

# **Tecnosoles: Origen y aplicaciones**

**TECNOSOLES, BIOCARBONES , HUMEDALES REACTIVOS,  
MICO Y BIOTECNOSOLES, TE DE TECNOSOLES,.....  
DISEÑADOS, FORMULADOS Y ELABORADOS  
"A LA CARTA Y A IMAGEN DE SUELOS NATURALES"  
PARA LA RECUPERACION DE SUELOS, AGUAS  
Y ECOSISTEMAS DEGRADADOS O CONTAMINADOS.  
VALORIZANDO RESIDUOS**

- (1).- Laboratorio de Tecnología Ambiental. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. USC
- (2).- Dpto. Ingeniería Química. USC.
- (3).- Centro de Valorización Ambiental del Norte
- (4).- Massey University. Palmerston. New Zealand.

felipe.macias.vazquez@usc.es

1980



SADBURY, UN MODELO DE EXPOLIO

# ECONOMIA CIRCULAR: SOCIEDAD E INDUSTRIA SOSTENIBLE

LA ACEPTACION SOCIAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS Y METALURGICAS HA EXIGIDO Y EXIGE UN CAMBIO DE MODELO DE EXPLOTACION DE LOS RECURSOS

- La **SOSTENIBILIDAD** exige que sólo deben utilizarse las materias primas necesarias para el desarrollo social, dejando recursos disponibles para las generaciones futuras.
- Por otra parte, exige que cambiemos las actuaciones de “EXPOLIO”, sustituyéndolas por una gestión racional y SOSTENIBLE de los recursos.
- Esto pasa por el máximo aprovechamiento de todos los productos, subproductos y residuos de las actividades mineras y metalúrgicas, así como de las energías implicadas.
- OPTIMIZAR EL USO DE LA MATERIA Y LA ENERGIA DE LOS PROCESOS MINEROS Y METALURGICOS.
- MITIGAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES AL ENTORNO.
- REHABILITAR LAS FUNCIONES DEL SUELO, AGUA, BIOTA Y PAISAJE.

## **ECONOMIA CIRCULAR: SOCIEDAD E INDUSTRIA SOSTENIBLE**

- **EL MODELO DE LA BIOSFERA (VERNADSKY).**
- **LA BIOSFERA, LO RECICLA TODO.**
- **HACIA EL RESIDUO CERO.**

# ECONOMIA CIRCULAR: SOCIEDAD E INDUSTRIA SOSTENIBLE

- El Congreso del ISWA de Lisboa (2008) definió a los residuos como un recurso que está en el lugar inadecuado o en una forma inadecuada.
- Luego todos los residuos deben ser valorizados, reintegrándose a los ciclos biogeoquímicos con garantía sanitaria y ambiental.

# ECONOMIA CIRCULAR: SOCIEDAD E INDUSTRIA SOSTENIBLE

- Los valores de residuos y subproductos se deben a:
  - - Presencia de elementos útiles.
  - - Presencia de componentes útiles.
  - - Presencia de propiedades útiles.





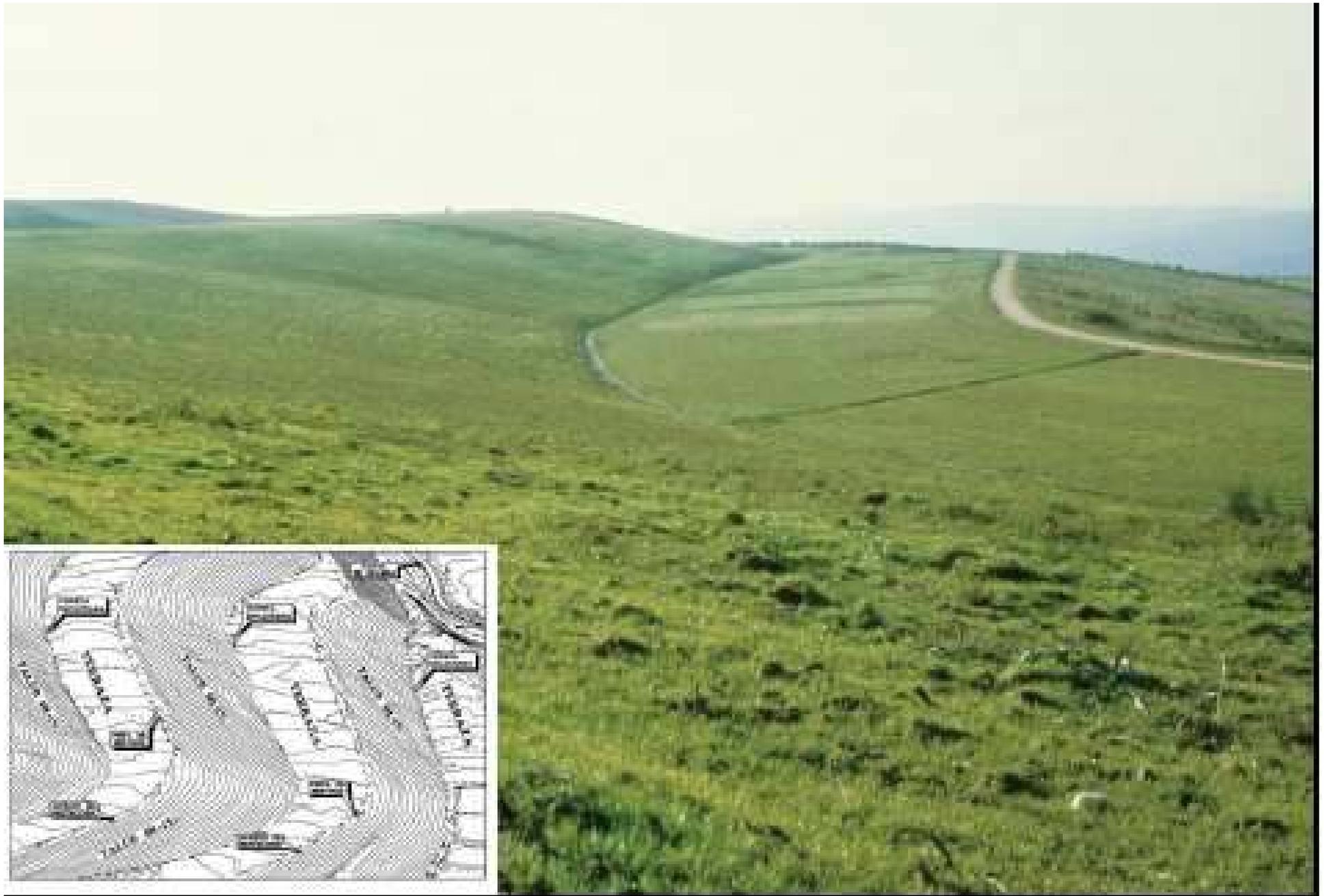


# Tecnosol ándico pionero en las escombreras de la mina de lignitos de As Pontes



# Tecnosol ándico pionero en las escombreras de la mina de lignitos de As Pontes







2006











# **La gestión de los Residuos es inadecuada para un contexto de forzamiento climático**

- **El C y el N de los residuos va al aire en vez de reintegrarlo a los ciclos biogeoquímicos.**
- **Vertedero: 50% del C que entra sale como CH<sub>4</sub> y 50% como CO<sub>2</sub>. > 30% del N como NO<sub>x</sub>. El aprovechamiento energético de CH<sub>4</sub> no supera el 60%.**
- **Incineración: 100% del C sale como CO<sub>2</sub>. > 80% N como NO<sub>x</sub>**
- **Compostaje: 50% C se pierde en la elaboración como CO<sub>2</sub>. 30% del N como NO<sub>x</sub> o NH<sub>3</sub>. En menos de 10 años el 100% del C y N está en la atmósfera.**
  
- **TODOS LOS SISTEMAS DE GESTION DE RESIDUOS ACTUALES**
- **LLEVAN EL 100% DEL C Y N A LA ATMOSFERA EN MENOS DE 10 AÑOS.**
- **NINGUNA FORMA RECALCITRANTE DE FORMA SIGNIFICATIVA.**

# En un contexto de forzamiento climático

- Abandonamos
- Vertemos
- Incineramos
- Compostamos
- Transportamos ineficientemente
- Hacemos operaciones con una elevada Huella de Carbono en la gestión de los residuos.
- Modelo “Cow-boy”, enterrador o incinerador.

# Nuestros sistemas de Gestión de Residuos actuales

- **Todavía no hemos llegado a comprender el modelo “astronauta” y estamos muy lejos del “modelo Dune”, que es el que utiliza la biosfera.**
- **Utilizamos el modelo “cow-boy” o el “enterrador”.  
Nuestras soluciones se fundamentan en la capacidad de dilución del aire y del agua y el encapsulamiento de los problemas con pérdida de recursos.**

# ¿Podemos aprender de la naturaleza?. ¿ Qué hace la Biosfera?

Recicla todo. **MODELO DUNE**

No crea nuevos elementos, sino que los transforma o los cambia de sitio de acuerdo con los imperativos termodinámicos y los principios biogeoquímicos. Es decir, lleva la materia y la energía a través de los ciclos biogeoquímicos interconectados, utilizando la energía solar y la energía interna del planeta. Luego conecta los ciclos biogeoquímicos con el ciclo geoquímico de la materia, devolviendo los materiales al sustrato geológico a partir del que se vuelven a formar rocas, suelos y sedimentos con sus materias primas.

La Naturaleza hace **Valorización biogeoquímica** porque con los cadáveres y los residuos de la alteración hace suelos, muchos de gran fertilidad, y mueve los elementos a través de los diferentes compartimentos geoquímicos de la biosfera

# **EL SUELO SISTEMA BIOGEOQUIMICO CLAVE DE LA BIOSFERA**

- El suelo es el regulador de los ciclos biogeoquímicos, control de contaminantes, medio de vida, sumidero de C, depurador de agua, al tiempo que es la base de la producción de alimentos y fibras, la biodiversidad y el paisaje.**
- EN LA BIOSFERA, LA NATURALEZA SIEMPRE INTENTA PONER UN SUELO EN LA INTERFAZ AIRE-AGUA- GEA.**
- Un suelo tiene estructura porosa que permite las interacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa.**
- Tiene coloides orgánicos e inorgánicos de carga permanente o variable. Superficie específica y Carga superficial son los fundamentos de la reactividad.**
- Tiene VIDA. Mecanismos enzimáticos degradantes.**



**Alu-andic” Andosol Fulvico  
Melanic Horizon.  
Complejos organoalumínicos.  
Probable adsorción en  
aluminosilicatos de bajo grado de  
cristalinidad,  
10-12 tC/ha/cm  
600-1000 tC/ha**

- LA NATURALEZA NO HACE COMPOST, NI MANTIENE PERMANENTEMENTE SUSTRATOS SIN ESTRUCTURA POROSOSA EN LA INTERFAZ AIRE-GEA.
- LA NATURALEZA HACE HUMUS METAESTABLE Y HACE SUELOS QUE EVOLUCIONAN EN EL TIEMPO

Egipto es un don del Nilo. Suelos continuamente rejuvenecidos por aportes aluviales.



# Suelo, piedra vieja, piedra podre y en camino de ser nuevamente piedra (Fallou)

- Suelo = Residuos de alteración de rocas + cadáveres de animales y vegetales. Estructurados y evolucionando en busca del equilibrio termodinámico.

# EL SUELO SISTEMA BIOGEOQUIMICO CLAVE DE LA BIOSFERA

- **El suelo es el regulador de los ciclos biogeoquímicos, control de contaminantes, medio de vida, sumidero de C, depurador de agua, al tiempo que es la base de la producción de alimentos y fibras, la biodiversidad y el paisaje.**
- **EN LA BIOSFERA, LA NATURALEZA SIEMPRE INTENTA PONER UN SUELO EN LA INTERFAZ AIRE-AGUA- GEA.**



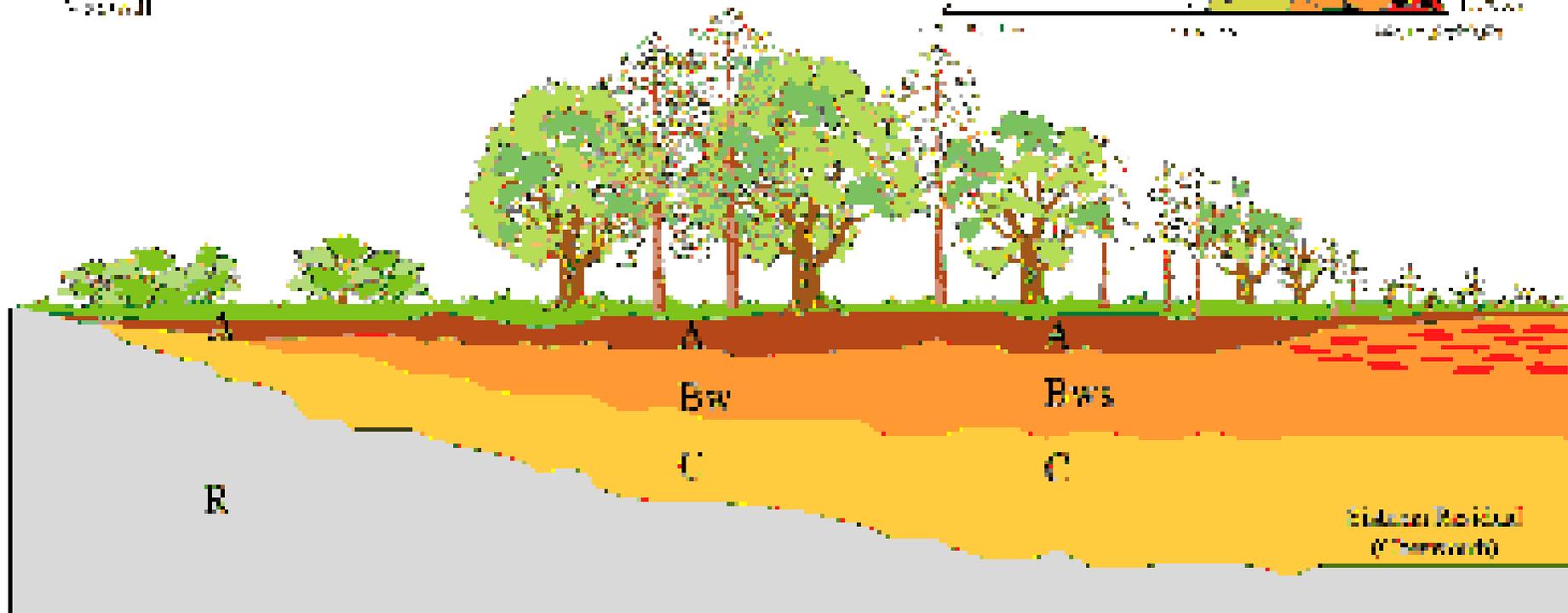
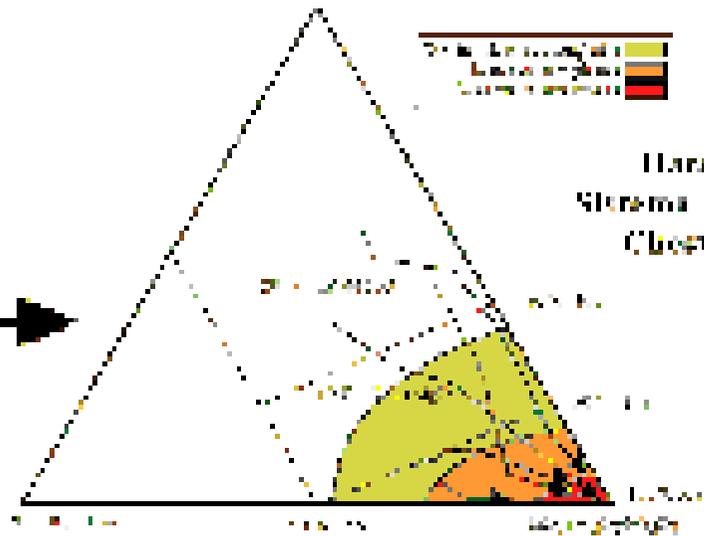
Unidad de  
Castell

