

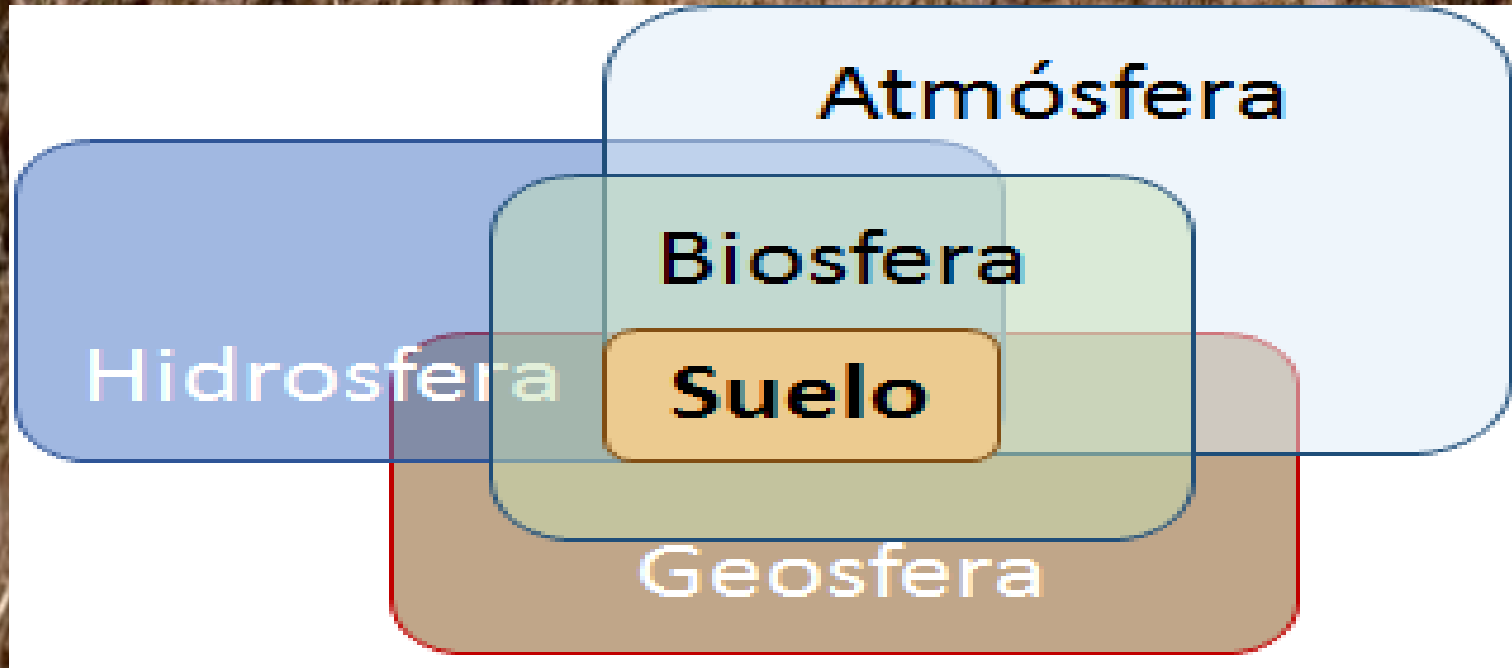


JORNADA TÉCNICAS SOBRE GESTIÓN DE SUELOS

# LA MATERIA ORGÁNICA Y LA CALIDAD DEL SUELO EN PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

JUANA LABRADOR MORENO

## CENTRO REGULADOR CRÍTICO



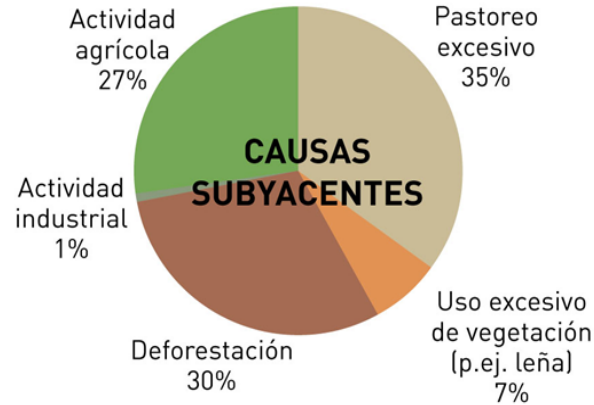
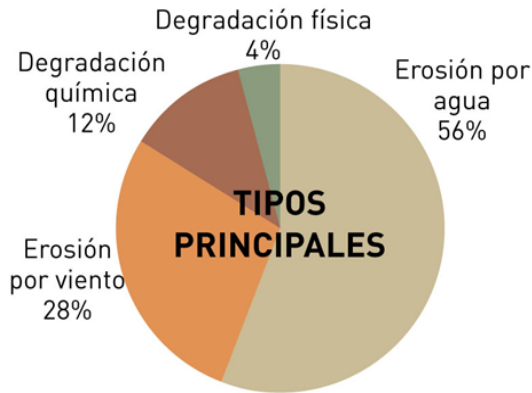
la calidad del suelo se define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat -Soil Science Society of America-

indicadores

En relación a la calidad de un suelo podemos medir una **calidad absoluta** en función de la desviación de unas **propiedades ideales** o medir una **calidad relativa** en relación a su **idoneidad** para un **uso** determinado



## Principales tipos y causas de degradación del suelo



Yet, 33% of our global soils are degraded

El fenómeno que mejor expresa la pérdida de calidad de un suelo es la **degradación**. Vamos a definirla como **un cambio en la calidad del suelo** resultando en una disminución de la capacidad del agrosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios

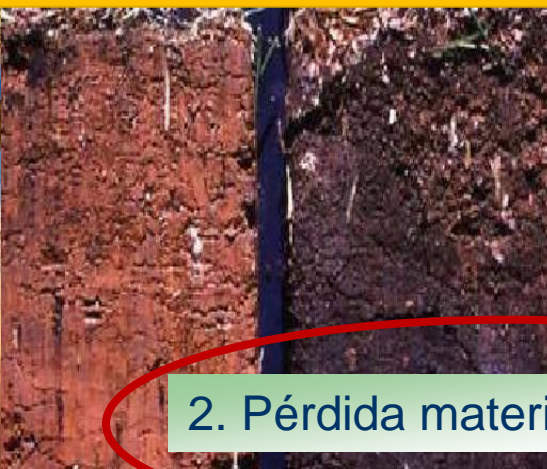
Implica la pérdida parcial o total de la **funcionalidad** de suelos, cuantitativa o cualitativamente.







