



PhytoSUDOE

Recovering polluted soils in southwestern Europe through phytomanagement.

Proyecto PhytoSUDOE: Recuperando suelos contaminados en el sudoeste de Europa a través de la fitogestión.

SUMMARY

- 1• Presentation
- 2• The Project
- 3• What is phytomanagement?
- 4• Sites
- 5• Work Packages

Technical working packages (WP)

WP1- Characterisation and risk assessment of currently contaminated or degraded natural sites (due to the presence of contaminants) and implementation of suitable phytomanagement options.

WP2- Characterisation and assessment of biodiversity in relation to phytomanagement options.

WP3- Exploring prospects of functional diversity "engineering" to improve phytomanagement efficiency.

WP4- Key ecological functions in phytomanaged sites which provide ecosystem services.

Transversal WPs

- 1- Project management.
- 2- Project communication.
- 3- Project monitoring and evaluation.

6• Conclusion

SUMARIO

- 1• Presentación
- 2• El proyecto
- 3• ¿Qué es la fitogestión?
- 4• Los emplazamientos
- 5• Grupos de trabajo

Paquetes de trabajo de carácter técnico (GT)

GT1- Caracterización y evaluación de riesgo de los emplazamientos contaminados e implementación de opciones de fitogestión adecuadas.

GT2- Caracterización y evaluación de la biodiversidad en relación con las diferentes opciones de fitogestión.

GT3- Prospección exploratoria de "ingeniería" de la diversidad funcional para la mejora de la eficiencia de la fitogestión.

GT4- Recuperación de funciones ecológicas clave en los emplazamientos fitogestionados y suministro de servicios ecosistémicos vitales.

Paquetes de trabajo transversales (GT.T)

- 1- Gestión del proyecto.
- 2- Comunicación del proyecto.
- 3- Seguimiento y evaluación del proyecto.

6• Conclusión

Interreg
Sudoe



PhytoSUDOE

European Regional Development Fund

Dear Readers,

It is with great pleasure that I present you the PhytoSUDOE project.

Soil contamination is a worldwide problem with serious effects on water quality, biodiversity, food security and human health. The Joint Research Centre of the European Commission has estimated as many as 2.5 million potentially contaminated sites across Europe. Green soil remediation options have been developed to phytomanage contaminated soils. By manipulating the soil-plant system they alleviate pollutant linkages, maximise economic and/or ecological benefits while minimising risks. Phytomanagement options offer sustainable alternatives to civil engineering techniques which are both expensive and invasive. We have created a transnational network of contaminated field sites to serve as a platform for demonstrating the benefits of phytomanagement options. I thank all partners and collaborators for their participation and support which made the PhytoSUDOE project a success.

Petra Susan Kidd

Coordinator / Coordinadora

Científica Titular del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (IIAG) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Estimado/a lector/a,

Me complace presentar el proyecto PhytoSUDOE.

La contaminación del suelo es un problema mundial con graves efectos sobre la calidad del agua, la biodiversidad, la seguridad alimentaria o la salud humana. El Centro Común de Investigación de la Comisión Europea ha estimado unos 2,5 millones de sitios potencialmente contaminados en Europa. Como alternativas sostenibles a las técnicas de ingeniería civil, costosas e invasivas, se han desarrollado estrategias "verdes" para la fitogestión de suelos contaminados. Mediante la manipulación del sistema suelo-planta, estas estrategias mitigan la transferencia de los contaminantes, maximizan los beneficios económicos y / o ecológicos, al tiempo que minimizan los riesgos. En este proyecto hemos creado una red transnacional de emplazamientos contaminados que sirve de plataforma para la demostración de las ventajas de la fitogestión. Agradezco a todos los socios y colaboradores su participación y apoyo, que permitieron que PhytoSUDOE fuera un éxito.



The Project **El proyecto**

Soil contamination is a widespread problem in Southwestern Europe with serious effects on biodiversity, food security and human health. The PhytoSUDOE project encourages owners and managers of contaminated land to use phytomanagement options; these “green” techniques consist in cultivating non-food crops that alleviate pollutant linkages due to the soil contamination while providing economic or environmental benefits.

The global objective of PhytoSUDOE was to make advances in the management of degraded and contaminated areas and their rehabilitation using phytotechnologies which promote soil biodiversity, ecosystem functioning and the sustainable use of resources. To achieve this goal, a network of contaminated and/or degraded field sites covering various pedo-climatic zones was established, and different phytomanagement options were implemented and monitored. Implementing phytomanagement options in these sites has demonstrated improvements in soil quality and functionality, as well as raising awareness and know-how of implicated stakeholders (public authorities and governmental groups, environmental and conservation organisations, the general public, scientific community, industrial sector and end-users).

