



Interreg
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÃO EUROPEIA
UNIÓN EUROPEA



TERRAMATER
prevenção y recuperación de áreas quemadas



Medidas inovadoras de recuperação preventiva em áreas quemadas
(0701_TERRAMATER_1_E)

Projeto cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) a través do
INTERREG V-A Espanha-Portugal (POCTEP) 2014 – 2020

Tecnosoles “a la carta” como solución a la erosión post-incendio.

El proyecto TERRAMATER para la recuperación de suelos quemados

Felipe Macías Vázquez
Felipe Macías García

RECURSOS Y VALORIZACION AMBIENTAL

info@terramaterpoctep.eu

www.terramaterpoctep.eu

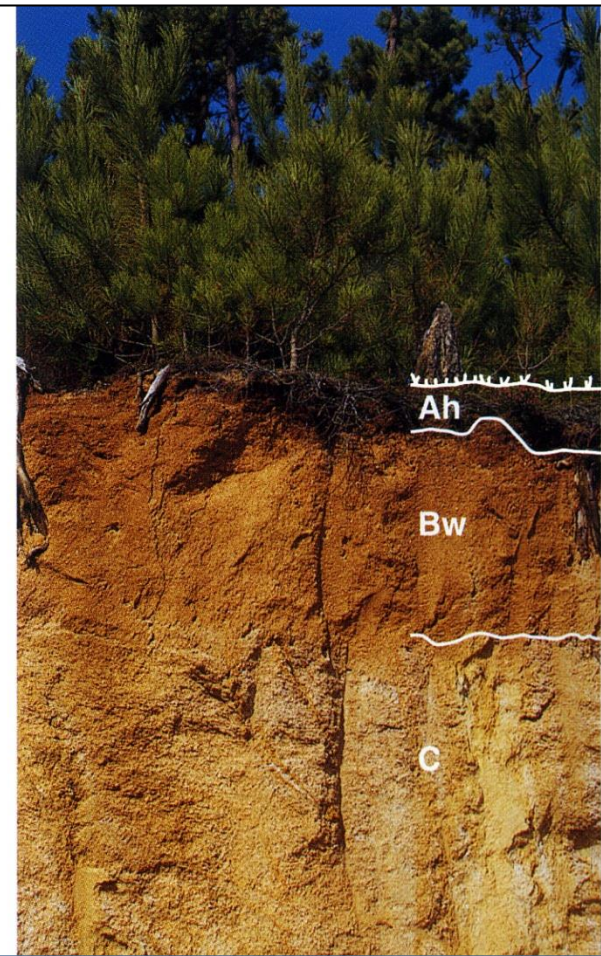
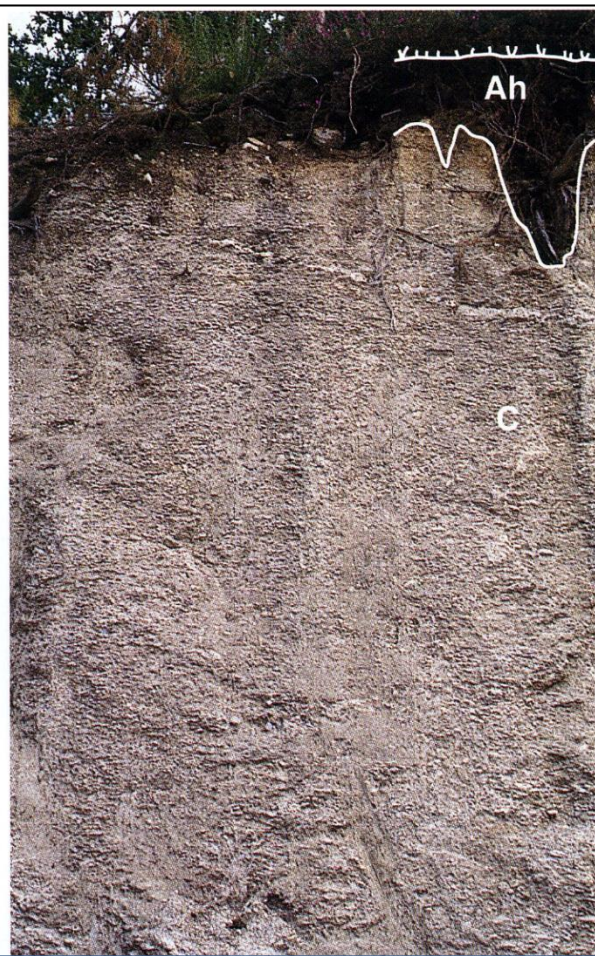
@terramaterp +34 881816042



TERRAMATER

Recuperación preventiva de suelos quemados





En condiciones de Biostaxia los suelos evolucionan, por procesos edáficos biogeoquímicos, en busca del equilibrio termodinámico y geomorfológico, permitiendo el desarrollo de la cobertura vegetal de acuerdo al estadio de desarrollo y las condiciones bioclimáticas. Los procesos erosivos, con cambios morfológicos, tienen menor influencia que los procesos de edafogénesis

