

**VALORIZACION DE RESIDUOS EN UN
CONTEXTO DE FORZAMIENTO
CLIMATICO:
EL PAPEL DE LOS TECNOSILES
Y LOS BIOCARBONES**

F.Macías-García¹; M.Camps Arbestain²; M. Bao³; F. Macías-Vázquez⁴

¹ Tratamientos Ecológicos del Noroeste

² Massey University, Palmerston, New Zealand

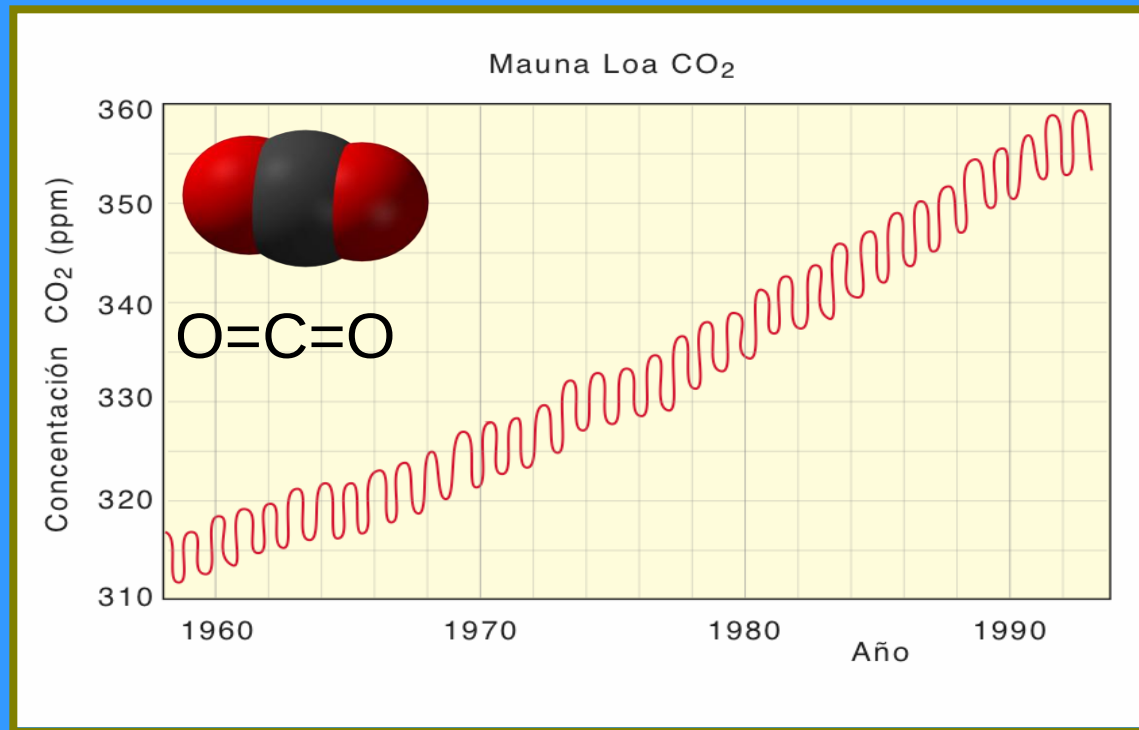
³ Dpt. Ingeniería Química. Universidad de Santiago.

⁴ Dpt. Edafología. Universidad de Santiago de Compostela.

Anthropogenic input...

