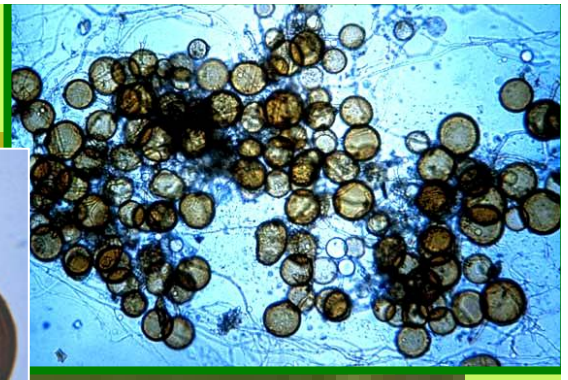


Los microorganismos como bioindicadores de la calidad y salud del suelo

M. C. Jaizme-Vega (ICIA) y A. S. Rodríguez-Romero (INCA)







EL SUELO, ese desconocido

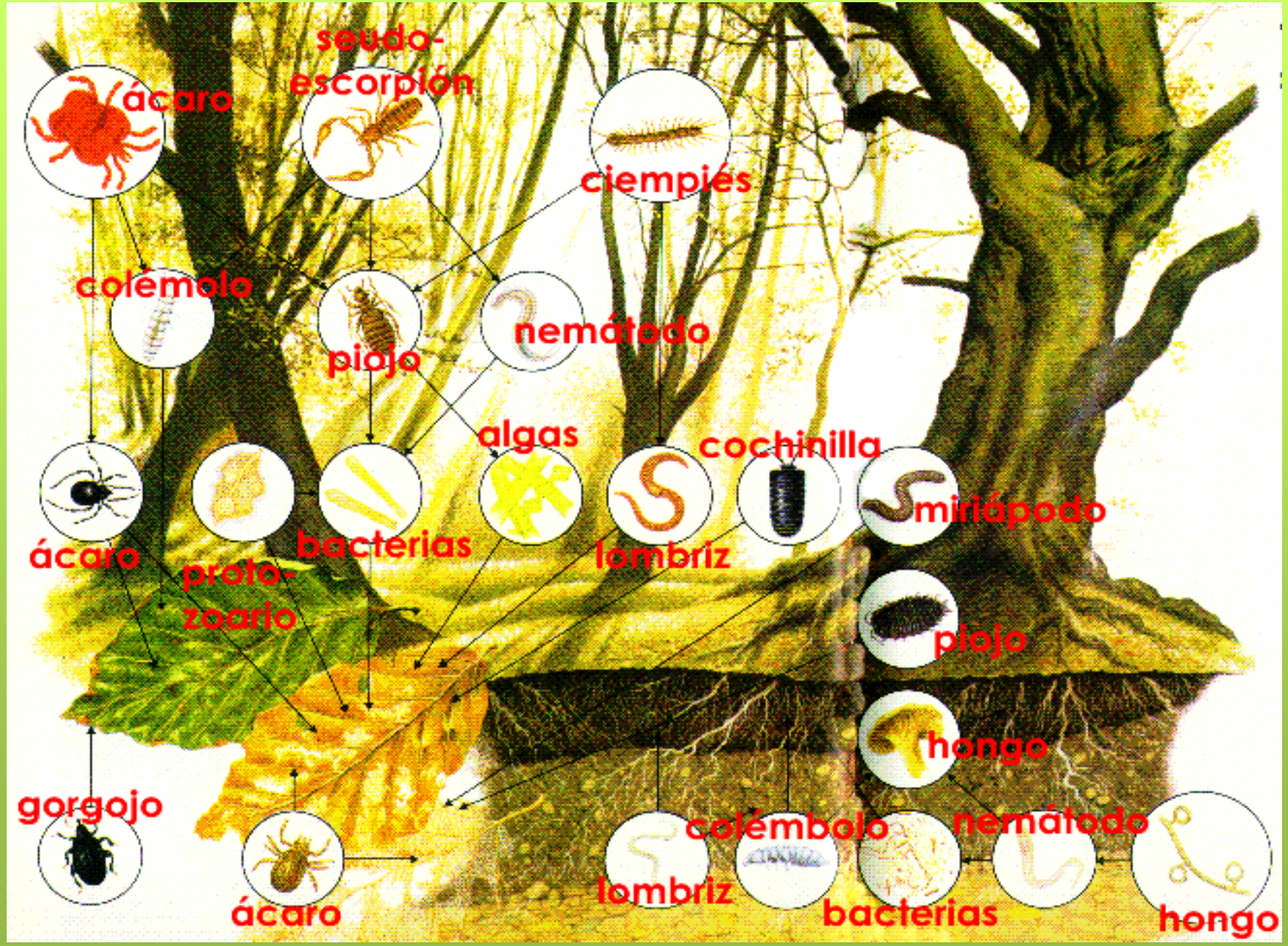
- Formado por la fusión de sustancias minerales y orgánicas, es un biotopo extraordinario, donde viven numerosos organismos.

  Un suelo saludable = 1000 millones de microorganismos / gramo

- Existe en general poco interés hacia las actividades biológicas del suelo, y aparte de topos y lombrices, se ignora casi todo sobre los habitantes del suelo.



- **Alberga el grueso de la masa viviente del planeta.**



EL SUELO, ese desconocido

- Es un elemento ambiental al que no se presta atención a a pesar de su importancia para los ecosistemas y la economía
- Los alimentos que comemos, el agua que bebemos, la ropa que vestimos, dependen de la capacidad del suelo para realizar sus funciones vitales
- Es el segundo reservorio de carbono del planeta, después de los océanos

EL SUELO, ese desconocido

Es un sistema formado por varias fases:

- **FASE LÍQUIDA: El agua, condiciona la evolución y el funcionamiento de los suelos**
- **FASE SÓLIDA: La fracción mineral, la materia orgánica y los organismos**
- **FASE GASEOSA: Gases de la atmósfera, O_2, N_2, CO_2, y otros que provienen del metabolismo de las raíces, CH_4, SH_2**


El agua es el principal
agente de formación
y de cambio entre
los seres vivos
(plantas y organismos)

Dentro o entre los agregados, se sitúa el agua y los gases del suelo



El suelo es un gran bioacumulador de agua y regulador de los efectos climáticos → Almacena el 40% de toda el agua dulce del planeta.



El agua que se mueve a través del suelo contiene una gran diversidad de materiales disueltos y suspendidos en ella → Solución del suelo → Provee de agua y nutrientes a la planta.



Los minerales, la materia orgánica y los organismos forman agregados, determinando microambientes, en los que hay VIDA



EL SUELO, sistema vivo

- NACIMIENTO DEL SUELO



Fuente: Adaptado de Paul y Clark, 1989 (Dibujo del maestro Hernando Rocha).

El desarrollo del suelo desde el material parental hasta la definición de un perfil.

EL SUELO, sistema vivo

- ESTRUCTURA DEL SUELO

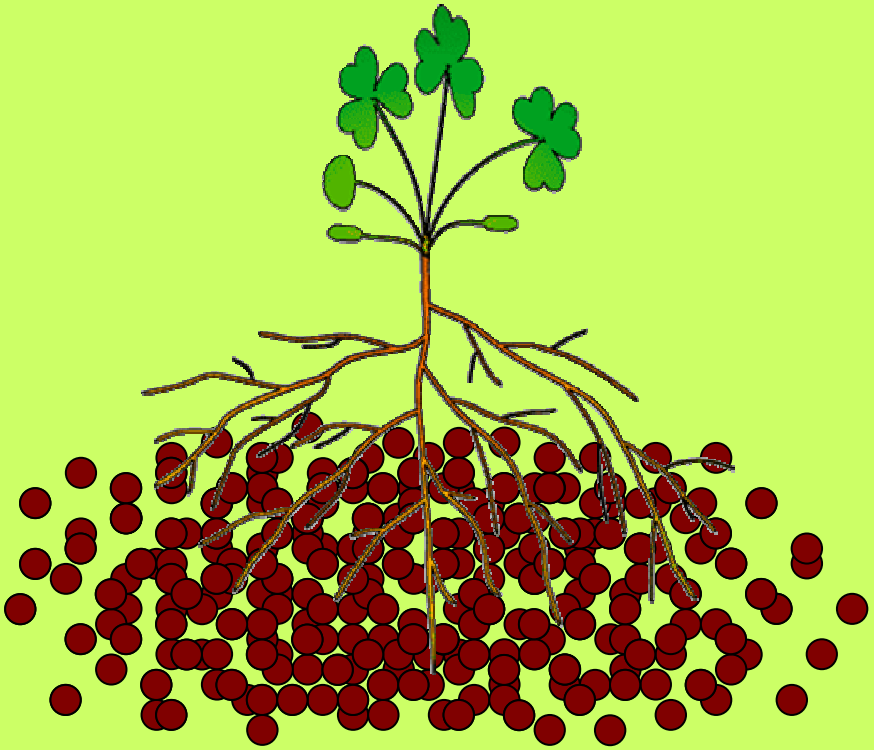


Las arcillas, la materia orgánica, los microorganismos… dan la estructura al suelo, mediante la formación de **AGREGADOS** ► la fragmentación de partículas grandes o la aglomeración de pequeñas (raíces, hifas, glomalina…,) y los poros

