

PROYECTOS VIGENTES

Actualmente los proyectos en los que estamos implicados son *Gentle remediation of trace element contaminated land* (GREENLAND, 2011-2014), financiado por la Unión Europea, *Desarrollo de tecnologías sostenibles para la recuperación de suelos degradados por contaminación* (CTM2012-39904-C02-01, 2013-2015) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, y *Recuperación de suelos contaminados aprovechando plantas metalófitas endémicas de la Península Ibérica* (2013), financiado por la Fundación MAPFRE.

PUBLICACIONES RECIENTES

- Kidd PS, Prieto-Fernández A, Monterroso MC, Acea MJ. (2008). Rhizosphere microbial community and hexachlorocyclohexane degradative potential in contrasting plant species. *Plant Soil* 302: 233-247.
- Becerra-Castro C, Monterroso MC, García-Leston M, Prieto-Fernández A, Acea MJ, Kidd PS. (2009). Rhizosphere microbial densities and trace metal tolerance of the nickel hyperaccumulator *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum*. *Int J Phytoremediat* 11: 525-541.
- Kidd P, Barceló J, Bernal MP, Navari-Izzo F, Poschenrieder C, Shileve S, Clemente R, Monterroso C. (2009) Trace element behaviour at the root-soil interface: Implications in phytoremediation. *Environ Exp Bot* 67: 243-259
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Prieto-Fernández A, Weyens N, Acea MJ, Vangronsveld J. (2011). Plant-associated bacteria of *Cytisus striatus* growing on hexachlorocyclohexane-contaminated soils. *Plant Soil* 340: 413-433.
- Becerra-Castro C, Prieto-Fernández A, Alvarez-Lopez V, Monterroso C, Acea MJ, Kidd PS. (2011). Nickel solubilising capacity of rhizobacteria isolated from hyperaccumulating and non hyperaccumulating subspecies of *Alyssum serpyllifolium*. *Int J Phytoremediat* 13: 229-244.
- Becerra-Castro C, Monterroso C, Prieto-Fernández A, Rodríguez-Lamas L, Loureiro-Viñas M, Acea MJ, Kidd PS. (2012). Pseudo-metallophytes colonising Pb/Zn mine tailings: a description of the plant-microorganism rhizosphere soil system and isolation of metal-tolerant bacteria. *J Hazard Mater* 217-218: 350-359.
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Rodríguez-Garrido B., Touceda-González M, Prieto-Fernández A, Weyens N, Vangronsveld J. (2013). Improving plant growth on substrates contaminated with hexachlorocyclohexane isomers. *Plant Soil* 362: 247-260.
- Cabello-Conejo MI, Centofanti T, Kidd PS, Prieto-Fernández A, Chaney RL. (2013). Evaluation of plant growth regulators to increase Ni phytoextraction by *Alyssum* species. *Int J Phytoremediat* 15: 365-375.
- Becerra-Castro C, Kidd PS, Rodríguez-Garrido B, Monterroso C, Santos-Ucha P, Prieto-Fernández A. (2013). Phytoremediation of hexachlorocyclohexane (HCH)-contaminated soils using *Cytisus striatus* and bacterial inoculants in soils with distinct organic matter content. *Environ Pollut* 178: 202-210.
- Sessitsch A, Kuffner M, Kidd P, Vangronsveld J, Wenzel WW, Fallmann K, Puschenreiter M. (2013). The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biol Biochem* 60: 182-194.
- Becerra-Castro C, Kidd P, Kuffner M, Prieto-Fernández A, Hann S, Monterroso C, Sessitsch A, Wenzel W, Puschenreiter M. (2013). Bacterial-induced weathering of ultramafic rock: implications in phytoextraction. *Appl Environ Microb*, (en prensa).

Grupo de Ecología Microbiana y Geomicrobiología del sustrato lítico

Carmen Ascaso, Jacek Wierzchos, Sergio Pérez-Ortega y Asunción de los Ríos
Departamento de Biología Ambiental, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC),
C/Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid

El origen de nuestro grupo se remonta a la mitad de los años setenta cuando ya publicábamos trabajos sobre la alteración de las rocas por líquenes y la formación de nuevos minerales como consecuencia de este proceso. Desde entonces, la alteración de materiales rocosos por líquenes y microorganismos ha constituido uno de los objetivos de nuestro trabajo diario, con la lógica evolución que a lo largo de los años tiene todo trabajo científico, a medida que se va adquiriendo más experiencia y nuevos conocimientos. Se puede afirmar que la investigación en los temas de biodeterioro de nuestro grupo, comenzó en el año 1990, cuando se participó en un equipo liderado por el Ministerio

de Cultura para el estudio de la alteración de los capiteles del Monasterio de Silos. Durante dicho trabajo, conocimos a los investigadores que hoy son colegas del grupo IGEO-CSIC y del laboratorio de Petrofísica RedLab n.º 217, en el programa Geomateriales-Conservación del Patrimonio. Posteriormente la Prof. Ascaso y el Dr Wierzchos desarrollaron la denominada «técnica SEM-BSE» la cual permite analizar la microbiota litobiótica sin separarla de la muestra lítica y así poder determinar concretamente los efectos de los microorganismos sobre la piedra (ver De Los Ríos & Ascaso, 2005; Figura 1). En 1998, aplicando esta técnica, se hizo frente al estudio de los procesos de biodeterioro en



