP) situado en una formación geológica estable (Vance & Begg, 2010). El AGP constaría de múltiples barreras para garantizar la seguridad a largo plazo, entre ellas un contenedor metálico donde se encapsularían los residuos, y un material de relleno y sellado a modo de barrera de contención en caso de fuga (Povedano-Priego et al., 2022). Además, los residuos emitirán mucho calor durante los primeros cientos de años llegándose a alcanzar temperaturas de más de 60 °C. Es por todo ello, que el diseño del contenedor es un punto clave, siendo el cobre uno de los materiales más apropiados para su uso gracias a su resistencia frente a la corrosión y a las altas temperaturas (Keech et al., 2021). Con respecto al material de relleno y sellado, la bentonita ha sido seleccionada como la mejor candidata para esta función debido a las buenas características que presenta (buena conductividad térmica, capacidad de hinchamiento, estabilidad físico-química, etc.).

Entre los radionúclidos presentes en este tipo de residuos, el isótopo 79 del selenio es uno de los más críticos. Así pues, es necesario hacer el estudio de uno de los peores escenarios (escape de residuos, infiltración de aguas subterráneas) que podría ocurrir para así determinar cómo responderían las barreras artificiales de bentonita y contenedor metálico. Concretamente, en este trabajo se pretende estudiar el impacto de las comunidades bacterianas presentes en la bentonita sobre la transformación del selenito [Se(IV)] a nanoestructuras de selenio elemental [Se(0)], además de la influencia de estas comunidades en la corrosión del cobre, todo ello a altas temperaturas.

Varios microcosmos de bentonita saturados con agua de poro se han tratado con Se(IV) y donadores de electrones (acetato y lactato), y se han incubado en anaerobiosis a 60 °C. Se adicionó sulfato como aceptor final de electrones para estimular a las bacterias sulfatorreductoras, principales implicadas en la corrosión del cobre. Además, para acelerar los procesos microbianos, se inoculó un consorcio bacteriano compuesto por géneros como *Stenotrophomonas* y *Pseudomonas* en algunos de los tratamientos. Todos los microcosmos incluían placas de cobre puro inmersas en la bentonita para llevar a cabo los estudios de corrosión. Tras 4 días de incubación, el sobrenadante de los tratamientos con selenio y consorcio viró a un color naranja rojizo, hecho indicativo de la presencia de Se(0). Con el fin de elucidar los procesos de transformación del Se, se ha realizado una caracterización microscópica (microscopía electrónica de transmisión y barrido-STEM y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución-HRTEM) y espectroscópica (energía dispersiva de rayos X). Los resultados de este estudio demostraron la presencia de nanoesferas de Se amorfo y nanocristales de Se monoclinico intracelulares tras 4 y 14 días de incubación. También se detectaron nanoestructuras extracelulares de selenio monoclinico. Mediante microscopía de barrido de presión variable (VP-FESEM), se determinó la presencia de productos de corrosión como sulfuros y óxidos de cobre en la superficie de muestras de cobre tras 2 meses de

incubación. En los tratamientos con selenio, esta corrosión era menor, por lo que podría indicar la existencia de una competencia entre el selenio y el azufre como aceptor final de electrones (Hockin & Gadd, 2003).

Por todo ello, este trabajo pone de manifiesto la importancia de estudiar la respuesta de la comunidad microbiana de la bentonita frente a un posible escenario en los futuros AGP donde la seguridad se vea comprometida por un fallo en los contenedores, liberando radionúclidos al exterior.

REFERENCIAS

- Hockin, S.L. & Gadd, G.M. (2003): Linked redox precipitation of sulfur and selenium under anaerobic conditions by sulfate-reducing bacterial biofilms. *Appl. Environ. Microbiol.*, **69**, 7063-7072. DOI: 10.1128/aem.69.12.7063-7072.2003.
- Keech, P.G., Behazin, M., Binns, W.J., Briggs, S. (2021): An update on the copper corrosion program for the long-term management of used nuclear fuel in Canada. *Corros. Mater.*, **72**, 25-31. DOI: 10.1002/maco.202011763.
- Povedano-Priego, C., Jroundi, F., Lopez-Fernandez, M., Morales-Hidalgo, M., Martín-Sánchez, I., Huertas, F.J., Dopson, M., Merroun, M.L. (2022): Impact of anoxic conditions, uranium (VI) and organic phosphate substrate on the biogeochemical potential of the indigenous bacterial community of bentonite. *Appl. Clay Sci.*, **216**, 106331. DOI: 10.1016/j.clay.2021.106331.
- Tondel, M. & Lindahl, L. (2019): Intergenerational Ethical Issues and Communication Related to High-Level Nuclear Waste Repositories. *Curr. Environ. Health Rep.*, **6**, 338-343. DOI: 10.1007/s40572-019-00257-1.
- Vance, E.R. & Begg, B.D. (2010): Immobilisation of spent nuclear fuel and high-level radioactive waste for safe disposal in geological repository systems. *Geological Repository Systems for Safe Disposal of Spent Nuclear Fuels and Radioactive Waste*. Woodhead Publishing, 261-285.