The project required a multidisciplinary approach and interactive exchanges of expertise and know-how amongst experts in numerous research fields: soil microbial ecology and meso/macrofauna, plant communities and ecophysiology, ecotoxicology, agronomy, geology, biogeochemistry and soil sciences, landscape planning and risk assessment.

PhytoSUDOE has managed to provide updated available databases, best practice guides and methodology for implementing, and evaluating the efficiency and sustainability, of phytomanagement options, contributing towards achieving EU objectives in the remediation and protection of soils.

La contaminación del suelo es un problema generalizado en el sudoeste de Europa que tiene efectos severos para la biodiversidad y la salud humana. El proyecto PhytoSUDOE ha promovido el uso de estrategias de fitogestión entre propietarios y gestores de terrenos contaminados. Estas técnicas “verdes” consisten en el cultivo de plantas de uso no alimentario, que mitigan la transferencia de los contaminantes, al tiempo que proporcionan beneficios económicos y ambientales.

El objetivo general de PhytoSUDOE ha sido avanzar en la gestión de espacios degradados y contaminados, y su rehabilitación, a través de estas fitotecnologías, que mejoran la biodiversidad del suelo, la funcionalidad del ecosistema y el uso sostenible de los recursos. Para lograr este objetivo, se estableció una red de emplazamientos contaminados y/o degradados, que abarcan diversas zonas edafo-climáticas, en los que se aplicaron y monitorearon diferentes opciones de fitogestión. La implementación de estas opciones de fitogestión, además de demostrar la mejora de la calidad y funcionalidad del suelo, ha logrado un aumento de la sensibilización y el conocimiento en los grupos y agentes implicados (autoridades públicas y órganos gubernamentales, organizaciones implicadas en la protección del medio ambiente, público en general, comunidad científica, sector industrial o usuarios finales).

El proyecto ha requerido un enfoque multidisciplinar y un intercambio proactivo de experiencias y conocimientos entre expertos de diferentes campos: ecología microbiana y meso/macrofauna edáfica, comunidades vegetales y ecofisiología, ecotoxicología, agronomía, geología, biogeoquímica y ciencias del suelo, planificación del paisaje y evaluación de riesgos.

PhytoSUDOE ha conseguido mejorar las bases de datos disponibles, los protocolos de buenas prácticas y la metodología para la implementación y evaluación de la eficiencia y sostenibilidad de las opciones de fitogestión, contribuyendo así a la consecución de los objetivos de la UE relacionados con la remediación y protección de los suelos.

Group in the project
kickoff meeting
in Santiago de
Compostela.

Grupo en el meeting
de lanzamiento del
proyecto en Santiago
de Compostela
(19/09/2016)

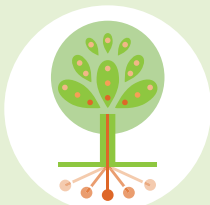


What is phytomanagement?

¿Qué es la fitogestión?

Phytomanagement involves the use of phytotechnologies based on plants and their associated microorganisms, often in combination with soil conditioners, to improve soil functionality, rehabilitate contaminated soils and produce usable biomass notably for the Bioeconomy. This set of phytotechnologies relies on the biological processes by which the plants and their associated microbiota degrade, sequester and/or immobilise contaminants.

The PhytoSUDOÉ project considered four main phytotechnologies:



PHYTOEXTRACTION AND PHYTOMINING FITOEXTRACCIÓN Y FITOMINERÍA

(Hyper)accumulating plants take up contaminants from the soil and accumulate them in aboveground tissues which are periodically harvested for metal recovery (phyto-mining) or green chemistry (ecocatalysis). The result is a progressive decrease in the soil bioavailable pool of metal(loid)s.

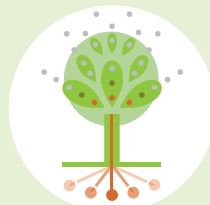
Las plantas (hiper)acumuladoras absorben los contaminantes del suelo y los acumulan en la biomasa aérea, que es periódicamente cosechada para la recuperación de los metales (fitominería) o química verde (ecocatálisis). Como resultado, la fracción biodisponible de los metal(oid)es en el suelo disminuye progresivamente.



PHYTOSTABILIZATION FITOESTABILIZACIÓN

Metal(loid)-excluding plants are able to sequester or immobilize metal(loid)s in their roots and/or area of influence. These processes reduce potential adverse effects to the environment or contaminant transfer to the food chain, while producing various biomass types for ecomaterials, biofuels, fibers, essential oils, etc.