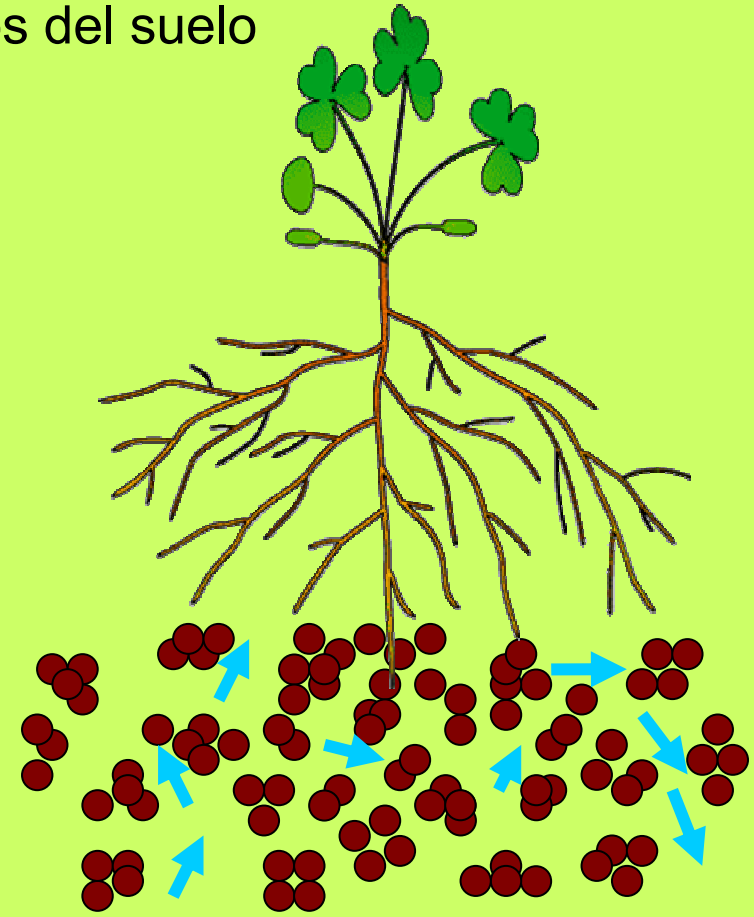


Agregados

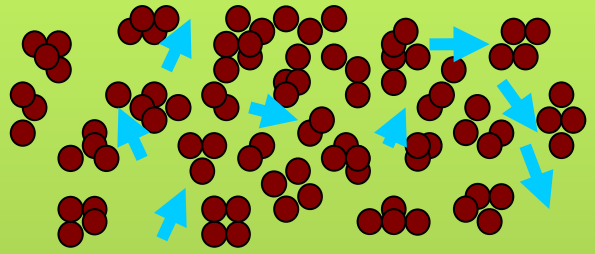
- Asociación de partículas minerales y orgánicas.
- Hábitat ideal para los microorganismos del suelo



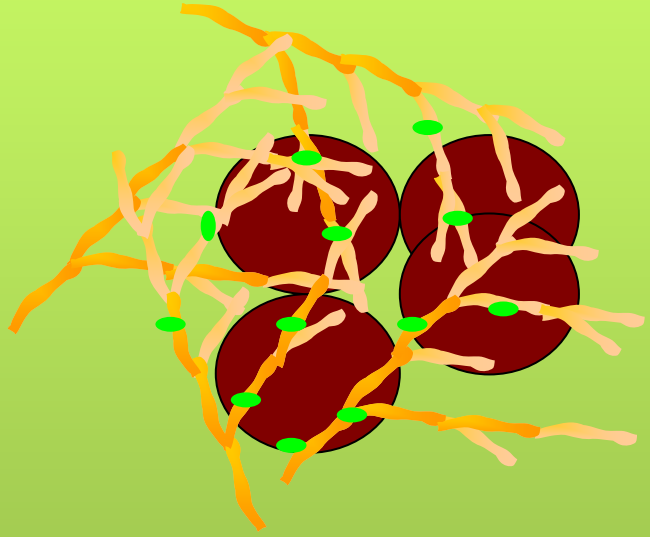
Compactado



Espacios porosos



Espacios porosos



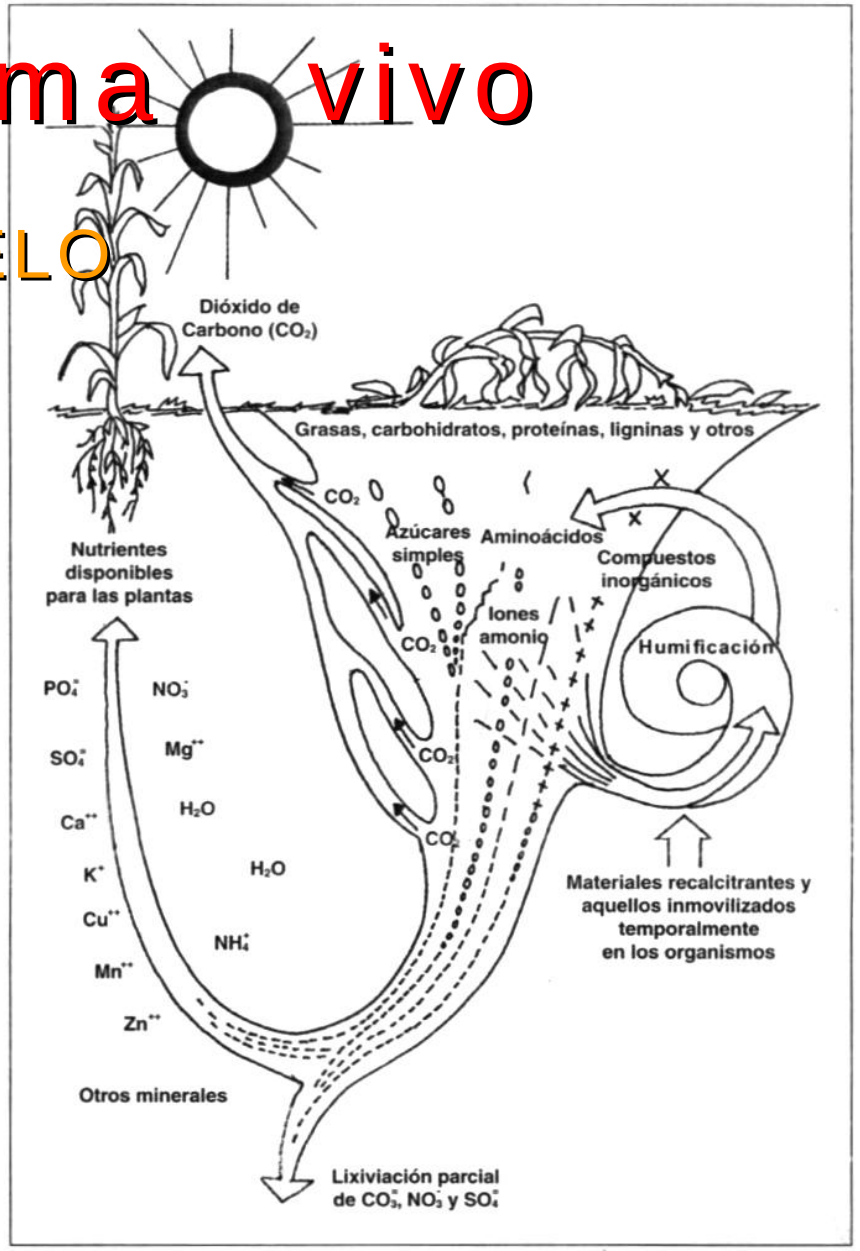
Glomalina, glicoproteina no soluble en agua, aglutinanate natural del suelo.

EL SUELO, sistema vivo

- METABOLISMO DEL SUELO

Fuentes de energía: El Sol, el carbono (CO_2 atmosférico), el agua, los macro y micronutrientes

- Biomasa alimenticia (glucosa, fructosa, almidón…)
- Oxígeno O_2 (procesos de óxido-reducción, circula por el suelo)



Adaptado de Foth, 1984, citado por Burbano, 1989.

El ciclaje de nutrientes en el suelo a partir de la descomposición de la materia orgánica - Figura con más de veinte años, utilizada por Foth, 1984, que permite comprender el proceso con visión sistémica.