EL GRAN ALIADO ES EL SUELO

EN CONDICIONES DE BIOSTAXIA, EL SUELO EVOLUCIONA EN BUSCA DEL EQUILIBRIO TERMODINAMICO Y GEOMORFOLÓGICO

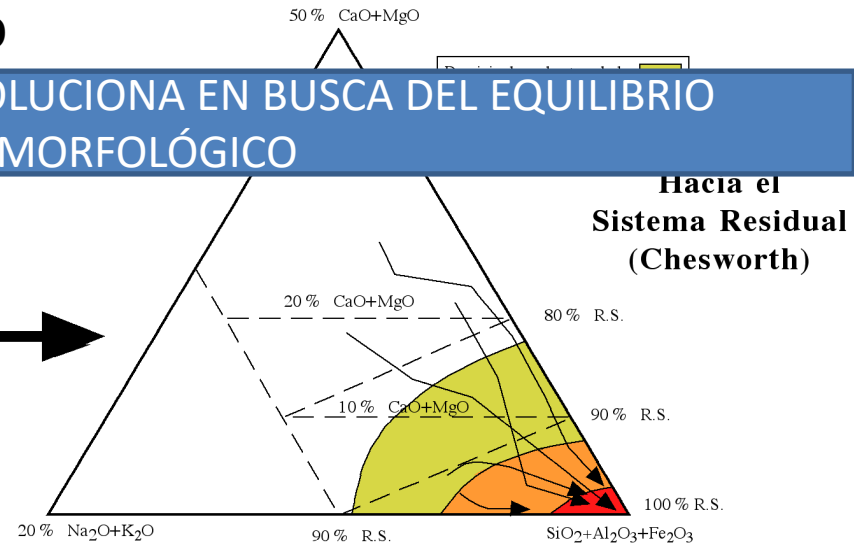


Diablillo de Maxwell

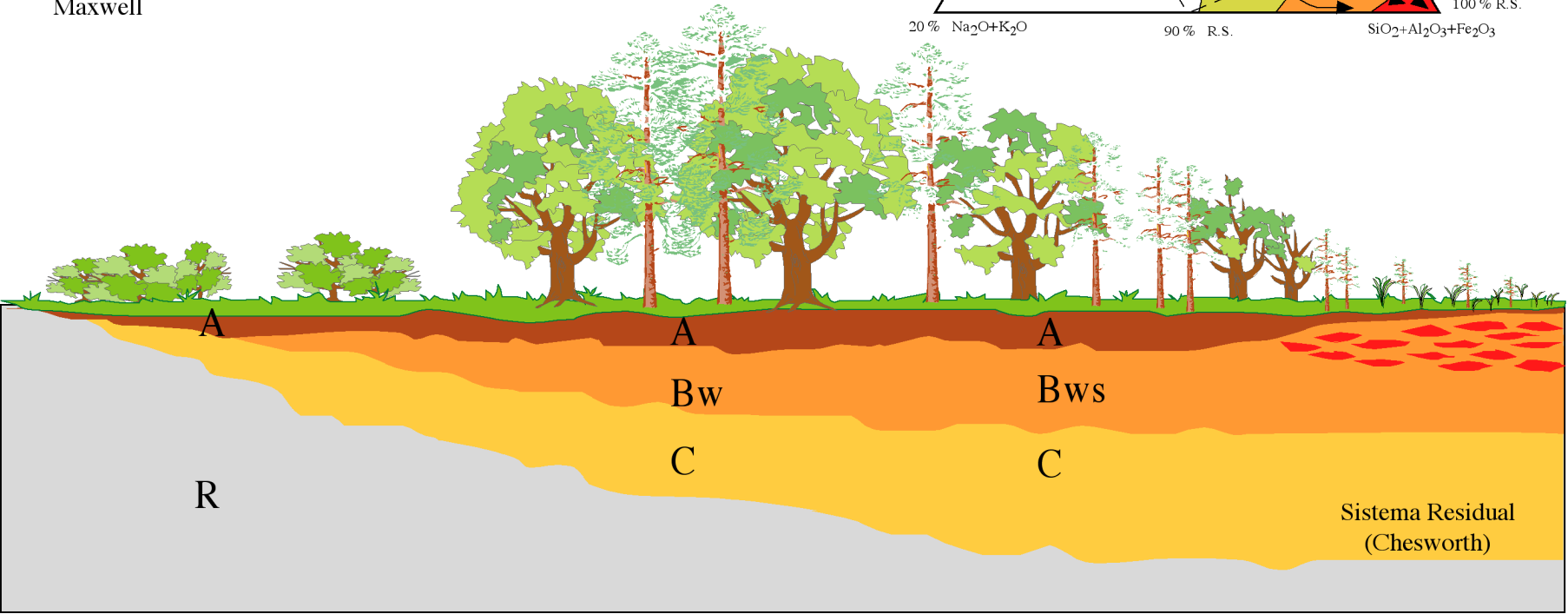
Imperativo termodinámico



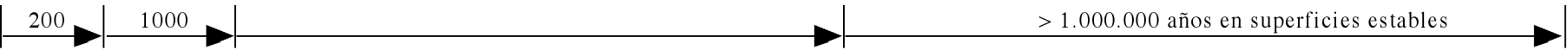
La búsqueda del equilibrio



Hacia el Sistema Residual (Chesworth)

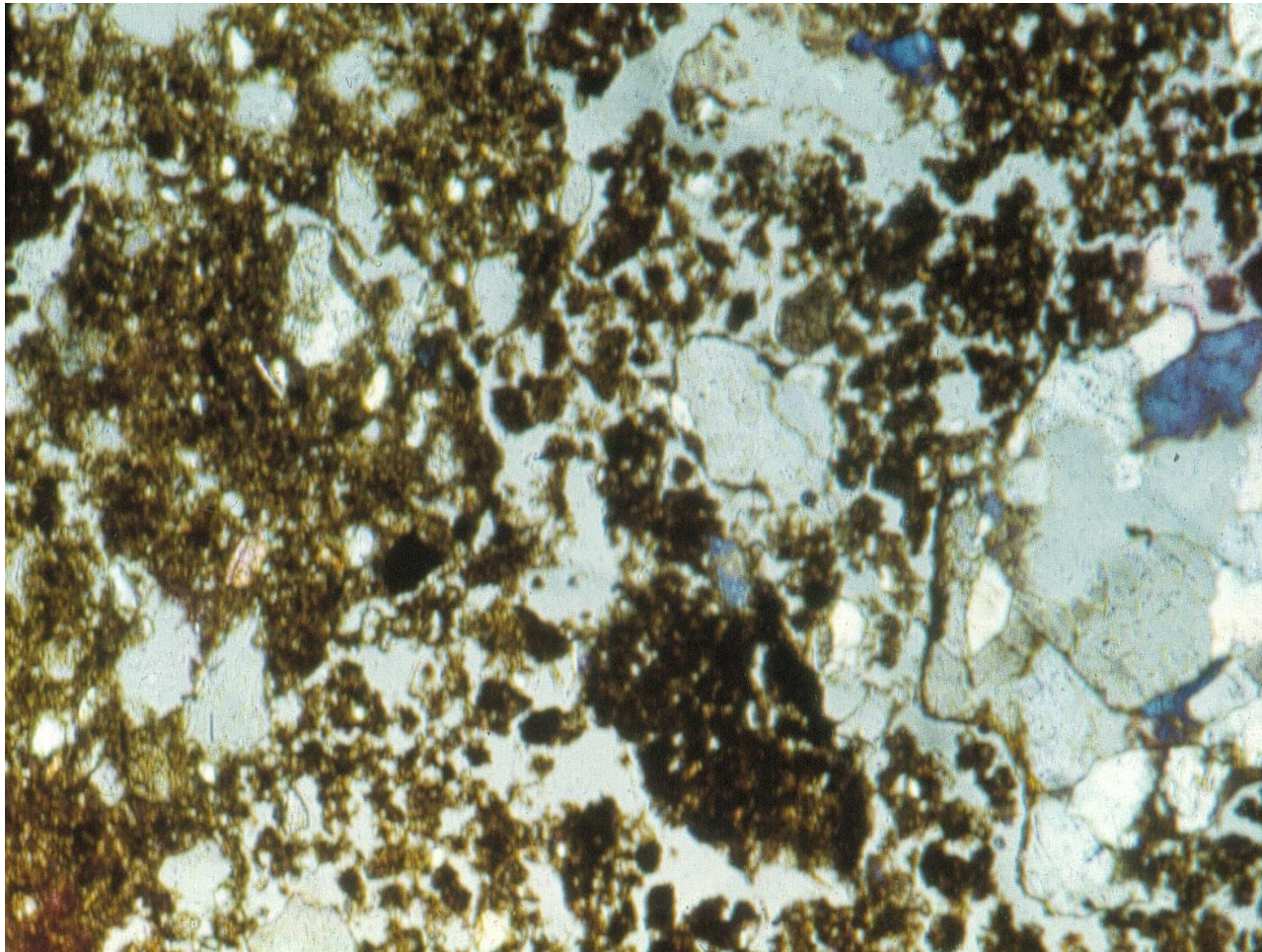


Leptosoles Entisoles	Umbrisoles / Phaeozem, Andosoles...	Cambisoles Inceptisoles / Mollisoles, Luvisoles	Ferralsoles Oxisoles	Ferralsoles géricos Oxisoles, Plinthosoles
-------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------	---



EL SUELO

El suelo está compuesto por fases sólidas, líquidas y gaseosas. Las fases sólidas tiene diferente origen: heredados del material de partida, neoformados a partir de las disoluciones de alteración o transformados a partir de los restos orgánicos.



