



**UNIVERSIDADE DE  
SANTIAGO DE COMPOSTELA**



**Instituto de Investigaciones Tecnológicas  
Laboratorio de Tecnología Ambiental**

Campus Universitario Sur  
15782 Santiago de Compostela  
España (Spain)

# **RECUPERACION DE SUELOS, AGUAS Y ECOSISTEMAS EN LA MINA TOURO**



**Situación de la zona de Bama en el año 1994. Al fondo zona de Arinteiro**

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA**

**Octubre 2015**

Los primeros contactos con la mina Touro y su problemática se realizaron durante la fase de explotación por la empresa Río Tinto en 1983. Junto con el técnico ambiental de Río Tinto, Héctor Carracedo se llevaron a cabo diversas determinaciones analíticas para intentar determinar los efectos producidos por los lixiviados de las escombreras sobre los ríos Brandelos y Pucheiras. En 1988, se produjo el cierre por parte de la empresa Río Tinto, sin haber realizado apenas actuaciones de recuperación en la mayor parte de su superficie y dejando una importante afección a los suelos, aguas y ecosistemas tanto en su interior como en el entorno. Desde esa fecha hasta el 2000 se realizaron trabajos de caracterización de suelos, procesos de alteración y efectos sobre aguas y organismos, bajo la dirección de Rosa Calvo de Anta, a partir de la iniciativa de la Agencia de Calidad Ambiental de la Consellería de Ordenación del Territorio y, posteriormente, de los organismos ambientales que la sucedieron.

En 1998, ya con los nuevos propietarios, se planteó la posibilidad de iniciar actuaciones tendentes a la recuperación, que ya fueron concretadas a partir del 2002 en un Plan de actuaciones solicitado al LTA-USC por Aguas de Galicia y la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia (Macías et al., 2002). Desde esa fecha y hasta la actualidad, con diferentes modificaciones conceptuales, se han realizado los trabajos que han llevado a la mina Touro a su situación actual.