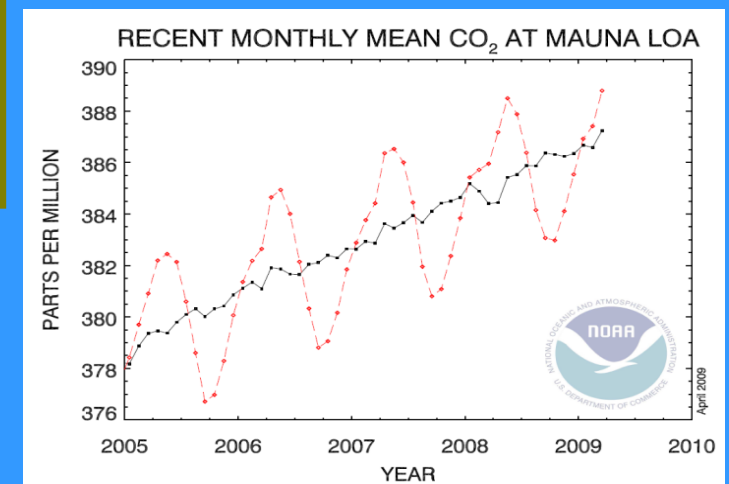
2

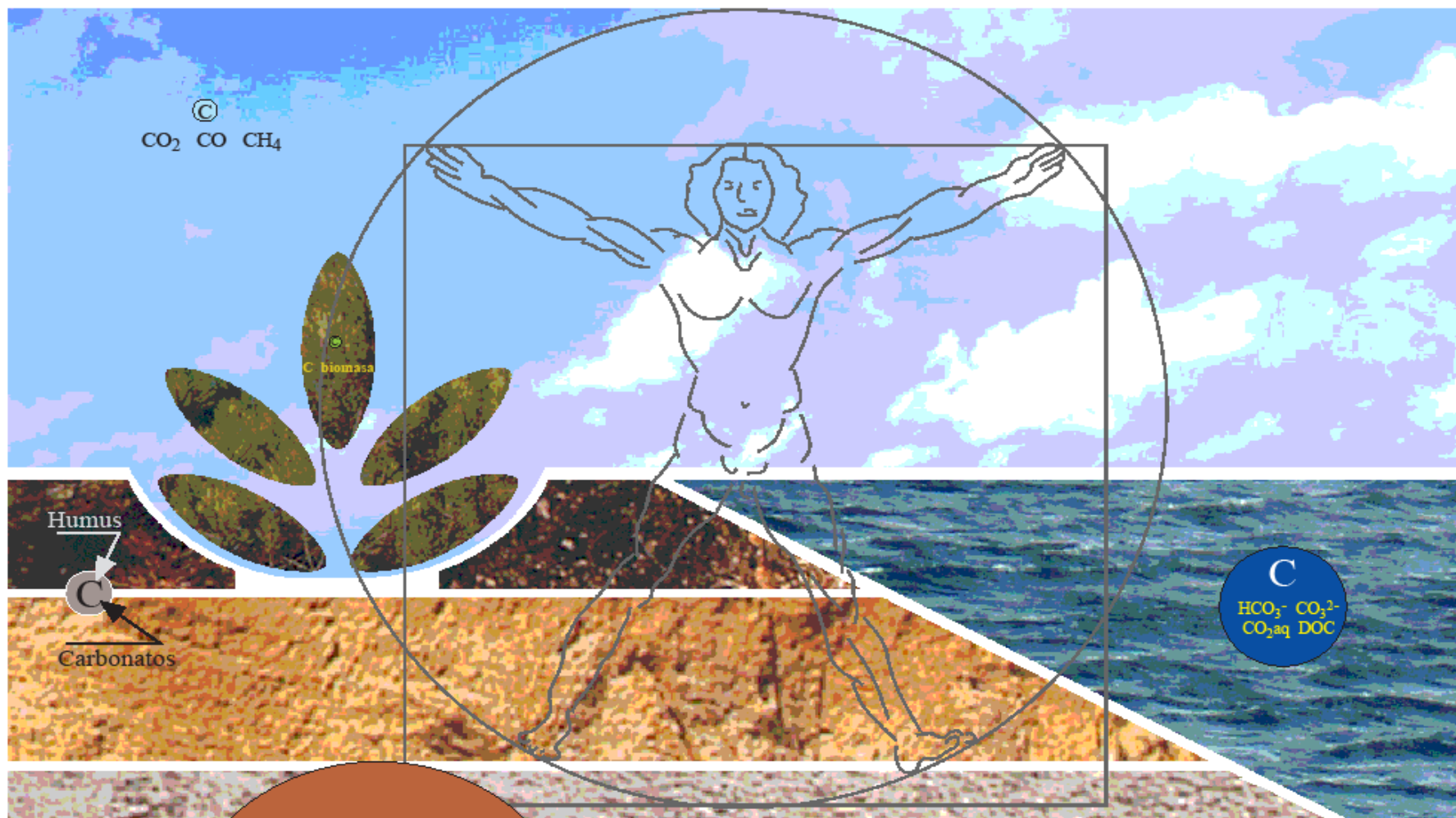
Atmospheric concentration of CO₂ has increased markedly during the last century as a result of human activities