EL SUELO, sistema vivo

- MATERIALES DE RESERVA

Materia orgánica “viva” ► organismos vivos (microorganismos + raíces)

Materia orgánica activa ► residuos sin descomponer o ligeramente descompuestos (lábil)

Materia orgánica descompuesta ► HUMUS





± estable
Fuente de elementos nutritivos
Estabiliza estructuras
Incrementa permeabilidad
Evita desecación, etc….

EL SUELO, sistema vivo

- ENVEJECIMIENTO Y MUERTE DEL SUELO

Para conservar el suelo es necesario mantener un equilibrio dinámico y sistémico, si este se altera se produce: erosión, degradación física o biológica, agotamiento o pérdida de fertilidad



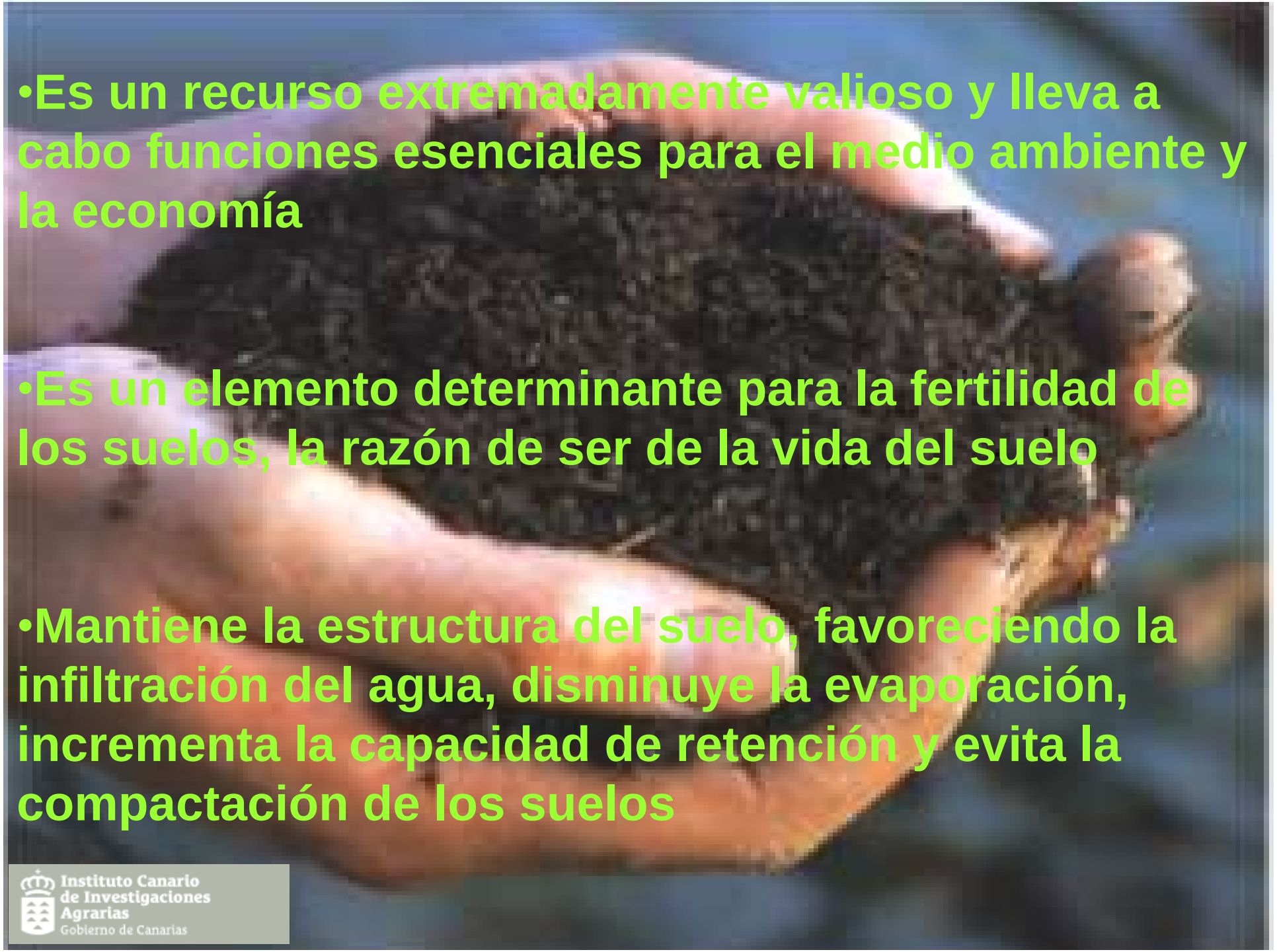
LA MATERIA ORGÁNICA

- La dinámica de la materia orgánica en el suelo es el resultado de la actividad de una cadena trófica muy compleja que conducen a la formación del humus.

- En este proceso biológico intervienen directa o indirectamente, la mayor parte de los organismos que viven en el suelo.



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

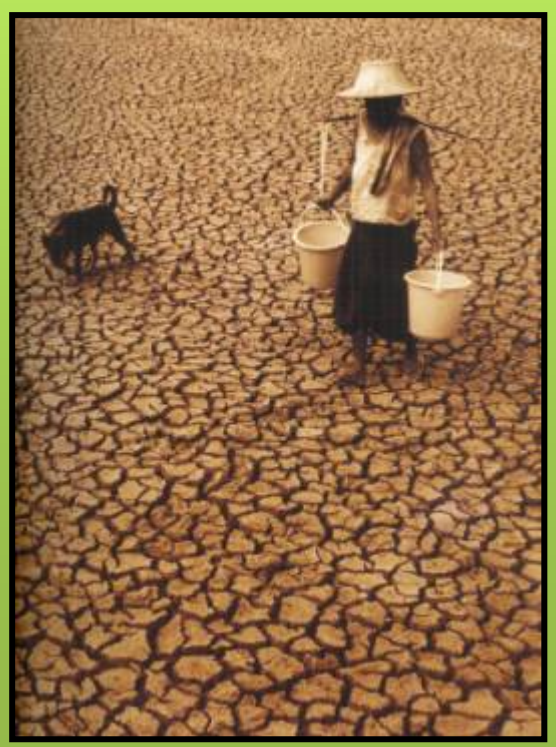

•Es un recurso extremadamente valioso y lleva a cabo funciones esenciales para el medio ambiente y la economía
•Es un elemento determinante para la fertilidad de los suelos, la razón de ser de la vida del suelo
•Mantiene la estructura del suelo, favoreciendo la infiltración del agua, disminuye la evaporación, incrementa la capacidad de retención y evita la compactación de los suelos
Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

- Acelera la descomposición de los contaminantes
- Es la segunda reserva de carbono mas grande del planeta por detrás de los océanos



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

- En los últimos cien años el ser humano ha racionalizado y mecanizado gran parte de los sistemas de cultivo, especializando la producción y simplificando el mantenimiento de los suelos, disminuyendo la productividad……





LA MATERIA ORGÁNICA

- La actividad y diversidad de la microbiota no solo es un factor clave de la FERTILIDAD, sino también de la ESTABILIDAD y FUNCIONAMIENTO de los agrosistemas.



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

¿ Que es la sostenibilidad?

- **Tomado del lenguaje político o económico: Desarrollo Sostenible**

- La Comisión Mundial del Medio Ambiente (1978) populariza el concepto de sostenibilidad para la agricultura
- La Cumbre de Rio de Janeiro (1992) lo retoma y lo amplia a ámbitos socioeconómicos y políticos
- El Protocolo de Kioto (1997) sobre el cambio climático, considera el desarrollo sostenible como estrategia fundamental.