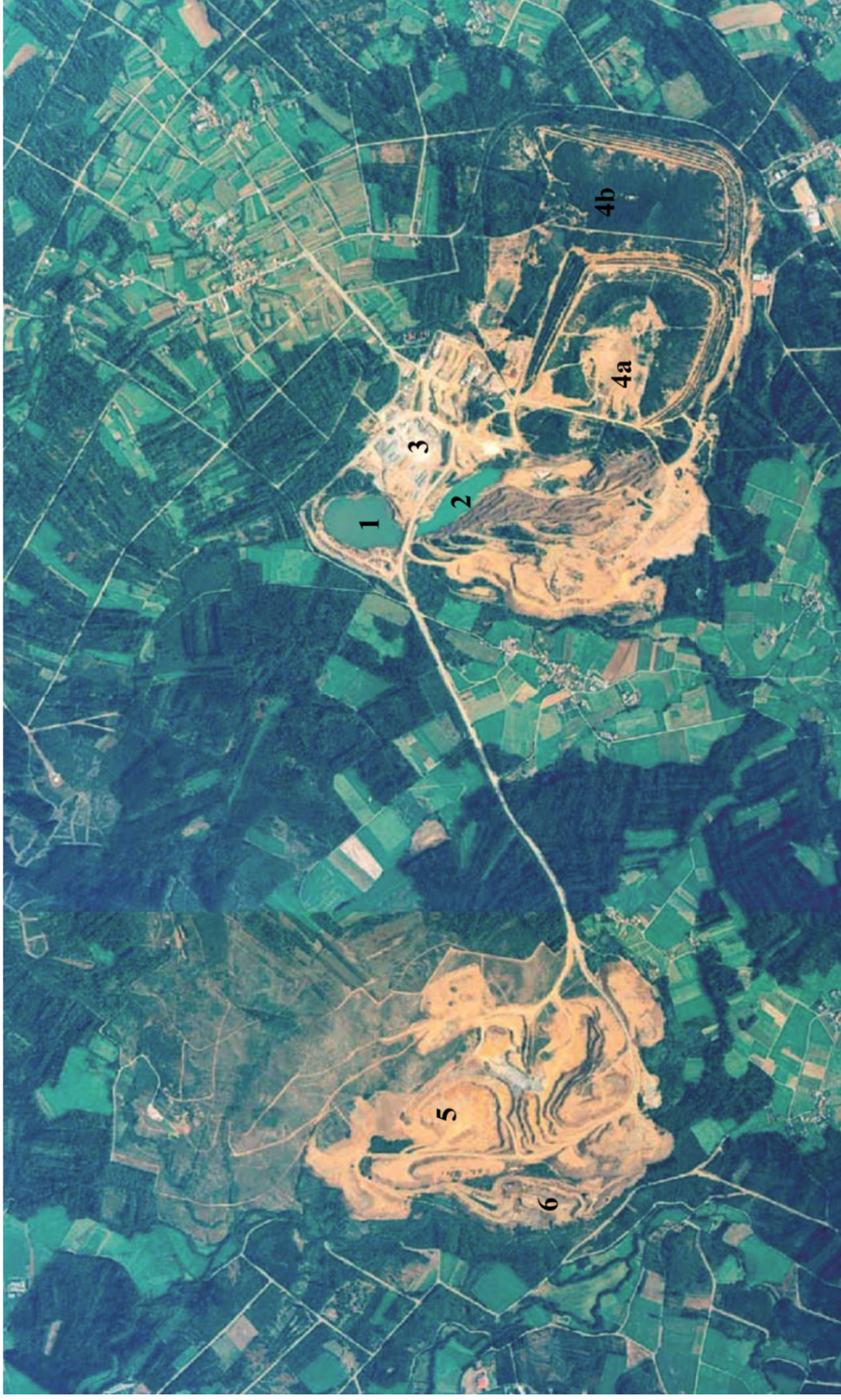
Tras el cierre de la explotación la situación de la mina era muy similar a la de muchas minas cerradas en esos años en la Faja Pirítica Ibérica, provincias de Sevilla y Huelva y el Alentejo portugués. La explotación se había llevado a cabo en dos zonas, denominadas Bama y Arinteiro, conectadas por un vial (Fig. 1), si bien se conocía la existencia de recursos mineros ricos en cobre en cinco zonas de las inmediaciones.

El proceso extractivo se realizaba en ambos espacios, pero la beneficiación por el procedimiento de flotación del material seleccionado como menas, se realizaba únicamente en el área de Arinteiro.

Como consecuencia de las actividades mineras se eliminó completamente la cobertura vegetal y los suelos de las zonas explotadas, dejando una superficie de cortas mineras con la roca (anfíbolita) compacta y dura expuesta a la intemperie, que, en los casos en los que el agua no encontraba salida dieron origen, tras el abandono, a balsas o charcas donde se acumularon aguas acidificadas con volúmenes importantes en las cortas de Vieiro y, en menor medida, de Arinteiro.

Los materiales excavados, pero sin valor económico, eran depositados en escombreras, llegando a ocupar una superficie superior a las 300 ha, en ocasiones con más de 100 metros de espesor. Los residuos del proceso de beneficiación (flotación y separación de la calcopirita) se llevaban a dos balsas de lodos, con un total de unas 80 ha, localizadas en la zona de Arinteiro.





**Fig. 1-** Fotografía aérea el 8/10/1999 de las explotaciones de Bama (izda) y Arinteiro (dcha.), más de 10 años después del abandono de las actividades mineras. Están unidas por un vial. Se aprecia la ausencia de vegetación en las áreas afectadas por cortas y escombreras así como la coloración ocre característica de la oxidación de los sulfuros en estas zonas. Las cortas de Vieiro (1) y parte de la de Arinteiro (2), al ser cerradas se llenaron de agua de lluvia que fue rápidamente acidificada hasta valores inferiores a 3.5. Las actividades de beneficiación, mediante trituración y flotación de la calcopirita se realizaban en la zona 3, llevándose los lodos de flotación a balsas de decantación (4a y 4b) que fueron parcialmente cubiertas con suelo de la zona y revegetadas por la empresa minera antes del cierre de la mina. Las cortas de Bama (5) y Brandelos (6) están rodeadas de escombreras, al igual que la zona oeste y sur de la corta de Arinteiro.