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.**

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
 - Permiten una elevada biodiversidad con alta y variable capacidad enzimática.
 - Pueden funcionar como sumideros de C.

Resistaxia

- Las condiciones de Resistaxia modifican el sentido de la evolución del suelo, provocando su regresión hacia el material de partida, predominando los procesos de erosión con eliminación de parte o todo el suelo y cambios geomorfológicos, como erosión, coluvionamiento, arroyadas, solifluxión, etc., y, finalmente, sedimentación. Los suelos rejuvenecen en sentido biogeoquímico, dentro del ciclo geoquímico de la materia en la superficie terrestre: Roca- Suelo- Sedimento-Roca

LOS INCENDIOS SON UNO DE LOS PRINCIPALES PROCESOS GENERADORES DE RESISTAXIA



- 1. Recuperación de la vegetación**
- 2. “Recuperación” de propiedades del suelo**



Factores climáticos (frío, aridez), geomorfológicos o antropicos, pueden cambiar las condiciones de biostaxia a las de resistaxia.

Los INCENDIOS DE GRAN INTENSIDAD son importantes generadores de RESISTAXIA

imágenes de Rubio, 2010

PROYECTO PROMETEO (2010-2013)

PREVENCION, EXTINCION, RECUPERACION

PROYECTO TERRAMATER (2019-2021)

RECUPERACION PREVENTIVA DE SUELOS QUEMADOS

- 1.- Conocer las cuestiones legales relacionadas con los incendios en ambos paises.
- 2.- Caracterizar las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y biológicas de los suelos quemados.
- 3.- Establecer los factores naturales y antrópicos que definen el riesgo de incendios.
- 4.- Elaborar un sistema de “alarma temprana” basado en los factores de riesgo intrínsecos a las características de los suelos.
- 5.- Diseñar, formular y elaborar: abonos, enmiendas y Tecnosoles “a la carta” que permitan una recuperación rápida, sostenible y preventiva

Significación Global – area quemada




(Rubio)

A nivel mundial

- **Se queman ~400-800 Mill ha/año**
- **Se emiten ~2.5 Gt de C a la atmosfera cada año**
- **Equivalentes a ~30% de las emisiones globales de los combustibles fosiles/industriales**

Efectos de la Severidad del Fuego

Incremento Resistaxia 	<u>Moderado</u>	<u>Elevado</u>
T ^a suelo	200-400 °C	> 400 °C
Hojarasca	torrefactada	Consumida
Hierba	consumida	Consumida
Restos de madera pequeños	Torrefactados	Consumidos
Restos de madera gruesos	Torrefactados	Carbones
Color de las cenizas	Pardas	Blancas
Color del suelo	No cambia	Rojizo
Propiedades físicas	Apenas cambian	Cambios importantes
Propiedades químicas	Alteradas	Cambios importantes
Erosión/Escorrentía	Importante	Muy intensa

EFECTOS DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO



FUEGOS DE BAJA SEVERIDAD (HASTA 150°C)

- **Efecto ‘beneficioso’**

FUEGOS DE MODERADA SEVERIDAD (200°C-460°C)

FUEGOS DE ALTA SEVERIDAD (T > 460°C)

- **Efectos perjudiciales**
- **Cobertura vegetal totalmente degradada**
- **Pérdida grupos OH arcillas y disociación de los carbonatos**
- **Disminuye la porosidad, la plasticidad y elasticidad del suelo**
- **Alteración de los agregados**
- **Disminuye la capacidad de infiltración**
- **Disminuye la CRA**
- **Aumenta la producción de escorrentía y transporte de sedimentos (pérdida de nutrientes y MO)**

LOS EFECTOS DE LOS INCENDIOS DEPENDEN DE LA INTENSIDAD DEL FUEGO

- Pérdida de C (especialmente del más lábil). Escasez de energía para la actividad de los microorganismos. Desagregación
- Pérdida de Biomasa. Disminución de la interceptación, eliminación de la actividad biológica, cambios en el ciclo del agua.
- Pérdidas de N. Formación de óxidos y N heterocíclico.
- Formación de óxidos de K, Mg, Ca. Mayor facilidad de pérdidas por lavado. Dispersión coloides
- . Pérdidas del P por arrastre de las cenizas.
- Pérdida de estabilidad estructural. Reducción de la capacidad de retención hídrica. Incremento de la erosionabilidad

● PROYECTO PROMETEO

● PREVENCIÓN, EXTINCIÓN, RECUPERACIÓN

- **Objetivo 2.- Establecer los cambios en concentración, formas y mecanismos de estabilidad del C inducidos por la agricultura, silvicultura, incendios forestales y procesos erosivos**
- Pérdidas de C ligadas a la agricultura oscilan entre el 20-30% de la transformación en praderas, hasta el 50% en suelos de zonas con $P > 800$ mm y $> 80\%$ en zonas con $P < 500$ mm.
- Gran variabilidad en el efecto de los incendios, de acuerdo a su intensidad. El incendio de Pontevedra se llevó el 60% del stock de C en biomasa y suelo.
- Las pérdidas afectan fundamentalmente a las fracciones lábiles de C.

RECUPERAR E INCREMENTAR SUELO RICO EN MATERIA ORGANICA

- Estabilidad estructural. Agregación. C recalcitrante.
- Capacidad de retención de agua útil. (% limo, % arcilla, % materia orgánica edáfica). Reducción duración del estrés hídrico edáfico. C recalcitrante.
- **Fertilidad: P, N, K, biodisponibles.** Mg, S, Ca, Si, Co, Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cl, Na,
- Stock de C lábil y recalcitrante.
- Actividad biológica. C lábil. Nutrientes. Co
- Eficiencia del balance hídrico. Si
- Mayor resistencia a la ignición de la materia orgánica del suelo. C recalcitrante.

Cambios físicos, químicos, mineralógicos y bióticos

EROSION
DESESTABILIZACION ESTRUCTURAL
PERDIDA DE POROSIDAD
HIDROFOBIA
ALCALINIZACION INICIAL
OXIDACION INICIAL, REDUCCION POSTERIOR
PERDIDA DE MATERIA ORGANICA, GANANCIA C RECLACITRANTE
CAMBIOS EN LAS FORMAS Y CONTENIDOS DE CARBONO
PERDIDA DE NITROGENO Y FORMACION DE COMPUESTOS NITROGENADOS HETEROCICLICOS
DESATURACION CATIONICA
PERDIDA DEL P ORGANICO
PERDIDA DE SISTEMAS TAMPON ACIDO-BASE Y REDOX
INCREMENTO DE DISPONIBILIDAD METALICA
CAMBIOS BIOTICOS
CAMBIOS ENZIMATICOS

...