Charles Keeling

Current CO₂ concentration is 385 ppm (by volume) equivalent to 805 Gt C

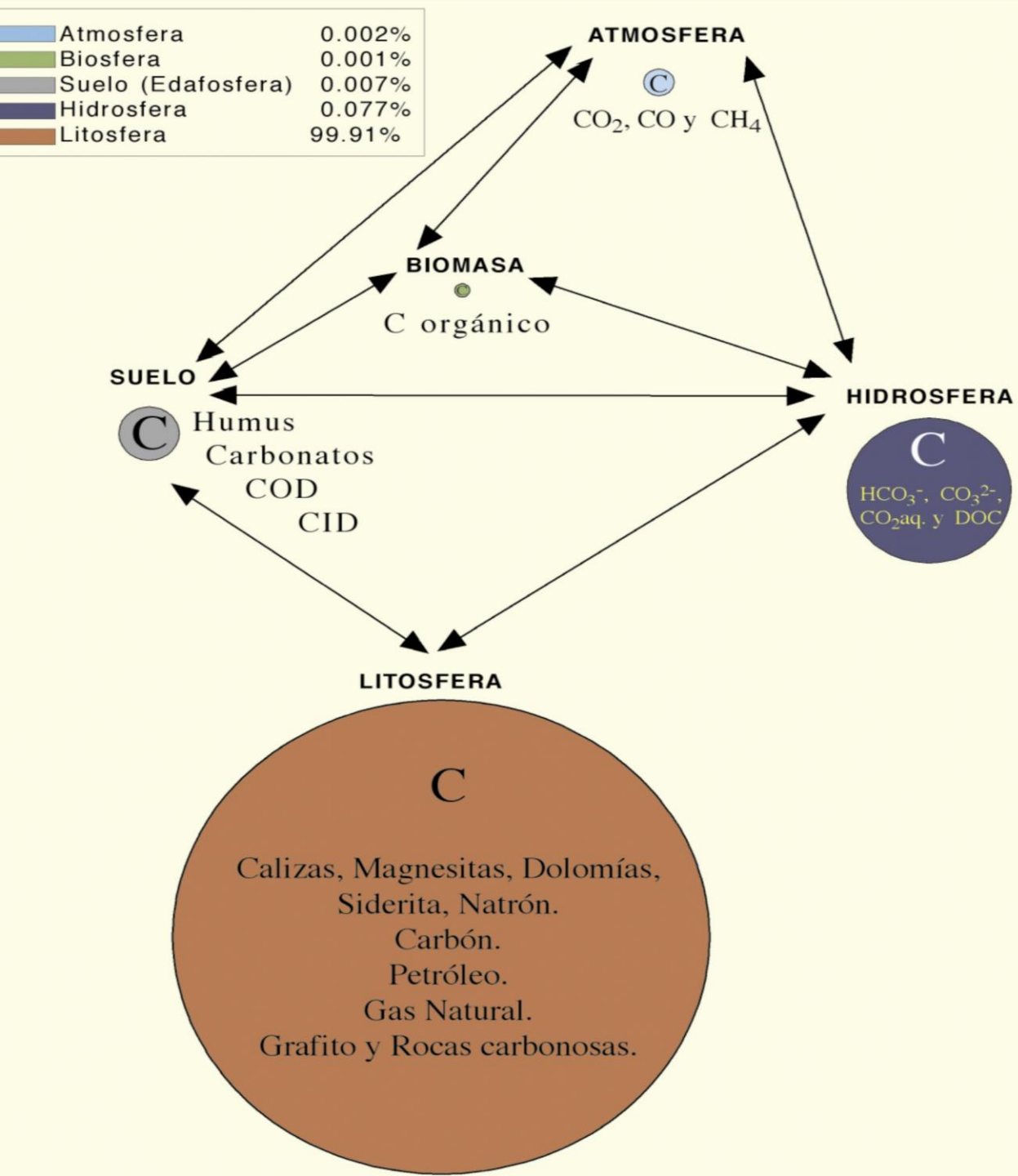




C

Calizas, Magnesitas, Dolomías,
Siderita, etc.
Carbón.
Petróleo.
Gas Natural.
Grafito y Rocas carbonosas.