**Fig. 2.** Estado de las zonas de Arinteiro y Bama (mina de Touro) tras el cierre de las actividades extractivas de cobre. En Arinteiro (izq.) se observa como la balsa de lodos (3) está parcialmente revegetada, pero las escombreras al sur de la corta (7) están totalmente desnudas. 1.- Corta de Vieiro. 2.- Corta de Arinteiro. 3.- Balsa de lodos inicial, parcialmente revegetada. 4.- Balsa de lodos secundaria revegetada. 7.- Escombreras en la zona de Arinteiro. En Bama (dcha.) cortas y escombreras y balsas de aguas hiperácidas imposibilitan el crecimiento vegetativo y el desarrollo de la cadena trófica. En ambas zonas las aguas de escorrentía producidas por la lluvia eran rápidamente acidificadas. Ni una brizna de hierba podía desarrollarse, lo que llevaba a la ausencia prácticamente total de insectos, aves, reptiles, etc. quedando la actividad biótica reducida a la de organismos extremófilos como arqueobacterias, bacterias y otros organismos resistentes.



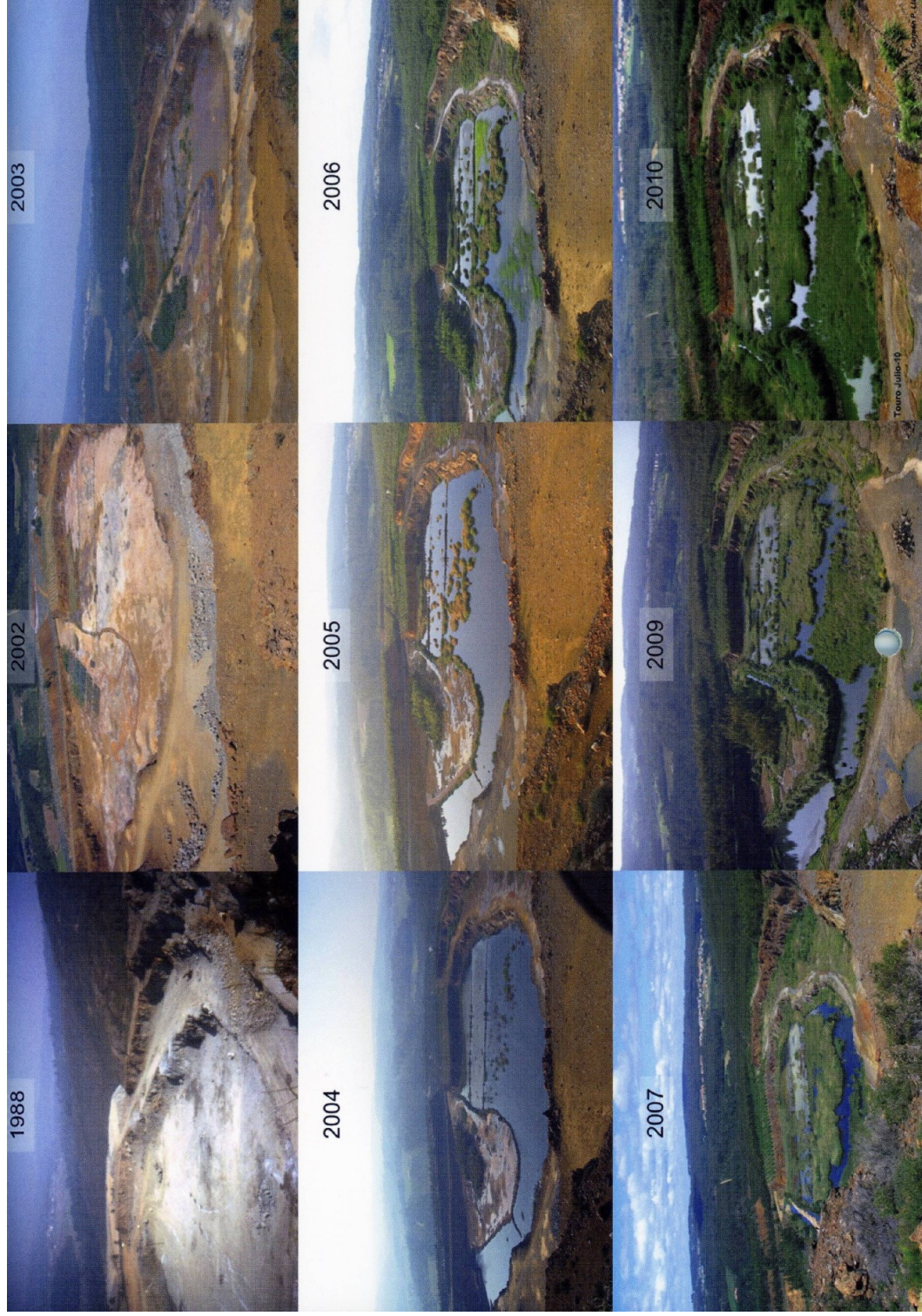
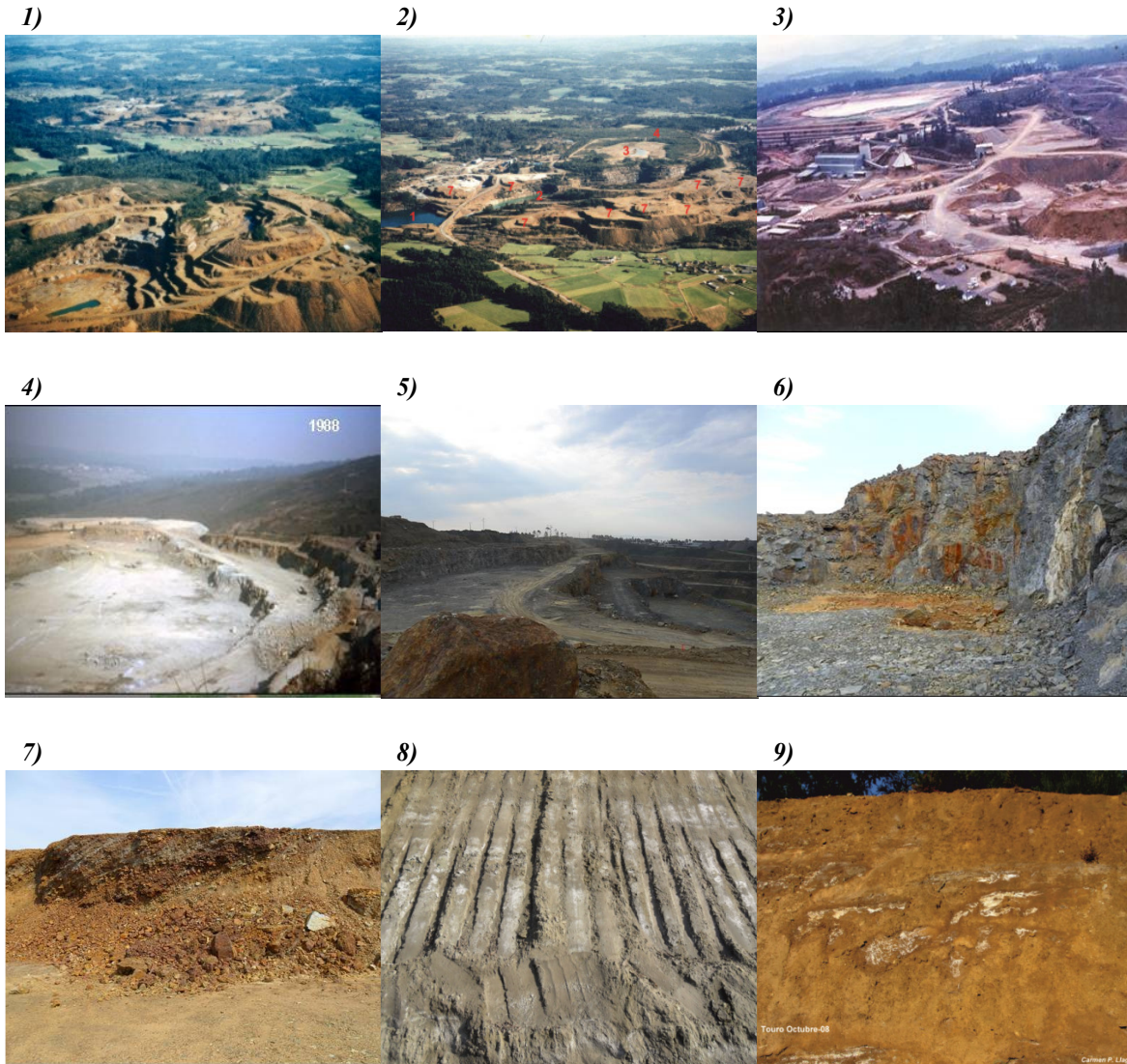