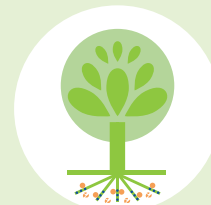
Las plantas excluidoras de metal(oid)es son capaces de secuestrarlos o inmovilizarlos en su raíz y/o zona de influencia. Así, los posibles efectos adversos al medio ambiente o la transferencia del contaminante a la cadena trófica se reducen, al tiempo que se producen distintos tipos de biomasa para ecomateriales, biofueles, fibras, aceites esenciales, etc.



PHYTOVOLATILIZATION FITOVOLATILIZACIÓN

Some plants are able to transform contaminants into volatile compounds or to absorb and transport (via transpiration) volatile compounds from the soil to the aboveground biomass where they can then be released into the atmosphere.

Algunas plantas pueden transformar los contaminantes en compuestos volátiles, o absorber y transportar (vía transpiración) compuestos volátiles del suelo a la biomasa aérea, donde se pueden liberar a la atmósfera.



RHIZODEGRADATION RIZODEGRADACIÓN

Plant roots release root exudates (including enzymes) into the surrounding soil (the rhizosphere), stimulating the structural and functional diversity and activity of their associated microbial communities in the rhizosphere that contribute to the degradation of organic contaminants.

Las raíces de las plantas liberan exudados (incluyendo enzimas) al suelo de su entorno (rizosfera), estimulando la diversidad estructural y funcional y la actividad de las comunidades microbianas asociadas a la rizosfera, que contribuyen a la degradación de los contaminantes orgánicos.

The PhytoSUDOÉ project used various techniques for improving phytomanagement efficiency. El proyecto PhytoSUDOÉ utilizó diferentes técnicas para mejorar la eficiencia de la fitogestión.



SOIL AMENDMENTS ENMIENDAS EDÁFICAS

Conditioners, such as compost, which are added to the soil to improve its physical, chemical and/or biological properties; thereby favouring plant growth and modifying contaminant bioavailability.

Materiales, como el compost, que se añaden al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas, favoreciendo así el crecimiento vegetal y modificando la biodisponibilidad del contaminante.



BIOAUGMENTATION BIOAUMENTO

Consists in inoculating plants with beneficial microorganisms that can enhance plant growth and tolerance to contaminants, or influence in the accumulation of trace metal(loid)s or the degradation of organic contaminants.

Consiste en la inoculación de plantas con microorganismos beneficiosos que puedan estimular el crecimiento de las plantas y su tolerancia a los contaminantes, o influir en la acumulación de metales traza o la degradación de contaminantes orgánicos.



TREE PLANTATIONS PLANTACIÓN FORESTAL

The option of Short Rotation Coppice (SRC) plantations has been used, cultivating fast-growing and tolerant trees, such as poplars and willows, with known phytoextraction (cadmium, zinc), phytostabilization (copper, lead) and rhizodegradation capacities.

Se utilizó la opción de Cultivo de Ciclo Corto (CCC), plantando árboles tolerantes y de crecimiento rápido, como chopos y sauces, con probada capacidad de fitoextracción (cadmio, zinc), fitoestabilización (cobre, plomo) y rizodegradación.



AGRICULTURAL CROPS CULTIVOS AGRÍCOLAS

High-biomass annual or perennial herbaceous species (e.g. rapeseed, sunflower, tobacco, grasses, etc.) have been cultivated in rotation, co-culture, intercroppings or monoculture.

Se han cultivado especies herbáceas de elevada biomasa anuales o perennes (ej. colza, girasol, tabaco, gramíneas, etc.) en sistemas de rotación, intercalado o monocultivo.



AGROFORESTRY SYSTEMS SISTEMAS AGROFORESTALES

To improve phytomanagement efficiency woody plants have been intercropped with agricultural crops, or intercroppings have been established combining tree species and legumes or plants which can fix nitrogen.

Para mejorar la eficiencia de la fitogestión se han intercalado plantaciones forestales con cultivos agrícolas o se han establecido policultivos de árboles que incluyen leguminosas o plantas capaces de fijar nitrógeno.

Sites Los emplazamientos

Activities were carried out in 11 contaminated and/or degraded field sites in Spain, Portugal and France.

The majority of these were characterised by a specific group of contaminants (e.g. metals), while others were affected by multi-contamination (e.g. metals and organics). Eleven field sites were selected (4 in Portugal, 3 in France, 2 in Galicia and 2 in the Basque Country) for evaluating different phytomanagement options, improvements in soil ecological processes and ecosystem services, risk assessments, and the production of biomass for bioenergy and phytomining applications.

Se han realizado actuaciones en 11 emplazamientos contaminados y/o degradados de España, Portugal y Francia.