Impulsió tèrmoclimàtica

La húsqueda del equilibri

Temperatures  
Humiditat  
Clima Mediterrani

Tipus de  
Sistema Residual  
Cherwelli



Explotació  
agrícola

Urbans i  
residuaris (Hortals, arbres, etc.)

Cançons  
residuaris (Hortals, arbres, etc.)

Ferriols  
Còrrecs

Explotació  
agrícola (Hortals, arbres, etc.)

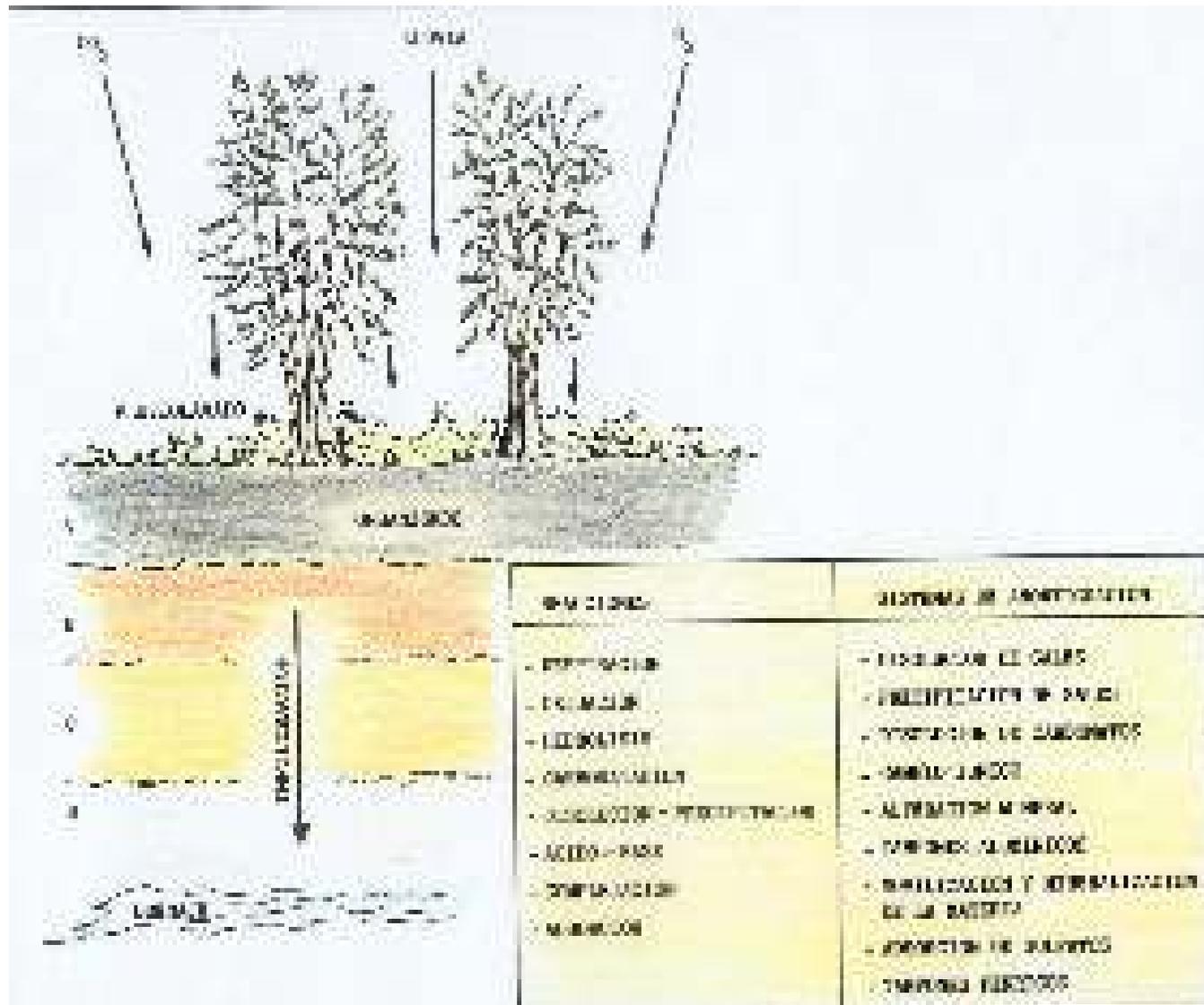


1000000 anys d'ocupació agrícola



# EL SUELO

El suelo es un reactor y un reactivo capaz de realizar un gran número de reacciones de depuración de contaminantes



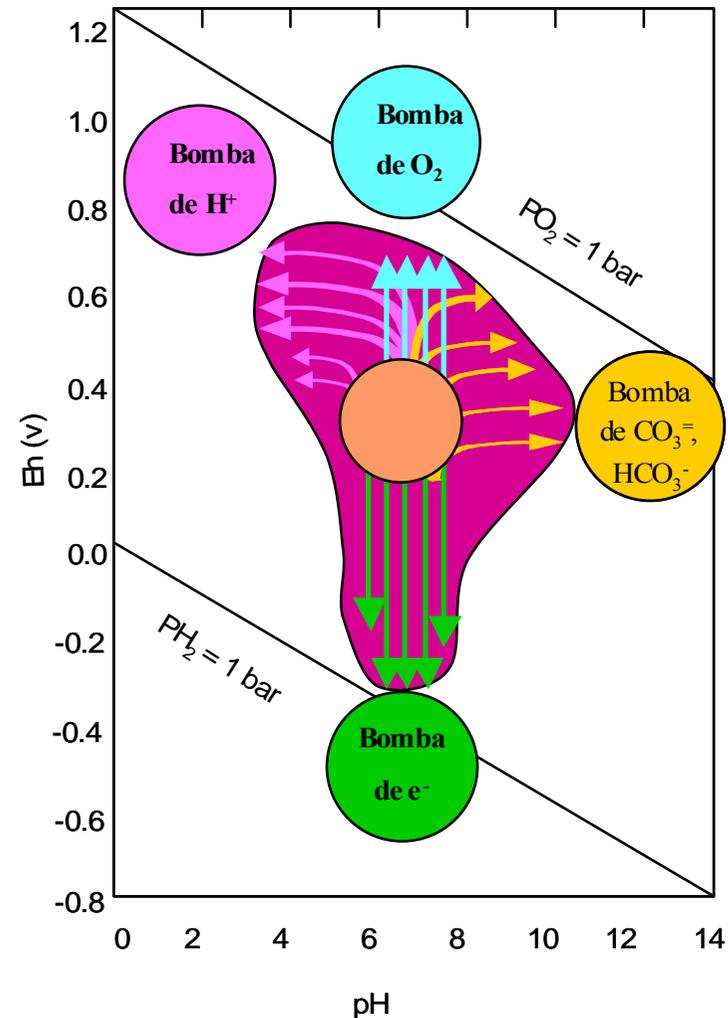
# DOS FUERZAS QUÍMICAS DIRIGEN LA EVOLUCIÓN DEL SUELO

## 1. FLUJO DE PROTONES

- Ácidos de fuentes atmosféricas y MO en descomposición aportan los protones ( $H^+$ )
- La superficie de la tierra aporta el sumidero

## 2. FLUJO DE ELECTRONES

- La MO en descomposición aporta los electrones
- El oxígeno atmosférico aporta el sumidero principal de electrones



Macías y Chesworth (no publicado)

# El papel de la vida

- Acidificante
- Reductor
- Redistribuidor, especialmente de los elementos biófilos.

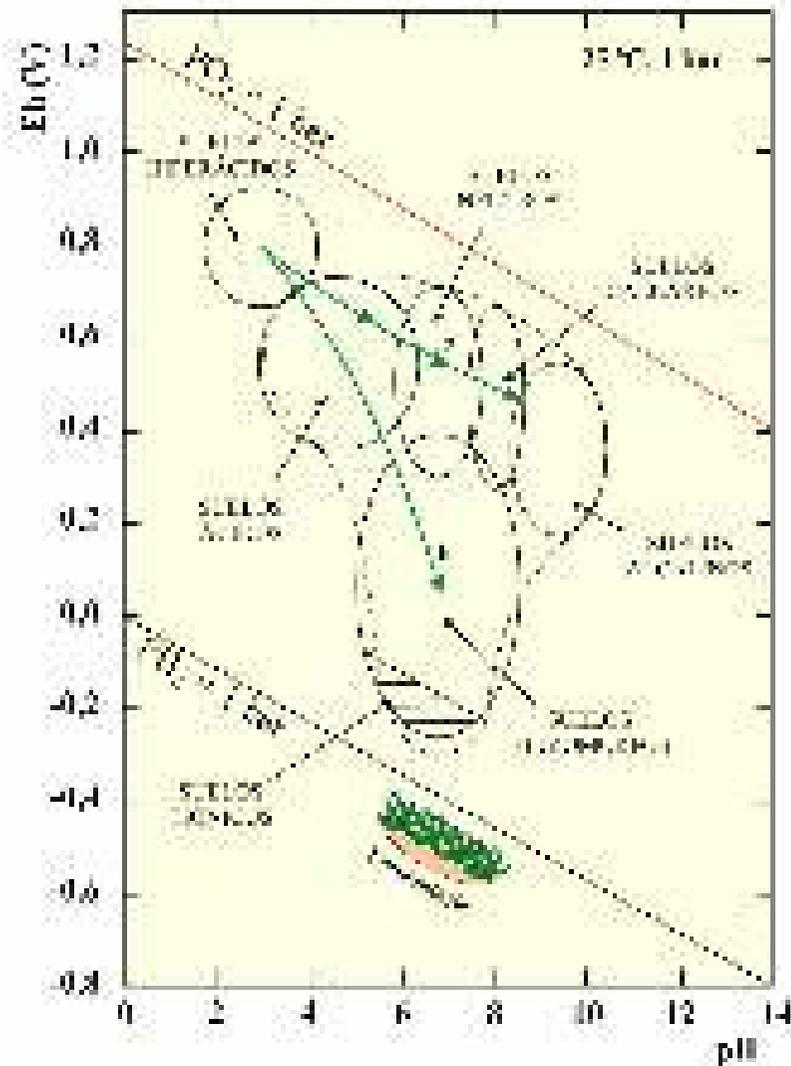
# **FUNCIONES DE LOS SUELOS**

## **Estrategia Europea de Protección del Suelo, 2006**

- **Los suelos, cumplen funciones productivas**
  - Producen alimentos y fibras
  - Aportan materias primas
  - Son medios de vida con elevada actividad biológica y biodiversidad
- **Los suelos permiten la instalación de infraestructuras urbanas, viarias, industriales, actividades recreativas,..**
- **Los suelos cumplen funciones ambientales:**
  - Regulan los ciclos biogeoquímicos.
  - Filtran, retienen y transforman contaminantes.
  - Depuran el agua a través de procesos de adsorción, filtración y metabolismo.
  - Permiten una elevada biodiversidad con alta y variable capacidad enzimática.
  - Pueden funcionar como sumideros de C.

# Aprendiendo de los suelos

- Hay más de 300 grandes tipos de suelos en el mundo. Cada uno tiene sus mecanismos de estabilización de la materia orgánica.
- Para cada condición climática y material de partida existen tipos de suelos con mayor contenido de materia orgánica y de mayor estabilidad.
- **Los suelos pueden servir de modelo para aprender a estabilizar la materia orgánica de los residuos durante períodos largos . Solo tenemos que aprender sus mecanismos de estabilización del C y aplicarlos en la gestión de los residuos.**



**Figura. 39.-** Diagrama Eh-pH de los grandes grupos de suelos según pH y Eh. Posibles líneas de evolución de la recuperación de suelos sulato-ácidos (hiperácidos e hiperoxidantes) en medios aerobios (bien drenados, línea a) y subóxicos (hidromorfos, línea b). (Otero et al., 2008).