FERTILIDAD, CALIDAD, SALUD Y SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

- **Sostenibilidad o sustentabilidad es un concepto gradual. Tiene carácter global, pero aplicación local.**
- **La ecología habla de estabilidad y evolución**



FERTILIDAD, CALIDAD, SALUD Y SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

- Desarrollo Sostenible es la capacidad para satisfacer nuestras necesidades y aspiraciones, sin disminuir con ello la integridad del mundo natural ni las oportunidades de las generaciones venideras



FERTILIDAD, CALIDAD, SALUD Y SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

- Cualquier definición de sostenibilidad ha de tener en cuenta las dimensiones ambiental, económica y social
- **La Sostenibilidad en el manejo agronómico es por tanto la necesidad de seguir creciendo en términos de productividad agrícola, mientras se mantiene la cantidad y calidad de los activos naturales involucrados en la agricultura y se respetan los principios de equidad social y de bienestar de la comunidad .**



Condiciones de la practica productiva para ser sostenible (Daly, 1990)

- **Los recursos renovables deben consumirse en la misma cantidad que se generan**
- **Los no renovables deben consumirse limitando su tasa de extracción a la tasa de creación de sustitutos renovables**
- **La tasa de emisión de residuos debe ser igual a la capacidad de asimilación de los ecosistemas receptores de tales residuos**

Condiciones de la practica productiva para ser sostenible (Daly, 1990)

- **Las tecnologías a usar serian aquellas que generaran los mayores niveles de productividad por unidad de recurso consumidos**

- **La escala de la economia debería establecerse dentro de los limites impuestos por la capacidad de carga de cada agrosistema, es decir teniendo en cuenta los limites fisiológicos de los cultivos y la capacidad de uso de la tierra**

FERTILIDAD, CALIDAD, SALUD Y SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

- Agricultura sostenible es aquella que mantiene la capacidad productiva de la tierra y su viabilidad económica, minimizando el uso de recursos y energía, y optimizando la tasa de retorno, reciclaje de materia orgánica y nutrientes (Campbell, 1997)







FERTILIDAD, CALIDAD, SALUD Y SOSTENIBILIDAD DEL SUELO



Altieri (1997), afirma que la "producción sostenible" capacita a las plantas cultivadas para tolerar el estrés y la adversidad"

Tomado de Altieri y Nicholls, 2006

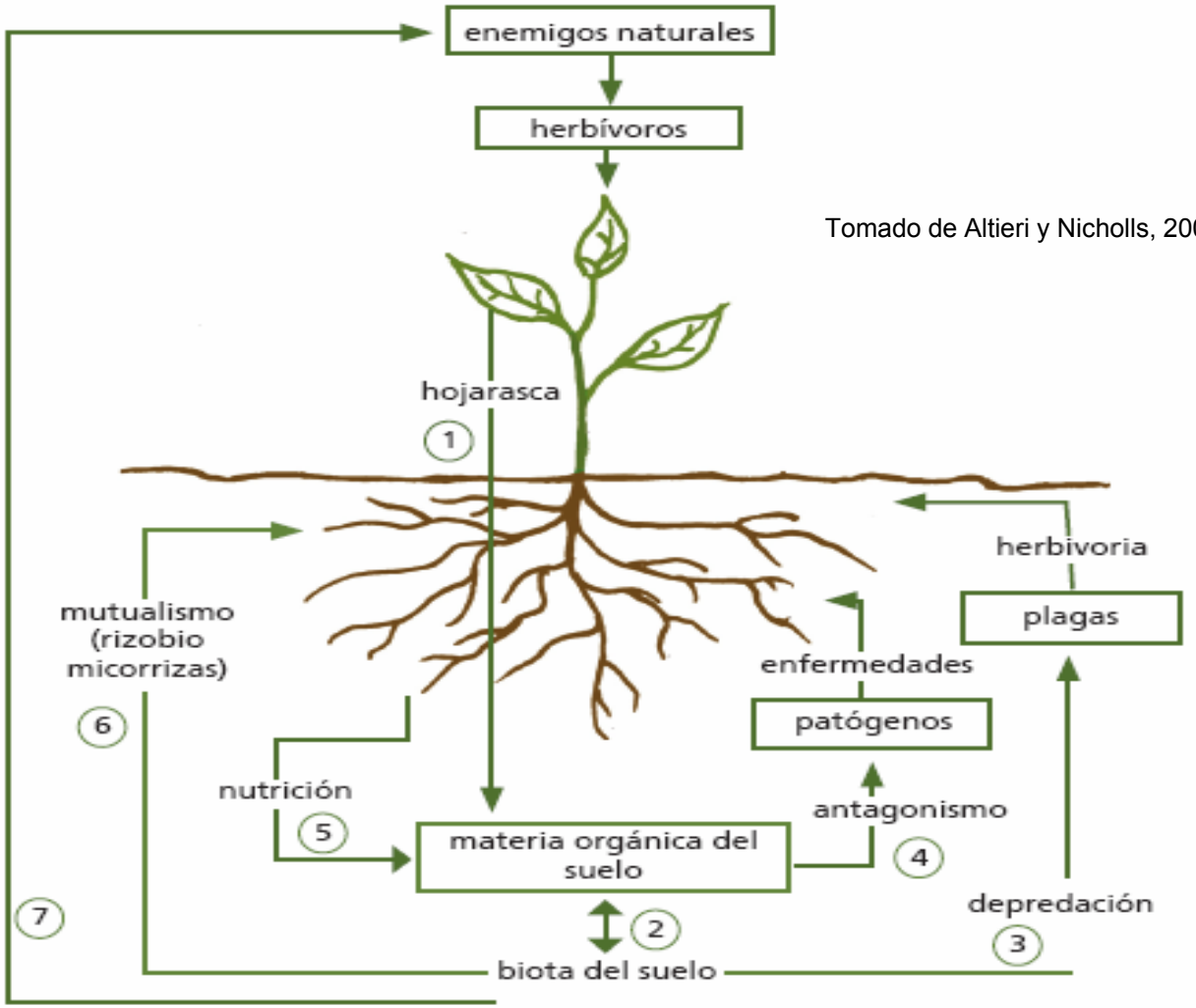
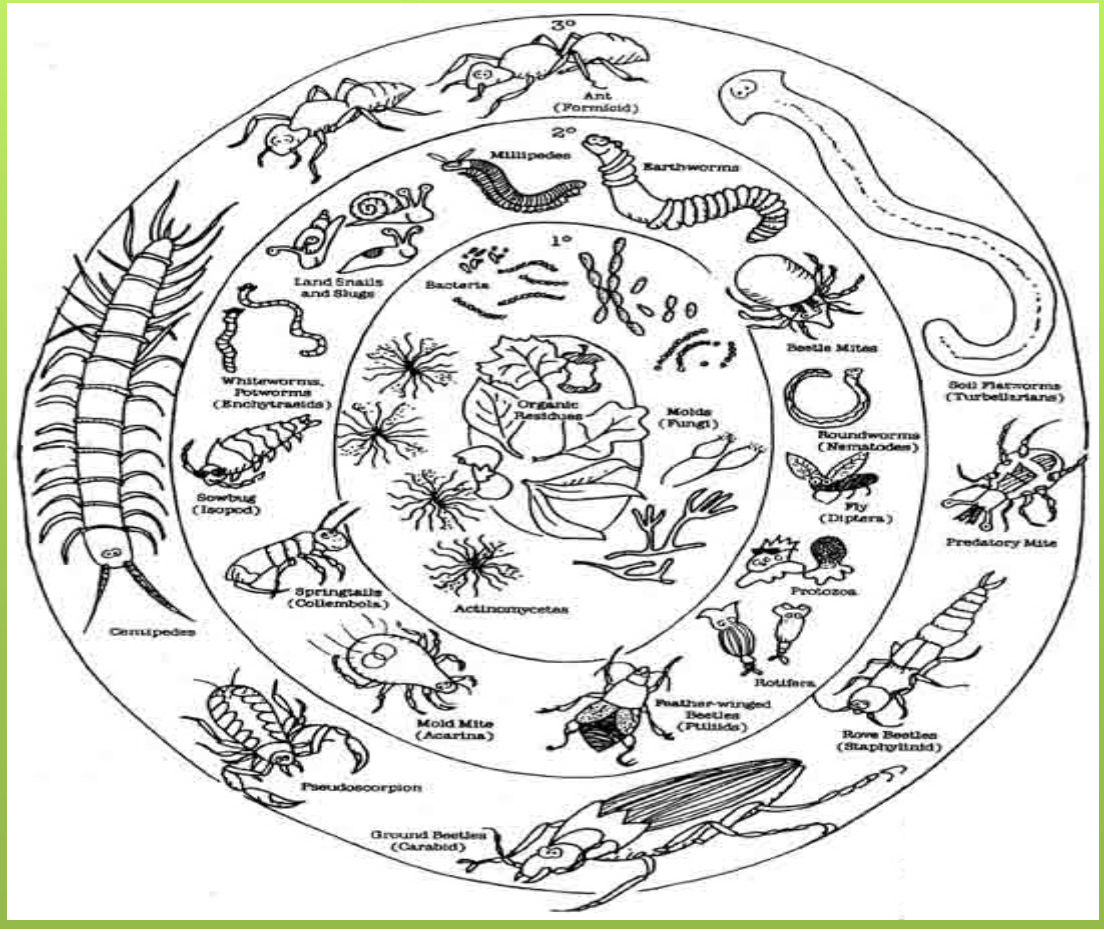


Figura 1. Vías complejas en las cuales la biodiversidad sobre el suelo interactúa en el agroecosistema: (1) residuos del cultivo incrementan el contenido de materia orgánica (SOM); (2) SOM provee el sustrato para la micro, meso y macro fauna del suelo; (3) predadores edáficos reducen las plagas del suelo; (4) SOM incrementa los antagonistas que suprimen patógenos del suelo; (5) mineralización lenta de C y N que activa los genes que promueven la tolerancia de cultivos a enfermedades; (6) mutualistas incrementan la fijación de N, toma de P, eficiencia del uso del agua, etc; (7) ciertos invertebrados (colémbolos y detritívoros) sirven de alimento alternativo a enemigos naturales en épocas de menor incidencia de plagas.