En su mayoría estaban afectados por un grupo específico de contaminantes (ej. metales) mientras que en otros casos se trataba de contaminación múltiple (ej. metales y contaminantes orgánicos). Los once emplazamientos (4 en Portugal, 3 en Francia, 2 en Galicia y 2 en el País Vasco) fueron seleccionados para evaluar diversas opciones de fitogestión, mejoras en las funciones ecológicas del suelo y servicios del ecosistema, evaluación de riesgos y la producción de biomasa para aplicaciones de bioenergía y biominería.

PhytoSUDOE site network (S1-S11); plot type, main contaminant source, (responsible partner/s)

Red de emplazamientos (S1-S11); localización, tipo de parcela, fuente de contaminación principal (socio/s responsable/s)



- **S1: St Médard d'Eyrans** (Gironde, FR)
Brownfield / zona industrial abandonada. Cu/PAH (INRA).
- **S2: Parc aux Angéliques** (Gironde, FR)
Urban brownfield, metal(loid)s/PAHs/aliphatic hydrocarbons (INRA).
Zona industrial abandonada en área urbana, metal(oid)es/PAH/ hidrocarburos alifáticos (INRA).
- **S3: Borralha** (Montalegre, PT)
Mining area / área minera, Ag/W/Cu/Pb (UCP-CRP, LNEG).
- **S4: São Domingos** (Mértola, PT)
Mine tailings / escombrera minera, Sb/As/Cu/Pb/Zn/Au (FCTUC, UAVR).
- **S5: Ariñez** (Vitoria-Gasteiz, Basque Country-País Vasco, SP/ES)
Periurban brownfield / zona abandonada en área periurbana, As/Pb/PCB/PAH/ acetone / acetona/ hidrocarburos / hidrocarburos (UPV/EHU, NEIKER, CEA).
- **S6: Jundiz** (Vitoria-Gasteiz, Basque Country-País Vasco, SP/ES)
Periurban brownfield / zona abandonada en área periurbana (UPV/EHU, NEIKER, CEA).
- **S7: Rubiais** (Galicia, SP/ES)
Mine tailings / escombrera minera, Cd/Zn/Pb (CSIC, USC).
- **S8: Touro** (Galicia, SP/ES)
Mine tailings / escombrera minera, Cu (CSIC, USC).
- **S9: St Sebastien d'Aigrefeuille** (Gard, FR)
Mine tailings / escombrera minera, Pb/Zn/Cd/As (INRA).
- **S10: Penedono** (Viseu, PT)
Mine tailings / escombrera minera, As/Au/Cu (UAVR).
- **S11: Marrancos** (Vila Verde, PT)
Mine tailings / escombrera minera, Au/Ag/As (UAVR).

Work Packages Grupos de trabajo

The project was structured around 7 working packages, 4 technical packages (WPs) and 3 transversal groups (WPTs):

Technical working packages (WP)

WP1: Characterisation and risk assessment of currently contaminated or degraded sites and implementation of suitable phytomanagement options.

WP2: Characterisation and assessment of biodiversity in relation to phytomanagement options.

WP3: Exploring prospects of functional diversity “engineering” to improve phytomanagement efficiency.

WP4: Recovery of key ecological functions in phytomanaged sites providing vital ecosystem services.

Transversal WPT:

Project management.

Project communication.

Project monitoring and evaluation.

El proyecto se estructura en 7 paquetes de trabajo, 4 de carácter técnico (GTs) y 3 transversales (GT.Ts):

Paquetes de trabajo de carácter técnico (GT)

GT1: Caracterización y evaluación de riesgo de los emplazamientos contaminados o degradados e implementación de opciones de fitogestión adecuadas.

GT2: Caracterización y evaluación de la biodiversidad en relación con las diferentes opciones de fitogestión.

GT3: Prospección exploratoria de “ingeniería” de la diversidad funcional para la mejora de la eficiencia de la fitogestión.

GT4: Recuperación de funciones ecológicas en los emplazamientos fitogestionados y suministro de servicios ecosistémicos clave.

Paquetes de trabajo transversales (GT.T)

Gestión del proyecto.

Comunicación del proyecto.

Seguimiento y evaluación del proyecto.

Characterisation and risk assessment of currently contaminated or degraded natural sites (due to the presence of contaminants) and implementation of suitable phyto-management options.

Caracterización y evaluación de riesgo de los emplazamientos contaminados e implementación de opciones de fitogestión adecuadas.



A network of phytomanaged contaminated/degraded sites was established across Portugal, Galicia, Basque Country and SW France to evidence the efficiency of phytotechnologies for ecologically remediating soils and enhancing soil services. Information are delivered on initial and residual pollutant linkages, option appraisal and efficiency of the implemented remediation strategies at these sites. Main drivers for promoting a sustainable biomass production are soil conditioners, amelioration of soil properties, selection of plant species, their populations and associated microbes, and water supply regarding the needs of plant species.