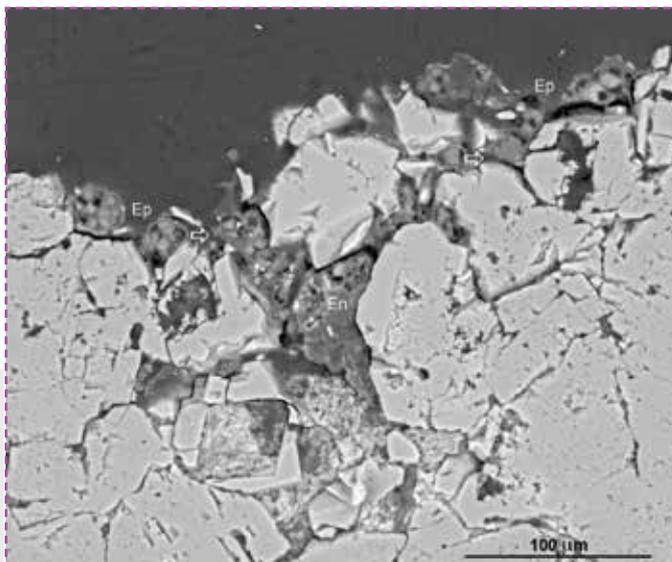
Miembros del Grupo de investigación (de izquierda a derecha): Arriba, Carmen Ascaso, Teresa Carnota, Mariela Speranza, Sergio Pérez-Ortega, Asunción de los Ríos, Rüdiger Ortiz, Jacek Wierzchos; Abajo, Isaac Garrido, Beatriz Cámara, Miguel Angel Fernández.

la catedral de Jaca y en un par de monumentos emblemáticos de Portugal (Torre de Belem y Monasterio de los Jerónimos) que se encontraban bajo la supervisión del Instituto de Ingeniería Civil de Lisboa. Dicho Instituto, en la persona del Prof. José Delgado-Rodríguez nos dio la posibilidad de determinar cual era el biocida mas adecuado para aplicar en los trabajos de restauración que se iban a llevar a cabo (Ascaso et al., 2002). Aquí comenzó nuestra estrategia de investigación sobre el uso de biocidas para frenar procesos de biodeterioro en monumentos, la cual ha continuado a lo largo de los últimos años. Posteriormente a estos estudios, se investigó también la biorreceptividad de dolomitas de cantera y las estrategias de colonización fúngica (Cámara et al. 2008) y el efecto de la acción de líquenes y microorganismos en los paramentos y otras estructuras de diversos monumentos españoles (de los Ríos et al. 2004, 2009; García del Cura et al. 2011). En estos estudios se empezó a combinar la microscopía, con técnicas de biología molecular, para conseguir una identificación precisa de los microorganismos involucrados en los procesos de biodeterioro tanto en piedra de cantera (Cámara et al. 2011), como en el monumento (de los Ríos et al. 2009).

Hemos tenido bastantes ocasiones de trabajar conjuntamente con instituciones y empresas interesadas en conocer el efecto de biocidas *in situ*, como Thor espe-

cialidades S.A., haciendo experimentos tanto en piedra de cantera (Cámara et al. 2011; Speranza et al. 2012), como de nuevo en un edificio emblemático como es la Catedral de Segovia (de los Ríos et al. 2012). En el grupo se han llevado a cabo también estudios sobre el efecto de la aplicación de láser, ya sea en condiciones de laboratorio o directamente en la propia cantera, en colaboración con los grupos LAMAM-CSIC e IGEO-UCM del programa Geomateriales (Speranza et al. 2013, Gomes-Heras et al. 2011, Álvarez de Buergo et al. 2012). Así pues en el Grupo se aplican y desarrollan diferentes estrategias de control de la colonización microbiana o líquénica en roca monumental, mediante tratamientos tanto físicos como el láser, como químicos (biocidas), ensayándolos en el propio monumento o en la piedra de cantera. Además del uso de las técnicas tradicionalmente utilizadas para analizar los efectos de los biocidas, como son los parámetros de fluorescencia de la clorofila *a* evaluados por PAM, el grupo utiliza también tanto técnicas de microscopía electrónica de transmisión y de barrido, de microscopía de fluorescencia (clásica y por iluminación estructurada) y microscopía láser confocal, como novedosas técnicas fisiológicas como el análisis del funcionamiento metabólico de los microorganismos a través de medidas del oxígeno consumido por los microecosistemas (Sistema

Fig. 1. Imagen obtenida por la «técnica SEM-BSE» de dolomías colonizadas por cianobacterias epilíticas (Ep) y endolíticas (En), mostrando alteraciones derivadas de su colonización en la zona superficial de la piedra (flecha).