1. Contaminación



2. Pérdida materia orgánica



3. Erosión



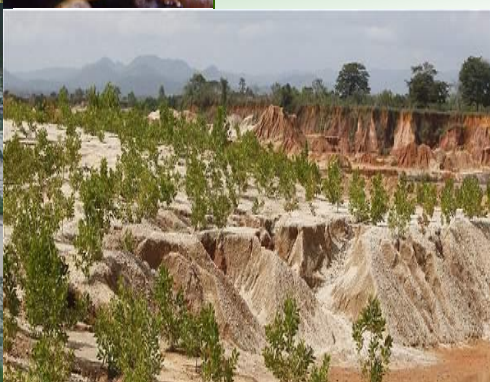
4. Pérdida de biodiversidad



7. sellado



8. Inundaciones y deslizamientos

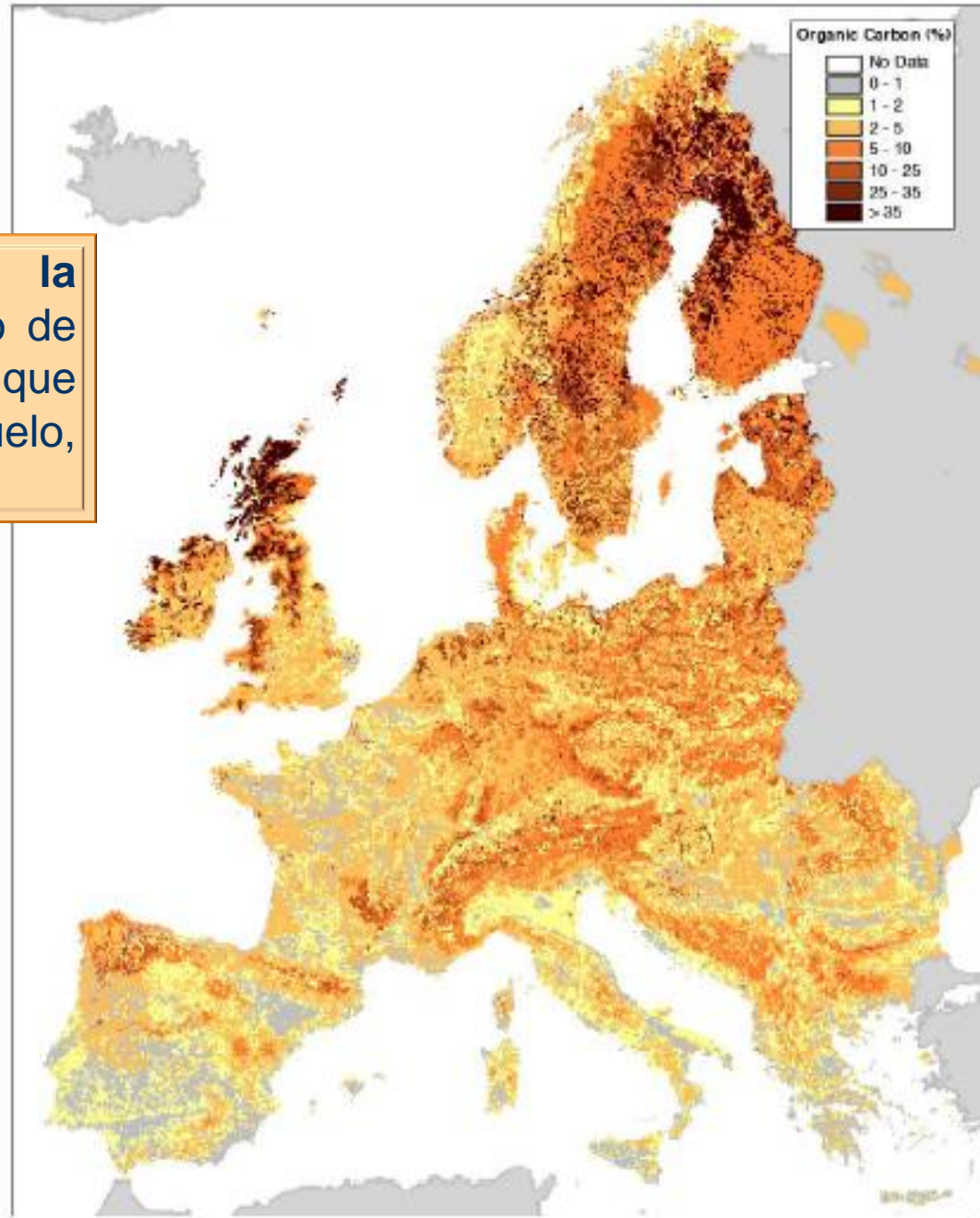


6. salinización

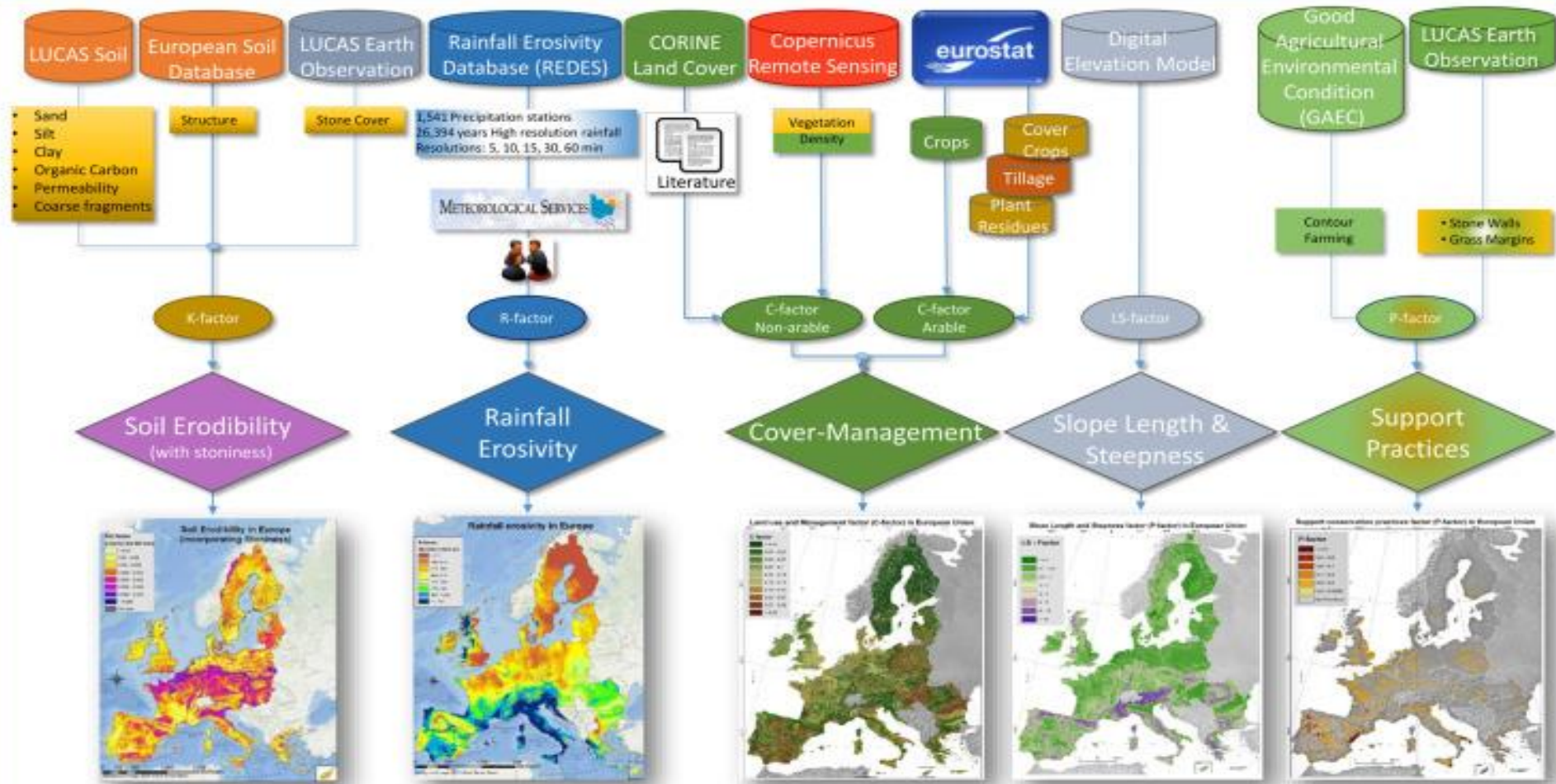




La COM (2002) considera **la disminución de la MOS** como uno de los proceso más graves de todos los que afectan a la degradación del suelo, especialmente en el sur de Europa.



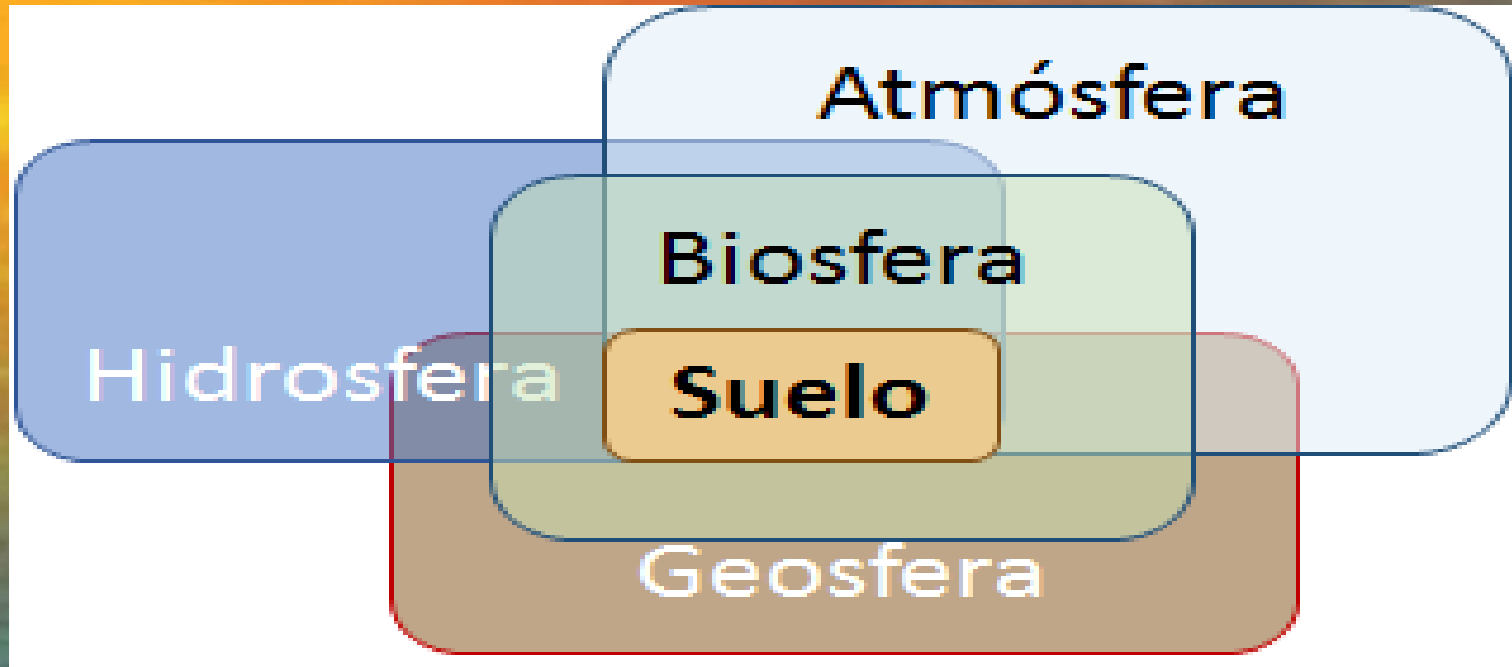




La Agencia Europea de Medio Ambiente ha identificado **la conservación de la materia orgánica** como uno de los objetivos prioritarios frente a la degradación del suelo (Panagos y cols, 2015)



## CENTRO REGULADOR CRÍTICO



Si consideramos al suelo como **un elemento importante del sistema climático** y como consecuencia **un elemento importante para la prevención del cambio climático** -es el segundo depósito o «sumidero» de carbono, después de los océanos- **comprenderemos la relación entre cambio climático y calidad del suelo**

La degradación de los suelos se traduce directamente en miles de millones de toneladas de carbono a la atmósfera y en la pérdida de funcionalidad del suelo como sumidero de carbono.



La ciencia nos dice que el suelo actúa como fuente y sumidero de carbono y es la función como sumidero el arma más eficaz en la lucha frente al cambio climático

Pero la ciencia también ha demostrado que

el **reconocimiento político** del papel que desempeña el carbono en el suelo podría marcar un importante cambio sutil en el debate sobre el calentamiento global,

La **biología del suelo** es un controlador de la dinámica del carbono y fundamentalmente de su conservación

la mayor contribución en suelos de cultivo para **maximizar la retención y minimizar las pérdidas** viene de la mano del manejo del carbono orgánico a través de **técnicas y prácticas agrarias con bases agroecológicas**







La **ciencia del suelo** considera que la **materia orgánica** es «un componente principal que **regula la capacidad del suelo para mantener su fertilidad y optimizar su conservación**, además de ofrecer **servicios ambientales** que permiten sostener al ser humano en el ámbito local y a escalas globales



## ALGUNAS ACTUACIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

### Parámetros físicos

**Temperatura:** Mantiene el suelo más caliente en invierno y más frescos en verano. Las variaciones de temperatura son menores.

**Estructura:** Participa en la agregación de las partículas minerales. Mejora y mantiene la estabilidad de la estructura. Reduce la erosión y el encostramiento. Mejora la porosidad.

**Dinámica del agua:** Aumenta la permeabilidad y la capacidad del suelo para retener el agua. Facilita el drenaje al optimizar la porosidad. Reduce las pérdidas por evaporación.

### Parámetros químicos

**pH:** Tiene poder tampón, regulando el pH, impidiendo variaciones que serían perjudiciales para la nutrición vegetal y la vida de los organismos del suelo.

**Capacidad de cambio:** Aumenta la reserva de nutrientes minerales y la capacidad para intercambiarlos con el medio líquido según las necesidades de las plantas, disminuyendo las pérdidas por lixiviación