Results: A sustainable production of usable biomass, i.e. high yielding crops, energy and woody crops, and perennial grasses for ecomaterials and biosourced chemistry, hyperaccumulators for ecocatalysis and phytomining, was obtained at sites such as brownfields, mine tailings and former periurban landfill. Main beneficial changes in soil properties were related to increase in soil organic matter, soil pH and cation exchange capacity, available nutrients such as P and N, and water holding capacity, and decrease in the contaminant bioavailability. Beneficial influence of compost, alone and combined with other soil amendments, was evidenced notably for copper-contaminated soils. Amelioration of soil properties, vegetation cover and decrease of contaminant availability contributed to alleviate the pollutant linkages and to improve ecological soil functions associated to soil services. Some options, notably at mine tailings, were not efficient, mainly due to lack of maintenance and less resilience to heatwaves and drought induced by the climate change. Deliverables are: soil properties, exposures to metal(loid)s and organics via soil-to-root pathway, soil ecotoxicity, contaminant phytoavailability, feasible phytomanagement options, biomass production, changes in risk levels and pollutant linkages, and overall verification of targeted objectives.

Para demostrar la eficiencia de las fitotecnologías en la recuperación ecológica del suelo, y de los servicios asociados, se estableció una red de emplazamientos contaminados/degradados y fitogestionados a lo largo de Portugal, Galicia, País Vasco y sudoeste de Francia. Se aporta información sobre las rutas de transferencia de la contaminación (originales y residuales), el diagnóstico y la eficiencia de las estrategias de corrección adoptadas en estos emplazamientos. Los principales factores que promueven una producción de biomasa sostenible son: las enmiendas del suelo y la mejora de sus propiedades, la selección de especies vegetales, sus poblaciones y microorganismos asociados, y el aporte hídrico según las necesidades de cada especie de planta.

Resultados: En antiguos emplazamientos industriales, áreas mineras o vertederos periurbanos, se obtuvo una producción sostenible de biomasa útil, por ejemplo, cultivos de elevada productividad, cultivos energéticos y leñosos, gramíneas perennes para ecomateriales y "química verde", plantas hiperacumuladoras para ecocatálisis y fitominería. Los principales impactos positivos sobre las propiedades del suelo se relacionaban con: el incremento de la materia orgánica, del pH, de la capacidad de intercambio de cationes, de la disponibilidad de nutrientes, como fósforo y nitrógeno, de la capacidad de retención de agua y la reducción de la biodisponibilidad de los contaminantes. Fue destacable el efecto positivo del compost, sólo o en combinación con otras enmiendas, en suelos contaminados por cobre. La mejora de las propiedades del suelo y de la cobertura vegetal, y la reducción de la disponibilidad de los contaminantes, contribuyeron a mitigar la transferencia de los contaminantes y a mejorar las funciones ecológicas del suelo y los servicios que proporcionan. Algunas opciones, especialmente en zonas mineras, no fueron eficientes, sobre todo por falta de mantenimiento y de resiliencia a las olas de calor y a la sequía provocadas por el cambio climático. Se aportaron informes sobre: propiedades del suelo, exposición a metal(oid)es y a contaminantes orgánicos vía suelo-raíz, ecotoxicidad del suelo, fitodisponibilidad de los contaminantes, opciones viables de fitogestión, producción de biomasa, cambios en los niveles de riesgo y transferencia de contaminantes y verificación global de los objetivos propuestos.

The monitoring of good practices in 3 steps: risk assessment; feasibility of phytomanagement options; choice, implementation and monitoring of the remediation strategy, combined with water resource management, usually allows to obtain biomass for bioeconomy and the improvement of the soil ecological functions that underlie ecosystem services.

Dr. Michel Mench

Senior scientist / Director of Researches at INRA, UMR BIOGECO 1202, Pessac, France

Did you know that...?

In general, the biomasses produced are not contaminated and can be used with others by technologies processing plant raw materials as resources for the Bioeconomy. The initial assembly of plants and microorganisms often determines the pathway to a new ecosystem.

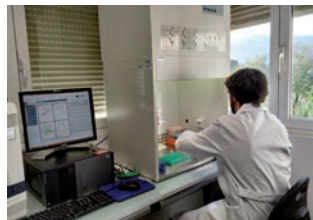
¿Sabías que...?