Fig. 3. Evolución de la corta de Bama, donde se ha instalado un Humedal reactivo con cuatro tipos de Tecnosoles diferentes. Las aguas entran a pH del orden de 3 y salen a valores en torno a 7.0 sin gastos de reactivos, energía o mantenimiento, dejando el aluminio, hierro y otros metales pesados en forma inactiva en los sedimentos de fondo. Los niveles de salida aumentan considerablemente de calidad para disminuir los riesgos para la comunidad.



**Lamina 1: Estado inicial de la recuperación de suelos de la Mina Touro.**



*1.- Escombreras y corta de Corta de Bama.1998. 2.- Escombreras, cortas y balsa de lodos de Arinteiro. 1998. 3.- Zona de beneficiación mineral en Arinteiro durante la explotación minera. 4.- Corta de Bama en 1988, Todavía no se había producido la oxidación. 5.- Detalle de la corta de Bama.1988. 6.- Nueva corta de Arinteiro en 2012. Se aprecia la formación de precipitados ferruginosos como consecuencia de la oxidación de sulfuros en las zonas de mayor fracturación. 7.- Escombrera de Bama en el 2000 con la oxidación ya iniciada y la típica coloración ocre de estas formaciones. 8.- Aspecto de los lodos piríticos de la balsa de flotación antes de ser oxidados. 9.- Idem una vez oxidados y con presencia de sales evaporíticas.*



## Lamina 2: Recuperación en zonas secas y bien drenadas.



1.- Taludes de la corta de Bama. Los bancales de las cortas comenzaron a recuperarse por la plataforma superior con Tecnosoles y plantación de eucaliptos. 2.- La corta anterior con Tecnosoles en los bancales y taludes al inicio de la fase de extendido. 3.- Idem con la recuperación en fase avanzada. El agua de escorrentía es neutra y la biodiversidad vegetal y animal elevada. 4.- La combinación de diferentes tipos de Tecnosoles, andicos y eutróficos, permite la producción maderera y el mantenimiento de la calidad del agua.. 5.- Idem con Tecnosoles sambaquí. 6.- Idem con plantación de pino y vegetación espontánea. 7.- Elevada biodiversidad vegetal de plantas espontáneas en Tecnosoles eutróficos sin que aparezcan efectos negativos ni en la calidad de las aguas ni en el crecimiento forestal.



### Lamina 3: Recuperación en zonas secas y bien drenadas.

1)



2)



3)



4)



5)



6)



1. Tecnosoles en taludes y plataformas. 2.- Dos Tecnosoles producen especies espontáneas diferentes. 3.- La adición de 15 cm de Tecnosol sambaqui eutrófico permite la producción de colza de primavera (atrás) en una escombrera estéril. 4.-Aplicación (inferior) y no aplicación (superior) de Tecnosol. 5.- Gramíneas sembradas en Tecnosoles eutróficos (superior) y tierra vegetal (inferior). 6.- Control de erosión con Tecnosoles.