El hombre es responsable del incremento
de gases de efecto invernadero y de otros muchos problemas de
Contaminación de suelos, aguas y ecosistemas.
Debemos utilizar el conocimiento y restituir los ciclos naturales



- **Biosfera** 1
- **Atmósfera** 2
- **Suelo** 7
- **Agua** 77
- **Gea** 99910

PROBLEMAS AMBIENTALES

- Demasiados residuos y demasiada materia orgánica. En los residuos (Estrategia Europea de Protección do Solo, 2004. La Europa de los 15 produce anualmente más de 1000 millones de toneladas de residuos). En Alemania <1% va a vertedero. En España > 30%.

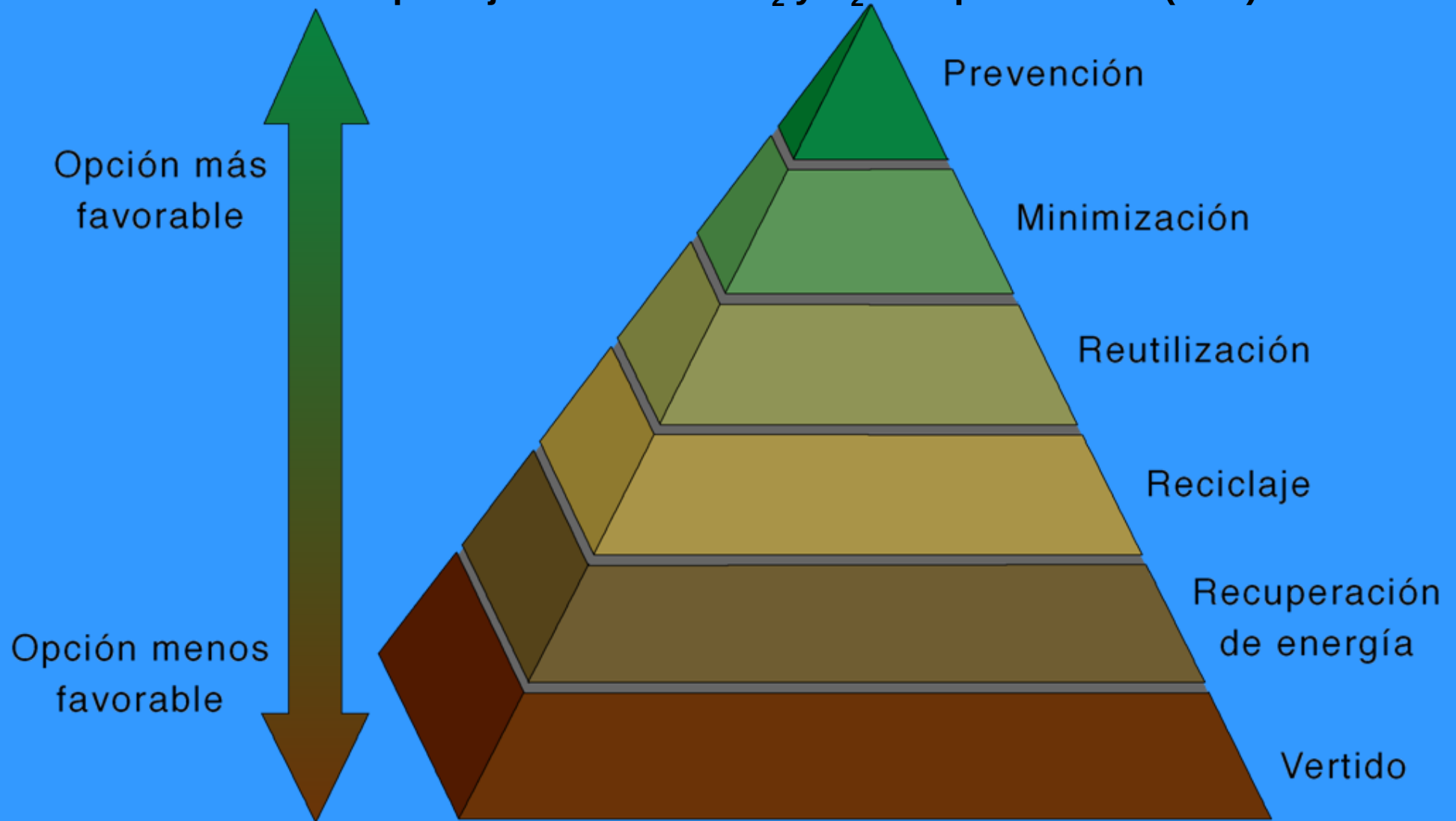


Objetivos de la Gestión de Residuos

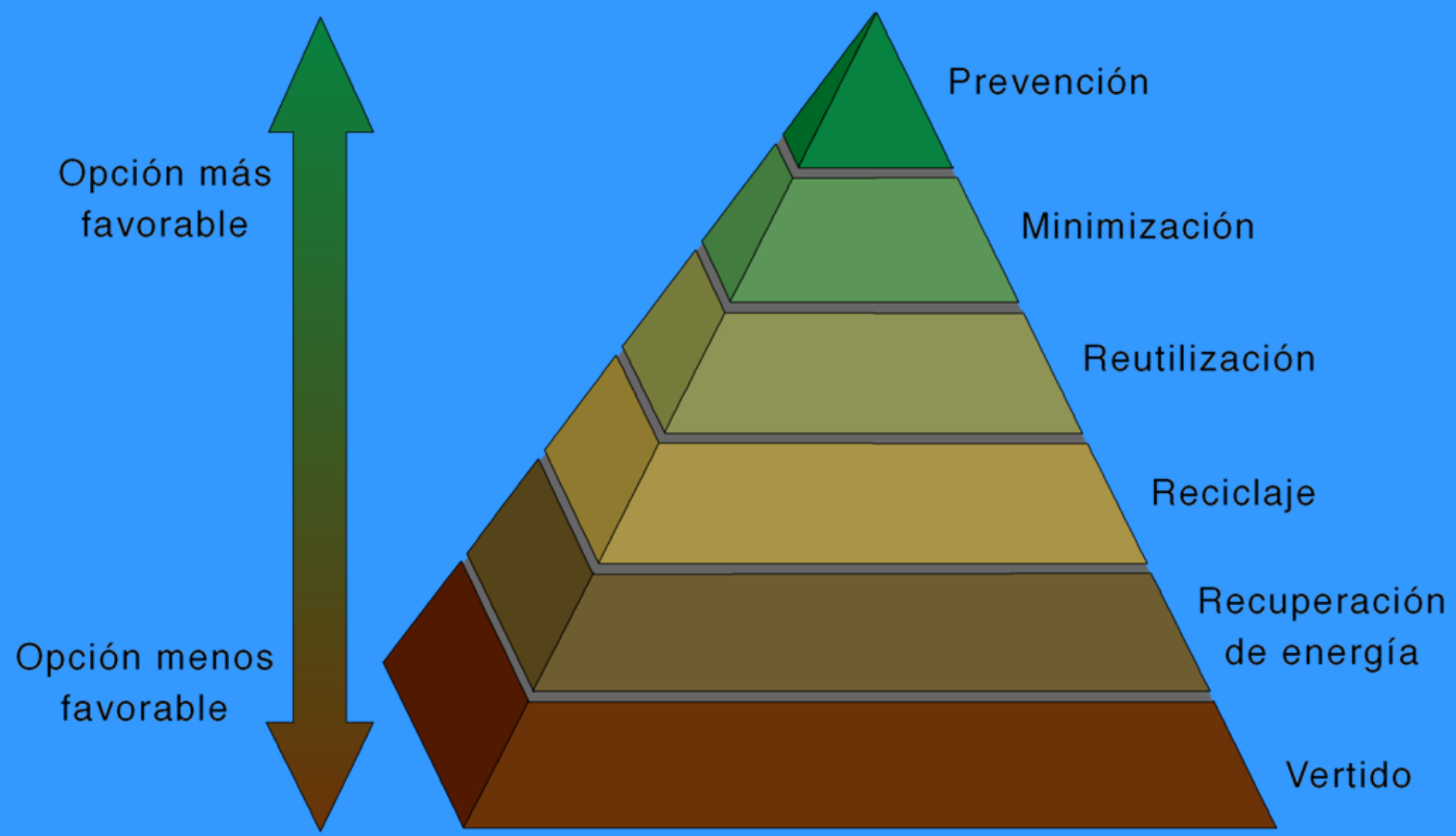
- Eliminarlo con garantía sanitaria, evitando molestias y vectores
- Disminuir el volumen ocupado por los residuos llevándolo a lugares controlados
- Recuperar parcial o totalmente la energía del residuo
- Recuperar nutrientes

¿Qué hacemos con los residuos?.