## ***Umbrisol ali-húmico (Galicia)***

**Sustancias húmicas  
metaestabilizadas por formas  
de Al reactivas.**

- **Más de 1.000 años de  
residencia del Carbono.**
- ***800-1000 tC/ha***
- ***5-7 tC/ha/cm***



- “Alu-andic” Andosol
- Fulvic o Melanic Horizon.
- Complejos organoalumínicos. Probable adsorción en aluminosilicatos de bajo grado de cristalinidad,
- 10-12 tC/ha/cm
- 600-1000 tC/ha

Suelo= Necromasa animal y vegetal + Roca alterada con microestructura porosa que evoluciona en el tiempo



## ***Latossol húmico (Minas Gerais, Brasil)***

- **Sustancias húmicas metaestabilizadas por recalcitrancia intrínseca y enlaces con oxihidróxidos de Fe y caolinitas.**
- **Más de 10.000 años de residencia del Carbono.**



Fluvisoles del Nilo en la antigua Tebas  
(Egipto)



# Terra preta, un excelente suelo antrópico en la cuenca del Amazonas













- **TECNOSUELOS DERIVADOS DE RESIDUOS A MEDIDA. TECNOSUELOS A IMAGEN DE LOS SUELOS NATURALES.**
- **APRENDIENDO DE LA NATURALEZA. APRENDIENDO DE LOS SUELOS.**

# Tecnosoles

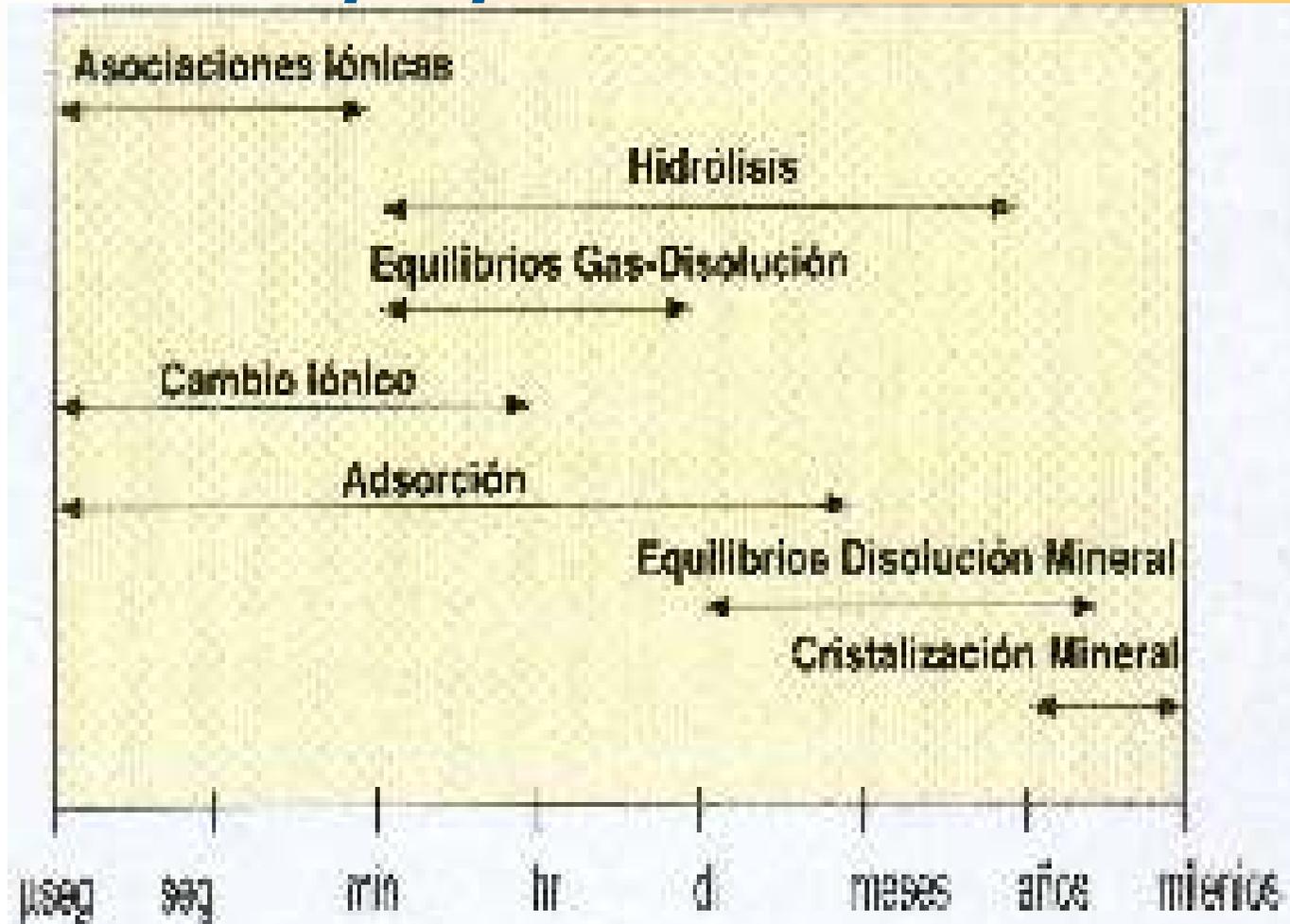
- Suelos que contienen más de un **20%** de “artefactos” (WRB 2006).



(Macías-García et al, 2009)

Figura  
de Bar  
instal  
de pura  
mina c  
en un  
condic  
aguas  
con alt  
Al, SO<sub>2</sub>  
salen a  
utiliza  
riego,  
potabi  
García

# La importancia del tiempo en el control de los contaminantes por procedimientos naturales



Rangos de tiempo necesarios para alcanzar el equilibrio de diferentes reacciones en suelos (Amacher, 1991)

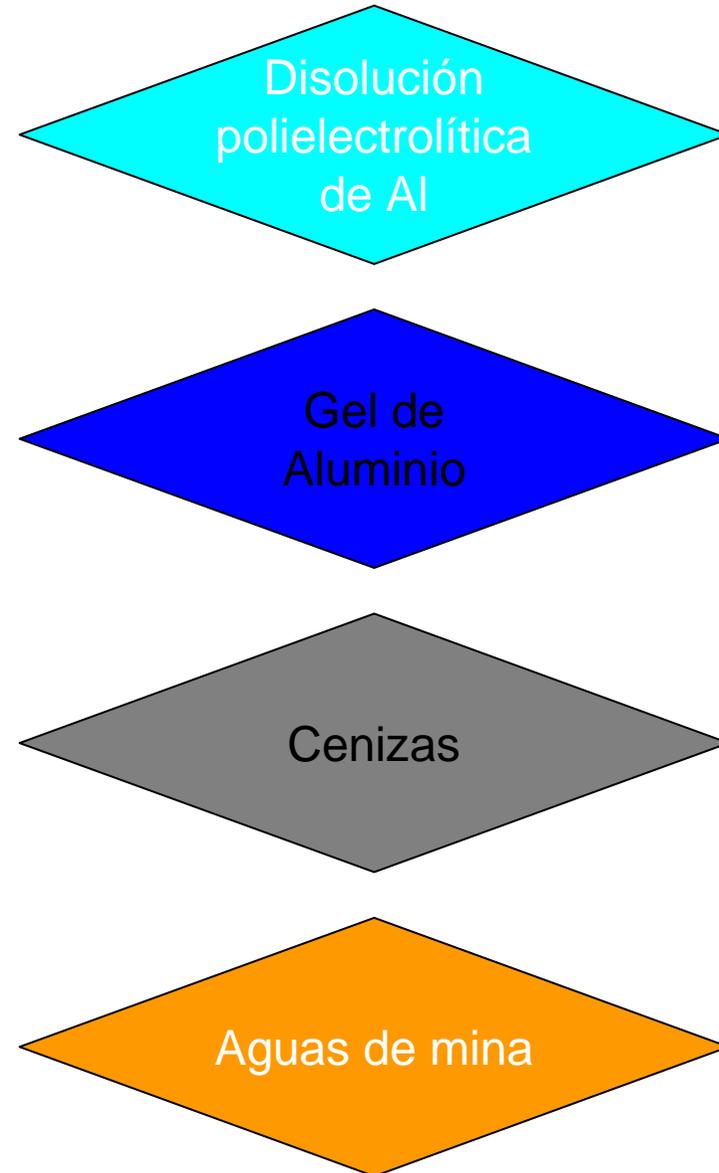
# Materiales Fermentables y Acondicionadores

**Materiales Fermentables**

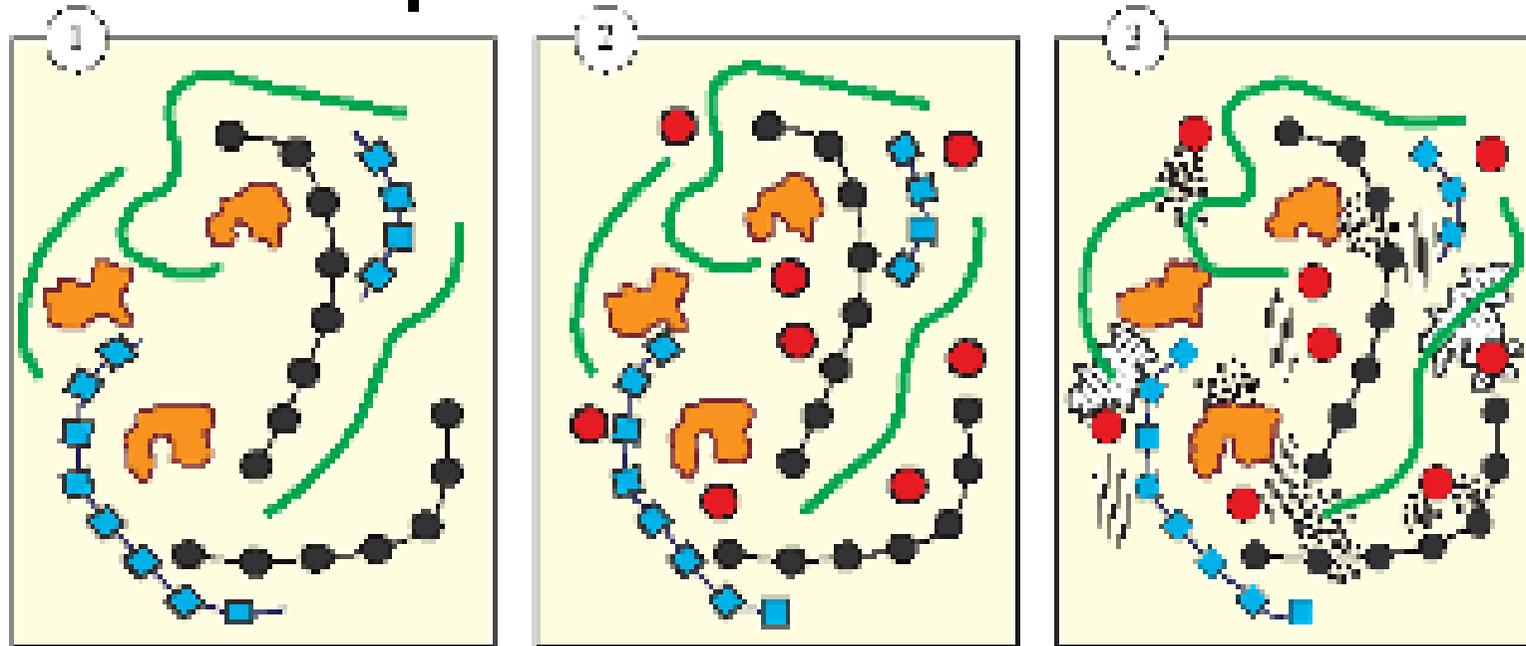


+

**Acondicionadores**



# Esquemas moleculares del C (Piccolo) en diferentes productos.



1.- Estiércoles y Compost (C lábil).

2.- Humus (C lábil y metaestabilizado).

3.- Tecnosol para secuestro de C (C metaestabilizado por diferentes mecanismos de estabilización química y física).

# Experiencia en Touro





Haciendo Tecnosoles  
“a la carta”

**Imitando a la naturaleza, podemos diseñar, formular y hacer suelos “a la carta”, con las propiedades adecuadas para resolver los diferentes problemas que afectan a las aguas, suelos y ecosistemas que hemos afectado con las actividades mineras, industriales o de obra civil. Estos suelos elaborados, que contienen “artefactos” son denominados Tecnosoles (WRB, 2006)**

Pueden modificar; Eh, pH, CE, actividad de contaminantes, fertilidad, actividad biológica, retención de agua,, ...