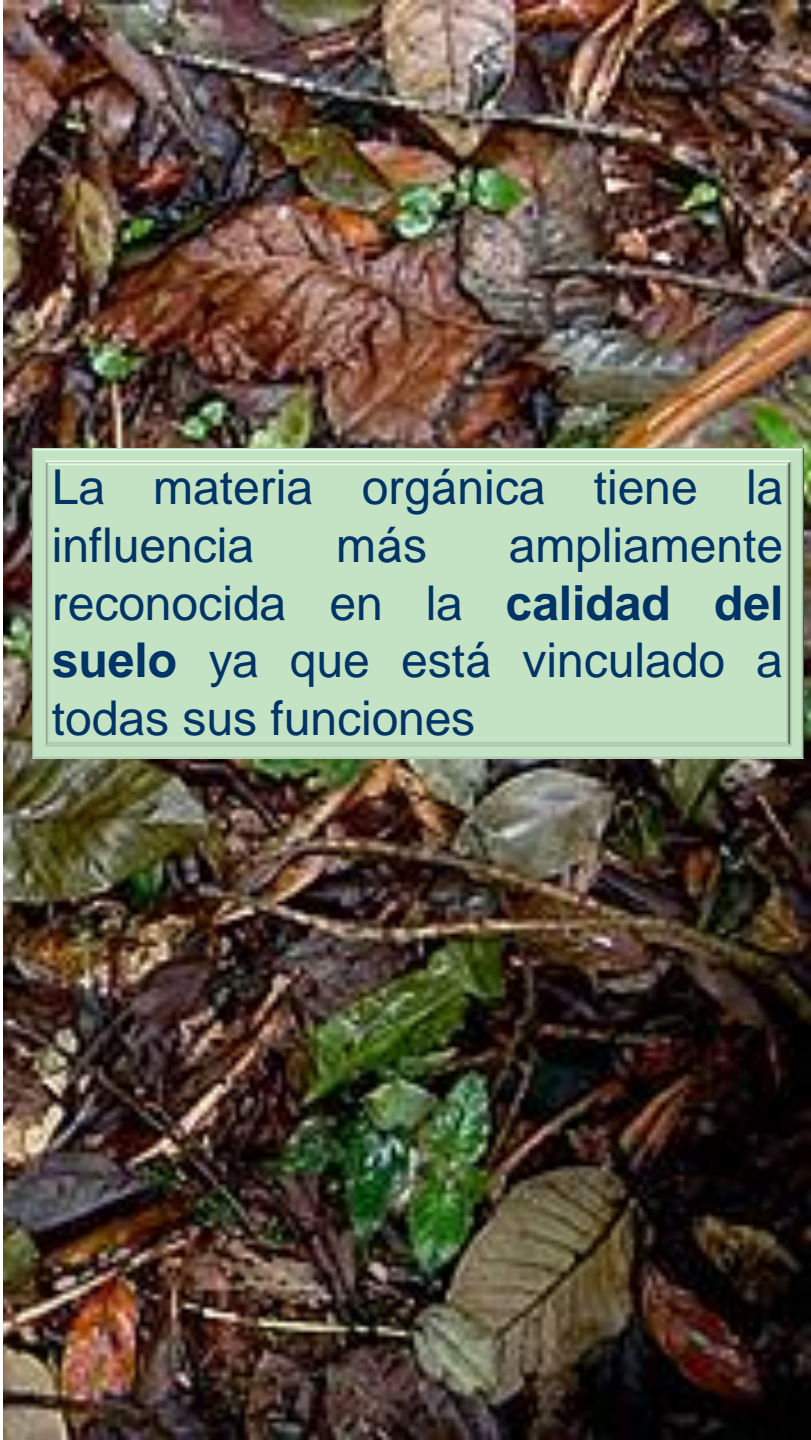
**Nutrientes:** Provee de nutrientes en forma orgánica. Favorece la solubilidad de los elementos minerales. Origina compuestos más estables y mediante la quelación y complejación da lugar a uniones con microelementos que impiden su pérdida y facilitan su asimilación por el vegetal. Mantiene las reservas orgánicas de nitrógeno en el suelo.

### Parámetros biológicos

**Sobre la rizosfera:** Equilibra la porosidad del suelo, por lo que favorece el intercambio de gases en la zona radicular. Favorece la simbiosis de micorrizas y rizobium.

**Sobre los organismos:** Aumenta la biodiversidad al aumentar el número de hábitat, la cantidad de nutrientes y de energía y el número de presas. Regula la actividad de los organismos, favoreciendo la biotransformación de las sustancias orgánicas y la formación de sustancias húmicas.

**Sobre la planta:** Favorece la germinación de las semillas. Activa la formación de raíces en las plantas y su mejor desarrollo al conseguir suelos más grumosos. Mejora la resistencia de la planta frente a enfermedades y plagas y equilibra y mejora su estado nutritivo. Contrarresta el efecto de tóxicas y biocidas.



La materia orgánica tiene la influencia más ampliamente reconocida en la **calidad del suelo** ya que está vinculado a todas sus funciones





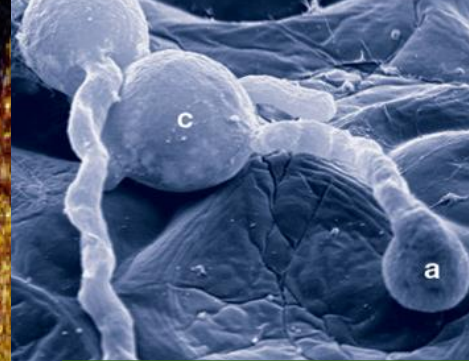
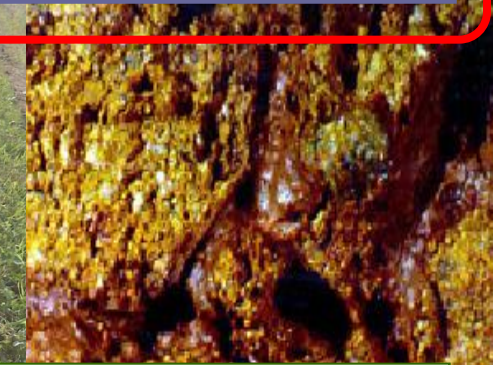
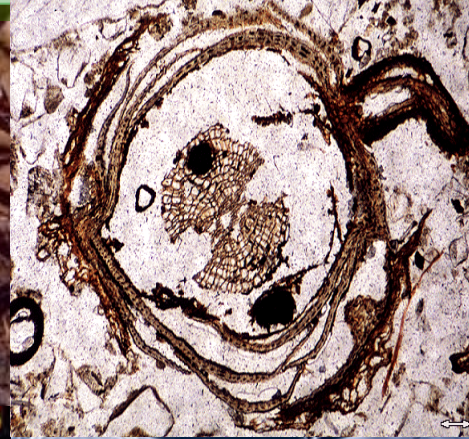
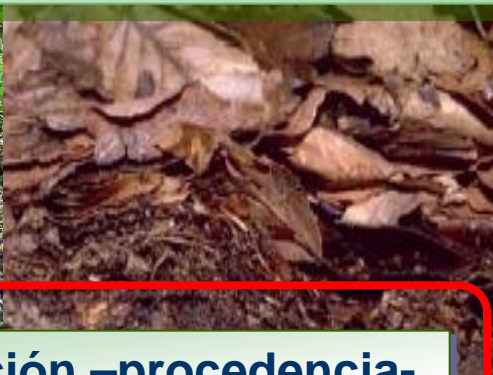
## **Materia orgánica del suelo (MOS):**

El material orgánico de origen biológico, que procede de alteraciones bioquímicas de los restos de animales, plantas y microorganismos y de la propia actividad vegetal y microbiana; que se encuentra localizada en el interior de macro o microagregados, en la solución y en la superficie del suelo y presenta distintos estados de transformación derivados de la dinámica del medio vivo y de la interacción con el medio mineral, los factores ambientales, el tipo de suelo y las prácticas de cultivo

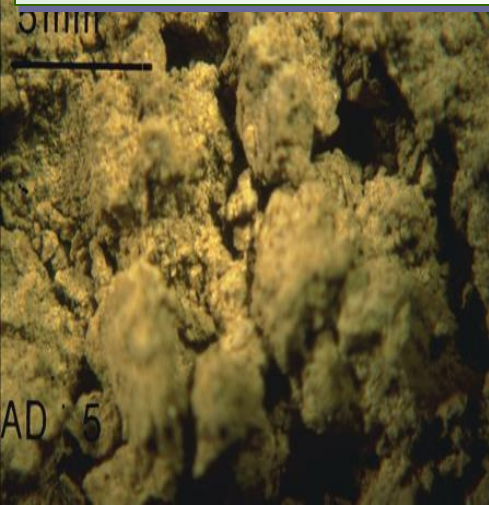


# DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA: BIODEGRADACIÓN Y NEOFORMACIÓN

## 1. Deposición –procedencia-



## 3. redistribución física y estabilización



## 2. biotransformación y procesado





# 1. Deposición –procedencia-

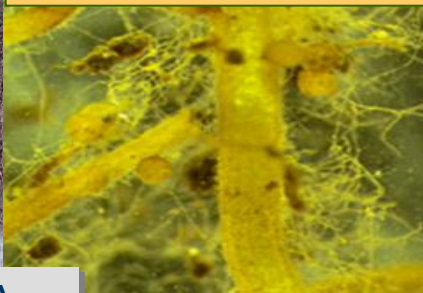




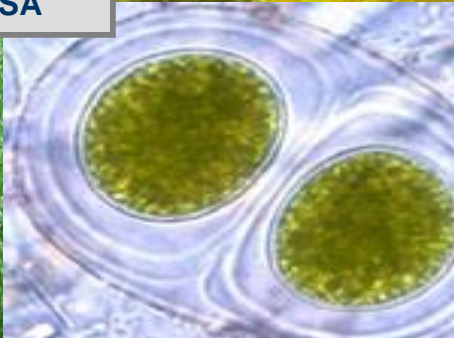
# COMPONENTES DE LA MATERIA ORGÁNICA «VIVA»