- Vertedero. Fuente de CH_4 , CO_2 y N_2O en pocos años (<10)
- Incineración. Fuente de CO_2 y NO_x en pocas horas o días
- Compostaje. Fuente de CO_2 y N_2O en pocos años (< 10)



El problema se produce porque utilizamos los sistemas más sensibles (agua y aire) para eliminar los residuos.
Creamos sistemas en desequilibrio, superando su Carga Crítica de Contaminantes.



La gestión de los Residuos es inadecuada

- El C y el N de los residuos lo enviamos al aire o al agua en vez de reintegrarlo a los ciclos biogeoquímicos en los lugares más resistentes que son los suelos.
- El 50% del C que entra en un vertedero sale como CH_4 y 50% como CO_2 . El aprovechamiento energético de CH_4 no supera el 60% en las mejores condiciones. > 30% del N como NO_x .
- En la Incineración el 100% del C sale como CO_2 . > 80% N como NO_x
- En el Compostaje se pierde el 50% C, como CO_2 , en la fase de elaboración. 30% del N como NO_x o NH_3 . En menos de 10 años el 100% del C y del N está en la atmósfera.
- Cuando vertemos los residuos en el agua, la deterioramos rápidamente porque superamos su capacidad depuradora y/o diluyente.

Residuos con destino a vertedero (Federal Environment Germany (2011))

- Alemania 3 kg/hab/año (0,5% total)
- Suecia 21
- Bélgica 21
- España 350 (59,5% total)
- Grecia 371
- Bulgaria 388
- Los vertederos europeos emiten 110 millones de toneladas de CO₂/año. La Central Térmica de As Pontes emite en torno a 9 millones
- Eliminar los vertederos reduciría las emisiones europeas un 32% en el año 2020.

Convertimos los residuos en Gases de efecto invernadero y acortamos sus ciclos de vida.

- Todos nuestros sistemas de gestión conducen a enviar el C y el a la atmósfera en el menor tiempo posible.
- CO_2
- CH_4 : 23 CO_2
- NO_x : 44 CO_2
- Combustión: minutos a horas.
- Vertedero: Años.
- Compostaje: Años.

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 CH₄ y 50% como CO₂.
> 30% del N como NO_x. El aprovechamiento energético de CH₄ no supera el 60%.**
- **Incineración: 100% del C sale como CO₂. > 80% N como NO_x**
- **Compostaje: 50% C se pierde en la elaboración como CO₂. 30% del N como NO_x o NH₃.
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.**
- **NINGUNO FORMA C RECALCITRANTE DE FORMA SIGNIFICATIVA.**

CARBONO RECALCITANTE

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

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.

¿Podemos aprender de la naturaleza?

¿Qué hace la Biosfera?

- Recicla todo.
- 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.
- 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.

- Para la naturaleza no hay residuos, sino materiales-recurso que están en el sitio inadecuado, o en la forma inadecuada, porque son extraños o recién llegados. Luego los transforma o los cambia de sitio.
- La Biosfera, sólo necesita tiempo. Utiliza principios termodinámicos y pone cada cosa en su sitio y en la forma que está en equilibrio termodinámico.

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 problems ´con pérdida de**
- **recursos.**

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.**

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,



Umbrisol ali-húmico (Galicia)

- Sustancias húmicas metaestabilizadas por formas de Al reactivas.
- Más de 1.000 años de residencia del Carbono.



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.



