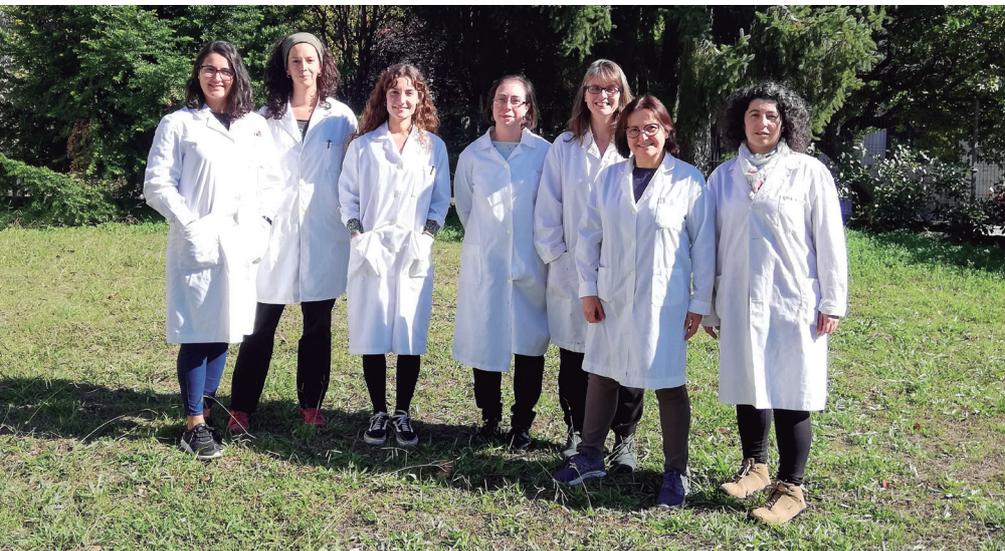


Aprovechamiento y gestión sostenible de suelos y sustratos enriquecidos en elementos traza mediante el uso de plantas y sus microorganismos asociados

Petra Kidd, Beatriz Rodríguez Garrido, Andrea Cerdeira Pérez, Ángeles Prieto Fernández

*Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG) del CSIC.
Avenida de Vigo s/n, Campus Vida. 15705 Santiago de Compostela*

pkidd@iiag.csic.es
beatriz@iiag.csic.es
acerdeira@iiag.csic.es
apf@iiag.csic.es



Miembros del Grupo, de izquierda a derecha:
Leticia Bravo Gómez, Lucía Debernardo Espiñeira,
Andrea Cerdeira Pérez, Marian de Jesús González,
Petra Kidd, Ángeles Prieto Fernández y
Beatriz Rodríguez Garrido

La demanda mundial de metales y minerales está experimentando un gran crecimiento en los últimos años. Este tipo de materias primas minerales son fundamentales para la economía y crecimiento europeo, son esenciales para numerosas aplicaciones tecnológicas y para mantener y mejorar nuestra calidad de vida; sin embargo, su producción está localizada mayoritariamente en países extracomunitarios. Por estas razones, la UE reconoce la necesidad urgente de mejorar el suministro de estas materias primas y de disponer de nuevos métodos de extracción o reciclado de metales. En este escenario, algunas tecnologías novedosas como la fitominería pueden ser de gran interés para la obtención de algunos elementos de elevado valor de mercado.

La fitominería consiste en el cultivo de plantas (frecuentemente las denominadas

hiperacumuladoras) que son capaces de extraer del suelo y acumular en la biomasa aérea metales y otros elementos traza. Esta biomasa se puede cosechar y procesar para recuperar los elementos de interés. La fitominería puede complementar y, en algunos casos, constituir una alternativa eco-eficiente a los procesos piro e hidrometalúrgicos tradicionales y ser de gran interés en algunos suelos, como los ultramáficos, poco adecuados para su aprovechamiento agrícola o forestal tradicional. La viabilidad técnica y económica de la fitominería se ha estudiado empleando plantas hiperacumuladoras de Ni en experiencias en suelos agrícolas desarrollados sobre rocas ultramáficas (Fig.1). A partir de la biomasa vegetal enriquecida en Ni y empleando procesos hidrometalúrgicos se han logrado conseguir productos químicos de Ni purificados con un valor de hasta 20.000\$ por tonelada.