APRENDIENDO DE LA  
NATURALEZA.  
APRENDIENDO DE LOS  
SUELOS

2001

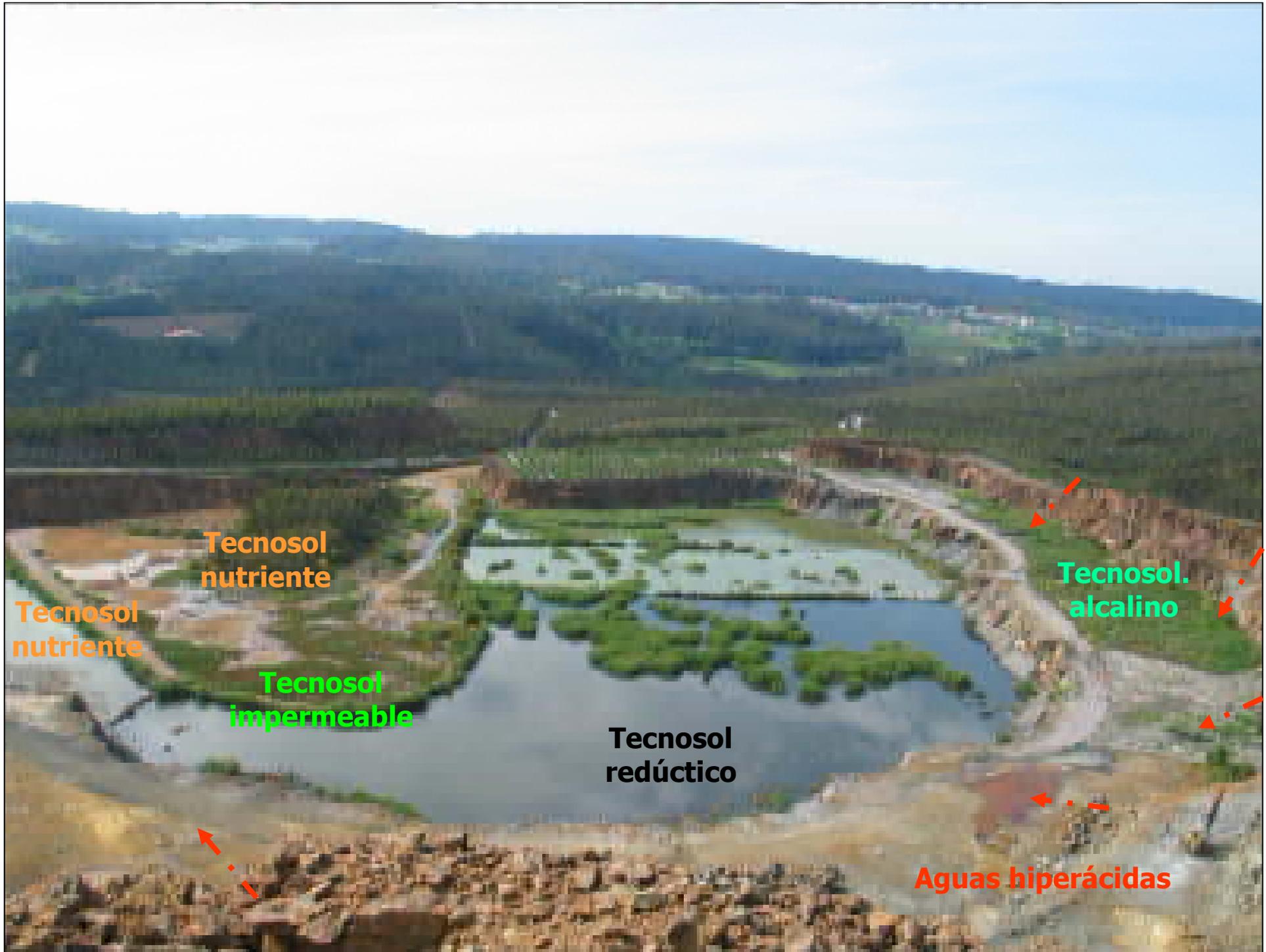


# Tecnosoles

- Si los suelos de una zona han desaparecido, se han contaminado, han perdido su fertilidad,..., y realizan mal sus funciones ¿por qué no hacer suelos que los sustituyan y corrijan los problemas existentes?. ¿Por qué no hacer suelos a medida de nuestras necesidades?. Estos suelos constituidos por más de un 30% de artefactos son denominados como **TECNOsoles**.
- Los suelos naturales, debido a su elevada heterogeneidad, pueden servirnos como diferentes modelos a tratar de imitar para hacer suelos con propiedades adecuadas la resolución de cada problema ambiental o de productividad.
- Además, esto ya lo han hecho empíricamente otras muchas culturas, dando origen a suelos que, dentro de su contexto ambiental, cumplen más adecuadamente las funciones de los suelos. Este es el caso de suelos como las Terra pretas y mulatas, los sambaquis, los plaggen, los maori-soils,







**Tecnosol nutriente**

**Tecnosol nutriente**

**Tecnosol impermeable**

**Tecnosol redúctico**

**Tecnosol alcalino**

**Aguas hiperácidas**



Evolución de la corta de Bama donde se ha instalado un sistema de depuración de aguas ácidas de mina (AMD) con Tecnosoles reactivos y un humedal de condiciones subóxicas. Las aguas de mina entran a  $\text{pH} < 3$  y con altas concentraciones de  $\text{Al}$ ,  $\text{SO}_4^{=2}$  y otros iones tóxicos y salen a  $\text{pH} > 7$ , directamente utilizables como aguas de riego, cria de peces o potabilización.

		ENTRADA
pH	H <sub>2</sub> O	3,07
C.E.	mS·cm <sup>-1</sup>	3,58
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	3958,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	1,5838
Cl <sup>-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	85,793
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	0,1184
Al	mg·L <sup>-1</sup>	34,85
Fe	mg·L <sup>-1</sup>	34,35
Cu	mg·L <sup>-1</sup>	1,89
Mn	mg·L <sup>-1</sup>	41,85
Ni	mg·L <sup>-1</sup>	1,89
Pb	mg·L <sup>-1</sup>	<0,50
Zn	mg·L <sup>-1</sup>	2,07
Cd	µg·L <sup>-1</sup>	7,29
As	µg·L <sup>-1</sup>	3,15
Ca	mg·L <sup>-1</sup>	487,5
Mg	mg·L <sup>-1</sup>	180

		VALOR
pH	H <sub>2</sub> O	7,79
C.E.	mS·cm <sup>-1</sup>	2,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	1435,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	8,4839
Cl <sup>-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	111,97
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg·L <sup>-1</sup>	0,1258
Al	mg·L <sup>-1</sup>	0,077
Fe	mg·L <sup>-1</sup>	<0,05
Cu	mg·L <sup>-1</sup>	0,31
Mn	mg·L <sup>-1</sup>	3,38
Ni	mg·L <sup>-1</sup>	0,21
Pb	mg·L <sup>-1</sup>	<0,50
Zn	mg·L <sup>-1</sup>	0,08
Cd	µg·L <sup>-1</sup>	1,84
As	µg·L <sup>-1</sup>	7,54
Ca	mg·L <sup>-1</sup>	480
Mg	mg·L <sup>-1</sup>	80

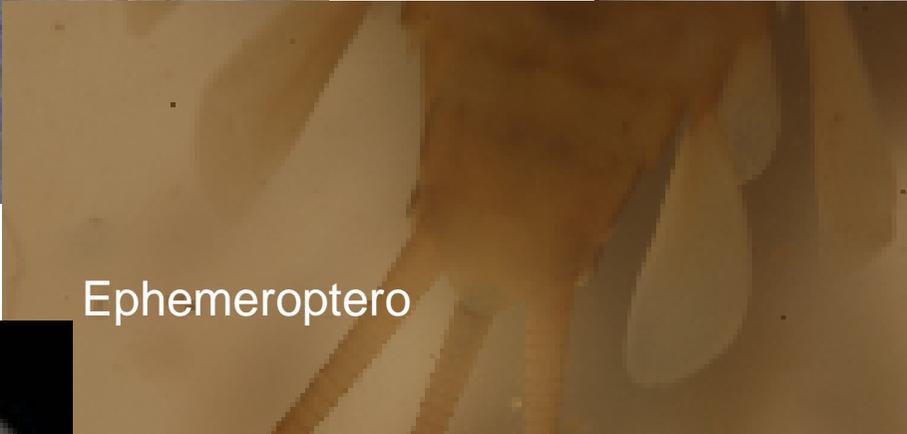
Cambios en la composición de las aguas tratadas  
En el humedal reactivo de Touro

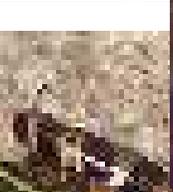
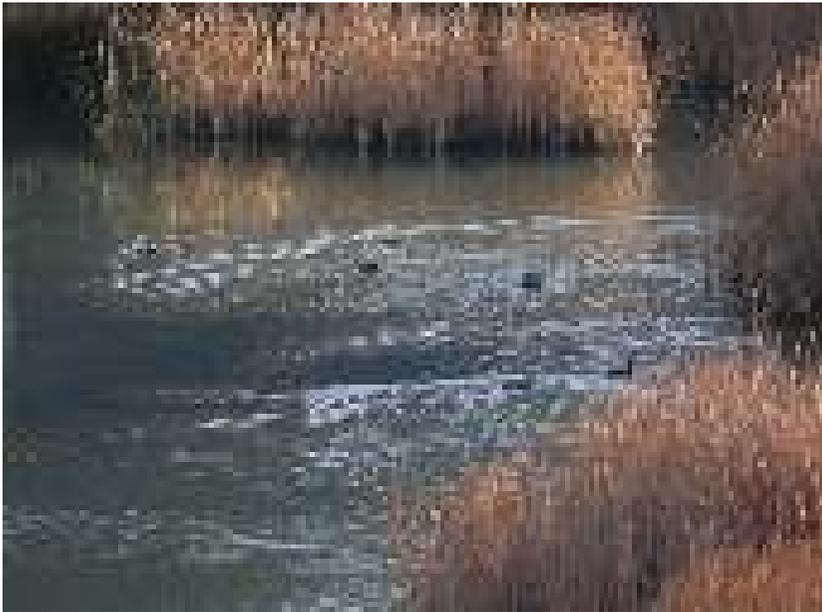
Datos de Marzo 2009

## Porcentaje de reducción de la contaminación en el Humedal reactivo con cuatro tipos de Tecnosoles de la mina Touro.

### • Contaminante eliminado de las aguas (% eliminado)

• H <sup>+</sup>	99,99
• CE	38,20
• SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	63,70
• Al	99,78
• Fe	99,86
• Cu	81,65
• Mn	91,87
• Ni	88,89
• Zn	97,10
• Cd	74,76







a)



b)



Es necesario seguir la sucesión ecológica,  
del mismo modo que lo hacen  
los procesos de atenuación natural.

Los saltos conducen a sistemas no autosostenibles

**Figura. 40.-** a) Recuperación de suelos de una mina de bauxita en Sao Paulo (Brasil). Bajo la plantación de *Eucalyptus* de origen australiano se ha desarrollado la vegetación característica de la “mata atlántica” y, paulatinamente, ha entrado la fauna asociada. La posterior eliminación de la masa forestal plantada permite recuperar de forma rápida, eficaz y poco costosa el ecosistema deseado. b) Recuperación de suelos de escombreras de la mina Touro, similares a las presentadas en las figs 8 a 10, en las que tras la adición de Tecnosoles neutralizantes de la acidez se plantaron *Eucalyptus globulus*. Tras la plantación se desarrollaron espontáneamente plantas ruderales en las que progresivamente fue aumentando el porcentaje de las plantas propias de las formaciones naturales del entorno. Al igual que en el caso anterior la fauna entró paulatinamente y actualmente crían en esta zona perdiz, conejo, liebre e incluso zorro, así como numerosas aves; todo ello en suelos fuertemente contaminados inicialmente en los que sólo podían desarrollarse organismos extremófilos propios de los sistemas hiperácidos. En la siguiente etapa, el eucaliptal será sustituido en una zona experimental por un bosque caducifolio (roble) del que ya hay bastantes plantas espontáneas en las primeras fases de desarrollo.



**Tecnosol silandico**  
**Permite vegetación**  
**Mejora calidad del agua**  
**Producción baja**

Los Tecnosoles se pueden combinar. Tecnozol silándico y Tecnozol eutrófico





**Tecnosol de residuos del cultivo  
de mejillón.  
Producción media 3200 kg/ha de colza.  
10-15 cm de espesor  
4 meses de tiempo de transformación**





Taludes con y sin Tecnosoles



# Resurgimiento de Fauna y Flora

Zona **sin**  
aplicación de  
Tecnosolos  
Agua pH <3.0



Zona **con**  
aplicación de  
Tecnosolos  
(6 meses)  
Agua pH  
>6.0



Tecnosol eutrófico y T. silándico  
5 años  
Perdiz, conejo, liebre, zorro,..

**Tecnosoles aluándicos**  
**Espesor 50 cm.**  
**Incrementa producción E. globulus x1.2-1.5**  
**6 años**



**Tecnosol sambaquí-redúctico**  
**Agua pasa de pH 2-3 a 7-8**



Recuperación de plataformas y taludes con Tecnosoles sambaquí. Mina de Touro





Tecnosoles  
(6 años)

Vegetación  
suelo original  
(9 años)









Touro Mayo-11

Copyright © 2008



10/10/2015

two





10/10/2015



10/10/2015

Tauo





UNIVERSIDAD  
DEPARTAMENTO

***Vegetación del Páramo de Masa.  
Regímen de humedad xérico. T<sup>a</sup>  
invierno hasta -20°C. Prácticamente  
sin lluvias de abril a noviembre***





**Leptosoles rendsicos. Año 1 de recuperación. Siembra de Dactilo**

**Tecnosol eutrófico**  
**2000, 4000, 6000 kg/ha**  
**de cebada.**  
**10000 kg/ha de trigo al cuarto año**





Colza de invierno. 4000 kg/ha

# Ensayos en la mina de Sao Domingo. Crecimiento de jaras en Tecnosoles utilizando residuos locales y los contaminantes mineros como el gossan



Jaras de 3 meses

Jaras de 6 meses

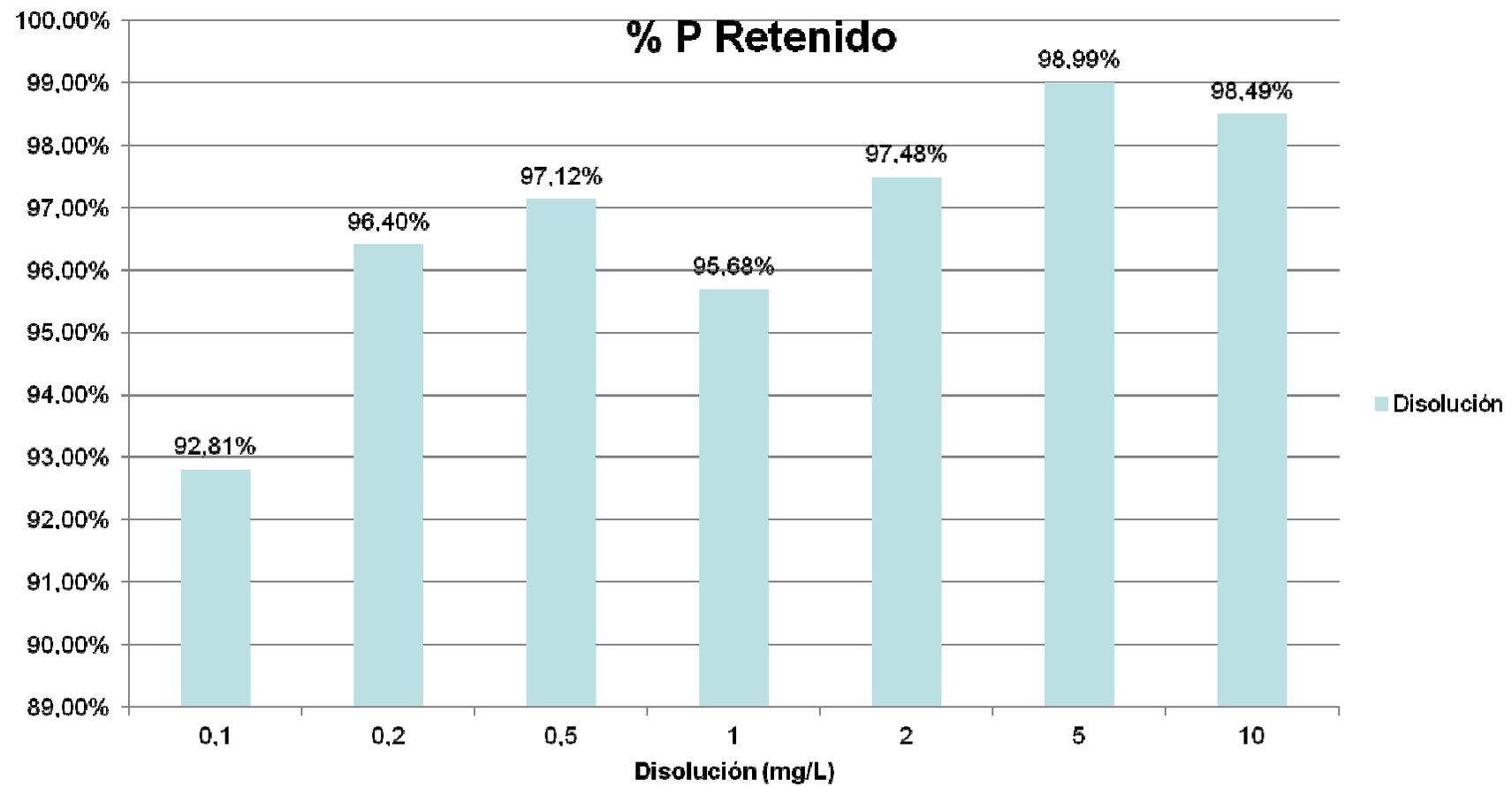




*Fotografia 4.7*



**Fotografía 4.3**



# Lago azul de Ypacaraí (Paraguay)



Peces muertos, toxinas hepáticas y neuropáticas, alergias, pérdidas de turismo, agua no potable,...