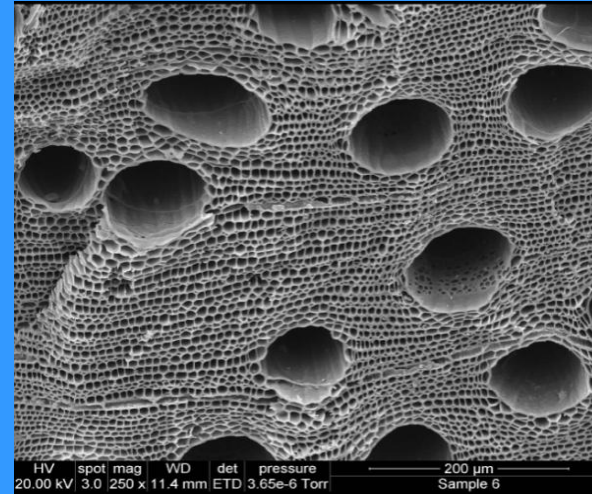




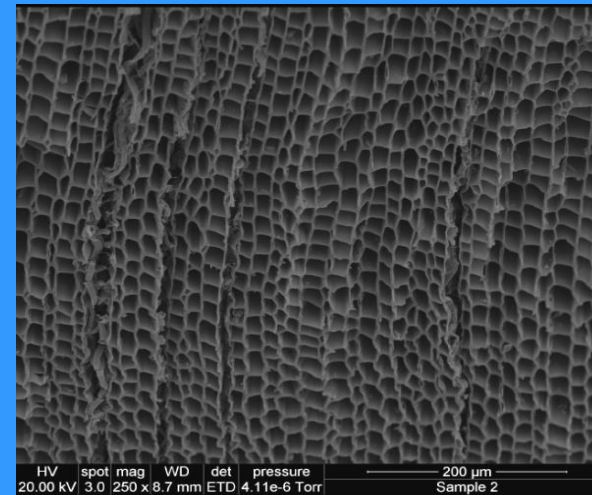
BIOCHAR

Derio, 13 julio 2010

Influencia del material orgánico



Eucaliptus



Pinus



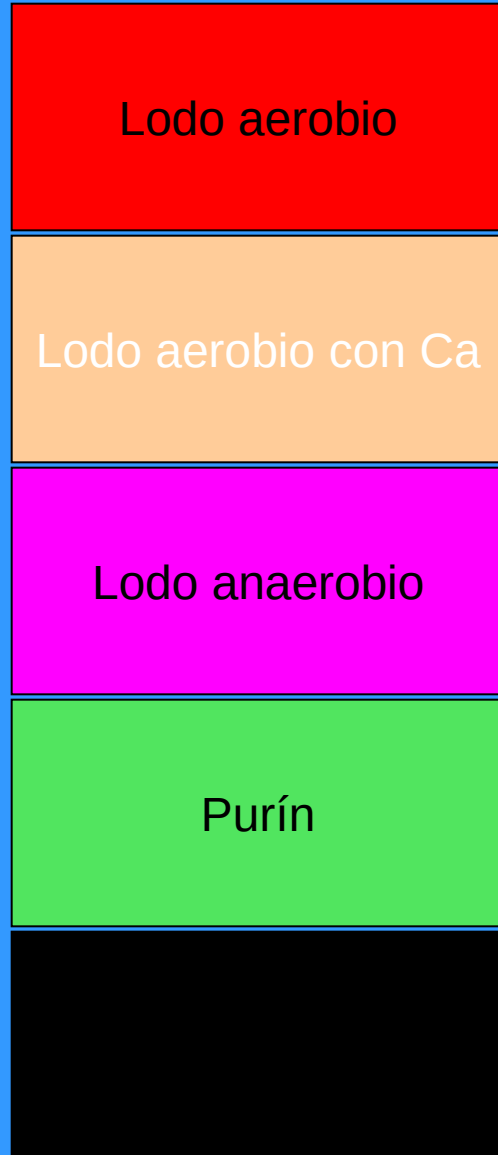




- **TECNOSOLES DERIVADOS DE RESIDUOS A MEDIDA. TECNOSOLES A IMAGEN DE LOS SUELOS NATURALES.**
- **APRENDIENDO DE LA NATURALEZA. APRENDIENDO DE LOS SUELOS.**