1. La red nutricional del suelo

- La estructura y función de la red nutricional del suelo es un primer indicador de la salud del ecosistema.



Instituto Canario
de Investigaciones
Agrarias
Gobierno de Canarias

1. La red nutricional del suelo

- Estos factores están empezando a ser valorados y utilizados para entender los problemas que afectan a la ecología del suelo. Por ejemplo: alteraciones en la estructura de la red nutricional del suelo pueden tener como consecuencia la regeneración de bosques de coníferas, después de 20 años de esfuerzos.



1. La red nutricional del suelo

1.1. Importancia

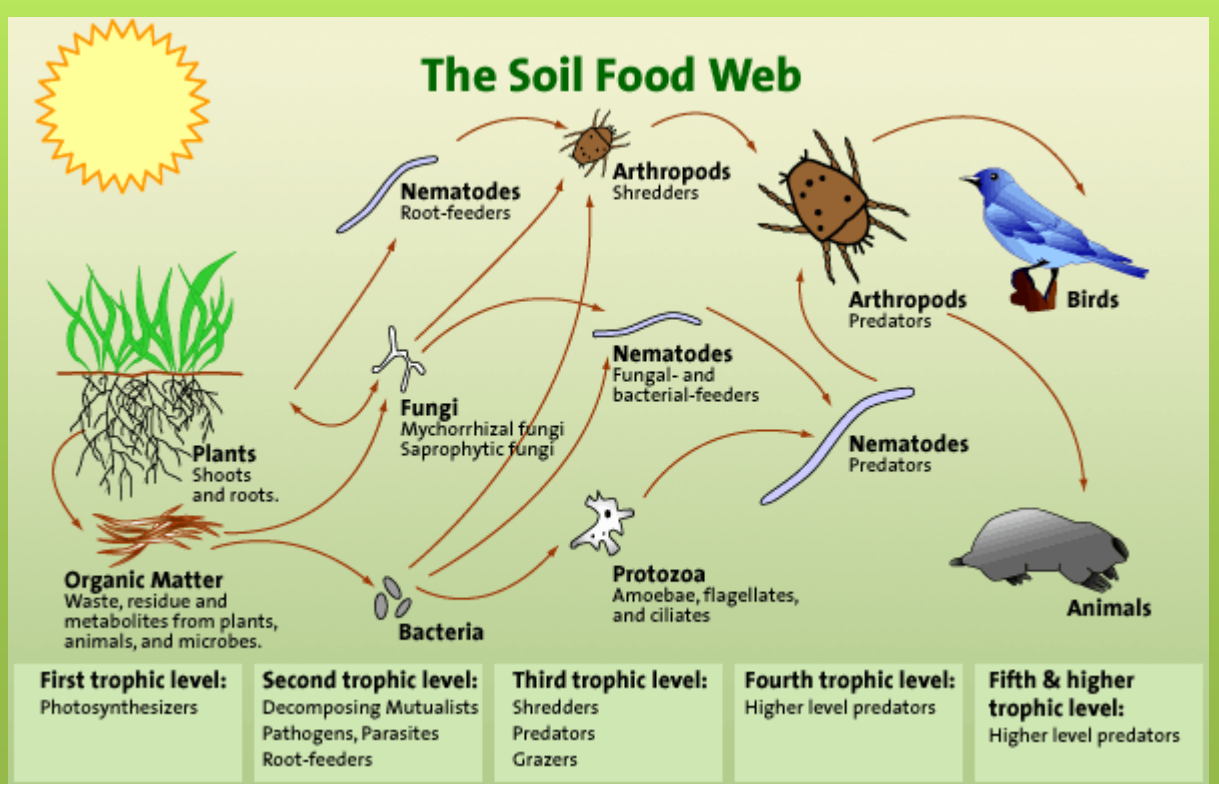


- Bacterias, hongos y ciertos artrópodos descomponedores de suelo son responsables de la retención de nutrientes en el suelo. Si dichos nutrientes no son retenidos dentro de un ecosistema, la futura productividad del mismo puede ser reducida.



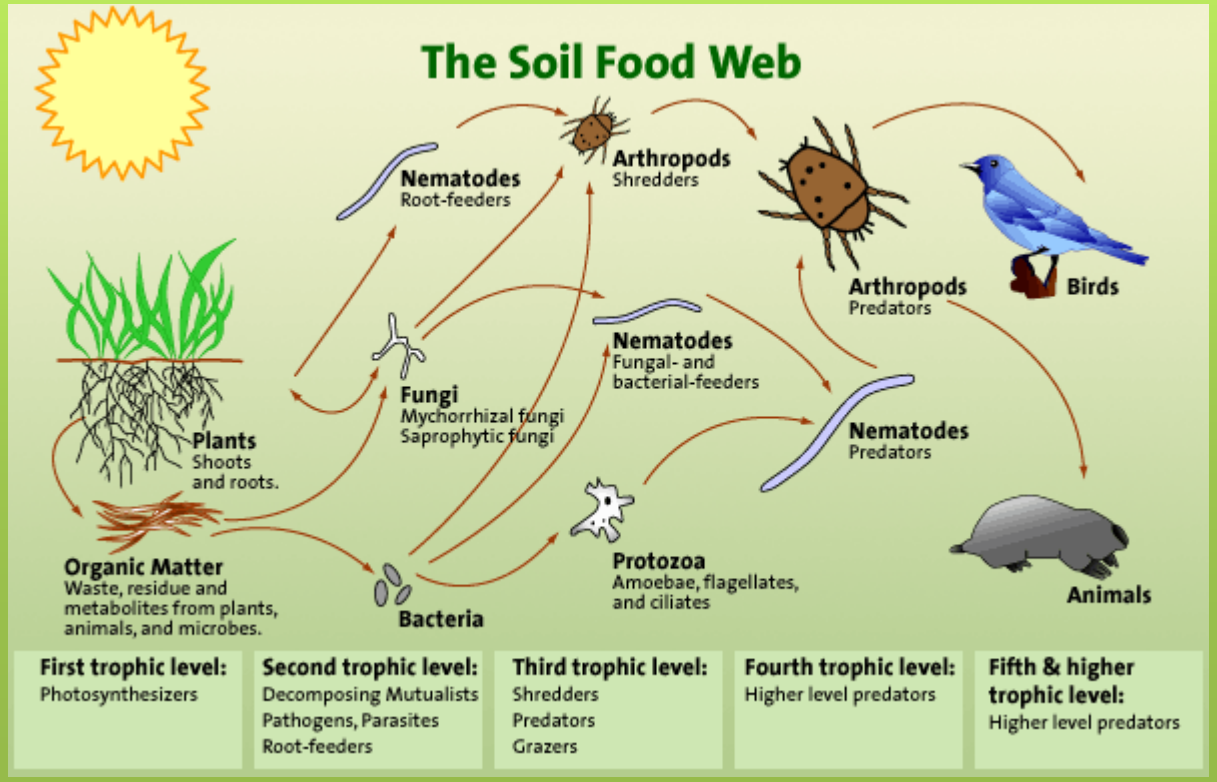
1. La red nutricional del suelo

Para que los nutrientes estén disponibles deben ser mineralizados mediante la interacción de los **descomponedores** → bacterias y hongos y sus **predatores** → protozoos, nematodos, microartrópodos y lombrices.