Limnec  
20/1/13

Limnec 2  
20 dia  
20/1/12

Limnec. 1  
3er dia

Efecto de los Tecnosoles de Galicia sobre las cianobacterias del lago Ypacaraí tras una semana de contacto con las aguas del limnocorral experimental en las mismas condiciones climáticas que las aguas del lago.

Especie de cianobacteria	Fecha muestreo (superficie)		Reducción del crecimiento de cianobacterias en una semana
	16/01/2013	23/01/2013	
	células/ml	células/ml	%
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	155367	3390	<b>97.82</b>
<i>Anabaena spiroides</i>	11638	10395	<b>10.68</b>
<i>Chroococcus turgidus</i>	10904	0	<b>100</b>
<i>Aphanocapsa sp.</i>	5650	2260	<b>60.00</b>
<i>Anabaena affinis</i>	2938	0	<b>100</b>
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	11299	0	<b>100</b>
<i>Microcystis aeruginosa</i>	98870	11299	<b>88.57</b>
<i>Merismopedia tenuissima</i>	678	0	<b>100</b>
<i>Microcystis flos-aquae</i>	11299	0	<b>100</b>
<b>TOTAL CIANOBACTERIAS</b>	<b>308643</b>	<b>27345</b>	<b>93.08</b>

# **Algunos Tecnosoles “a la carta” y “a imagen de los suelos naturales” para eliminar/mitigar problemas ambientales**

- **Tecnosol chernozémico**
- **Tecnosol spódico**
- **Tecnosol Tierra negra andaluza**
- **Tecnosol duripan**
- **Tecnosol antieutrofizante**
- **Tecnosol terra preta**
- **Tecnosol anti As**
- **Tecnosol masivo**
- **Tecnosol drenante**
- **Tecnosol fúngico**
- **Tecnosol degradante de hidrocarburos**
- **...**

# Algunos Tecnosoles a imagen de los suelos naturales de mayor eficiencia en el secuestro de C

- Tecnosol chernozémico
- Tecnosol spódico
- Tecnosol Tierra negra andaluza
- Tecnosol masivo
- Tecnosol drenante
- Tecnosol eutrófico
- Tecnosol dísgtrico
- Tecnosol andico
- Tecnosol nítico
- Tecnosol fúngico...

# CAPACIDAD DE LOS TECNOSOLES, BIOCARBONES Y HUMEDALES REACTIVOS PARA RECUPERAR Y EVITAR IMPACTOS EN SISTEMAS MINEROS

- **Neutralizar ácidos y bases**
- **Tamponizar**
- **Reducir**
- **Adsorber y ocluir aniones de adsorción específica (arseniatos, fosfatos, seleniats, sulfatos,..)**
- **Inmovilizar metales pesados**
- **Incrementar fertilidad**
- **Depurar aguas hiperácidas o con aniones y metales tóxicos**
- **Secuestrar Carbono DURABLE.**
- **Reducir impactos de erosión y sequía.**
- **Incrementar actividad y biodiversidad**
- **Favorecer la formación de paisajes estables y autosostenibles, con valores naturales y capacidad productiva.**
- **.....,**



www.ferrovial.com



Primeros ensayos de recuperación de escombreras de materiales ampelíticos extraídos en la construcción del túnel del Espiño. (Línea de alta velocidad Madrid-La Coruña).

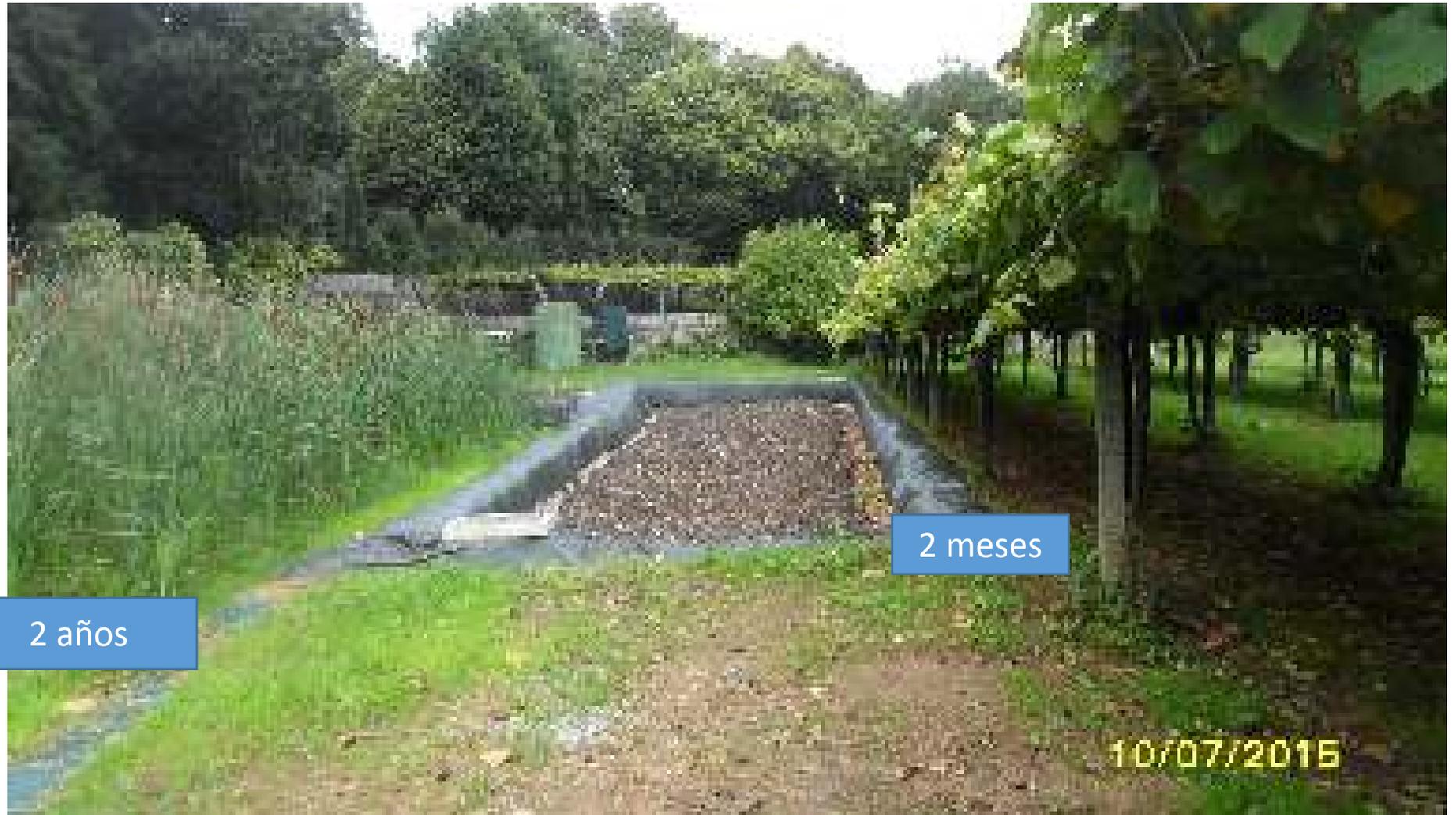
# Escombrera del túnel de Cerdedelo tratada y sin tratar con Tecnosoles (1 de abril del 2015)



Escombrera del túnel de Cerdedelo tratado con  
Tecnosol andico-eutrófico  
(1 de abril del 2015)



Humedales reactivos con Tecnosoles  
(Pazo de Señorans)



2 años

2 meses

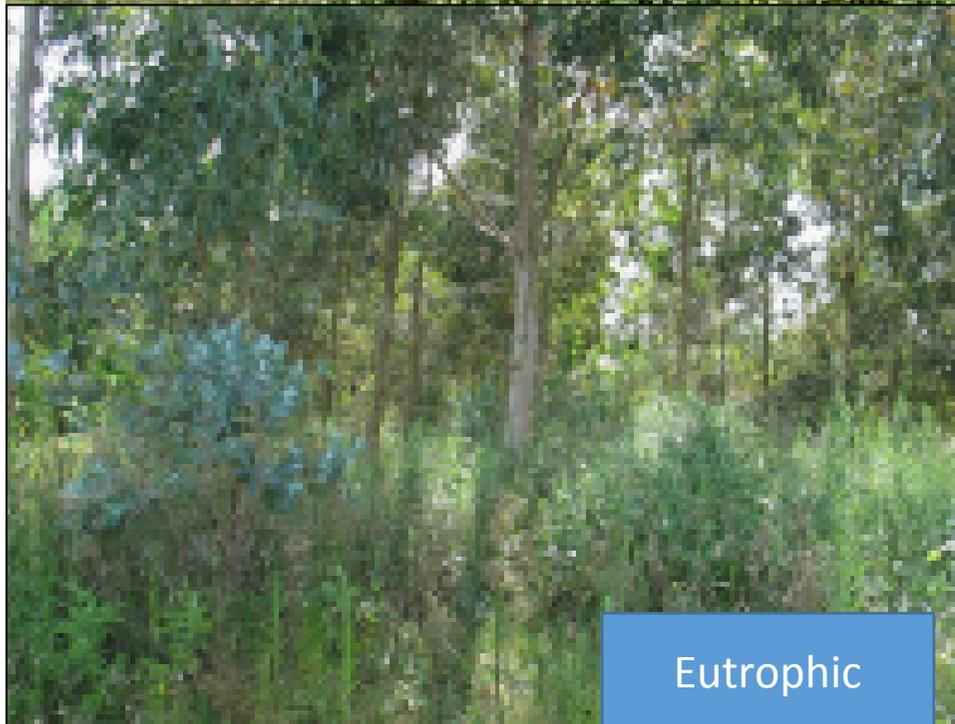
10/07/2015

Humedal reactivo del Pazo de Señorans. Junio 2014



Tecnosoles hipereutroficos

Tecnosoles distróficos e hiperdistróficos



Eutrophic

Dystrophic

05/03/15



# BIOCHAR

Derio, 13 julio 2010

**Biocarbón o Biochar es un carbón particulado, rico en carbono y muy resistente a la descomposición**



Jérôme Lecointre

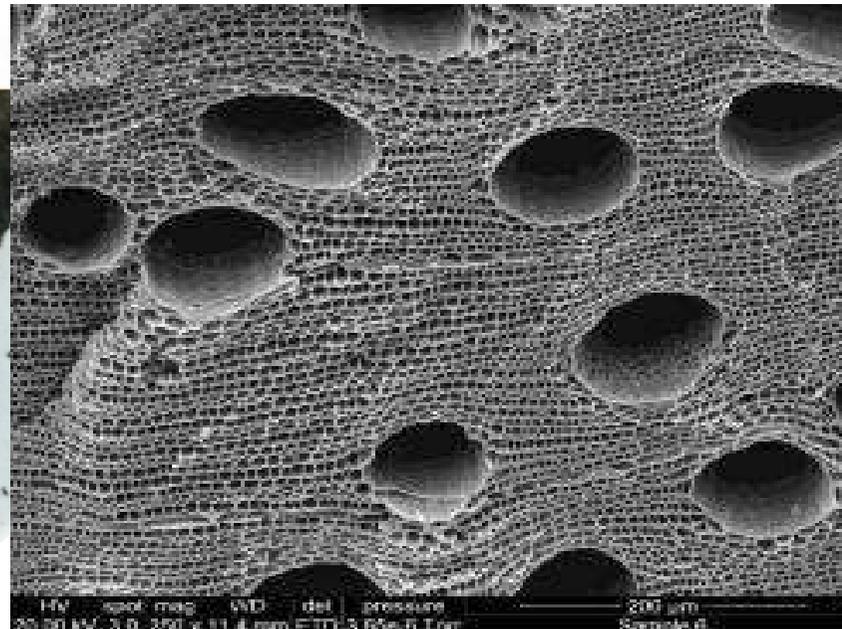


Jérôme Lecointre

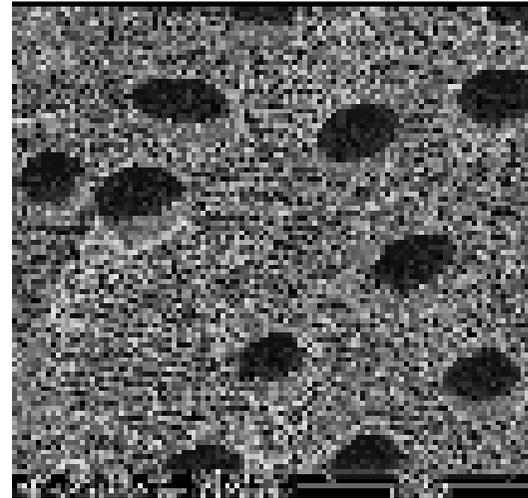
**Se produce mediante la descomposición térmica de compuestos orgánicos – generalmente a bajas velocidades de calentamiento en una atmosfera pobre en O<sub>2</sub> (pirólisis lenta) – pero también se puede producir con otras técnicas**