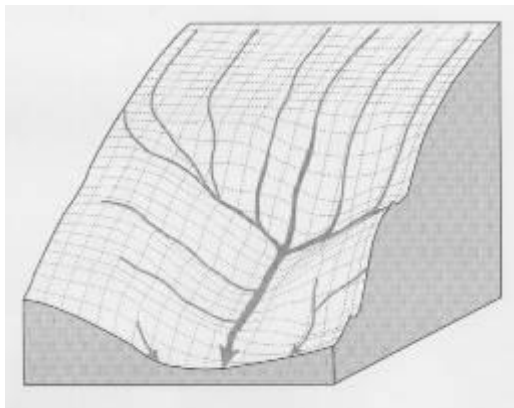
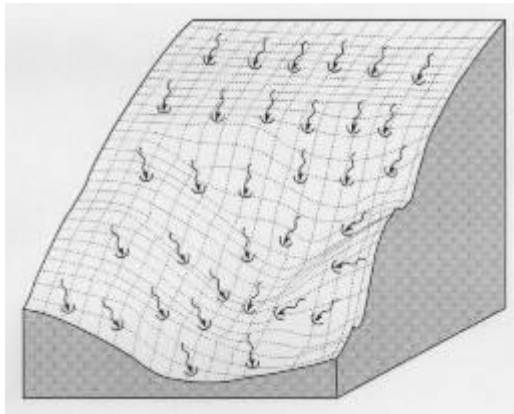
¿Qué hay que hacer después del incendio?

- Recuperación rápida de la cobertura vegetal que reduzca la erosión
 - Recuperación de las propiedades y funciones del suelo eliminando/mitigando afecciones y riesgos para la salud y la conservación de los ecosistemas
 - Producción de biomasa
 - Control de la calidad de las aguas
 - Medio de vida y biodiversidad
 - Sumidero de C
 - Control de contaminantes y ciclos biogeoquímicos
- Recuperación de la dinámica y calidad natural de las aguas



En los incendios se producen afecciones muy significativas en la biomasa (muchas veces completamente eliminada), las formas de C con una importante reducción del contenido del C lábil, necesario para el funcionamiento de las comunidades de microorganismos y con la producción de formas de C recalcitrante que, puede contener cantidades significativas de hidrocarburos policíclico aromáticos. El N se pierde en forma gaseosa o se transforma en moléculas de N orgánico heterocíclico, no asimilables por las plantas. Además pueden producirse cambios de pH que modifican el comportamiento del suelo con el agua y su estructura, pudiendo favorecerse la erosión

Principio basico: Atenuar escorrentias



(Shakesby et al. *J Hydrol.* 2000)

Rehabilitación Post-incendio: Rompiendo la conectividad de laderas



Artificial debris dams, Evrotas River basin, Greece (Image courtesy of W. Blake)

Rehabilitación Post-incendio: rompiendo la conectividad de microcuencas



'Feeble' attempt, Victorian Alps, Australia (Image courtesy of W. Blake)

PROYECTO TERRAMATER

RECUPERACIÓN PREVENTIVA DE SUELOS QUEMADOS

Diseño de abonos, enmiendas y Tecnosoles “a la carta” en un contexto de Economía Circular imitando a la BIOSFERA

RECUPERACION

- Recuperacion Fisico-química y biótica
- Estabilidad estructural. Agregación y recalcitrancia. Capacidad de retención hídrica. Agua útil.
- Fertilidad: N, P, K, Mg, S, Ca,,,
- El Si un elemento “quasi esencial”
- Oligoelementos Cu, Mn, Zn, ..Co
- Energía metabólica. Actividad enzimática. Bacterias, hongos, actinomicetes, algas

RECUPERAR E INCREMENTAR

- Estabilidad estructural. Agregación. C recalcitrante.
- Capacidad de retención de agua útil. (% limo, % arcilla, % materia orgánica edáfica). Reducción duración del estrés hídrico edáfico. C recalcitrante.
- **Fertilidad: P, N, K, biodisponibles.** Mg, S, Ca, Si, Co, Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cl, Na,
- Stock de C lábil y recalcitrante.
- Actividad biológica. C lábil. Nutrientes. Co
- Eficiencia del balance hídrico. Si
- Mayor resistencia a la ignición de la materia orgánica del suelo. C recalcitrante.

a: Suelo artificial (Tecnosol ándico) pionero en las escombreras de la mina de lignitos de As Pontes. 1992.-

Tecnosoles "a la carta" pioneros.

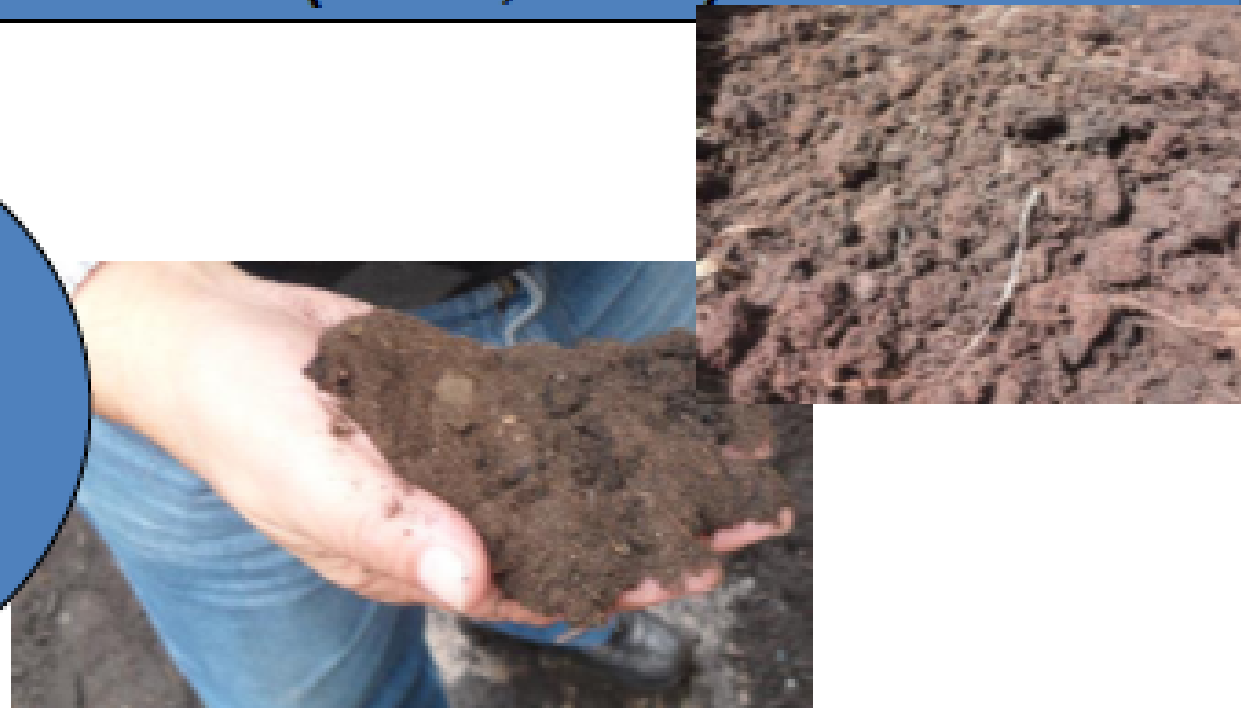
1.- Recuperación de las escombreras de la mina Puentes (1200 ha) hiperácidas, con altos niveles de sulfatos y metales pesados





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,, ...