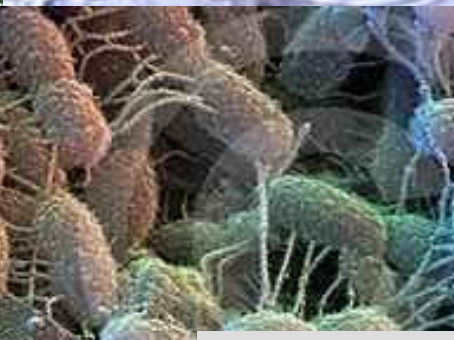
**BIOMASA**



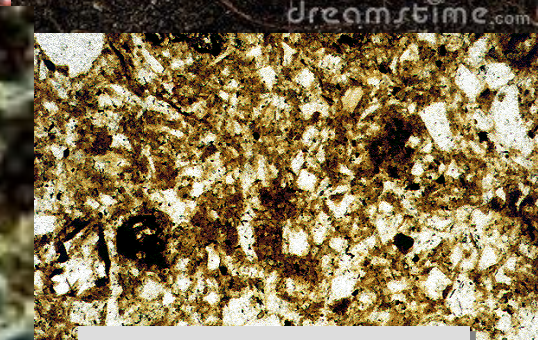
**NECROMASA**



**COPROMASA**



**SEÑALES Y SECRECCIONES**



**NEOMASA**

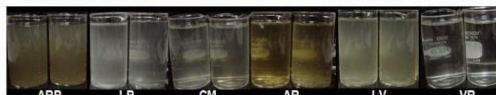




# COMPONENTES DE LA MATERIA ORGÁNICA “NO VIVA” DEL SUELO

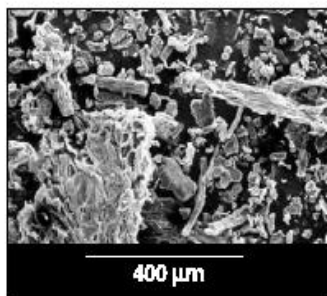
Morphological and physical properties

(a) Dissolved organic matter



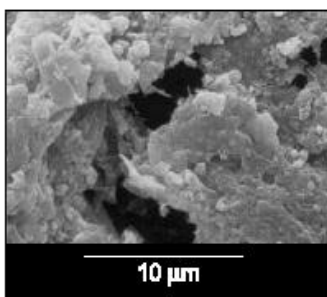
Materia orgánica soluble

(b) Particulate organic matter



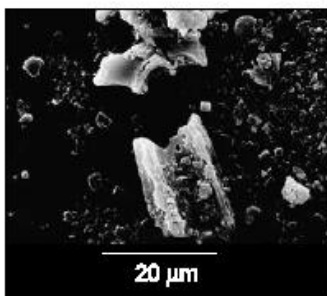
Materia orgánica particulada

(c) Humus



Sustancias húmicas

(d) Recalcitrant (“inert”) organic matter

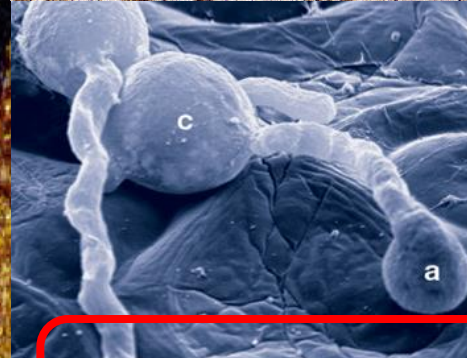
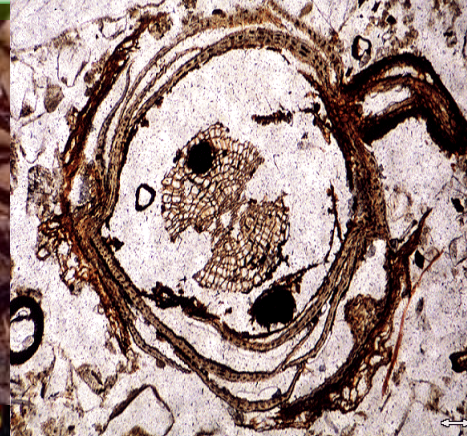
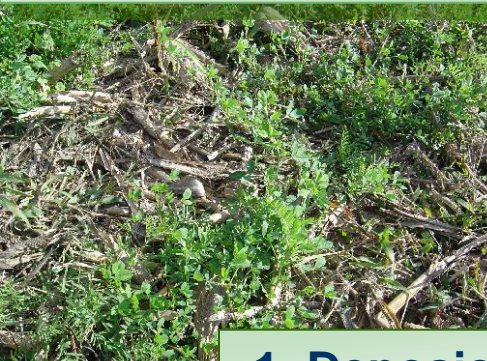


Materia orgánica inerte

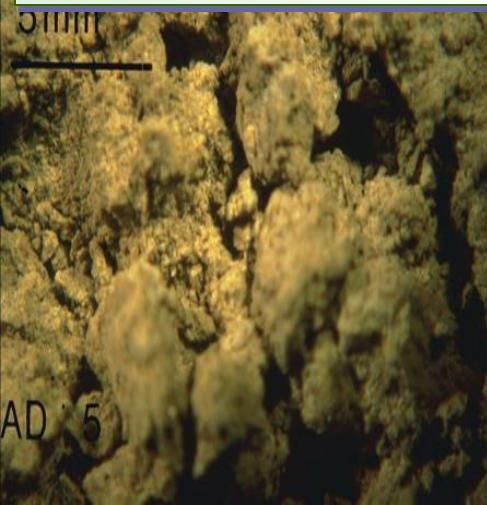


# DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA: BIODEGRADACIÓN Y NEOFORMACIÓN

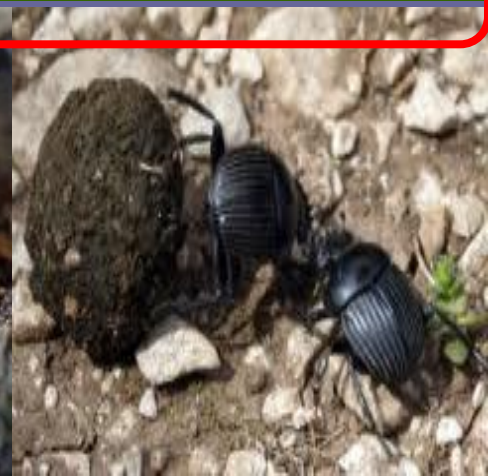
## 1. Deposición –procedencia-



## 3. redistribución física y estabilización



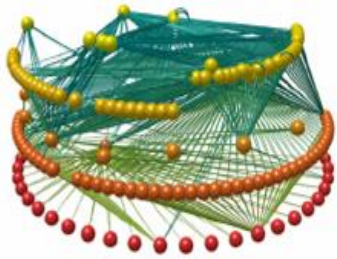
## 2. biotransformación y procesado



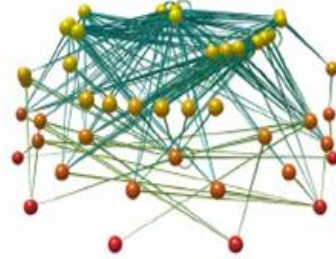


# BIOTRANSFORMACIÓN Y PROCESADO: REDES TRÓFICAS

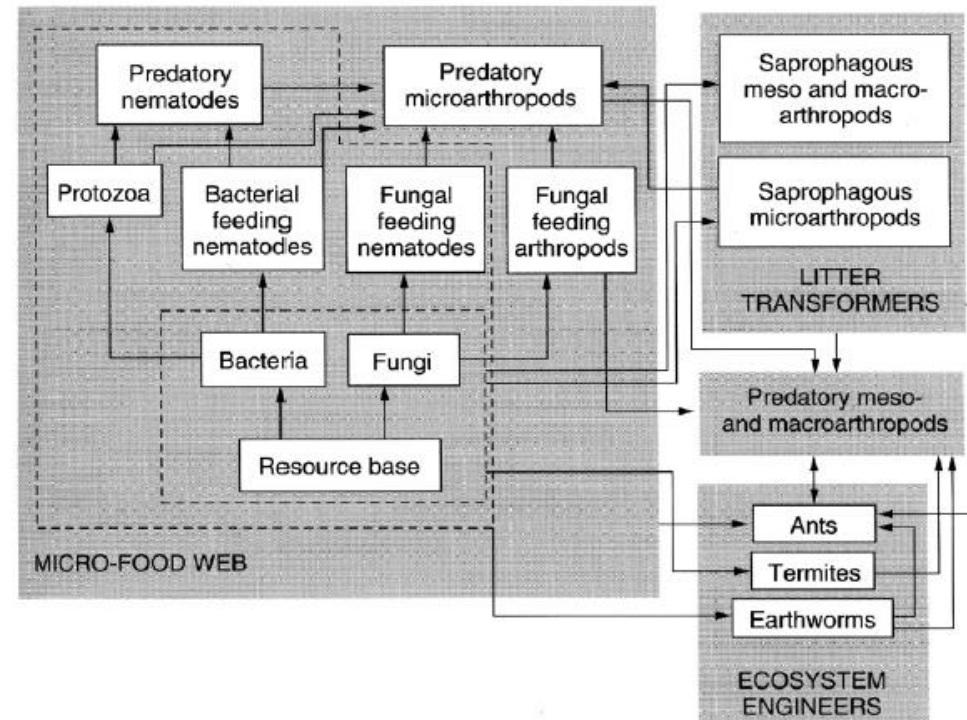
## Burgess Shale



Original Species  
 $S = 142$ ,  $L = 771$ ,  $C = 0.038$   
 $TL = 2.42$ ,  $MaxTL = 3.67$



Trophic Species  
 $S = 48$ ,  $L = 249$ ,  $C = 0.108$   
 $TL = 2.72$ ,  $MaxTL = 3.78$



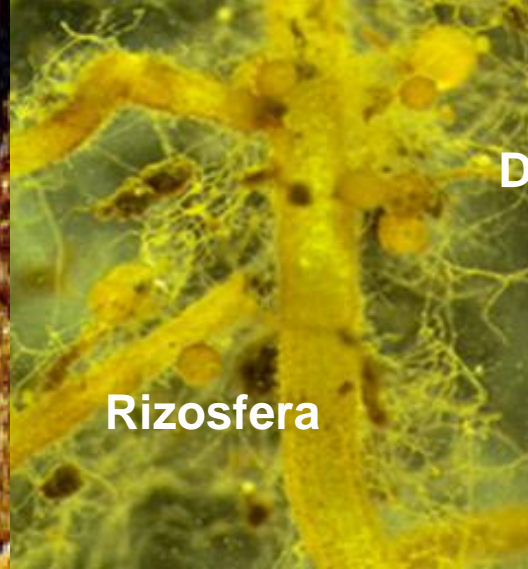
proceso complejo que **se manifiesta a nivel de comunidad**, involucrando a múltiples organismos a distintas escalas espaciales y temporales **–red de redes–**.

- La estructura de las redes ecológicas condiciona la mayoría de las **funciones y servicios** de los agrosistemas
- Estas redes son muy frágiles ante perturbaciones que puedan alterar/eliminar **los grupos funcionales dominantes**,
- La **redundancia funcional** es grande entre la biota edáfica, pero no para todas las funciones, ni en todos los medios





Porosfera



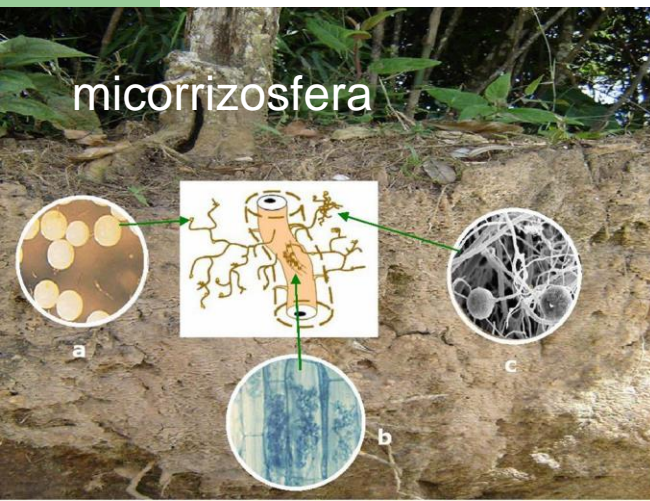
Rizosfera



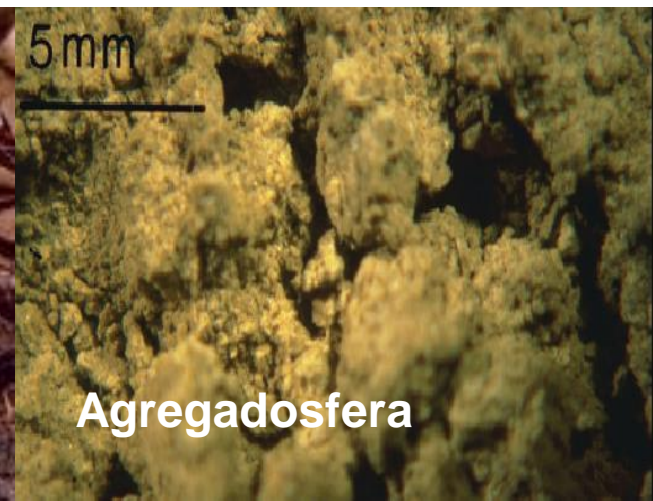
Drilosfera

La mayor actividad de la biodiversidad edáfica se centra en los denominados **dominios funcionales** zonas bioactivas con mayor **cantidad de materia orgánica**

En ellos se **regulan** procesos edáficos y se **generan recursos**



Detritosfera



5mm

Agregadosfera



# INVERTEBRADOS EDÁFICOS Y BIOTRANSFORMACIÓN

**1. los microdepredadores.** Invertebrados más pequeños, protozoos y nemátodos.

1. estimulan la mineralización de la materia orgánica a través de la interacción predador-presa