# Biocarbón (Biochar)

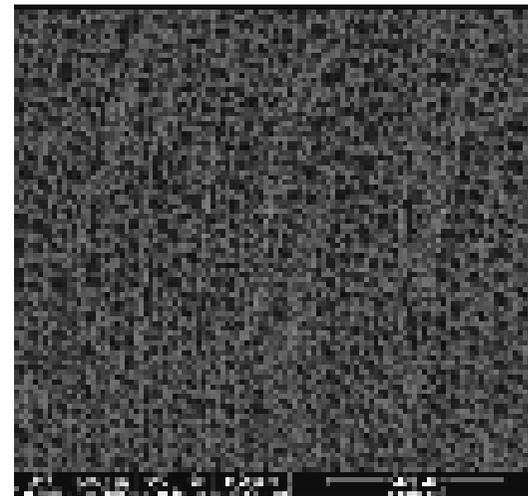
*Los biocarbonos son residuos de necromasa que se valorizan por procedimientos pirolíticos, obteniendo nuevas capacidades de uso, controlando metales pesados y contaminantes orgánicos (COV y COP), incrementando la productividad de suelos degradados y mitigando el forzamiento climático.*



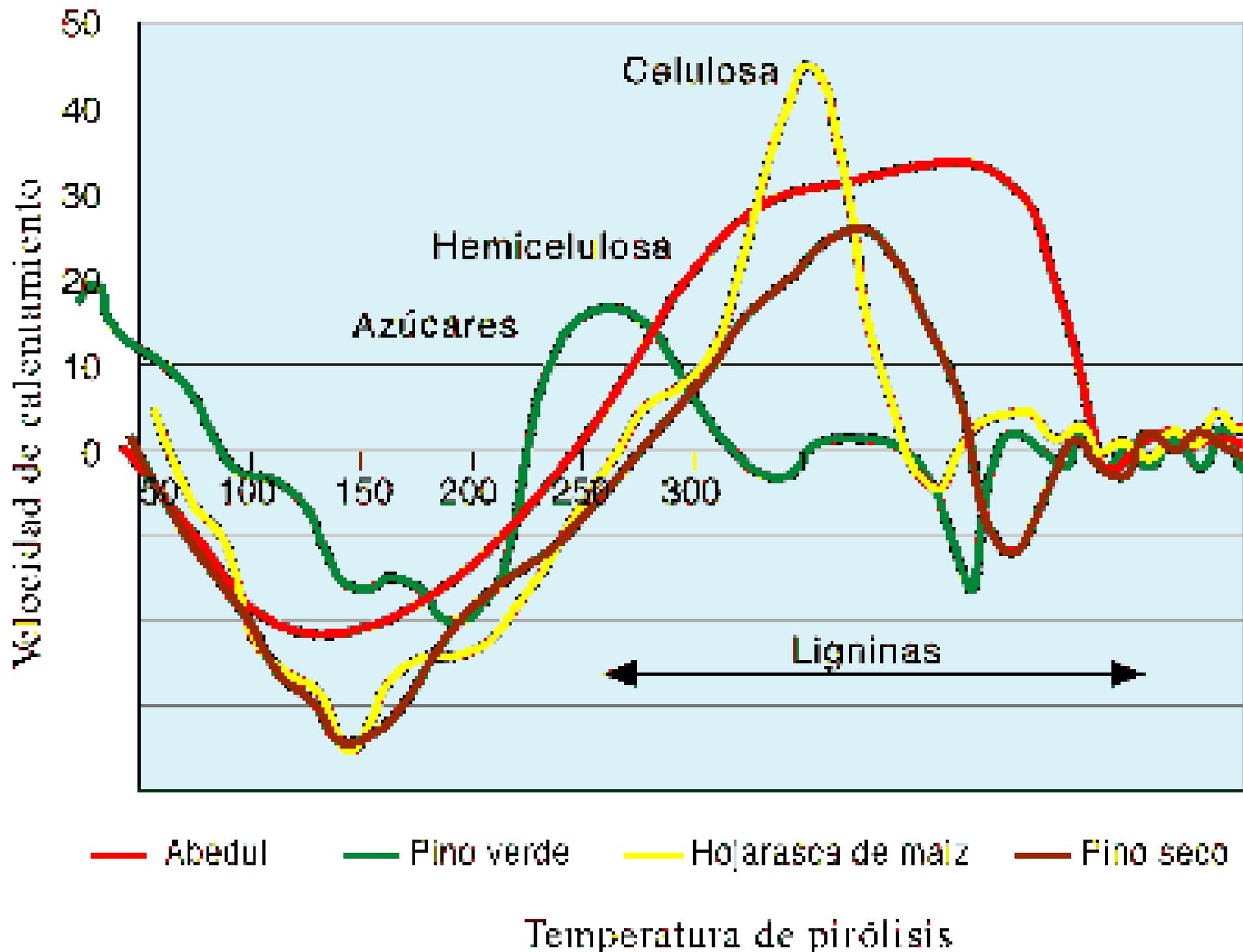
# Influencia del material orgánico



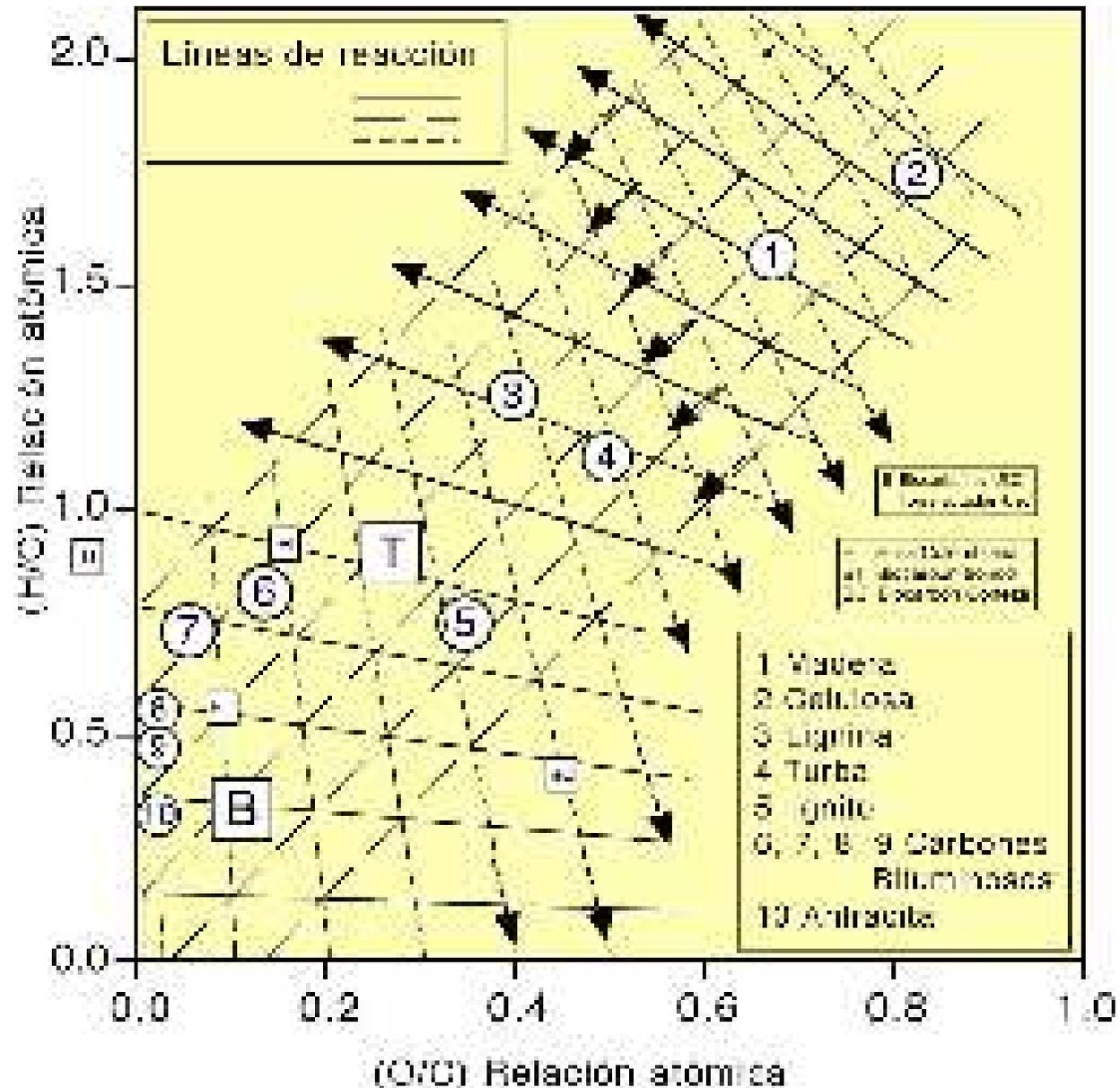
Eucaliptus



Pinus



# DIAGRAMA DE VAN KREVELEN



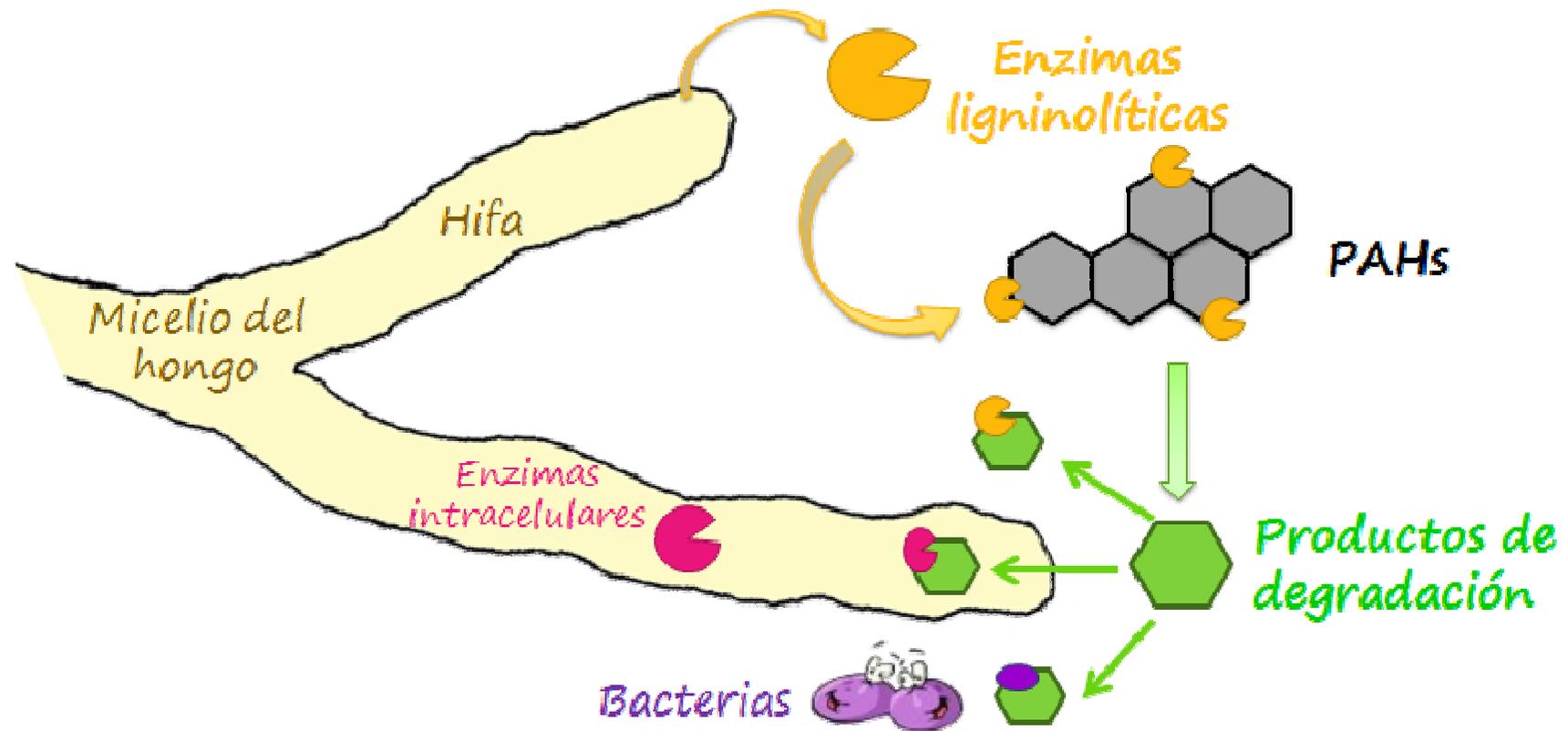
# CARBONO RECALCITRANTE

- El 50% del C de un compuesto o mezcla dura más de 100 años, resistiendo a los procesos oxidativos atmosféricos y a los metabólicos.



Micelios en suelos  
bajo sabinas (Soria)

## Elección y Caracterización del hongo utilizado para hacer biorremediación





# MICO TECNOSOLES



NOVA ALTERNATIVA ATRIBUTIVA PARA A AGRICULTURA  
GOVERNAMENTO DO ALENTEJANO

Proj. 2015/00017/2015 - 1.ª Fase do P. N. Regional do Alentejo

Proj. 2015/00017/2015 - 1.ª Fase do P. N. Regional do Alentejo  
1.ª Fase do P. N. Regional do Alentejo

## Introdução

O desenvolvimento de uma nova alternativa atrinativa para a agricultura, que permita a produção de alimentos saudáveis e seguros, é um dos principais objetivos da agricultura sustentável. A utilização de microrganismos benéficos, como os fungos micorrízicos, pode melhorar a capacidade das plantas de absorver nutrientes e água do solo, além de aumentar a resistência das plantas a doenças e pragas. Este projeto tem como objetivo desenvolver e validar uma nova alternativa atrinativa para a agricultura, baseada na utilização de microrganismos benéficos.