En general, la biomasa que se produce no está contaminada y puede ser utilizada en combinación con otra en tecnologías de procesamiento de materia prima vegetal como recursos para la Bioeconomía. La combinación inicial de plantas y microorganismos determina, frecuentemente, el camino hacia un nuevo ecosistema.

WP GT 2

Characterisation and assessment of biodiversity in relation to phytomanagement options.

Caracterización y evaluación de la biodiversidad en relación con las diferentes opciones de fitogestión.



Biodiversity plays a key role in soil health, as it contributes to its functional sustainability. Therefore, any good phytomanagement practice must take into consideration the protection and promotion of soil biodiversity.

Results: The different phytomanagement options led to changes in the composition of microbial communities in the studied soils, resulting in some cases in significant increases in microbial structural diversity. These changes in the composition of soil microbial communities may be driven by: (i) root exudates released by plants, (ii) carbon sources provided by the organic amendments, and (iii) reduction in the bioavailability of potentially toxic trace elements. In addition, this lower bioavailability of trace elements, together with the supply of easily mineralizable organic substrates, led to increased microbial functional diversity in phytomanaged soils.

La biodiversidad juega un papel clave en la salud del suelo, ya que contribuye a su sostenibilidad funcional. Por ello, cualquier buena práctica de fitogestión debe tener en cuenta la protección y el fomento de la biodiversidad edáfica.

Resultados: Las distintas opciones de fitogestión condujeron a cambios en la composición de las comunidades microbianas de los suelos estudiados, mostrando, en algunos casos, aumentos significativos en la diversidad estructural microbiana. Estos cambios en la composición de las comunidades microbianas del suelo pueden ser debidos a: (i) exudados radiculares liberados por las plantas, (ii) fuentes de carbono aportadas por las enmiendas orgánicas, y (iii) reducción en la biodisponibilidad de elementos traza potencialmente tóxicos. Asimismo, esta menor biodisponibilidad de elementos traza, junto con el suministro de sustratos orgánicos fácilmente mineralizables, condujo a un aumento de la diversidad funcional microbiana en los suelos fitogestionados.

An adequate selection of the organic amendments and of the plant species used is key to achieve the expected benefits of the phytomanagement on biodiversity of the soil microbial communities.

Dr. Carlos Garbisu

Head of the Department of Conservation of Natural Resources at NEIKER-Tecnalia. Bilbao

Did you know that...?

Microorganisms make up more than 80% of the soil living biomass and are responsible for 80-90% of its biological activity. Furthermore, a single gram of soil can harbour tens of thousands of bacterial species.

¿Sabías que...?

Los microorganismos constituyen más del 80% de la biomasa viva del suelo y son responsables en un 80-90% de su actividad biológica. Además, un solo gramo de suelo puede albergar decenas de miles de especies de bacterias.

WP GT 3

Exploring prospects of functional diversity
“engineering” to improve phytoman-agement efficiency.

Prospección exploratoria de “ingeniería” de la
diversidad funcional para la mejora de la eficiencia de
la fitogestión.



Touro Mine - experimental plots (before) - *Agrostis capillaris* (after)



Borralha Mine - Sunflower

Non-inoculated (NI) and inoculated poplars (I)

Phytomanagement in degraded sites can be improved through bioaugmentation, organic amendments and/or the use of cropping patterns. Globally, these options can increase soils' fertility, and promote the growth and TE stabilization/extraction by target plants.

Results: Bioinoculants were beneficial in upholding the growth of several plants in polluted areas, including energy crops such as sunflower, silvergrass, poplar and willow. They were also effective in phytostabilization and phytoextraction of trace elements in mining areas. For instance, a mixture of growth-promoting bacteria and mycorrhizal fungi were beneficial in phytostabilization of copper mine tailings planted with poplar; and in phytoextraction of zinc by sunflower in a mine influenced soil. The use of organic amendments increased plant growth and nutrient content, as other benefits, including the improvement of soils' organic matter content and biological activity. Intercropping and winter cropping with species like alfalfa also revealed positive outcomes by increasing plant yield and nutritional status

Las técnicas de bioaumentación, uso de enmiendas orgánicas y/o de patrones de cultivos pueden mejorar la fitogestión en emplazamientos degradados. En general, estas opciones pueden aumentar la fertilidad edáfica y estimular el crecimiento vegetal y la estabilización/extracción de elementos traza (ET) por las plantas seleccionadas.