**3. Macroinvertebrados –ingenieros del agrosistema-**

3. Trituran, mezclan, protegen, producen estructuras biogénicas haciendo biodisponible la materia orgánica

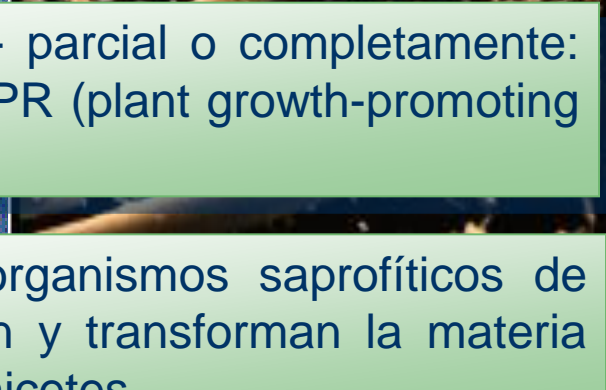
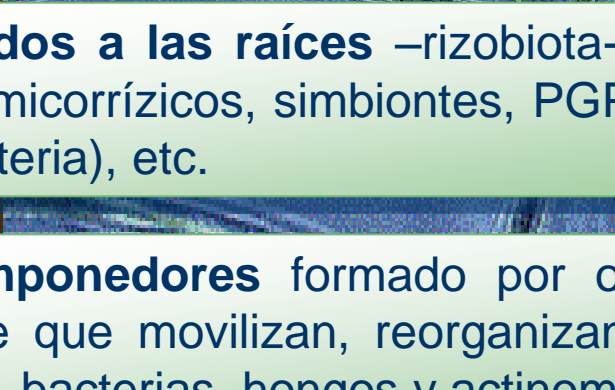
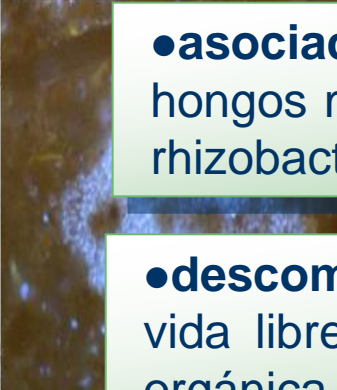
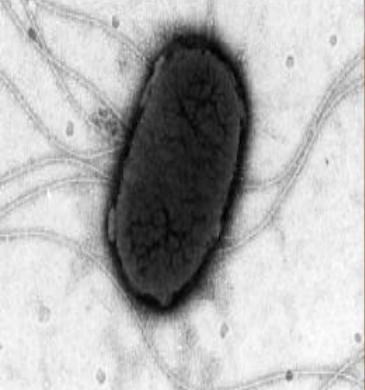
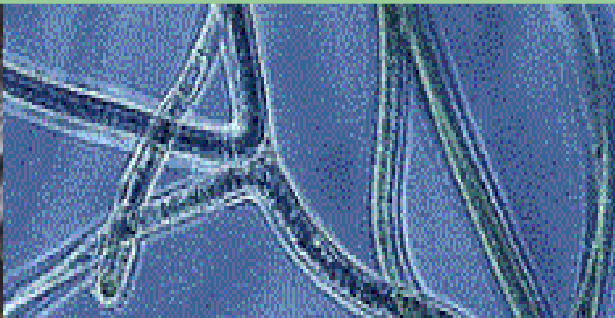
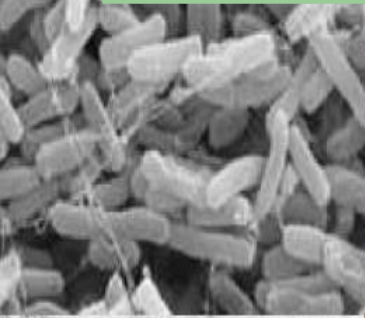
**2. Transformadores de la hojarasca, micro, mesofauna y parte de la macrofauna.**

2. Reducen el tamaño de la MO, aumentan la velocidad de descomposición; inoculan, liberan N, favorecen la agregación con sus deyecciones





# MICROORGANISMOS EDÁFICOS, BIOTRANSFORMACIÓN Y PROCESADO



● **asociados a las raíces** –rizobiota- parcial o completamente: hongos micorrízicos, simbioses, PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria), etc.

● **descomponedores** formado por organismos saprofitos de vida libre que movilizan, reorganizan y transforman la materia orgánica -bacterias, hongos y actinomicetes-

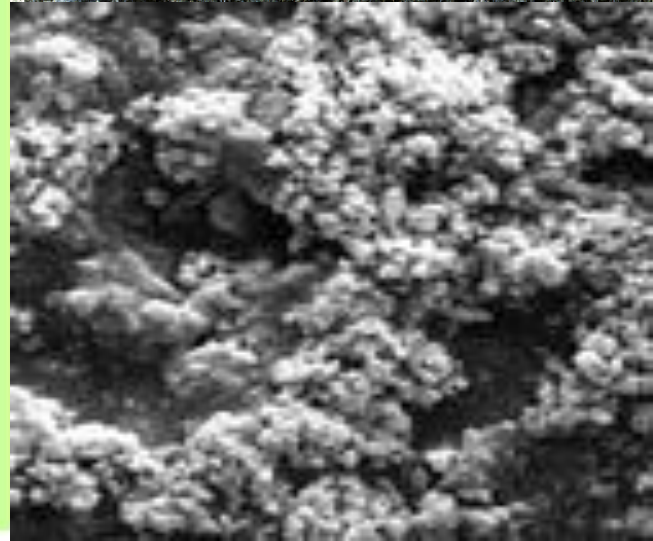
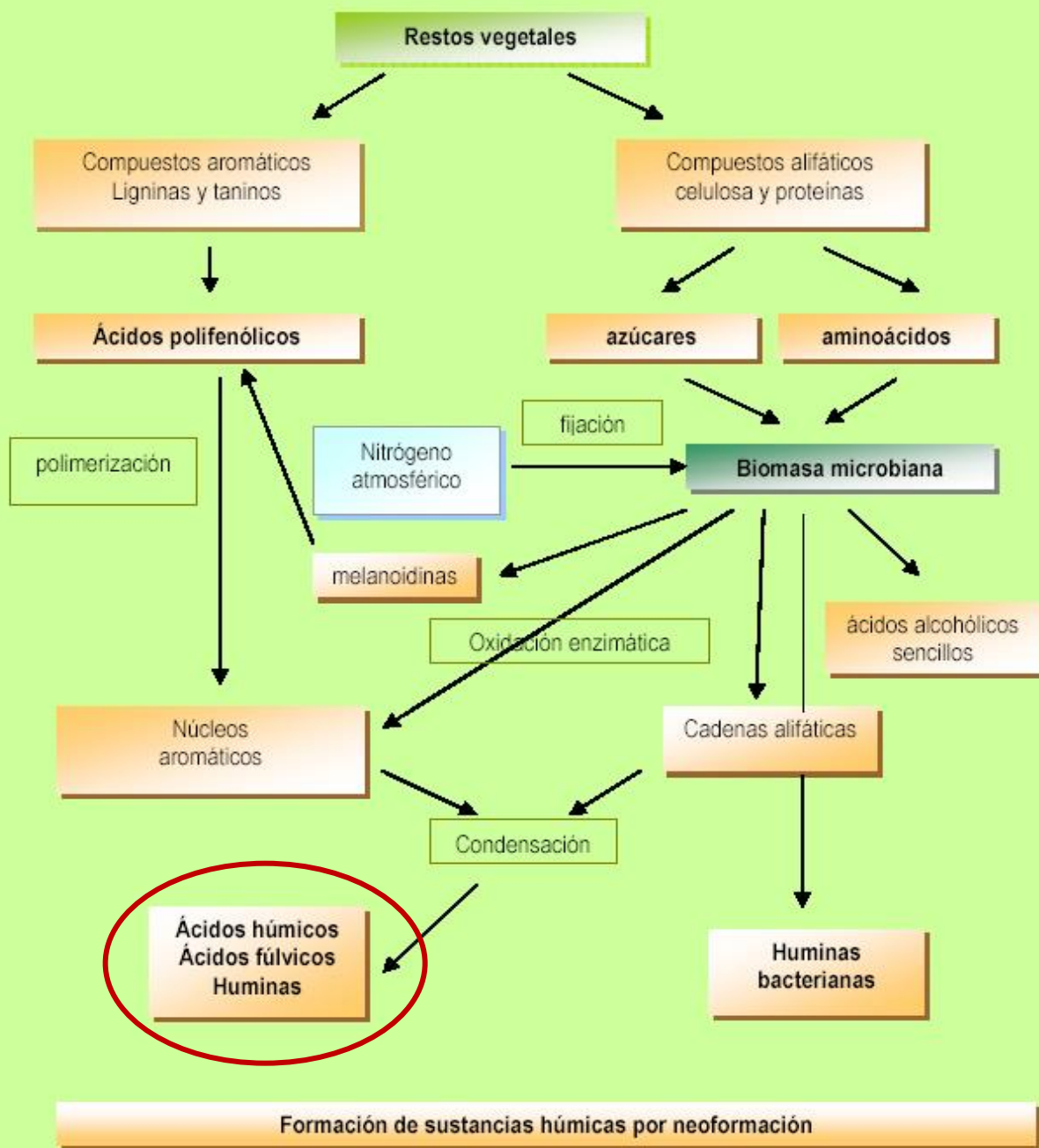


**Nota:** existen otros grupos que actúan indirectamente fijando nitrógeno y carbono atmosféricos y produciendo pequeñas cantidades de materia orgánica que contribuyen a la agregación actuando en la protección de la MO

**Ejem. Algas edáficas:**  
Son autótrofas, pueden ser móviles, tienen un amplio rango de  $T^a$  y pHs de 5.5 a 8.5. Capacidad agregante.