Este projeto tem como objetivo desenvolver e validar uma nova alternativa atrinativa para a agricultura, baseada na utilização de microrganismos benéficos. A utilização de microrganismos benéficos, como os fungos micorrízicos, pode melhorar a capacidade das plantas de absorver nutrientes e água do solo, além de aumentar a resistência das plantas a doenças e pragas.

## Objetivos

1. Avaliar o impacto da utilização de microrganismos benéficos na produção de alimentos saudáveis e seguros.  
2. Validar a utilização de microrganismos benéficos como alternativa atrinativa para a agricultura.

## Metodologia

1. Seleção de microrganismos benéficos para a agricultura.



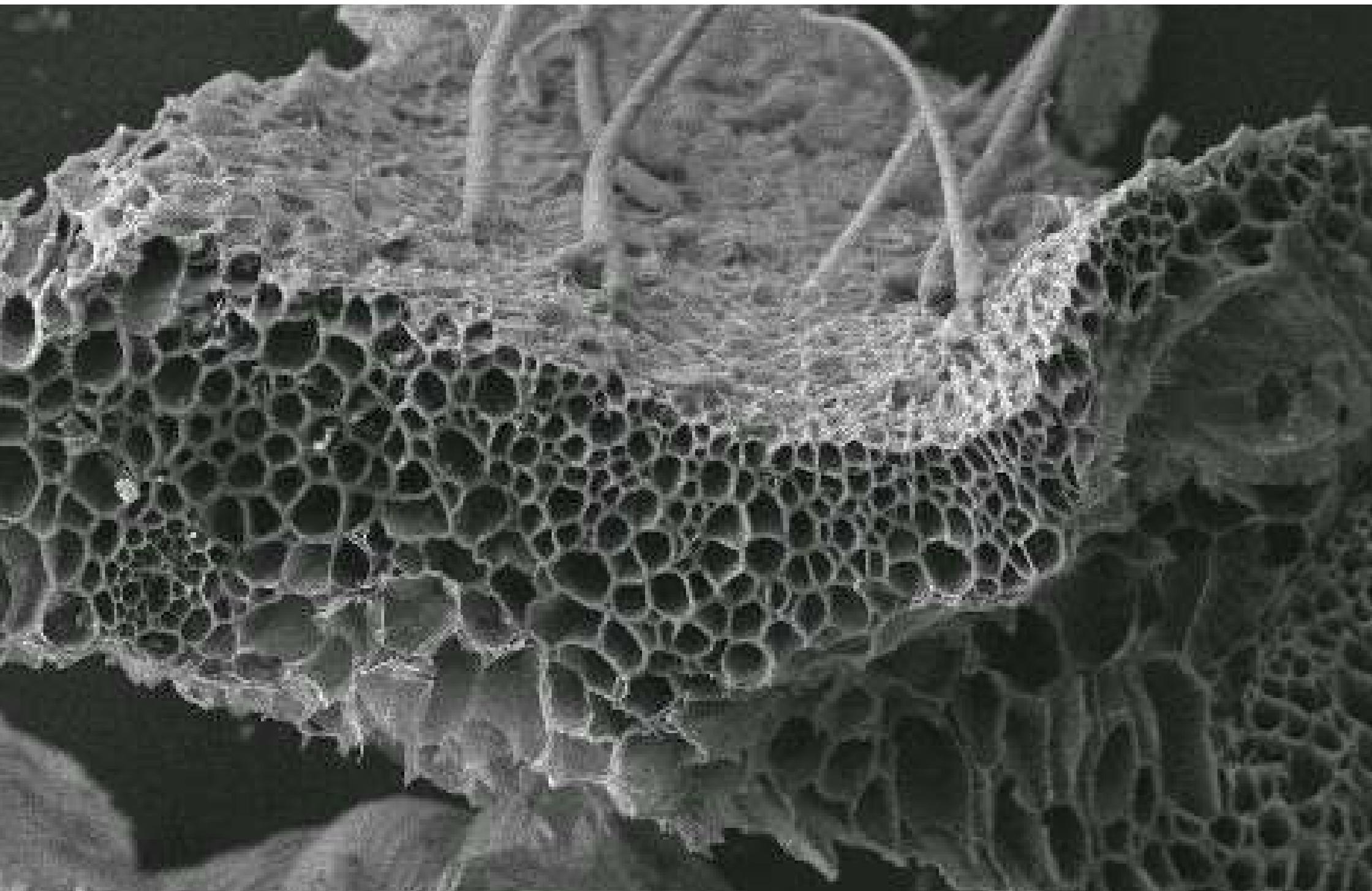
Fig. 1. Imagens microscópicas de microrganismos benéficos.

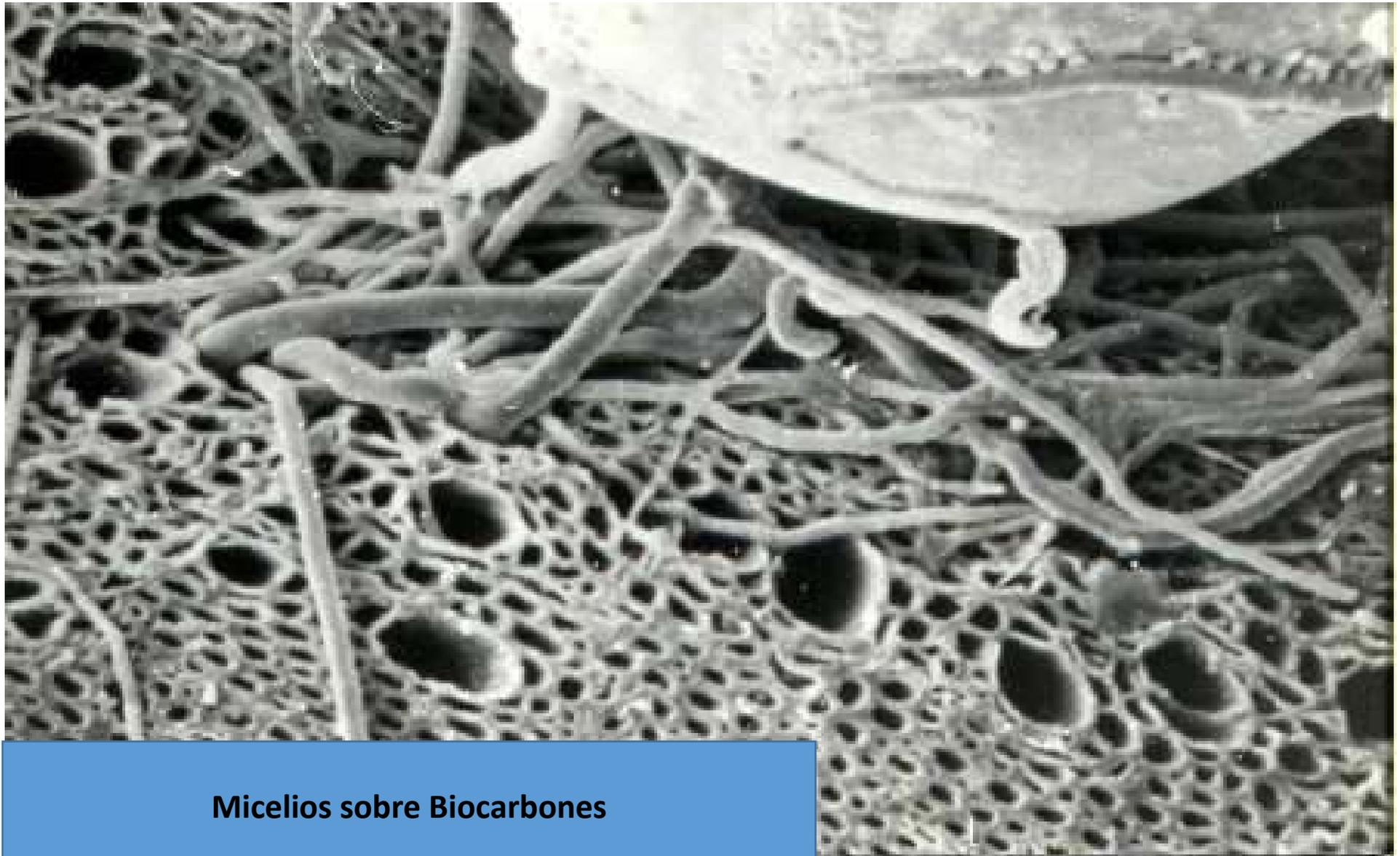


Fig. 2. Crescimento de plantas tratadas com diferentes microrganismos.

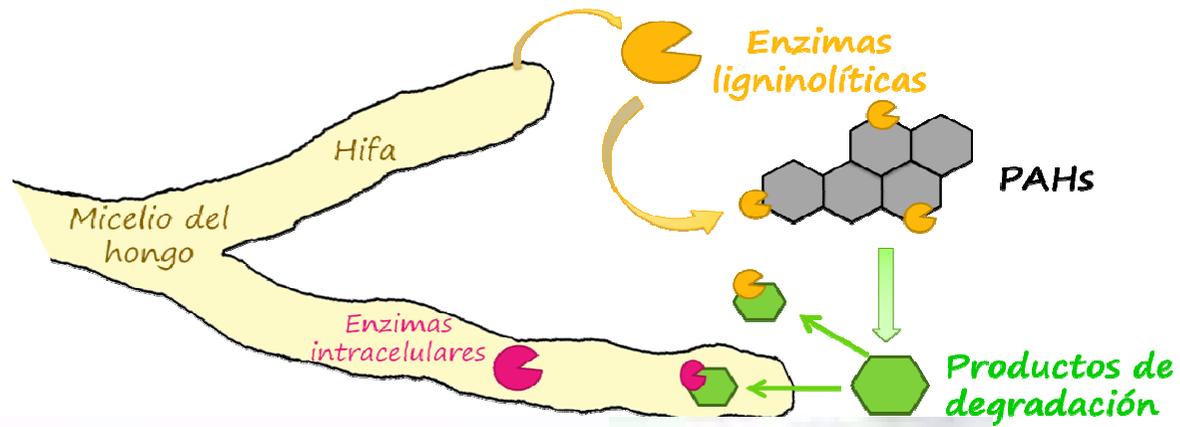
## Resultados

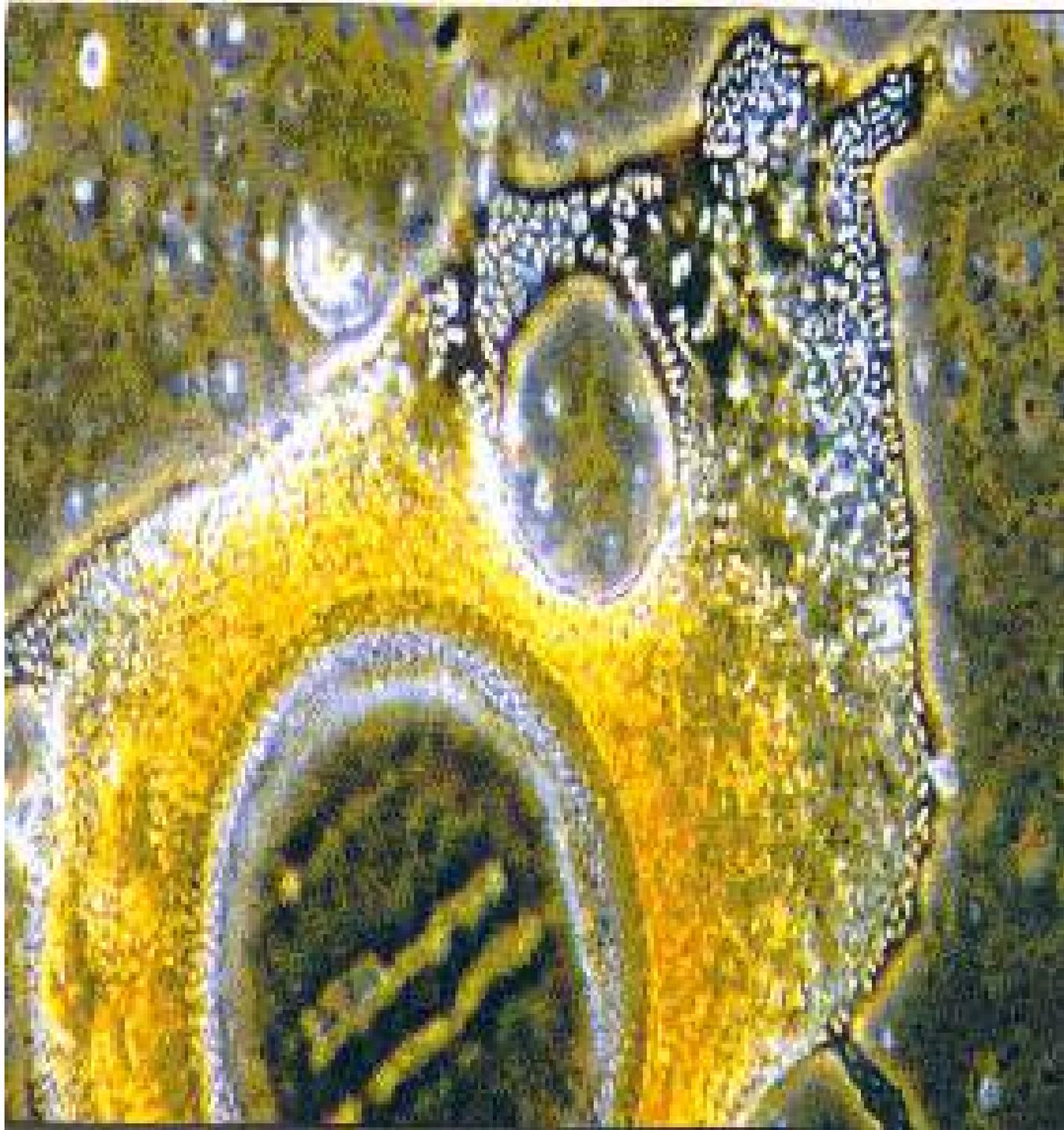
Os resultados obtidos ao longo do projeto demonstraram que a utilização de microrganismos benéficos pode melhorar a capacidade das plantas de absorver nutrientes e água do solo, além de aumentar a resistência das plantas a doenças e pragas. A utilização de microrganismos benéficos pode ser considerada uma alternativa atrinativa para a agricultura, baseada na utilização de microrganismos benéficos.