Resultados: Los bioinóculos fueron beneficiosos para el crecimiento de diferentes plantas en áreas contaminadas, incluyendo cultivos energéticos como girasoles, miscantus, chopos y sauces. También fueron efectivos en la fitoestabilización y fitoextracción de elementos traza en áreas mineras. Por ejemplo, una mezcla de bacterias promotoras del crecimiento y hongos micorrízicos fue beneficiosa en la fitoestabilización de cobre en escombreras de mina plantadas con chopos; y en la fitoextracción de zinc por los girasoles plantados en un suelo con influencia minera. El uso de enmiendas orgánicas incrementó el crecimiento vegetal y el contenido de nutrientes, así como otros beneficios, incluida la mejora en el contenido de materia orgánica y la actividad biológica del suelo. Los cultivos intercalados y cultivos de invierno con especies como la alfalfa también resultaron positivos, al mejorar la producción y el estado nutricional de las plantas.

Phytomanagement combines modern biotechnology with ancestral farming techniques for the recovery of the public good that are our soils ...

Paula Castro

Head of Environmental and Resources Group
of CBQF, UCP - Porto, Portugal

Did you know that...?

Micromicroorganisms can produce substances like hormones that help plants to thrive in harsh conditions?

¿Sabías que...?

Los microorganismos pueden producir sustancias como las hormonas que ayudan a las plantas a desarrollarse en condiciones adversas?

WP GT 4

Key ecological functions in phytomanaged sites which provide ecosystem services.

Recuperación de funciones ecológicas clave en los emplazamientos fitogestionados y suministro de servicios ecosistémicos vitales.



Phytomanagement of degraded lands can improve soil quality and repair damaged ecosystem services (ES). Soil monitoring is essential to evaluate the success of the strategies implemented.

Results: Soil quality, and the key processes involved, were assessed by monitoring several indicators: i) physicochemical properties (pH, texture, structure, ...), ii) content/forms of soil organic matter, nutrients and pollutants, and iii) soil pore-water. Results were specific to the site and phytomanagement options used, but suggest a positive impact on multiple ES. For their numerous benefits, strategies using soil organic amendments formulated from wastes with complementary characteristics stand out. This practice was crucial for improving soil fertility, porosity, contaminant retention and water conservation, which allowed for recovering soil productivity, improving water quality and enhancing carbon sequestration.

La fitogestión de terrenos degradados puede mejorar la calidad del suelo y reparar los servicios del ecosistema (SE) dañados. El seguimiento del suelo es esencial para evaluar el éxito de las estrategias adoptadas.

Resultados: Se evaluó la calidad del suelo, y principales procesos involucrados, mediante seguimiento de varios indicadores: i) propiedades físico-químicas (pH, textura, estructura,...), ii) contenido/formas de la materia orgánica, nutrientes y contaminantes, y iii) disolución del suelo. Los resultados varían con el lugar y la estrategia de fitogestión, pero sugieren un impacto positivo sobre diversos SE. Por sus múltiples beneficios, destacan las estrategias que usan enmiendas orgánicas del suelo, formuladas a partir de residuos con características complementarias. Esta práctica fue clave para mejorar la fertilidad, porosidad, retención de contaminantes y conservación del agua del suelo, lo que permitió recuperar su función productiva, mejorar la calidad del agua superficial y potenciar el secuestro de carbono.

Soil amendment using organic waste favors the recovery of soil functions, but a strict control of the materials is critical to avoid contamination risks.

Dra. Carmela Monterroso

Profesora Titular de Edafología y Química Agrícola de la Universidade de Santiago de Compostela

Did you know that...?

Soil carbon exceeds, on a global scale, the carbon in vegetation and the atmosphere. Soil conservation and reclamation contribute to carbon sequestration and climate change mitigation.

¿Sabías que...?

El carbono del suelo excede, a escala global, al carbono de la vegetación y la atmósfera. La conservación y recuperación de nuestros suelos contribuye al secuestro de carbono y a la mitigación del cambio climático.



Transversal Work Packages

Paquetes de trabajo transversales

1 – Project management

The PhytoSUDOE project was coordinated by Dr. Petra Kidd of the CSIC who oversaw the general performance of the project in coordination with Working Package leaders (Project Steering Committee). Their main activities were to organize the consortium meetings, manage/control the timely realisation of tasks, milestones and deliverables; gather WP reports, edit mid-term and final reports and act as a communicator between the Interreg Sudoe Secretariat and the project consortium.

1 – Gestión del proyecto

El proyecto PhytoSUDOE fue coordinado por la Dra. Petra Kidd, del CSIC, quien supervisó el desarrollo general del proyecto en coordinación con los líderes de los Paquetes de Trabajo (Comité Directivo del Proyecto). Sus actividades principales fueron organizar las reuniones del consorcio, gestionar / controlar la realización oportuna de tareas, hitos y entregables, recopilar los informes de los GT, editar los informes intermedios y finales y actuar de interlocutor entre la Secretaría de Interreg Sudoe y el consorcio del proyecto.