Haciendo Tecnosoles
"a la carta"

Tecnosoles “a la carta”

- Los Tecnosoles son suelos elaborados para que tengan unas determinadas propiedades y permitan solucionar más rápidamente los problemas de degradación o contaminación, recuperando el paisaje, las funciones ambientales y productivas de los suelos y eliminando o mitigando los riesgos para el agua, ecosistemas o la salud humana.
- Se elaboran tras una etapa preliminar de diseño y formulación, imitando a un determinado tipo de suelos, de modo que realicen por medio de reacciones naturales la recuperación de suelos, aguas y ecosistemas contaminados o degradados.
- Los Tecnosoles no pueden elaborarse a partir de sustancias peligrosas o nocivas. En su composición final tienen que tener menos contaminantes (metales pesados y contaminantes orgánicos) que los niveles genéricos del entorno en que se apliquen. Por ello, nunca pueden ser fuente de contaminación.

EL SUELO

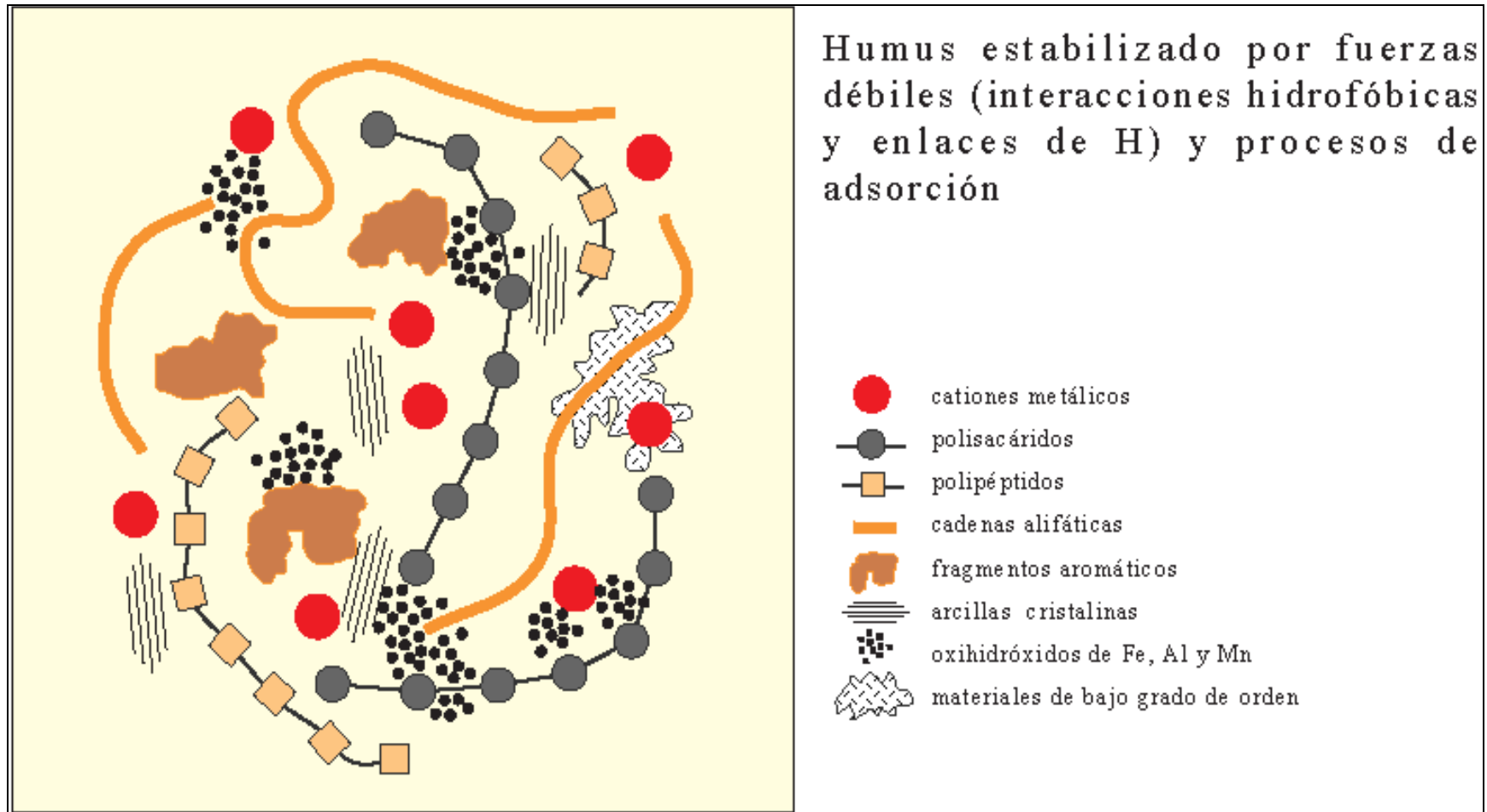
Rocas (minerales) alteradas y Cadáveres (necromasa) de animales y vegetales que interaccionan y se organizan
(microestructura porosa)

- **EL GRAN INVENTO DE LA MICROESTRUCURA POROSA.**
 - Circulación e intercambio de gases y agua
 - Espacio para la vida y la retención de energía en ciclos biogeoquímicos
 - Reacciones biogeoquímicas (Plasma orgánico y mineral-H₂O)
 - Disolución-precipitación
 - Intercambios ácido-base. Bomba de protones, Capacidad tampón
 - Intercambios redox. Bomba de electrones
 - Reacciones Superficiales. Capacidad de cambio, Adsorción, Retención hídrica

Los mecanismos de metaestabilización de la materia orgánica

- Química. Recalcitrancia intrínseca. Polímeros y Moléculas aromáticas. Sólo durable en algunos polímeros.
- Física o Estructural. Frío. Desección. Encapsulamiento. Ambar, interior de los agregados
- Biótica. Metaestabilizar a lo largo de la cadena trófica de microorganismos.
- Edáfica. Efecto de los cationes metálicos y las nanopartículas. Efecto Holístico de los componentes y la organización del suelo.
- Agentes externos: Termitas y afines. Efectos del Fuego y los agentes geogénicos. De la biomasa y el humus a los grafenos y a los fullerenos.

Mecanismos de metaestabilización de la materia orgánica del suelo



Reserva de Agua úti en suelos de Galicia

Relación con la textura y la materia orgánica

A, Martínez Cortizas, 1988.- Anales de Edafología, 561-572

$$\text{RAU} = 24,06 + 10,83 \ln \text{IFG} + 6,8 \ln C$$
$$R = 0,926$$

$$\text{IFG} = \frac{\% \text{ Limo fino} + \% \text{ Arcilla}}{\% \text{ Limo grueso} + \% \text{ Arcilla}}$$

Con Tecnosoles

Touro Mayo-11

Con Tierra
Vegetal



TIERRA VEGETAL
SUPERFICIAL

VERTEDERO Z-1

TECNOSOL
SUPERFICIAL

TIERRA VEGETAL
SUPERFICIAL

VERTEDERO Z-2



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



Primer Tecnosol
silándico en Touro



Tecnosol eutrófico
sobre Tecnosol
silándico

Comparación de la emergencia
y crecimiento en Tierra vegetal y
en Tecnosol eutrófico



Touro Mayo-11



Tecnosoles ándicos y eutróficos.
Vertedero de A Gudiña



Tecnosoles ándico.eutróficos en
Turmalina



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







Extendido de
Tecnosoles
redúctico-eutróficos

¿Qué es el biocarbón?