**Micelios sobre Biocarbones**







ARQUEAS, UNA  
FORMA DE  
OBTENER  
ENERGIA DE  
REACCIONES  
REDOX







43° 32' N  
7° 14' O





Ensayo de revegetación con Tecnosoles  
neutralizantes de acidez  
en talud vertical de la A8







EM034. 1ª parcela de Tchernoz. Sep/Jan-06-14

# Escombreras con y sin Tecnosoles en la mina de Saelices (marzo 2015)

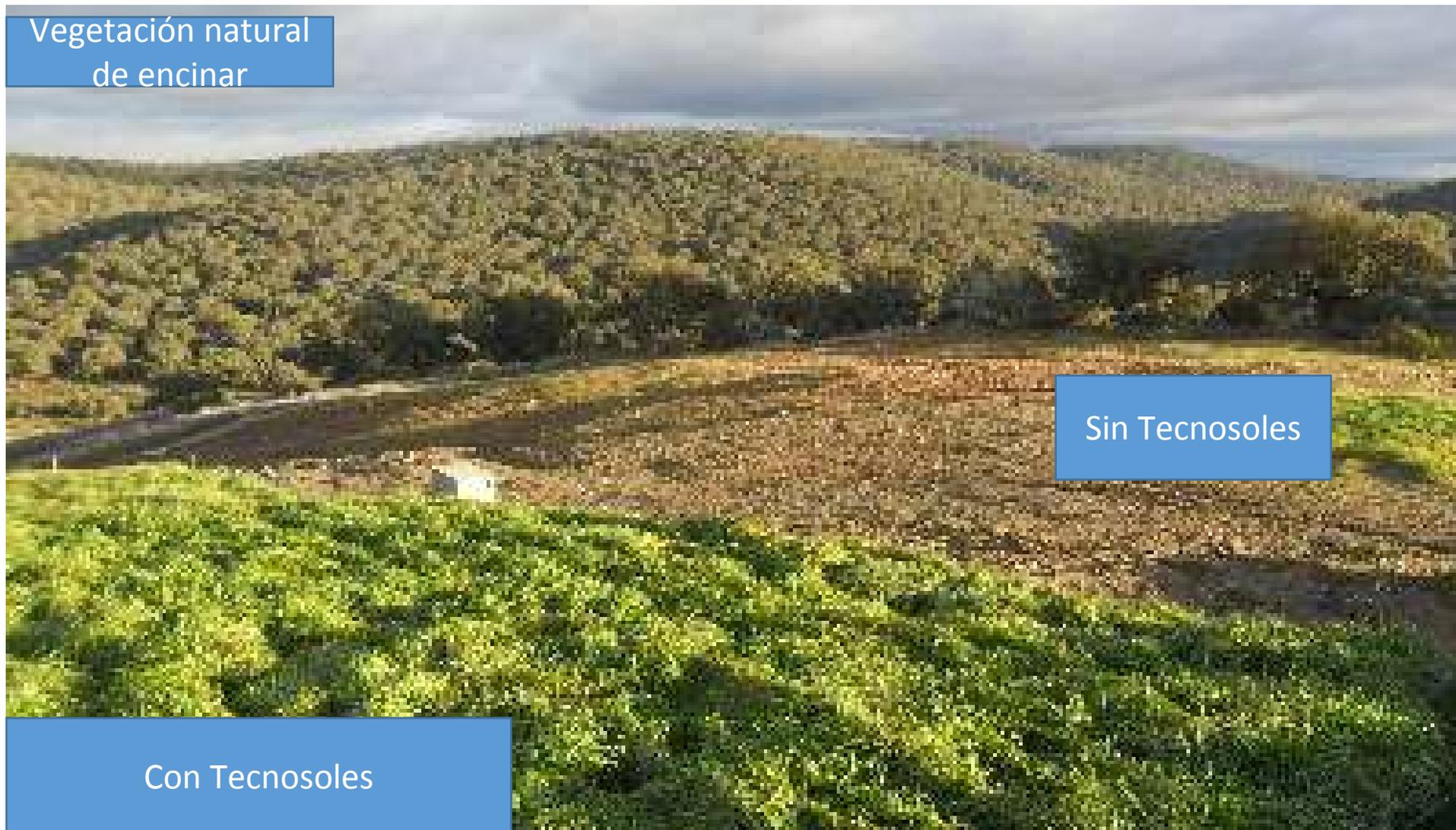


Escombrera de la mina de uranio de Saelices

Vegetación natural  
de encinar

Sin Tecnoles

Con Tecnoles









# Humedal con Tecnosoles del dique en la mina de Saelices (marzo 2015)





Mina de uranio de Saelices  
2013-2016  
Tecnosoles ándicos, redúcticos, hiperalcalinos y eutrofizantes







15 días después





Suelos de los botedales: Histosoles y Gleysoles húmicos.

Alto contenido de materia orgánica (> 20% C); subóxicos a anóxicos (reductores); elevada capacidad de retención de agua y retención de elementos metálicos tóxicos;

Suelos poco profundos (1-3 m); ácidos (pH: 4.0); muy escasa fertilidad; no ándicos. Poco extensivos.

**IMPRESCINDIBLE INCREMENTAR SU SUPERFICIE Y EL PASO DEL AGUA A TRAVÉS DE ESTOS SISTEMAS EDAFICOS DE ALTO VALOR AMBIENTAL Y ELEVADA CAPACIDAD DE SECUESTRO DE ELEMENTOS Y COMPUESTOS TOXICOS**





Suelos del bosque de neblina:  
Andosoles y Umbrisoles y Cambisoles  
ándicos (pH NaF > 10; Índice ándico >  
1.0 y, a veces > 2.0). **Acidez moderada  
(pH %.5); muy alta capacidad tampón  
en condiciones ácidas; alto contenido  
de materia orgánica para suelos bien  
drenados (8-10% C); Elevada  
estabilidad del C; Buena estructura de  
elevada estabilidad; elevada capacidad  
de retención de agua; elevada  
capacidad retención de aniones  
arseniato, arsenito, seleniato, sulfato,  
etc. ; elevada capacidad de fijación de  
metales pesados ; Elevada actividad  
biológica y biodiversidad:  
Bajo contenido de P disponible**

Los Humedales naturales tienen una actividad positiva, pero muy lenta. Requieren acelerar su capacidad reactiva mediante Tecnosoles adecuados para convertirlos en “**Humedales reactivos**” más rápidos y eficientes. Su funcionamiento óptimo exige el manejo de la vegetación, de las condiciones Eh-pH y del tiempo de residencia.



## Diseño de la rehabilitación

### Prioridades

- 1.- Evitar la contaminación y el transporte de contaminantes a través del medio acuático desde los focos de actividad minera
  - Los contaminantes As y metales pesados se mueven disueltos. Los compuestos de As como arseniatos o arsenitos. Los metales pesados movilizados por los aniones
  - Actuaciones
    - Eliminar o mitigar la velocidad de oxidación de los sulfuros.
    - Incrementar la capacidad de neutralización de ácidos
  - Incrementar la capacidad tampón, especialmente en el rango ácido (7-4.5) con tampones de baja solubilidad.
  - Adsorber, y en lo posible, ocluir: arseniatos, arsenitos, selenitos, seleniatos y sulfatos
  - Tratamiento lo antes posible de focos de contaminantes

### TECNOSOLES ADECUADOS

-REDUCTICOS

- ÁNDICOS E HIPERÁNDICOS

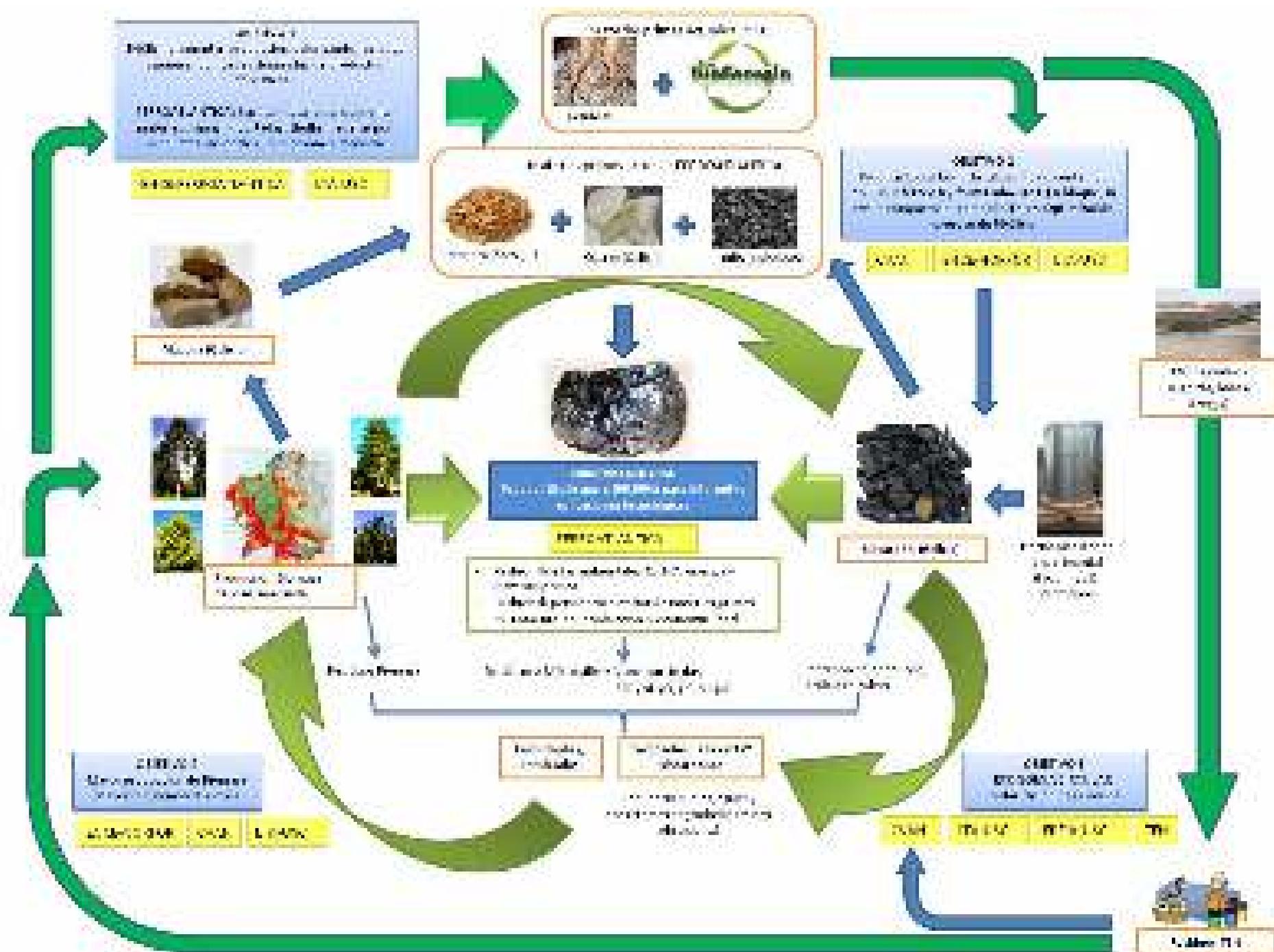
TERRA PRETA

NITICOS

FERRALICOS

HÍSTICOS

-HUMEDALES REACTIVOS CON TECNOSOLES REDUCTIVOS



ECONOMIA CIRCOLARE ENCE / FERROATLANTICA

- Pueden hacerse Tecnosoles que lleven hongos ligninolíticos, corrinas, reductores y plantas que volatilicen o eliminen TODOS LOS ISOMEROS DE LINDANO.
- PUEDEN ELABORARSE TECNOSOLES PARA MUCHOS PROBLEMAS DE CONTAMINACION

## **Tecnosoles para soluciones ambientales basadas en los conocimientos de la Ciencia del Suelo.**

- Tecnosoles en rotondas, zonas ajardinadas, bordes de carreteras y viales
- Tecnosoles en humedales reactivos que depuran aguas de túneles, cunetas, autopistas, viales,...
- Tecnosoles antieutrofizantes
- Tecnosoles anticontaminantes orgánicos
- Tecnosoles en sistemas de contención: encapsulamientos,...
- Tecnosol terra preta
- Tecnosol duripan. Activación alcalina.
- Tecnosoles adsorbentes y descomponedores de hidrocarburos, As, metales pesados, cianuros, etc.

# Beneficios ambientales de la utilización de Tecnosoles derivados de Residuos

- Recuperación de suelos degradados y/o contaminados.
- Minimización de los residuos a llevar a vertedero o planta de tratamiento.
- Integración rápida en los ciclos biogeoquímicos.
- Ahorro de recursos naturales como la “tierra vegetal”, la turba ,... en labores de recuperación de suelos, sellado de vertederos, ....
- Reducción de los costes de gestión de residuos minimizando gastos energéticos y almacenamiento de residuos.
- Incremento del aprovechamiento de los nutrientes (N, P, K, Mg, Ca,..., ) existentes en los residuos incorporándolos a la cadena trófica y a los suelos con reducción de los costes de fertilizantes y enmendantes.
- Importante incremento del secuestro de carbono en suelos y en la biomasa que sostienen.
- Incremento de la actividad biológica y la biodiversidad en suelos degradados o en zonas donde se ha eliminado el suelo.
- Mejora del paisaje incrementando la superficie revegetada y protegida de la erosión.
- Mejora de la calidad de las aguas superficiales y freáticas al recuperarse las funciones de tamponización, filtro y depuración propias de los suelos.
- Incremento de la resistencia a los riesgos derivados de la contaminación
- No produce nuevos residuos como las otras técnicas de gestión. Proceso integral.

# Tecnologías innovadoras y sostenibles del LABORATORIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA DAFOTEC

- Tecnosoles “a la carta”
- Humedales reactivos
- Tecnosoles, Barreras geoquímicas y Humedales reactivos con Biocarbones.
- Mico y Biotecnosoles
- Té de Tecnosoles

# PRIMERO HAZ SUELO

DESPUES,..... HAZ LO QUE QUIERAS