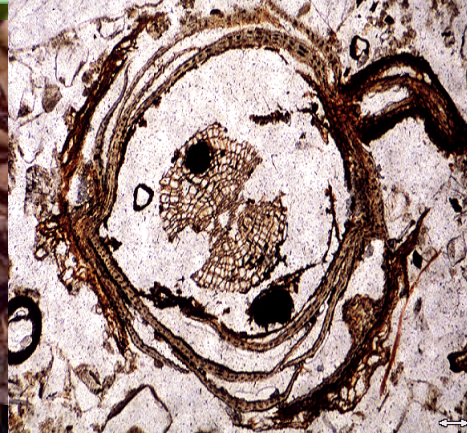
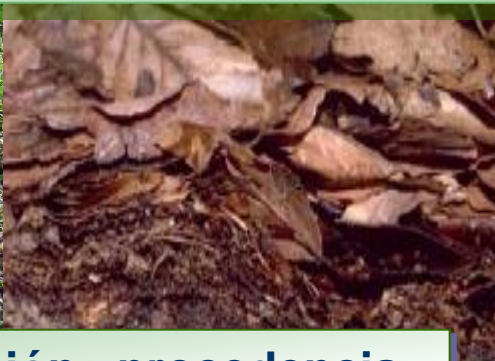
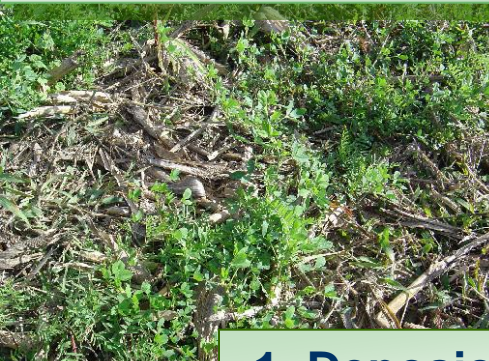


# BIOTRANSFORMACIÓN Y PROCESADO: HUMIFICACIÓN-MINERALIZACIÓN

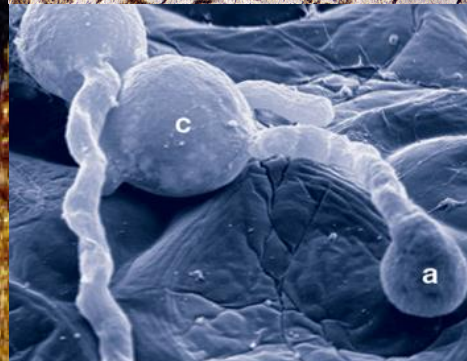
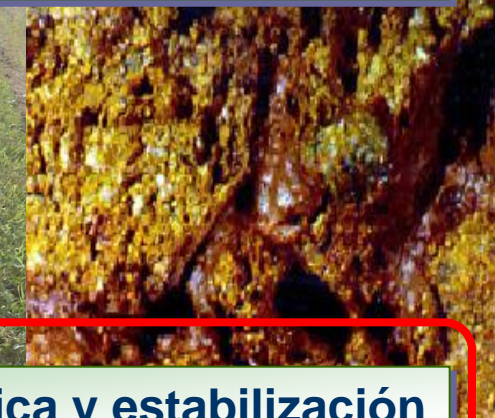




# DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA: BIODEGRADACIÓN Y NEOFORMACIÓN

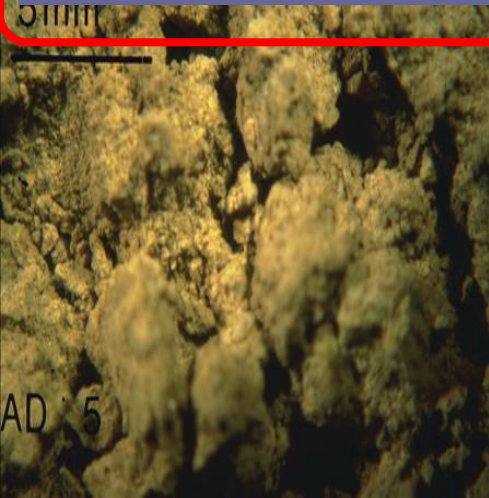


1. Deposición –procedencia-



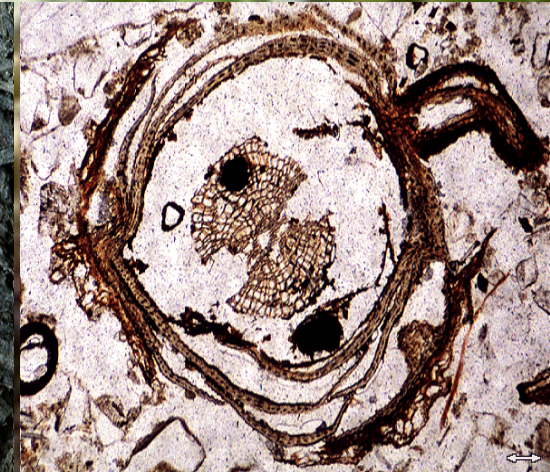
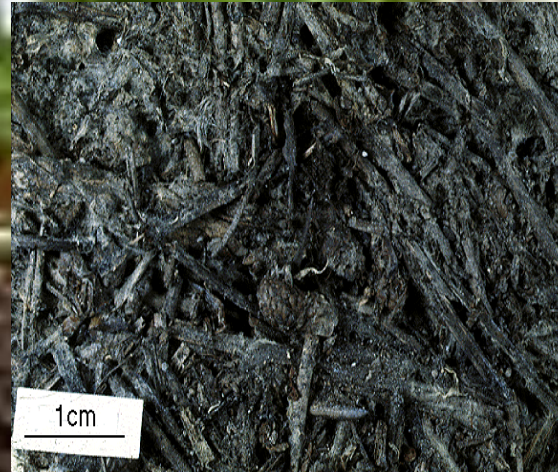
3. redistribución física y estabilización

2. biotransformación y procesado

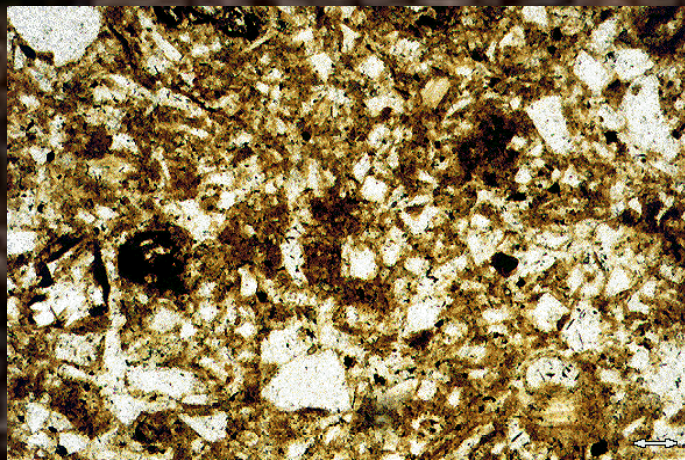
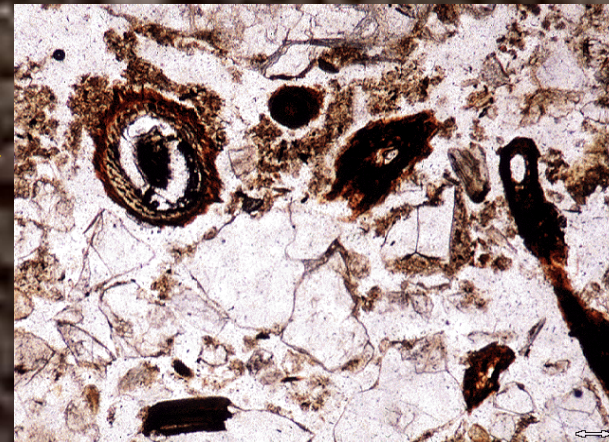




**Humus Mor. Materia orgánica muy poco transformada**



**Humus Moder. Mayor transformación de la materia orgánica (Fúlvicos y precursores).**



**Humus Mull. Materia orgánica evolucionada (ácidos húmicos, coloración del horizonte muy oscura)**



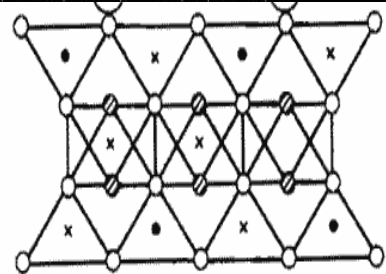
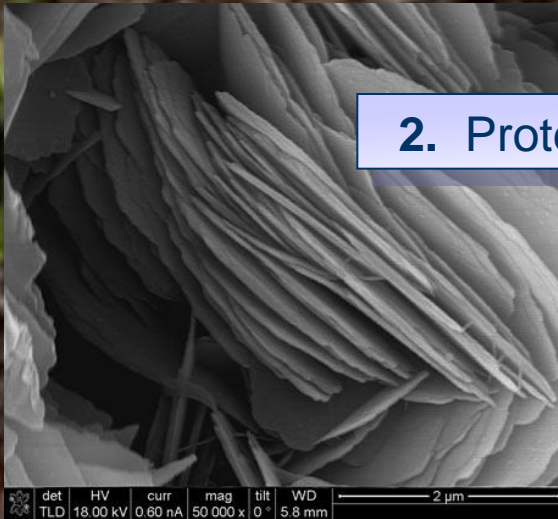
# MECANISMOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

1. Protegida por la naturaleza química de la fracción mineral del suelo y de la presencia de cationes polivalentes

**Estabiliza** las sustancias húmicas a través de la **unión de partículas minerales elementales -limos y arcillas-** con materiales orgánicos formando **complejos arcillo-húmicos y complejos organo-metálicos**

2. Protegidas por la naturaleza física de la fracción mineral del suelo.

Estabilizada por la presencia de superficies capaces de fijar los materiales orgánicos por adsorción

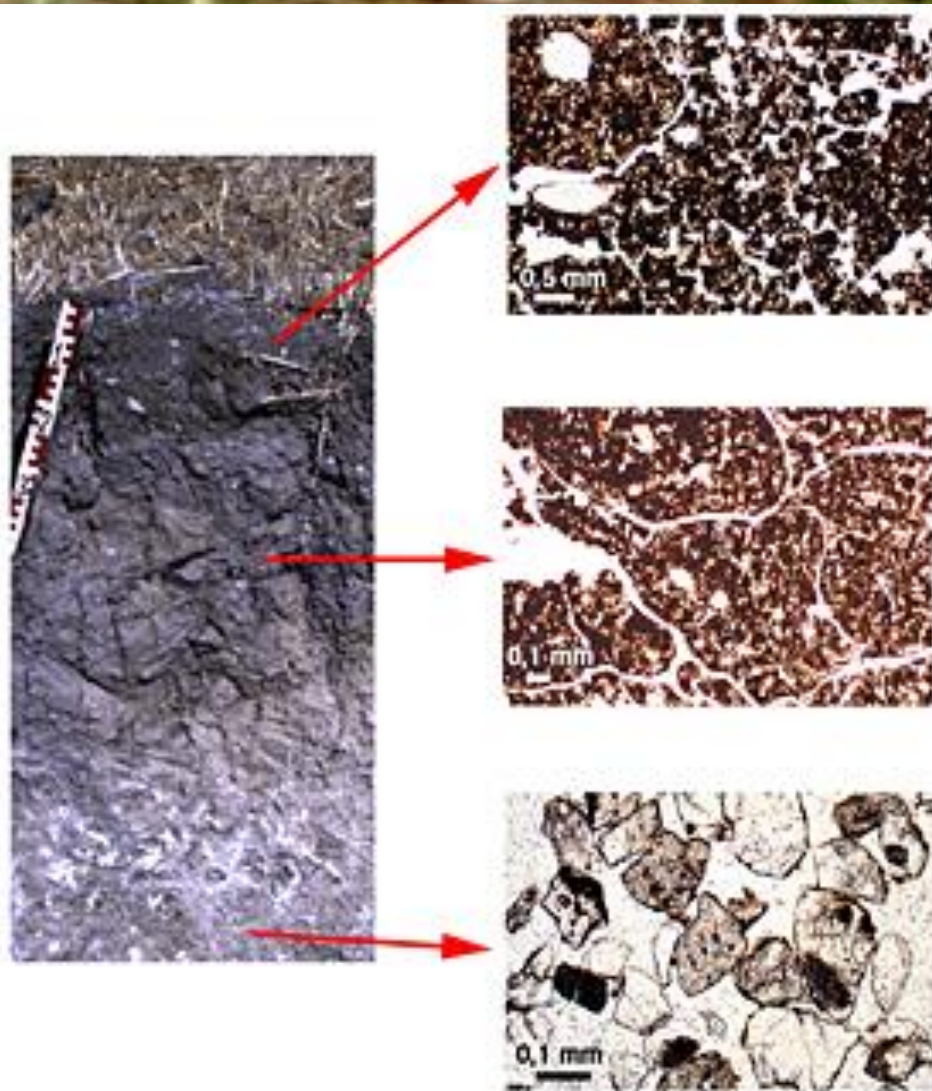


- Oxígeno
- ◐ Hidroxilo
- Silicio
- x Aluminio



# MECANISMOS DE ESTABILIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

3. **Protegida** por la **arquitectura de la matriz del suelo** fundamentalmente del espacio poroso.