### Conclusiones



A la vista de los resultados logrados en los objetivos prioritario y secundarios consideramos que puede afirmarse que la recuperación, si bien todavía no está finalizada y deben continuarse las tareas de mantenimiento y seguimiento y completar las actuaciones de recuperación en la zona de Arinteiro ya indicadas, supera el 90% de los objetivos planteados en el Plan realizado por el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela.

La experiencia innovadora en recuperación en la mina Touro es y ha sido reconocida nacional e internacionalmente. Aún así, como toda actividad de recuperación (similar al tratamiento de enfermedades) no siempre se consiguen en el tiempo deseado todas las modificaciones de las situaciones iniciales. En el caso del accidente de Aznalcóllar, tras las actuaciones realizadas por EGMASA y, posteriormente, por la Oficina del Corredor Verde de la Junta de Andalucía, siguiendo nuestro Plan de recuperación (Macías y Calvo de Anta, 1999), y a pesar de las extraordinarias inversiones económicas y de trabajo con fondos públicos (no disponibles en Touro, donde todas las actuaciones se han llevado a cabo por medio de la financiación de proyectos de investigación de la Xunta de Galicia o los Planes de I+D nacionales y europeos y con las inversiones, maquinaria y horas de trabajo de los propietarios de las empresas propietarias o de las instaladas en el antiguo complejo minero), hubo que repetir los tratamientos al cabo de 3 años y, de nuevo, en pequeñas zonas, al cabo de 5 años, llegando nuestro seguimiento y el de la Universidad de Granada hasta superar los 10 años desde el inicio de la recuperación.

Siguiendo el símil de la enfermedad, los médicos curan muchas cosas a los pacientes, otras se cronican o quedan largo tiempo con consecuencias secundarias y, en ocasiones, a pesar de los esfuerzos, el paciente muere. No es este el caso de Arinteiro, ni mucho menos el del conjunto de la mina Touro. La mejoría es muy significativa en la mayor parte de los suelos y aguas, pero también sabemos que hay zonas especialmente complicadas de corrección y con dificultades añadidas por la presencia de una biodiversidad de organismos desconocida para la ciencia que consideramos necesaria preservar, al menos hasta que hayan sido identificados y comprendidos sus mecanismos de actuación en los procesos redox. El traslado o la recreación de las condiciones de estos sistemas en zonas interiores de la mina, que faciliten el tratamiento de las aguas antes de sus salida al exterior es, en nuestra opinión, una actuación imprescindible, pues se lograría la conciliación de los objetivos de conservación de la biodiversidad de extremófilos y la posibilidad de su estudio con el logro de la no afección a las aguas exteriores a la mina. Esta, aunque muy minimizada respecto a la situación de partida, todavía se presenta en la zona sureste de la zona de Arinteiro, en las proximidades de la población de Touro.

La mejora producida se debe a las actuaciones realizadas por los alumnos e investigadores de la Universidad de Santiago, con los colaboradores nacionales e internacionales, el apoyo del propietario y los permisos, autorizaciones y proyectos de investigación concedidos por diferentes organismos europeos, nacionales y de la Xunta de Galicia (Agencia de Calidad Ambiental, Augas de Galicia, Consellerías de Medio Ambiente, Educación, Industria, Pesca y Marisqueo, etc.

## Felipe Macías Vázquez

Catedrático de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Santiago de Compostela.

Coordinador del Laboratorio de Tecnología Ambiental del Instituto de Investigaciones Tecnológicas y de los programas de Máster y Doctorado de MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES de la Universidad de Santiago de Compostela.

Miembro de la Academia de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de Francia en la Sección Físico-química de los Medios y de los Sistemas Bióticos.

Ex presidente y socio de Honor de la Sociedad Española de Ciencia del Suelo.

## Felipe Macías García

Director Técnico del Centro de Valorización Ambiental del Norte

Mina de Touro