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



Se produce mediante la descomposición térmica de compuestos orgánicos – generalmente a bajas velocidades de calentamiento en una atmósfera pobre en O_2 (pirólisis lenta) – pero también se puede producir con otras técnicas





Podemos aprender de suelos antrópicos como la Terra preta



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.

SUELO. Sistema heterogéneo, de interfaz aire-agua-minerales-vida-necromasa,
Estructura porosa de elevada superficie reactiva (arcillas, humus).

Materia orgánica metaestabilizada


Dinámico y Evolutivo en el Tiempo en busca del equilibrio termodinámico

Unico sistema de la Biosfera con capacidad tampón

CONTROL DE LOS CICLOS BIOGEOQUIMICOS DE TODOS LOS ELEMENTOS

El sueño de Win

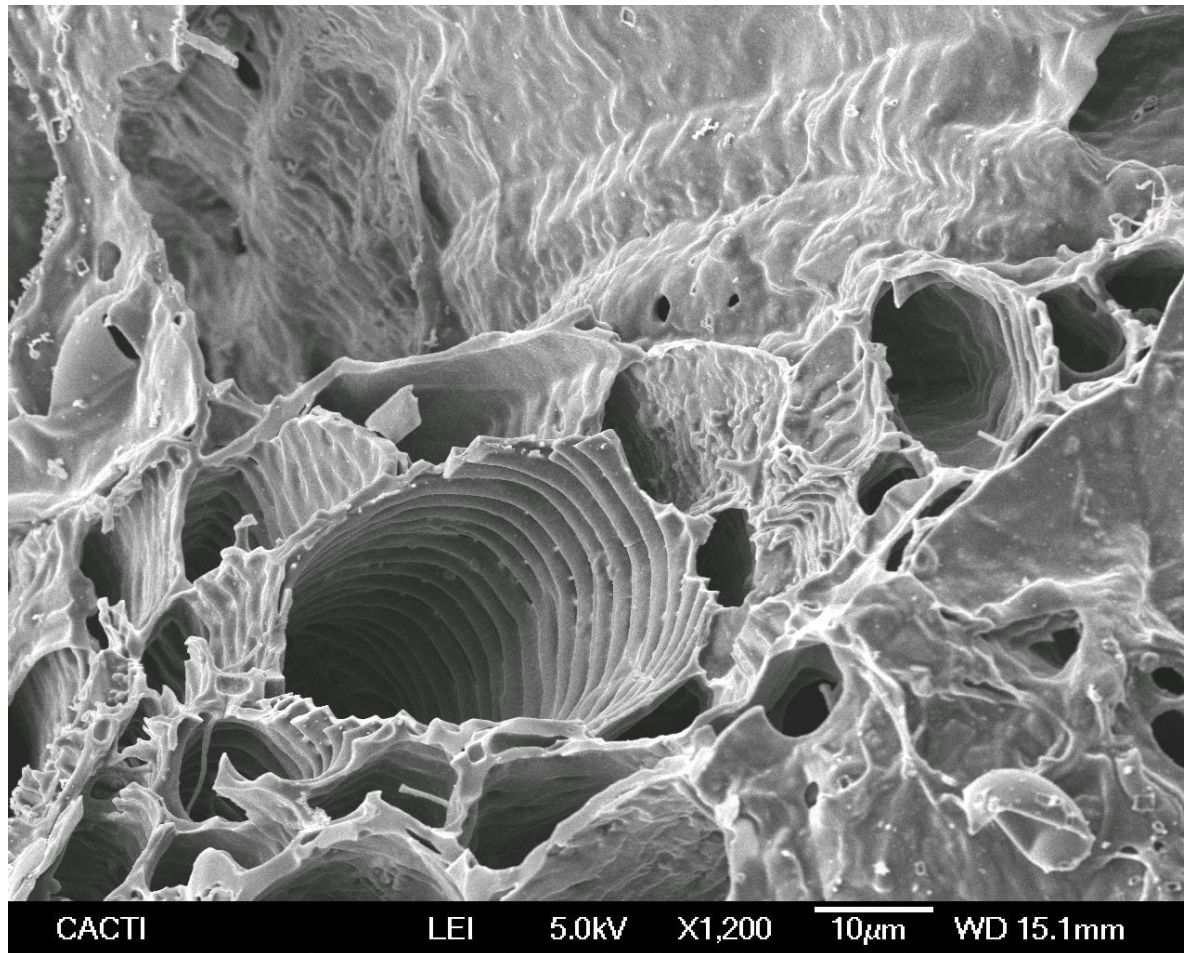


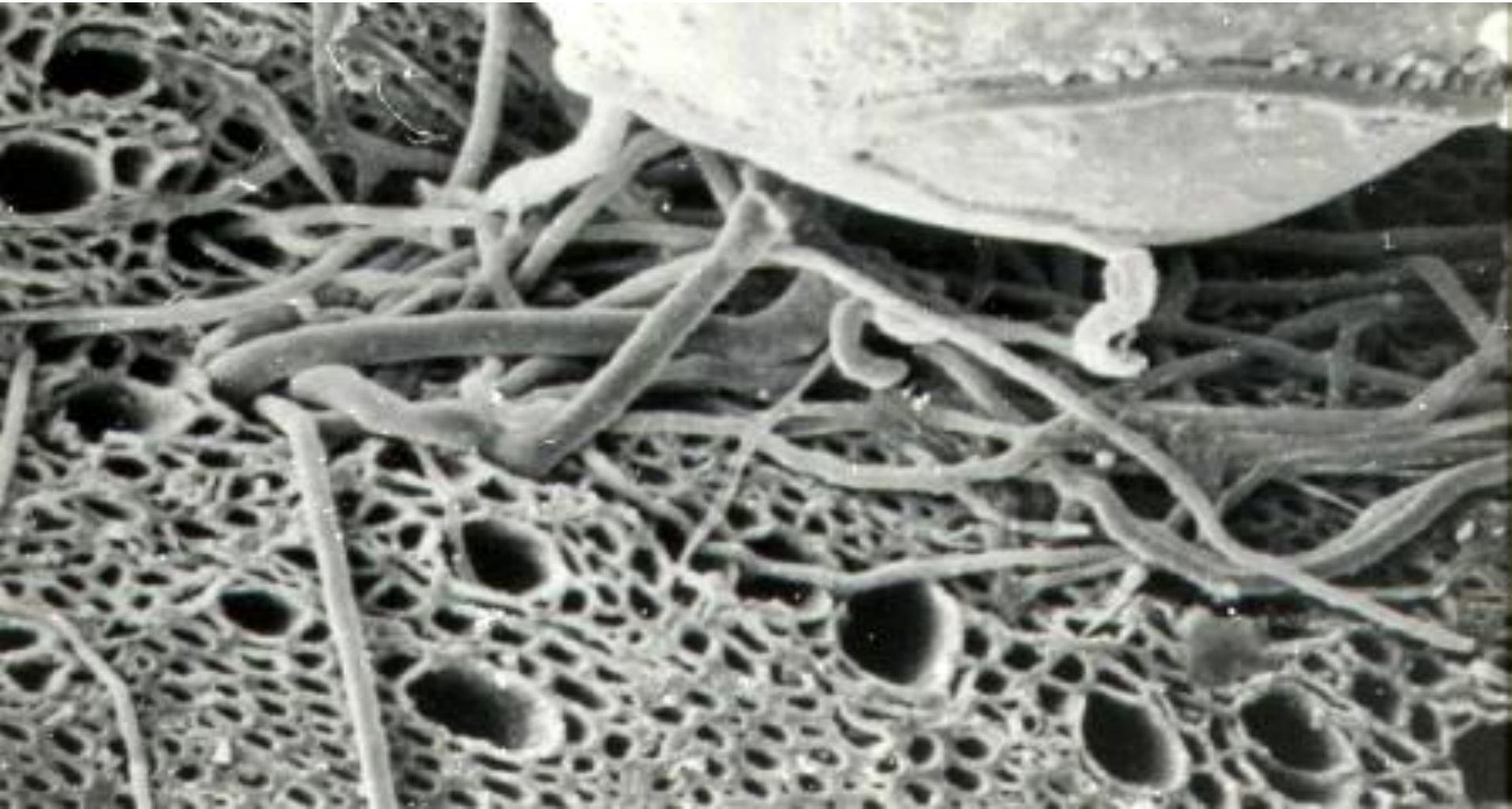


Hifas de hongos
ligninolíticos

A partir de residuos vegetales puede obtenerse biocarbón (biochar). Estos materiales pueden incorporarse en los Tecnosoles, incrementando la capacidad de retención de agua, la capacidad de cambio, la filtración y la degradación de productos orgánicos. Además, sus poros constituyen un excelente nicho de vida y posible almacén de diferentes sustancias.

Porosidad de un Biocarbón

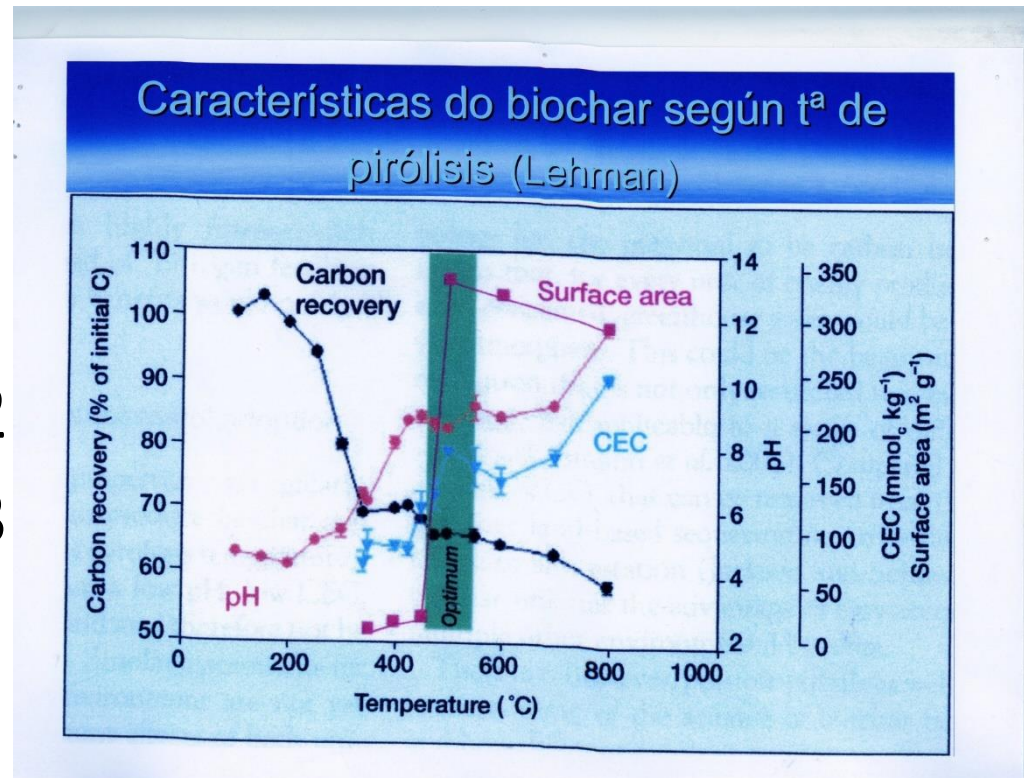




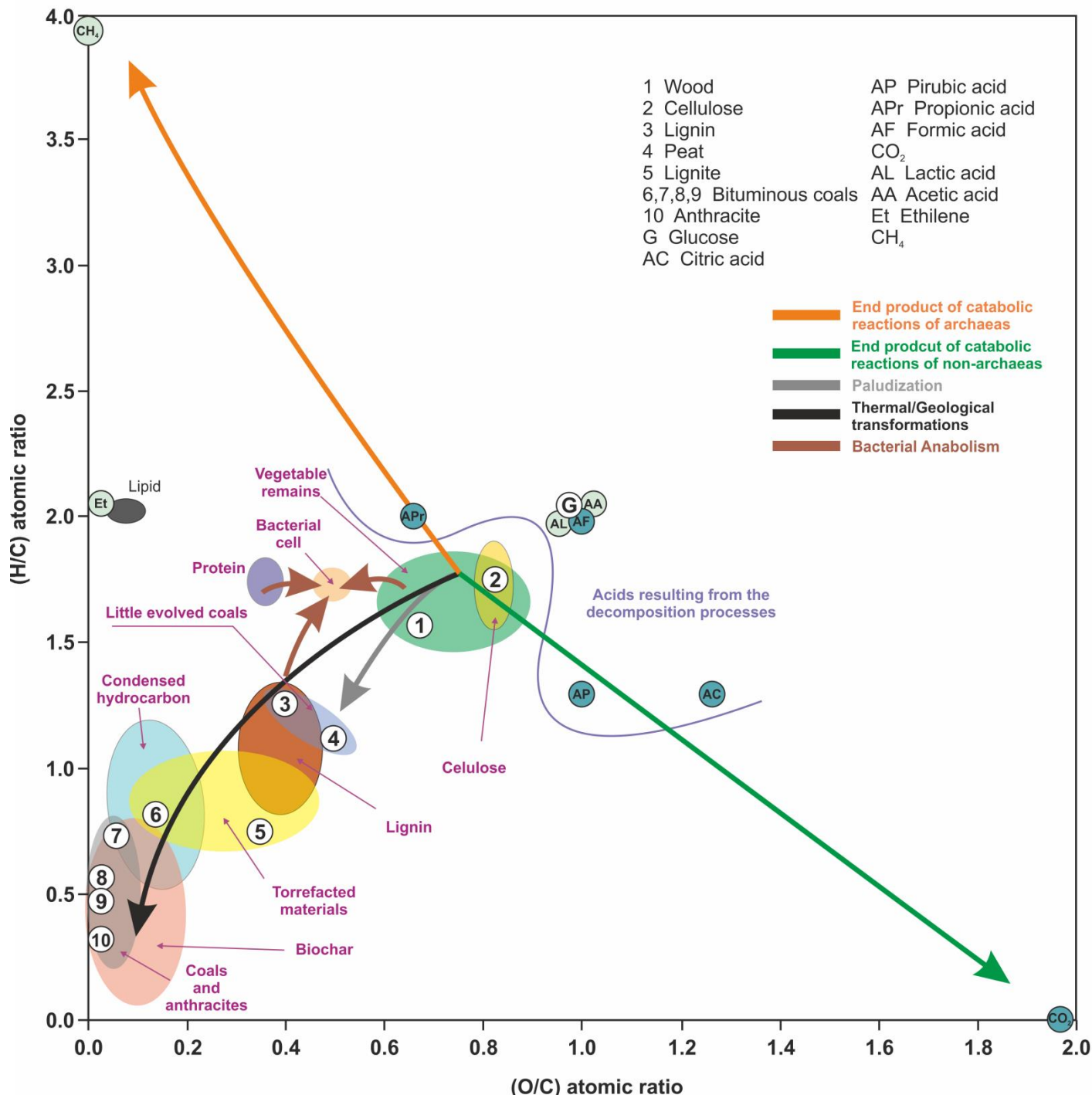
Crecimiento de hongos micorrícicos en biocarbones