Se **estabiliza** dentro de los **agregados** del suelo



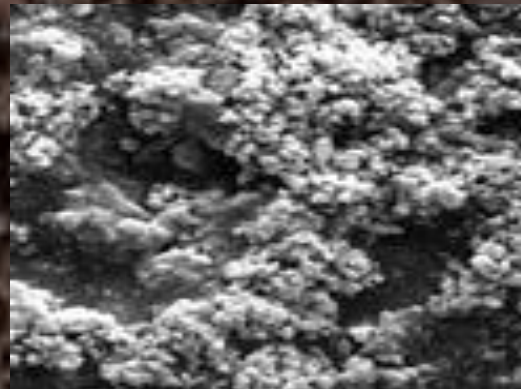
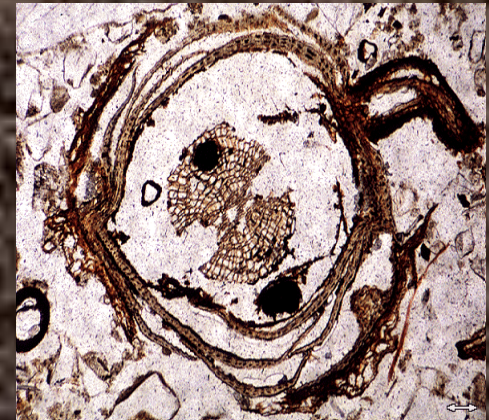
# COMPONENTES DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

El suelo es un «ente vivo» no hablamos por tanto sólo de cantidad de MO, sino de presencia, de calidad y de dinámica

solubles

particulados

coloidales



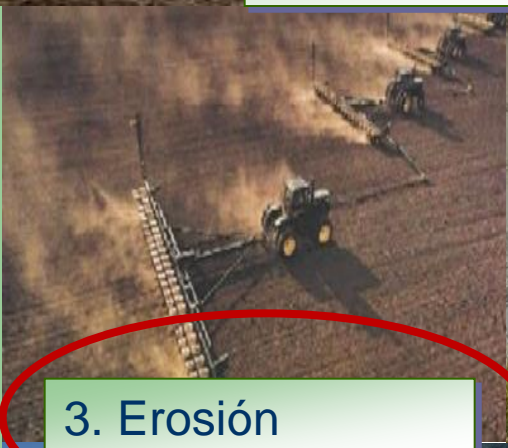




1. Contaminación



2. Pérdida materia orgánica



3. Erosión



4. Pérdida de biodiversidad



7. sellado



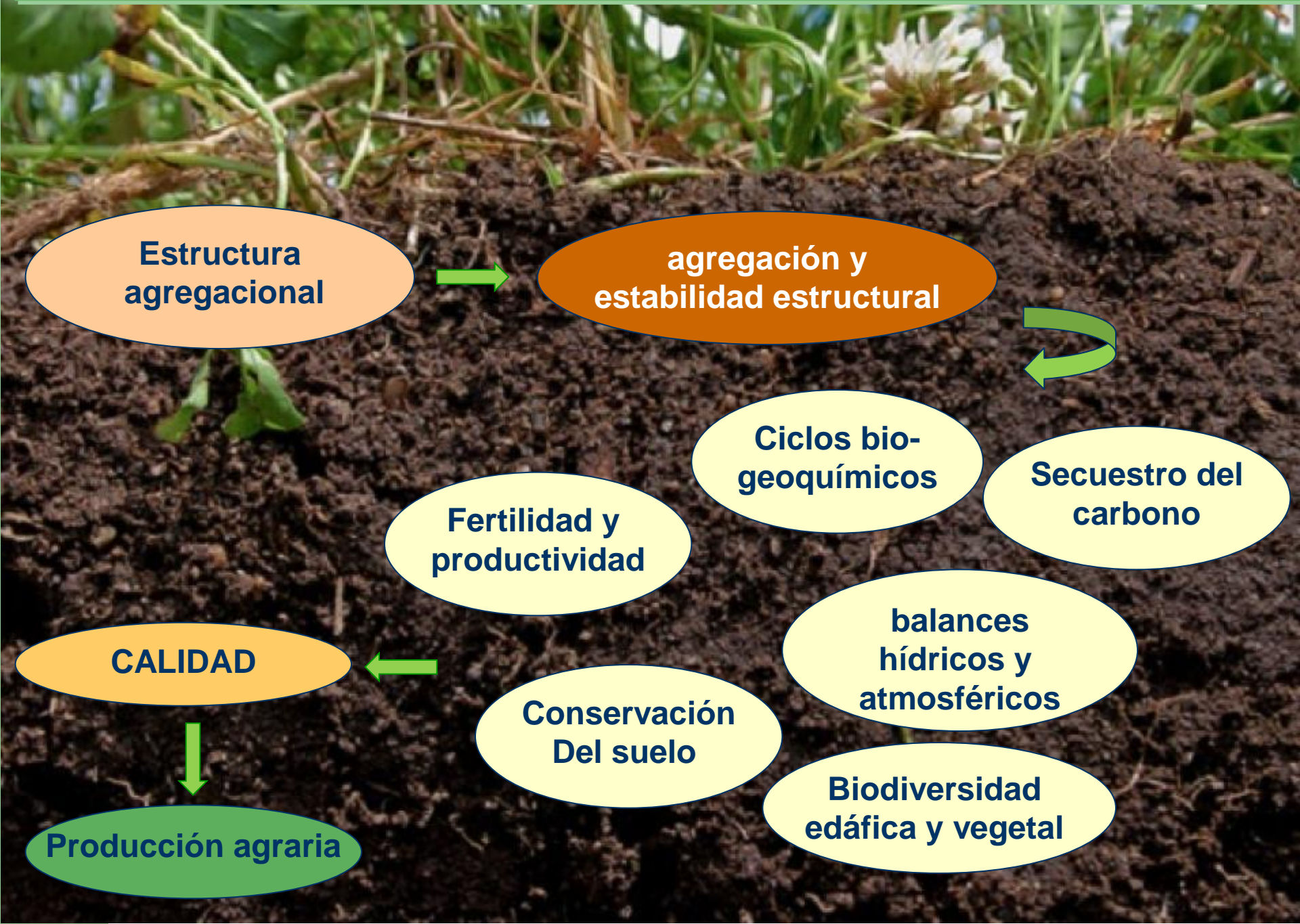
8. Inundaciones y deslizamientos



6. salinización



# EJEMPLO 1. MATERIA ORGÁNICA Y BIOESTRUCTURACIÓN –AGREGACIÓN–





## EJEMPLO 1. MATERIA ORGÁNICA Y BIOESTRUCTURACIÓN –AGREGACIÓN–



- La **agregación** está controlada por el contenido de materia orgánica del suelo, la biota edáfica, las asociaciones iónicas y el contenido de arcillas y carbonatos.

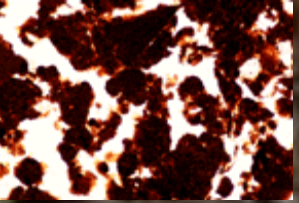


# EJEMPLO 1. MATERIA ORGÁNICA Y BIOESTRUCTURACIÓN –AGREGACIÓN-

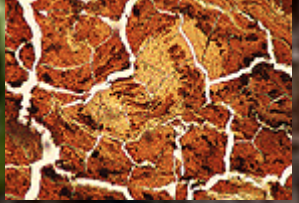
- Los agregados son áreas edáficas con una enorme actividad bioquímica



migajoso



granular



angular



subangular



laminar

La **estabilidad** de estas estructuras agregacionales, no solo depende de la **superficie específica** de los **componentes argílicos**

sino también de la **resistencia metabólica** a la **degradación enzimática** de las moléculas orgánicas adheridas

y de todos los factores que condicionan estas actividades catalíticas

**“capacidad metabólica”**  
**«capacidad de carga biótica»**



# MATERIA ORGÁNICA: -RAICES- Y BIOESTRUCTURACIÓN

modificación del régimen hídrico

producción de exudados

penetración de raíces a lo largo del perfil –canales, poros..-

descomposición de la necromasa radical

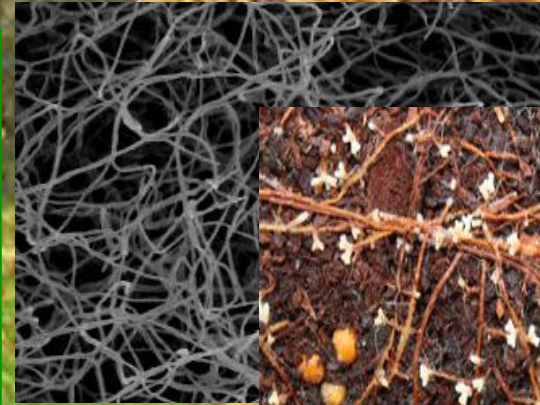
arquitectura de la raíz –entrelazar agregados y bioporos-

Instituto Agronómico de Campinas



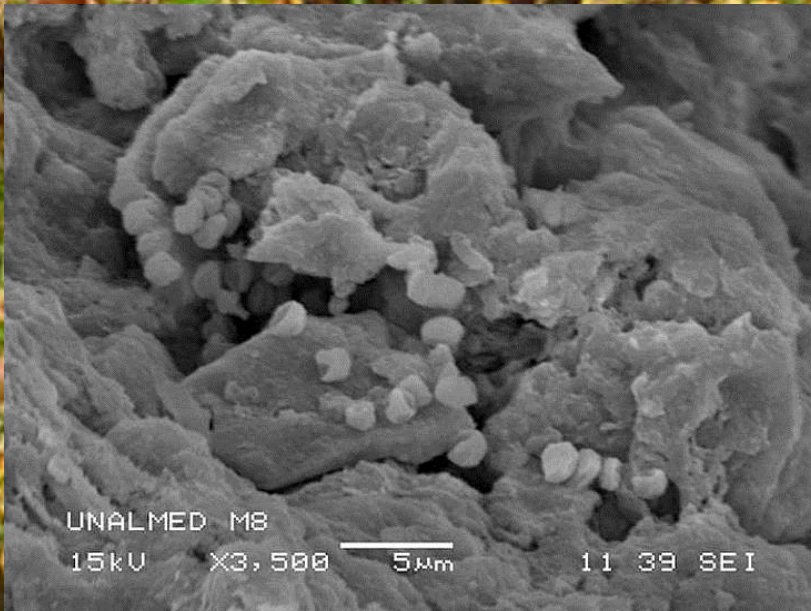
# MATERIA ORGÁNICA: -MICROORGANISMOS- Y BIOESTRUCTURACIÓN