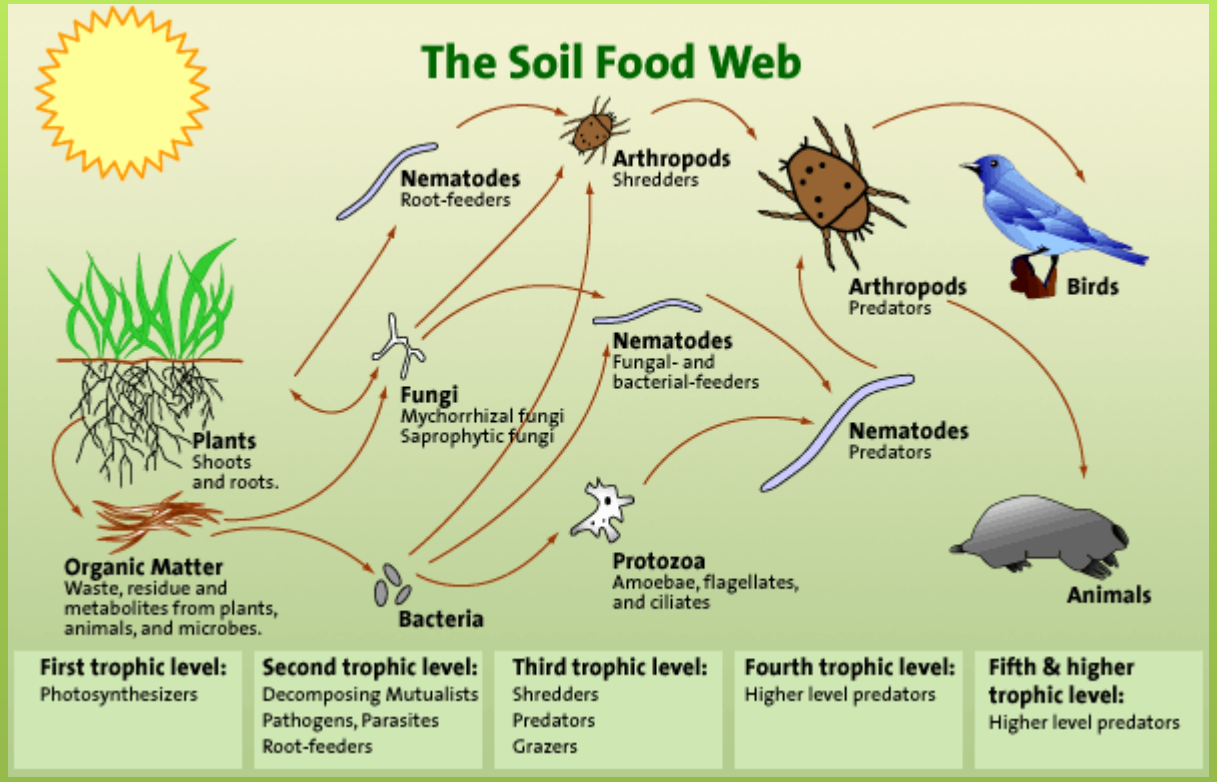
1. La red nutricional del suelo

- Esta población de predatores y la proporción en la que ellos intervienen en los procesos de mineralización son importantes para la estabilidad del ecosistema.



1. La red nutricional del suelo

- La actividad de estos predatores está a su vez afectada y quizá controlada por un nivel superior de predatores tales como milpiés, ciempiés, escarabajos, arañas y pequeños mamíferos.



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

En 1 g de suelo sano se pueden encontrar millones de microorganismos, la mayoría desconocidos para los científicos.



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

1. La red nutricional del suelo

1.2. Estructura: Bacterias

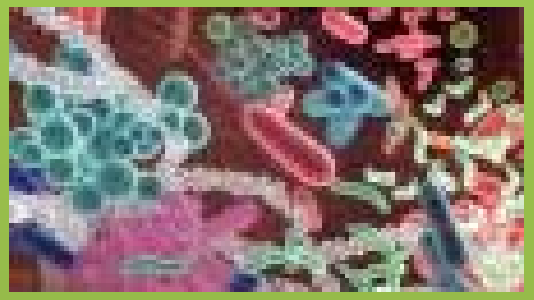
- Bacterias descomponedoras de materia orgánica de fácil degradación y capaces de retener nutrientes como N, P y S en el suelo como biomasa bacteriana. Estos productos de desecho bacterianos pueden ser materia orgánica para otros microorganismos.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.3. Papel de las bacterias en el suelo

- En los suelos agrícolas, son las bacterias las que retienen los nutrientes en su propia biomasa o en productos de su metabolismo. Los suelos con bacterias tienen tendencia alcalina, con pequeños agregados, y el nitrato es la forma dominante de N. Estas condiciones benefician a las praderas y a los suelos agrícolas.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

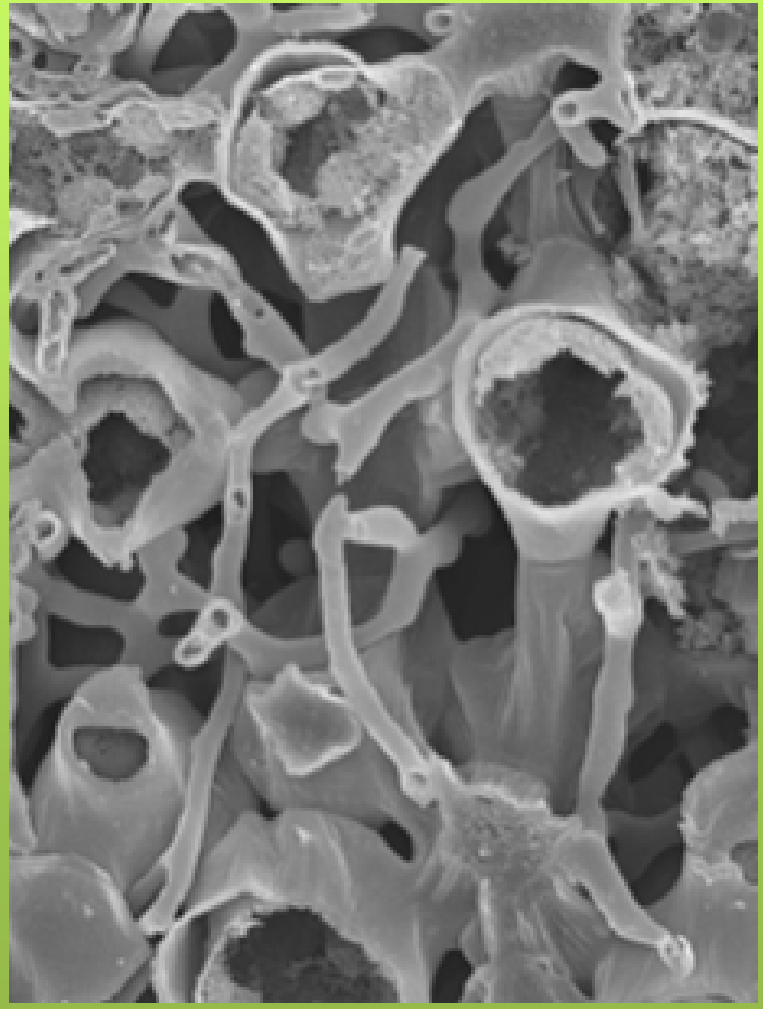
2.3. Papel de las bacterias en el suelo

- Sufren fluctuaciones estacionales.
- Son sensibles a los tratamientos fitosanitarios y las caídas de población se correlacionan con signos de deficiencia severa de N en plantas.

1.La red nutricional del suelo

1.2 Estructura: Hongos

- Hasta 60.000 m de hifas fúngicas. Los hongos son capaces de descomponer la materia orgánica mas recalcitrante o mas difícil para descomponer y retiene nutrientes en el suelo como biomasa fúngica. Al igual que las bacterias son “materia orgánica” para otros microorganismos.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.2. Papel de los hongos en el suelo

- La biomasa fúngica es extremadamente importante en todos los suelos, ya que retienen nutrientes en las capas altas del suelo, cerca de las raíces. Sin estos microorganismos los nutrientes pueden ser secuestrados por la materia orgánica o pueden ser lavados.

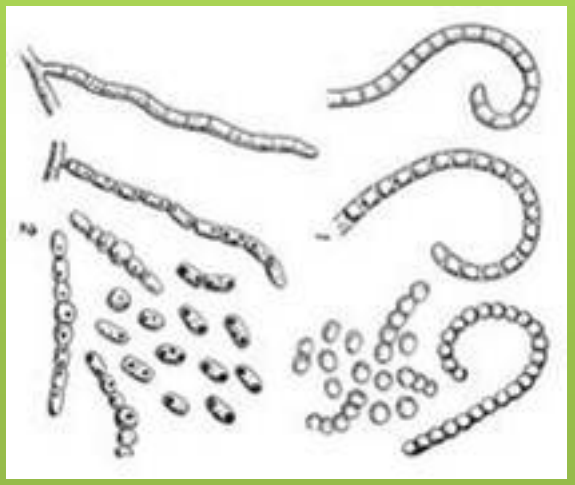


2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.2. Papel de los hongos en el suelo

- Las poblaciones sufren fluctuaciones estacionales.
- Se encuentran en diferentes proporciones, zigomicetes, ascomicetes y basidiomicetes. También actinomicetes.





1. La red nutricional del suelo

1.2. Estructura: Nematodos

- 5 a 500 nematodos benéficos. Comen bacterias u otros nematodos. Necesitan incluso menos N que los protozoos entre 10 y 100 veces menos que una bacteria, o entre 5 a 50 veces que una hifa fúngica.