En los últimos años los miembros del grupo de Microbiología del IIAG estudiamos la aplicación de técnicas de fitominería en suelos agrícolas naturalmente enriquecidos en Ni y también en otros sustratos con un elevado contenido de este elemento, como escombros de canteras de serpentinitas. En el marco de los proyectos que desarrollamos, empleamos especies vegetales hiperacumuladoras de Ni endémicas del NO de la Península ibérica y también otras originarias de zonas mediterráneas, que en algunos casos están dando buenos resultados en un clima templado-húmedo, como el de las áreas en las que establecemos nuestros experimentos. Los ensayos que realizamos comprenden el uso de distintos abonos y enmiendas (fertilización mineral, compost, residuos de industria alimentaria, etc.); además, probamos prácticas agronómicas como el cultivo intercalado o la aplicación de inóculos microbianos (prin-



Figura 1. Vista aérea de parcelas con distintas especies hiperacumuladoras de Ni establecidas en un suelo ultramáfico.

principalmente cepas de hongos micorrícicos y de bacterias, sobre todo Actinobacterias). La colaboración con otros equipos europeos permite comparar los resultados obtenidos en distintas zonas climáticas y realizar mayores avances en relación con las especies y prácticas más adecuadas y en la obtención de productos finales de alto valor de mercado. La selección de plantas, enmiendas, inóculos etc. que se emplean se basa en numerosos estudios realizados en años anteriores, a escala de laboratorio e invernadero. Los proyectos que desarrollamos también abordan el estudio de servicios esenciales del ecosistema asociados a la implantación de fitominería como estímulo de la fijación de C y mejora de propiedades edáficas (calidad, fertilidad, biodiversidad, capacidad de retención de agua, etc.). Adicionalmente, también trabajamos en la bioprospección de nuevas especies vegetales y cepas microbianas, recogidas y aisladas de áreas enriquecidas en otros elementos valiosos como wolframio, molibdeno, oro, lantano, cerio, tantalio, etc.

Por otra parte, continuamos trabajando en el campo de la fitocorrección, término en el que se engloban distintas técnicas que emplean plantas y sus microorganismos asociados para eliminar, estabilizar y detoxificar contaminantes. En la actualidad el trabajo que realizamos busca demostrar la utilidad

de estas tecnologías para la gestión sostenible de emplazamientos contaminados. Así, colaboramos con otros grupos europeos en el establecimiento de una red transnacional de emplazamientos contaminados dedicada a poner en valor la utilidad de esta tecnología para la restauración de la funcionalidad ecológica de suelos actualmente contaminados y, por tanto, para la recuperación de los servicios del ecosistema. El trabajo está dirigido a demostrar el beneficio ambiental, económico y social generado durante y después de su aplicación en determinadas áreas, así como fomentar que gestores y propietarios de terrenos contaminados las empleen de forma habitual

PROYECTOS VIGENTES

Potencial de la fito-minería para la recuperación sostenible de Ni y otros elementos estratégicos a partir de antiguas escombreras de mina (FITOMINA, CTM2015-66439-R, Enero 2016 - Diciembre 2019) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad con contribución de fondos FEDER de la UE, que cuenta con Petra Kidd y Ángeles Prieto Fernández como investigadoras responsables.

Recovering contaminated soils through phytomanagement in Southwest Europe

(PhytoSUDOE, SOE1/P5/E0189, Julio 2016 - Octubre 2018) del Programa Interreg-Sudoe de la Unión Europea, que cuenta con la participación de varios grupos de investigación de Francia, España y Portugal y cuya coordinadora es Petra Kidd.

Asimismo, Petra Kidd es la investigadora responsable del grupo del IIAG en dos proyectos en los que participan equipos investigadores de varios países europeos: *Cropping hyperaccumulator plants on nickel-rich soils and wastes for the green synthesis of pure nickel compounds* (LIFE-AGROMINING, LIFE15 ENV/FR/000512, Julio 2016-Junio 2020) del Programa Life de la Unión Europea y *Developing Ni agromining on ultramafic land in Europe* (AGRONICKEL, OPE01372, Enero 2017- Diciembre 2019) del programa FACCE SURPLUS, ERA-NET. La investigación del IIAG en este último proyecto está financiada por las Acciones de Programación Conjunta Internacional (APCIN) del Ministerio de Economía y Competitividad. Ambos proyectos están coordinados por el Prof. Guillaume Echevarría del INRA

PRINCIPALES PUBLICACIONES RECIENTES

Cabello-Conejo MI, Becerra-Castro C, Prieto-Fernández A, Monterroso C, Saavedra-Ferro A, Mench M y Kidd PS. (2014). Rhizobacterial inoculants can improve nickel phytoextraction by the hyperaccumulator *Alyssum pintodasilvae*. *Plant Soil* 379: 35-50.

Cabello-Conejo MI, Prieto-Fernández A y Kidd PS. (2014). Exogenous treatments with phytohormones can improve growth and nickel yield of hyperaccumulating plants. *Sci Total Environ* 494-495: 1-8.

Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Janssen J, Herzig, R, Vangronsveld J y Kidd PS. (2016). Inoculation methods using *Rhodococcus erythropolis* strain P30 affects bacterial assisted phytoextraction capacity of *Nicotiana tabacum*. *Int J Phytoremediat* 18: 406-415.

Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Cabello-Conejo MI y Kidd PS. (2016). Organic amendments for improving biomass production and metal yield of Ni-hyperaccumulating plants. *Sci Total Environ* 548-549: 370-379.

Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Becerra-Castro C, Monterroso C y Kidd PS. (2016). Rhizobacterial communities associated with the flora of three serpentine outcrops of the Iberian Peninsula. *Plant Soil* 403: 233-252.

Touceda-González M, Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Rodríguez-Garrido B, Trasar-Cepeda C, Mench M, Puschenreiter M, Quintela-Sabaris C, Macías-García F y Kidd PS. (2017). Aided phytostabilisation reduces metal toxicity, improves

- soil fertility and enhances microbial activity in Cu-rich mine tailings. *J Environ Manage* 186: 301-313.
- Kidd PS, Alvarez-Lopez V, Becerra-Castro C, Cabello-Conejo M y Prieto-Fernández Á.** (2017). Potential role of plant-associated bacteria in plant metal uptake and implications in phytotechnologies. *Adv Bot Res.*8: 87-126.
- Álvarez-López V, Prieto-Fernández A, Roiloa S, Rodríguez-Garrido B, Herzig R, Puschenreiter M y Kidd PS.** (2017). Evaluating phytoextraction efficiency of two high-biomass crops after soil amendment and inoculation with rhizobacterial strains. *Environ Sci Pol Res* 24: 7591-7606.
- Touceda-González M, Prieto-Fernández Á, Renella G, Giagnoni, L, Sessitsch A, Brader G, Kumpiene J, Dimitriou J, Eriksson J, Friesl-Hanl W, Galazka R, Janssen J, Mench M, Müller I, Neu S, Puschenreiter M, Siebielec G, Vangronsveld J y Kidd PS.** (2017). Microbial community structure and activity in trace element-contaminated soils (phyto) managed by Gentle Remediation Options (GRO). *Environ Pollut* 231: 237-251.
- Ghasemi, Z, Ghaderian, SM, Prieto-Fernández, Á, Rodríguez-Garrido, B y Kidd, PS.** (2018). Plant species-specificity and effects of bioinoculants and fertilization on plant performance for nickel phytomining. *Plant Soil* 425: 265-285.
- Pardo T, Rodríguez-Garrido, B, Saad R, Soto-Vazquez JL, Loureiro-Viñas M, Prieto-Fernández, Á, Echevarria G, Benizri E y Kidd PS.** (2018). Assessing the agromining potential of Mediterranean nickel-hyperaccumulating plant species at field-scale in ultramafic soils under humid-temperate climate. *Sci Total Environ* 630: 275-286
- Becerra-Castro C, Álvarez-López V, Pardo-Iglesias T, Rodríguez-Garrido B, Cerdeira-Pérez A, Prieto-Fernández Á y Kidd PS.** (2018). Phytomanagement of Metal-Rich and Contaminated Soils: Implicated Factors and Strategies for its Improvement Chapter 13. En: *Strategies for Bioremediation of Organic and Inorganic Pollutants* (María S. Fuentes, Verónica L. Colin and Juliana M. Saez Eds.). pp. 215-242. CRC Press, Boca Raton (FL) EEUU
- Kidd PS, Bani A, Benizri E, Gonnelli C, Hazotte C, Kissler J, Konstantinou M, Kuppens T, Dimitris K, Laubie B, Malina R, Morel J-L, Olcay H, Pardo T, Pons M-N, Prieto-Fernández Á, Puschenreiter M, Quintela-Sabaris C, Ridard C, Rodríguez-Garrido B, Rosenkranz T, Rozpądek P, Saad R, Selvi F, Simonnot M-O, Tognacchini A, Turnau K, Wazny R, Witters N y Echevarria G.** (2018). Developing sustainable agromining systems in agricultural ultramafic soils for nickel recovery. *Front Environ Sci* 6 (44): 1-20.
- Touceda-González M, Kidd PS, Smalla K y Prieto-Fernández Á.** (2018). Bacterial communities in the rhizosphere of different populations of the Ni-hyperaccumulator *Alyssum serpyllifolium* and the metal-excluder *Dactylis glomerata* growing in ultramafic soils. *Plant Soil* 431: 317-332.
- Cerdeira-Pérez A, Monterroso C, Rodríguez-Garrido B, Machinet G, Echevarria G, Prieto-Fernández Á, Kidd PS.** (2018) Implementing nickel phytomining in a serpentine quarry in NW Spain. *J. Geochem. Explor.* En prensa. DOI: 10.1016/j.gexplo.2018.11.001



SAVE THE DATE



7-11 July 2019

8th Congress of European Microbiologists
Glasgow, Scotland | www.fems2019.org