CALSIFICACION DE LOS BIOCARBONES

- **C_{org} (%)**
- **Classification**
- $\geq 60\%$ Class 1
- $\geq 30\%$ - $< 60\%$ Class 2
- $\geq 10\%$ - $< 30\%$ Class 3
- $< 10\%$ Not biochar



- Poder encalante, Aporte fertilizante, Reactividad superficial, Durabilidad



En la mayor parte de los casos los Tecnosoles consiguen en un plazo mucho más corto que la atenuación natural o el aporte de enmiendas, los objetivos de recuperación de la cobertura vegetal deseada, tanto en suelos bien drenados como en humedales, lagunas, etc.

SON SUELOS



Tecnosol hiperdistrófico hiperándico en Galicia

No hay crecimiento vegetativo o es muy escaso



A veces se necesita que la vegetación no crezca o lo haga muy poco

06/05/2015

Tecnosol distrófico ándico en Galicia
A los 3 años la vegetación no supera los 30 cm de altura.



Tecnosol distrófico en Galicia a los 3 años de la instalación. El matorral no supera los 60 cm de altura.



Tecnosoles hipereutroficicos

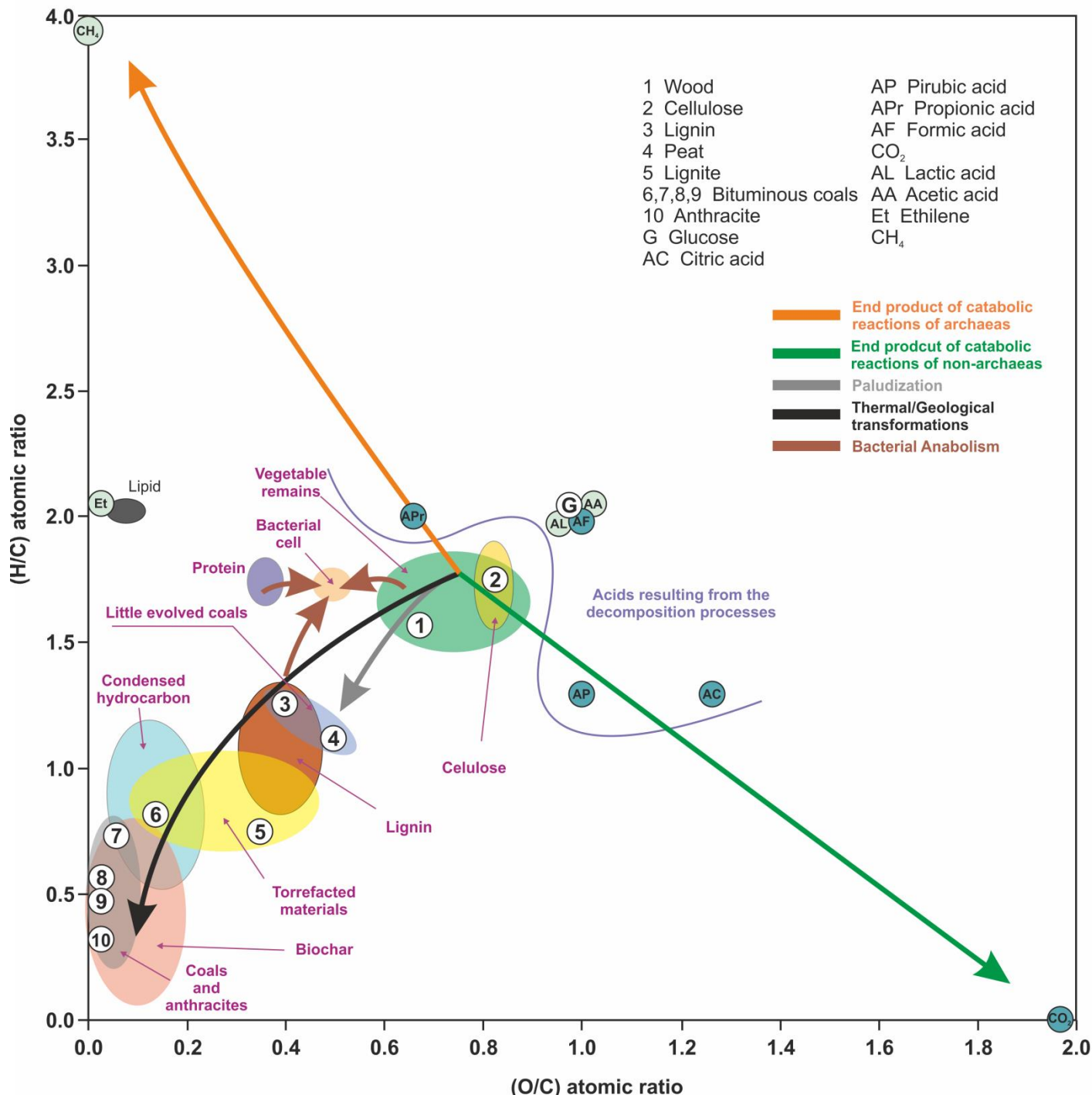
Tecnosoles distróficos e hiperdistróficos



Eutrophic



Dystrophic



TERRAMATER

RECUPERACION PREVENTIVA DE SUELOS QUEMADOS

- MAS FOTOSINTESIS.
- MAS FERTILIDAD DE SUELOS. ABONOS
- MAS HUMIFICACION Y METAESTABILIZACION
- MAS TECNOSUELOS EUTROFICOS CON CARBONO RECALCITRANTE
- MAS RETENCIÓN HIDRICA Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA
- MAS ALTERACION DE MINERALES LABILES
- MAS CARBONATAACION
- MAS HUMEDALES REACTIVOS HIDROMORFOS
- MENOS EMISIONES DE CO₂, CH₄ Y NO_x DE LOS SUELOS