1. La red nutricional del suelo

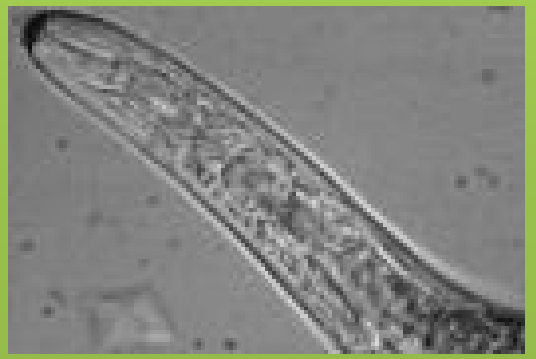
1.2. Estructura

- Por tanto, cuando un nematodo que se alimenta de hongos o bacterias los come, se libera nitrógeno, que queda disponible para el incremento de la planta. Hay nematodos patógenos que se alimenta de raíces de plantas. Estos pueden ser controlados por bacterias, hongos y otros nematodos.





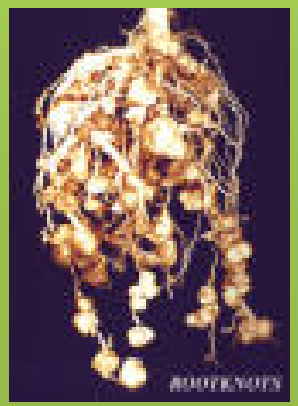




2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.5. Nematodos

- Los nematodos que se alimentan de raíces son perjudiciales para las plantas. Pueden reducirse por competición por el espacio. Las micorrizas pueden incrementar la tolerancia de las plantas frente a los nematodos patógenos. Otros hongos y bacterias pueden ser también inhibidores de estos parásitos.

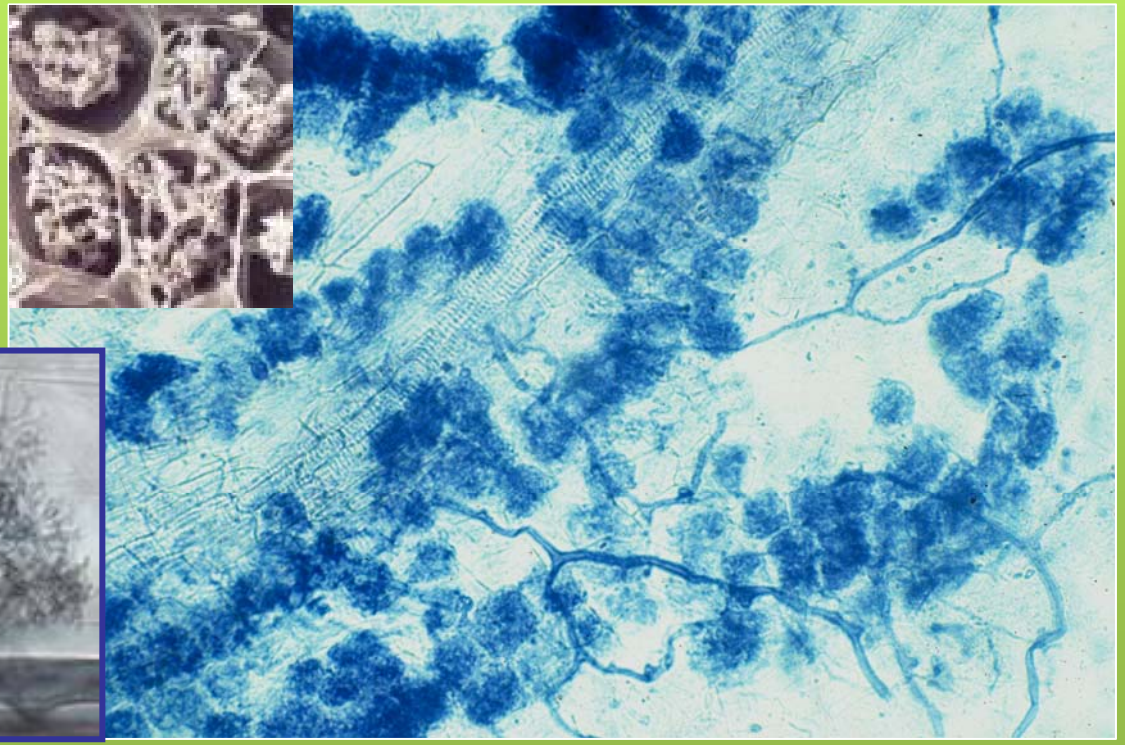


2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.6. Hongos formadores de micorrizas

- La presencia de los hongos MA es muy importante en los suelos.





2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.6. Hongos formadores de micorrizas

- La pérdida de inóculo empobrece el crecimiento vegetal e inhabilita la reproducción o supervivencia bajo condiciones extremas.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.6. Hongos formadores de micorrizas

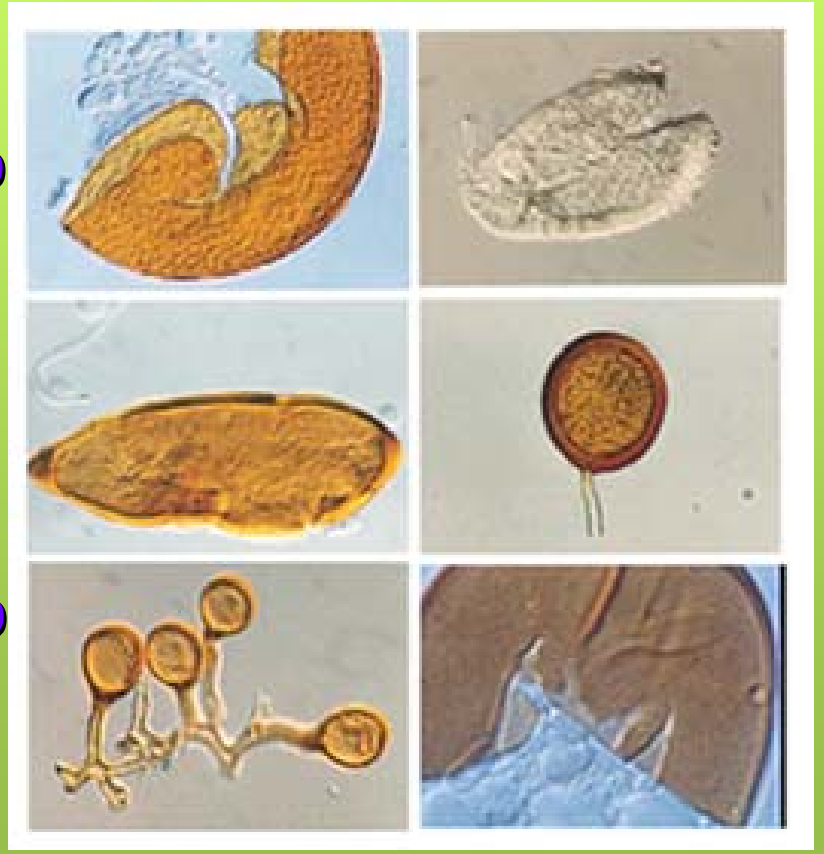
- Las fumigaciones o las intensas fertilizaciones ponen en peligro el inóculo de estos hongos en el suelo.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.6. Hongos formadores de micorrizas

- En general, para la mayoría de los cultivos, es necesario al menos 1 - 5 esporas por gramo. Cuando este número cae, la adición de compost (de alfalfa y otra leguminosa) o la inoculación con inóculo comercial, tiene efectos positivos.

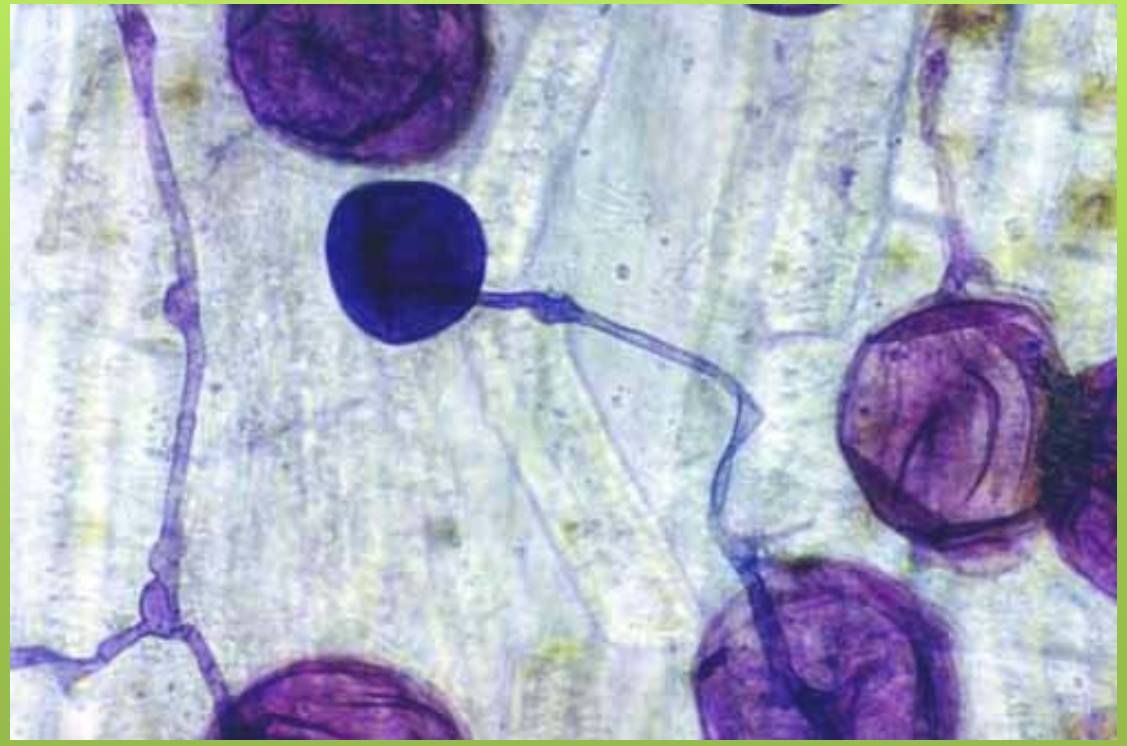


2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.6. Hongos formadores de micorrizas

- Al menos un 12% del sistema radical debe estar colonizado. Valores superiores al 40% corresponden a suelos sanos.