2 – Project communication

This work package coordinated all dissemination and communication project activities, targeting the scientific community, relevant stakeholders, the administration and the general public. Its main outcomes included the development of a communication plan, the active dissemination of the project activities using social networks, the celebration of two stakeholder workshops with 85 participants and three summer schools with 128 participants, the publication of four newsletters, the creation of a high-quality project video, and dissemination of all scientific publications resulting from the project. The project webpage summarises, and provides access, to all these activities. The project was officially closed during the celebration of a final workshop with 85 participants, and which counted on numerous presentations of excellent quality.

2 – Comunicación del proyecto

Este grupo de trabajo se encargó de coordinar las actividades de divulgación y comunicación enfocándolas a la comunidad científica, a los agentes interesados, a la administración y al público. Como resultado, se redactó un plan de comunicación, se dio difusión al proyecto a través de las redes sociales, se celebraron dos talleres con 85 asistentes y tres cursos de verano con 128 asistentes, se publicaron 4 newsletters, se produjo un video sobre el proyecto en alta calidad y se dio difusión a las publicaciones científicas que surgieron de este proyecto. La página web del proyecto aglutinó todas estas actividades de comunicación, sirviendo de portal de acceso a las mismas. Como broche al proyecto se celebró una conferencia final a la que asistieron 85 personas, y en la que hay que destacar la gran calidad en las ponencias presentadas.

3 – Monitoring and evaluation of the project

The project steering committee monitored project progress and its main achievements. Project indicators were established at the beginning of the project and ensured the timely realisation of programmed activities and task completion. The close interaction between the project consortium, PhytoSUDOE associated partners and relevant stakeholders ensured effective transfer of results and awareness-raising of the benefits of phytomanaging contaminated soils.

3 – Seguimiento y evaluación del proyecto

El progreso del proyecto, y sus principales logros, fue supervisado por el Comité Directivo. Los indicadores del proyecto se establecieron al inicio del mismo y aseguraron la ejecución oportuna de las actividades programadas y la finalización de las tareas. La estrecha interacción entre el consorcio del proyecto, los socios asociados de PhytoSUDOE y los agentes interesados pertinentes, aseguró la transferencia efectiva de los resultados y la sensibilización sobre los beneficios de la fitogestión de suelos contaminados.



Phytomanagement is our best tool to restore degraded areas and create multifunctional landscapes.

Juan Vilela

Coordinador del CEA / Green Lab
Vitoria-Gasteiz





Conclusion Conclusión

The meticulous and unhurried completion of site zoning, risk assessment and option appraisal stages (based on the conceptual model) and the follow-up of in situ test plots during a few years is necessary for ensuring the effectiveness/potential resilience to face climate change of the selected plant-microbe assemblages and remediation strategy, as well as the respect of good practices, maintenance, biomonitoring and water management which are pivotal for a successful phytomanagement leading progressively to a new ecosystem with many ecosystem services, notably biomass production, reduced pollutant linkages and improved soil biota for efficient nutrient cycling.

Para garantizar la efectividad/resistencia al cambio climático de las combinaciones plantas-microorganismos y estrategia de rehabilitación seleccionadas se necesita completar de forma meticulosa las etapas de: zonificación de los emplazamientos degradados/contaminados, evaluación de riesgos y diagnóstico de alternativas (según el modelo conceptual) y seguimiento in situ de las parcelas experimentales durante varios años. Adicionalmente, el respeto por las buenas prácticas, el mantenimiento, la biomonitorización y la gestión del agua, son fundamentales para el éxito una fitogestión que conduzca progresivamente a un nuevo ecosistema con múltiples servicios asociados, principalmente los de producción de biomasa, control de la contaminación, estimulación de los organismos del suelo para un ciclo eficiente de los nutrientes y secuestro de carbono.



Partners / Participantes

Beneficiary partners / Socios Beneficiarios

- Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IIAG-CSIC). España
- Universidade de Santiago de Compostela (USC). España
- NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, S.A. (NEIKER). España
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). France
- Universidade de Coimbra (FCTUC). Portugal
- Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz (CEA). España
- Universidade Católica Portuguesa (UCP-CRP). Portugal
- Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). España
- Universidade de Aveiro (UAVR). Portugal
- Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG). Portugal

Associated partners / Socios Asociados

- Centro de Valoración Ambiental del Norte, S.L. (ES)
- Viveros Eskalmendi, S.L. (ES)
- Basoinsa, S.L. (ES)
- Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE (ES)
- Biocompost de Álava (ES)
- Mairie de Bordeaux (FR)
- Lyonnet S.A. (Ets Joseph Lyonnet) (FR)
- Instituto Politécnico de Beja (PT)