Visisens-Presens). De hecho, usando este sistema se ha podido avanzar en el efecto de biocidas sobre la microbiota de piedra experimental, habiéndose tomado para ello como lugar de experimentación el puente de Talamanca del Jarama. Por este estudio, en reconocimiento de su interés, se ha obtenido un premio de la empresa Presens.

El efecto de la colonización de microorganismos y líquenes en las piedras de la Ciudadela de Machu Picchu está siendo actualmente estudiado por el grupo en colaboración con la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y el Parque Arqueológico de Machu Picchu. Se ha llevado a cabo ya un diagnóstico de los procesos de biodeterioro existentes en la ciudadela, con financiación de un proyecto de la Fundación Carolina liderado por la Dra. de los Ríos. Se han realizado análisis por microscopía electrónica de las distintas alteraciones que tienen lugar en sus paramentos, derivadas de la presencia y actividad de microorganismos y líquenes. Se está además analizando la diversidad microbiana en distintas zonas alteradas y tratadas de la ciudadela mediante la metodología de secuenciación masiva 454.

El grupo centra su actividad igualmente en el estudio de la colonización por líquenes y microorganismos (formas epilíticas y endolíticas) y los ecosistemas donde se integran, también en rocas naturales. Generalmente se trata de rocas procedentes de ambientes extremos como desiertos áridos e hiper-áridos, tales como *Dry Valleys* (Antártida), el desierto de Atacama (Chile), el desierto de Negev Israel y el desierto del Namib (Namibia).

PUBLICACIONES DE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS SOBRE BIODETERIORO

Ascaso C, Wierzchos J, Souza-Egipsy V, de los Ríos A, Delgado-Rodriguez J. (2002). In situ evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonate rock of the Jeronimos Monastery (Lisbon). *Int Biodeter Biodegr* 49: 1-12.

Álvarez de Buergo M, Gómez-Heras M, Fort R, Ascaso C, de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Speranza M, Wierzchos J, Sanz M, Oujja M, Castillejo M. (2013). Assessment of laser treatment on dolostones colonized by microorganisms and lichens. En M.A. Rogerio-Candelera, M. Laazzari and E. Cano (eds.). *Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage*: 173-178. CRC Press, Leyden.

Cámara B, de los Ríos A, García del Cura MA, Galván V, Ascaso C. (2008). Dolostone bioreceptivity to fungal colonization. Biorreceptividad de las dolomías a la colonización fúngica. *Mater Construcc* 58:113-124.

Cámara B, de los Ríos A, Urizal M, Álvarez de Buergo M, Varas MJ, Fort R, Ascaso C. (2011). Characterizing the microbial colonization of a dolostone quarry: implications for stone biodeterioration and response to biocide treatments. *Microbial Ecol* 62:299-313.

de los Ríos A, Galván V, Ascaso C. (2004) In situ microscopical diagnosis of biodeterioration processes occurring in the Convent of Santa Cruz la Real (Segovia, Spain). *Int Biodeter Biodegr* 54:13-120.

de los Ríos, Ascaso C. (2005) Contributions of in situ microscopy to current understanding of stone biodeterioration. *Int Microbiol* 8: 181-188.

de los Ríos A., Cámara B, García del Cura MA, Jimenez Rico V, Galván V, Ascaso C. (2009) Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia (Spain). *Sci Total Environ* 407:1123-1134.

de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Wierzchos J, Ascaso C. (2012) Differential effects of biocide treatments on endolithic microbial forms: case study of the Segovia cathedral cloister (Spain). *Int Biodeter Biodegr* 67: 64-72.

García del Cura MA, Cámara B, de los Ríos A, Louis M, Ascaso C. (2010). Bioalteración de calcarenitas en clima semiárido: el puente viejo de Elche. *Mater Construcc* 58: 289-290.

Gómez Heras M, Sanz M, Álvarez de Buergo M, Oujja M, Fort R, Castillejo M, Speranza M, de los Ríos A, Ascaso C. (2011). Assessing thermal interactions during laser cleaning by means of infrared thermal imaging. *Geophys Res Abstract*: 113, EGU2011-6579.

Speranza M, Wierzchos J, de los Ríos A, Pérez-Ortega S, Souza-Egipsy V, Ascaso C. (2012). Towards a more realistic picture of in situ biocide actions: combining physiological and microscopy techniques. *Sci Total Environ* 439:114-122.

Speranza M, Sanz M, Oujja M, de los Ríos A, Wierzchos J, Pérez-Ortega S, Castillejo M, Ascaso C. (2013). ND-YAG laser irradiation damages to *Verrucaria nigrescens*. *Int Biodeter Biodegr* 84: 281-290.