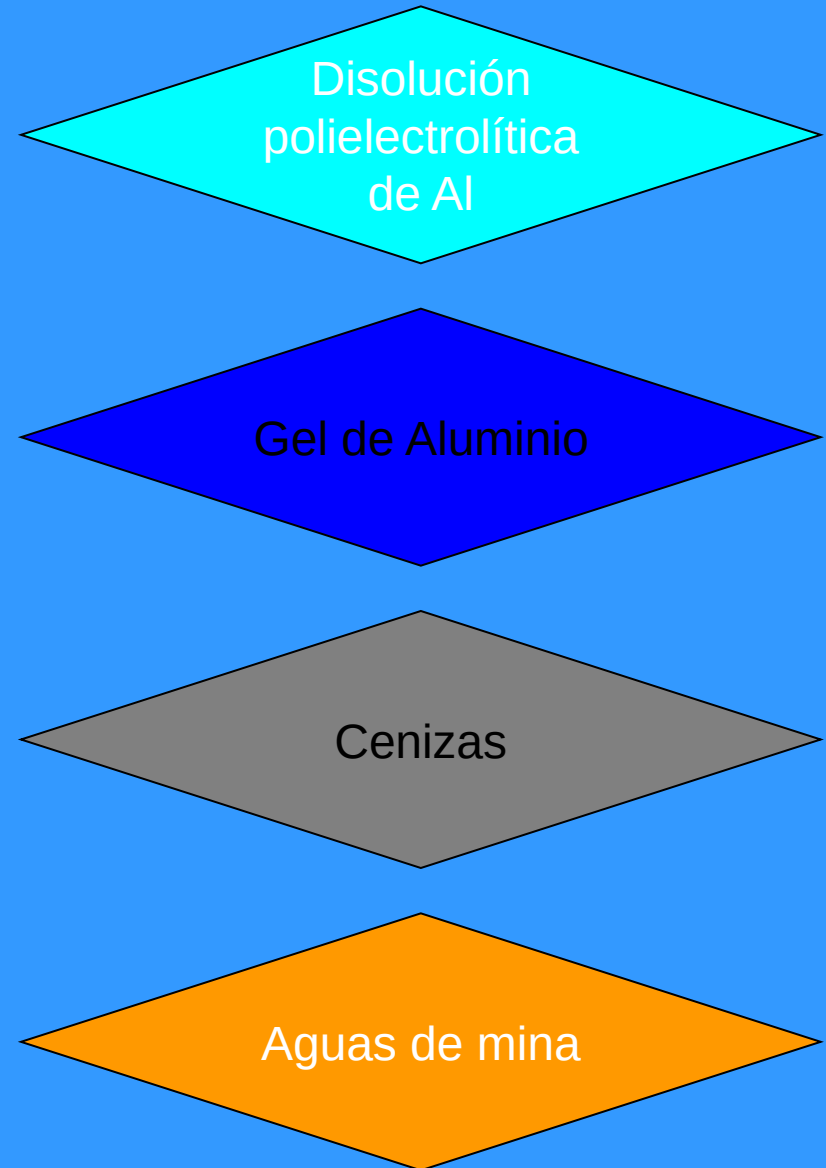
Materiales Fermentables y Acondicionadores

Materiales Fermentables



+

Acondicionadores



Experiencia en Touro





2001



TECNOSOLES

Una aplicación de la Ciencia del Suelo a la mitigación de los problemas ambientales y productivos”.



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

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





Tecnosol silandico
Permite vegetación
Mejora calidad del agua
Producción baja



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



Z

**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**





Tecnosoles
(6 años)

Vegetación suelo
original
(9 años)

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











Touro Mayo-11

Carmen P. Llaguno



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 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.

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



Lago azul de Ypacaraí (Paraguay)



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	97.82
<i>Anabaena spiroides</i>	11638	10395	10.68
<i>Chroococcus turgidus</i>	10904	0	100
<i>Aphanocapsa</i> sp.	5650	2260	60.00
<i>Anabaena affinis</i>	2938	0	100
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	11299	0	100
<i>Microcystis aeruginosa</i>	98870	11299	88.57
<i>Merismopedia tenuissima</i>	678	0	100
<i>Microcystis flos-aquae</i>	11299	0	100
TOTAL CIANOBACTERIAS	308643	27345	93.08



Fotografía 4.3



Fotografia 4.7