En la **rizosfera** las **hifas de los hongos** actúan físicamente y también generan polisacáridos y otros compuestos orgánicos formando una malla que une a las partículas individuales de suelo y a los microagregados para formar macroagregados –papel destacado micorrizas–



Las **bacterias** también producen polisacáridos y otros materiales cementantes

Muchos de estos pegamentos son hidrorresistentes y no sólo permiten la formación de agregados, sino que les dan **estabilidad** por un periodo más largo



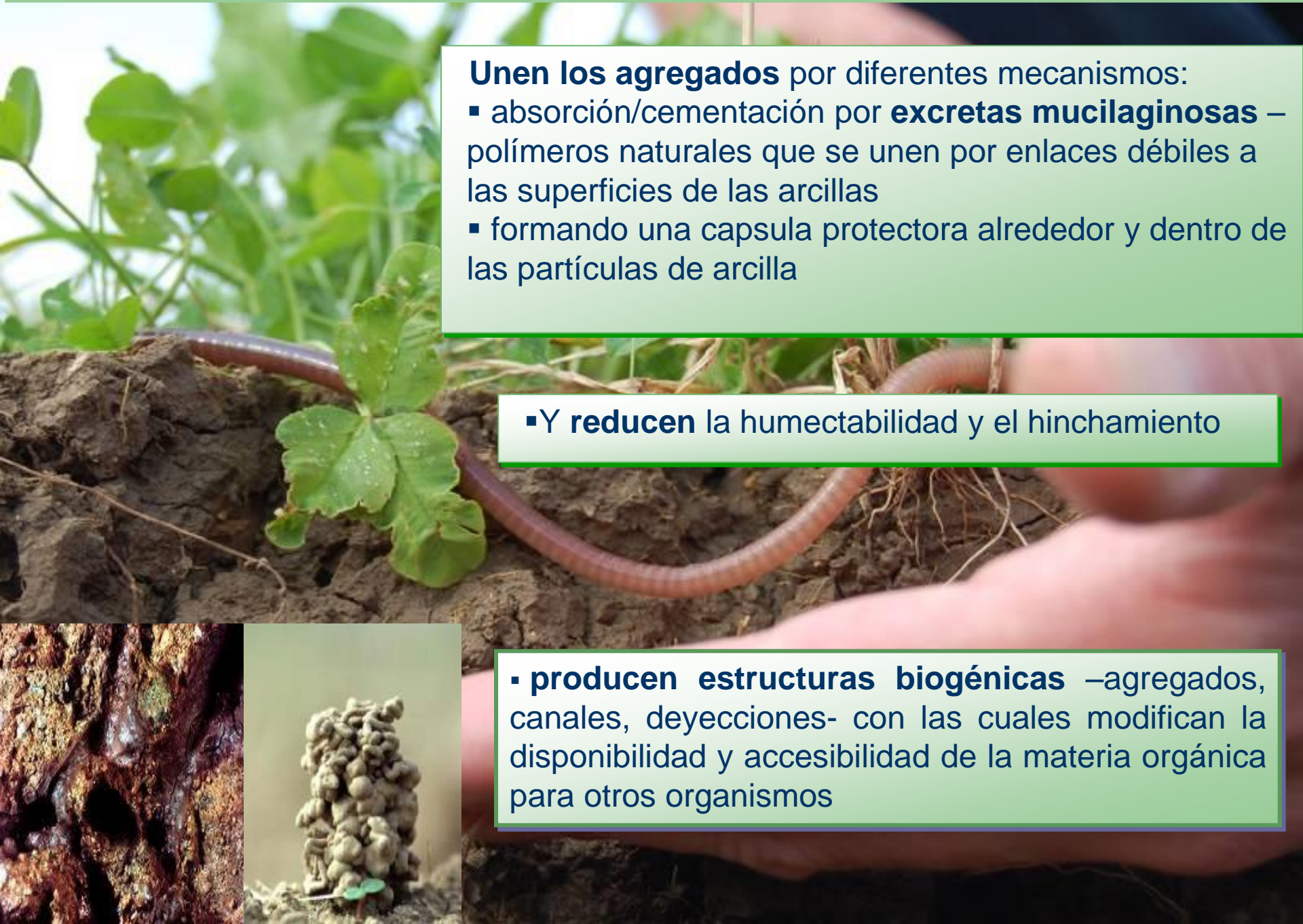


**Unen los agregados** por diferentes mecanismos:

- absorción/cementación por **excretas mucilaginosas** – polímeros naturales que se unen por enlaces débiles a las superficies de las arcillas
- formando una capsula protectora alrededor y dentro de las partículas de arcilla

▪ **Y reducen** la humectabilidad y el hinchamiento

▪ **producen estructuras biogénicas** –agregados, canales, deyecciones- con las cuales modifican la disponibilidad y accesibilidad de la materia orgánica para otros organismos





## EJEMPLO 4. MATERIA ORGÁNICA -REDES - Y BIOESTRUCTURACIÓN

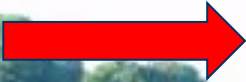


La **costra biológica del suelo**, está formada por la íntima asociación entre partículas de suelo, cianobacterias, algas, hongos, líquenes, hepáticas y briófitos. Particularmente dominante en ambientes de baja productividad



Es un **aporte de carbono y nitrógeno** al suelo, incrementa su estabilidad y **protege de la acción erosiva** de la lluvia y el viento, **favorece la agregación** y cohesión de partículas, modula la infiltración. Respecto a las **plantas vasculares** influye en su **establecimiento, contenido nutricional y estado hídrico**





Las prácticas agroecológicas ofrecen la posibilidad de **manejar la MOS como un recurso renovable**

## MANEJO ORGÁNICO DEL SUELO

### Gestión de la vida y la resiliencia:

- ✓ Incremento de biodiversidad edáfica
- ✓ Incremento de la materia orgánica
- ✓ Incremento de estabilidad estructural

### Gestión de la ganadería

- ✓ Incorporación del ganado en finca
- ✓ Gestión de los estiércoles-compost
- ✓ Diseño de rotaciones específicas

### Gestión de la diversidad vegetal

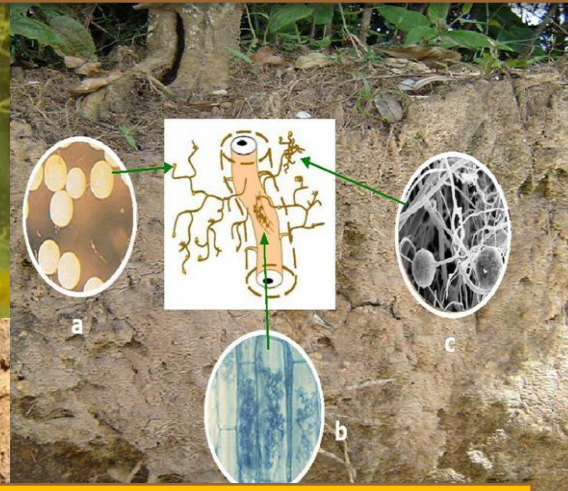
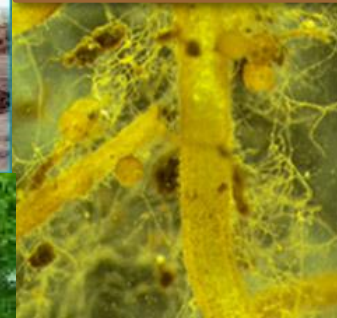
- ✓ Diversificación espacial y temporal de la vegetación cultivo y no cultivo
- ✓ Aumento de la eficiencia fotosintética y la rusticidad
- ✓ Incorporación de los subproductos vegetales generados

### Gestión de la conservación

- ✓ Gestión del agua visible e invisible
- ✓ Control carga ganadera
- ✓ Mantenimiento diversidad vegetal
- ✓ Recuperación niveles óptimos de materia orgánica
- ✓ Control de la erosión



# MANEJO ORGÁNICO DEL SUELO



Fertilizantes orgánicos de calidad

Biodiversidad edáfica



Abonos verdes



Uso de cubiertas



Rotaciones y asociaciones



Sistemas mixtos



# PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL SUELO



perfil cultural

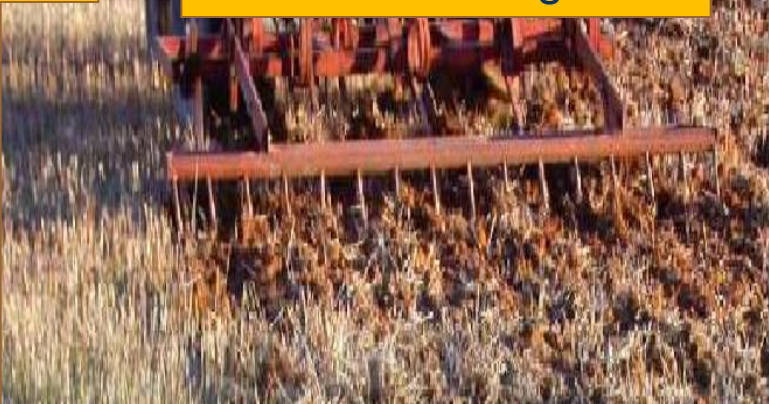


Gestión del agua

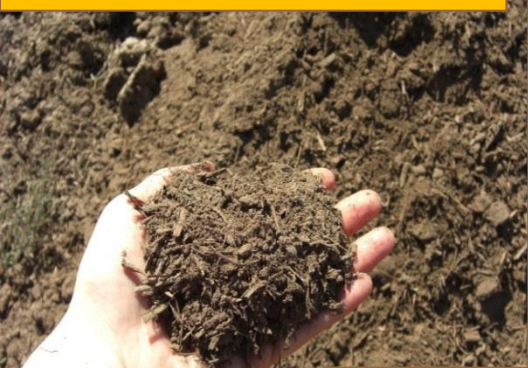
Manejo de Sistemas agro-silvo-forestales



curvas de nivel



Mínimo laboreo



gestión de la fertilidad y protección del suelo





## A MODO DE RESUMEN

1. La materia orgánica tiene la influencia más ampliamente reconocida en la **calidad del suelo** ya que está vinculada a todas sus funciones



2. la **degradación del suelo** no es un concepto estático, sino más bien un proceso sobre el cual podemos intervenir con mayor o menor éxito a través del manejo



3. El suelo actúa como **sumidero** sólo si se le reconoce como un «**ente vivo**» no hablamos por tanto sólo de cantidad de materia orgánica, sino de estado y de dinámica

4. Sólo las prácticas agroecológicas ofrecen la posibilidad de **manejar el carbono edáfico como un recurso renovable**



## ALGUNOS RETOS PENDIENTES

Identificación de las necesidades y las prioridades actuales

Mayor conocimiento de la diversidad de fuentes de materia orgánica

Mejora de prácticas que optimicen la conservación y la dinámica de la materia orgánica y disminuyan sus pérdidas en ambientes específicos

Innovación en prácticas agroecológicas que faciliten la calidad y el aporte de la MO de una forma rentable

Mejora de los conocimientos sobre el manejo y la dinámica de la materia orgánica en nuestros suelos de cultivo y en ambientes específicos

Aplicación de un enfoque agroecológico en el manejo del suelo de cultivo que **direccione** el presente y el futuro de su fertilidad