Ventajas de los hongos MA para la salud del suelo

- Mejora y estabiliza los agregados del suelo (glomalina), influyendo sobre sus condiciones físicas y la comunidad microbiológica

  -Afecta indirectamente a las poblaciones de microorganismos facilitándoles un hábitat protegidos entre los poros y agregados estables (Andrade *et al.*, 1998)

  -Los hongos MA están relacionados con el flujo de carbono a través del suelo, esto influye sobre la composición y función de la comunidad microbiana

- Regula el ciclado de materia orgánica del suelo

1. La red nutricional del suelo

1.2. Estructura: Microartrópodos

- Unos pocos a cientos de miles de micro-artrópodos trocean el material vegetal en pequeñas piezas, haciéndola fácil para ser ingerida por hongos y bacterias. Pueden incrementar el nivel de descomposición entre 200 y 100 veces.





1. La red nutricional del suelo

1.3. Vulnerabilidad

- Un uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos, fumigantes, vulnera el equilibrio de la red alimenticia del suelo.





1. La red nutricional del suelo

1.3. Vulnerabilidad

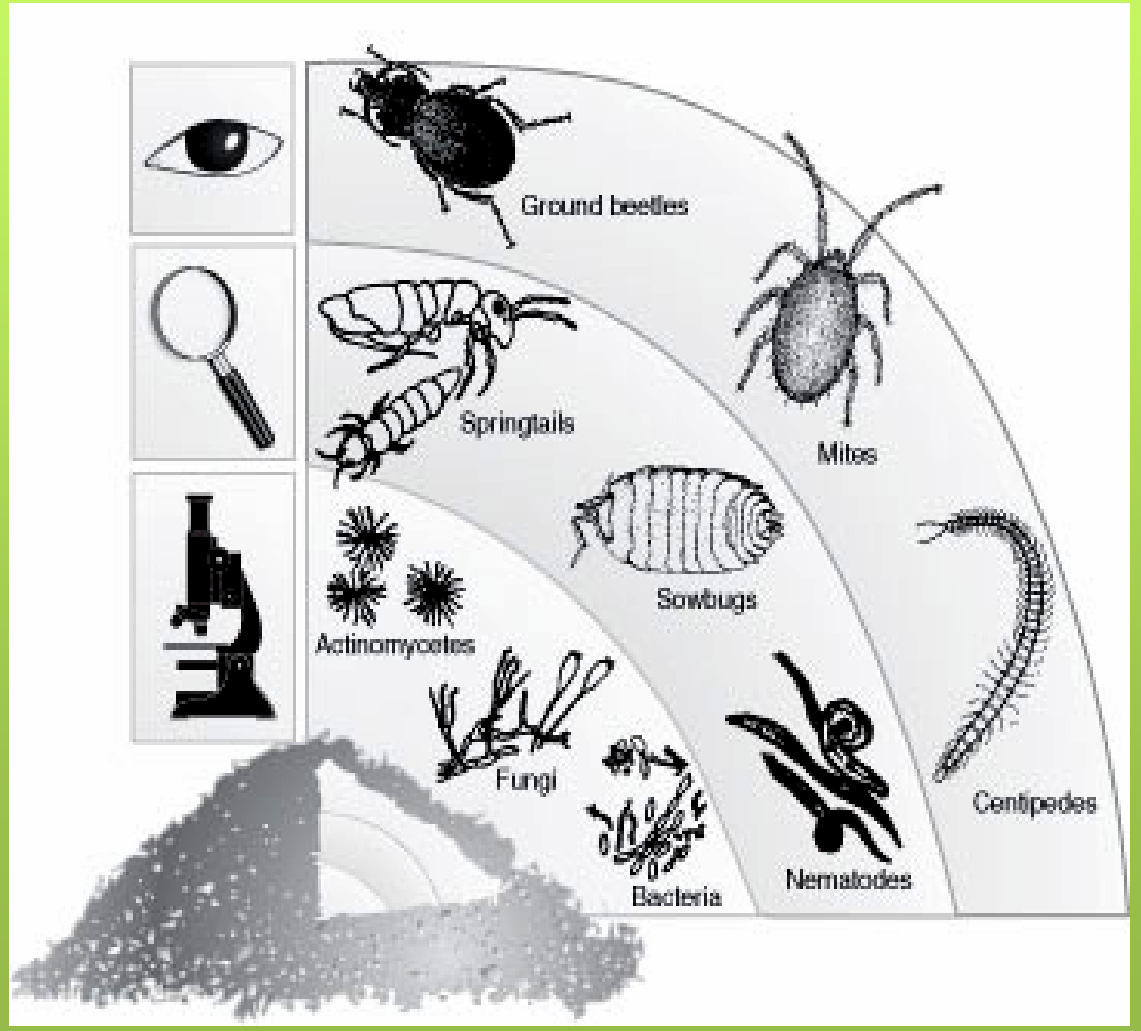
- Cuando el número de bacterias, hongos, protozoos y artrópodos es más bajo de lo debido para un determinado tipo de suelo, el "sistema digestivo" del suelo no trabaja de manera apropiada. Los nutrientes pueden perderse a través del agua del suelo o por la erosión.



1. La red nutricional del suelo

1.3. Vulnerabilidad

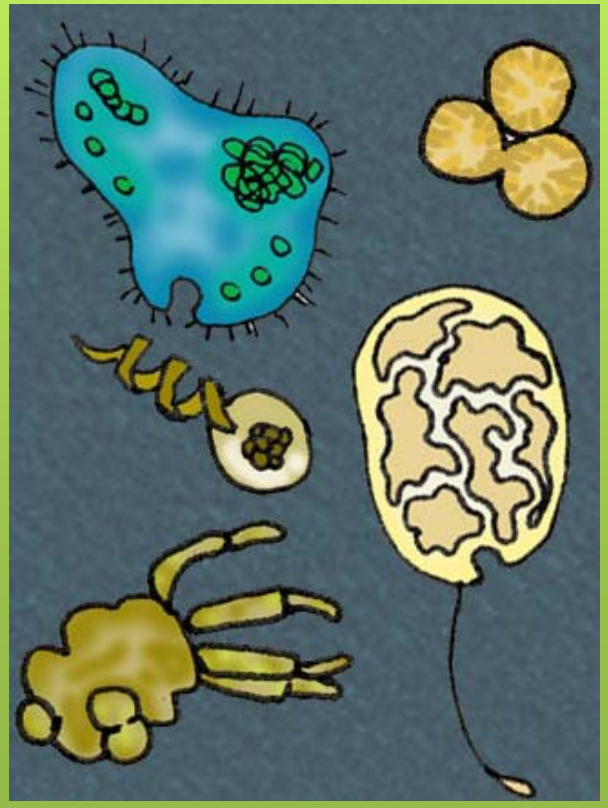
- La mejor manera de mantener la salud de los microorganismos del suelo es aplicar rutinariamente materia orgánica tal como compost.



1. La red nutricional del suelo

1.3. Vulnerabilidad

- El primer objetivo es determinar la red nutricional ideal para cada tipo de suelo, en función de la vegetación y el clima.
- Actualmente se está trabajando en la confección de una información de referencia sobre la biomasa, número y tipo de microorganismos para cada tipo de suelo.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

- La mayoría de los suelos, desde praderas a suelos agrícolas la relación F/B < 1.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

- En suelos agrícolas de producción intensiva esta relación es F/B = 1.
  Cuando F/B > 1 la productividad se reduce y hay que mezclar el suelo para volver a recuperar el dominio de las bacterias.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

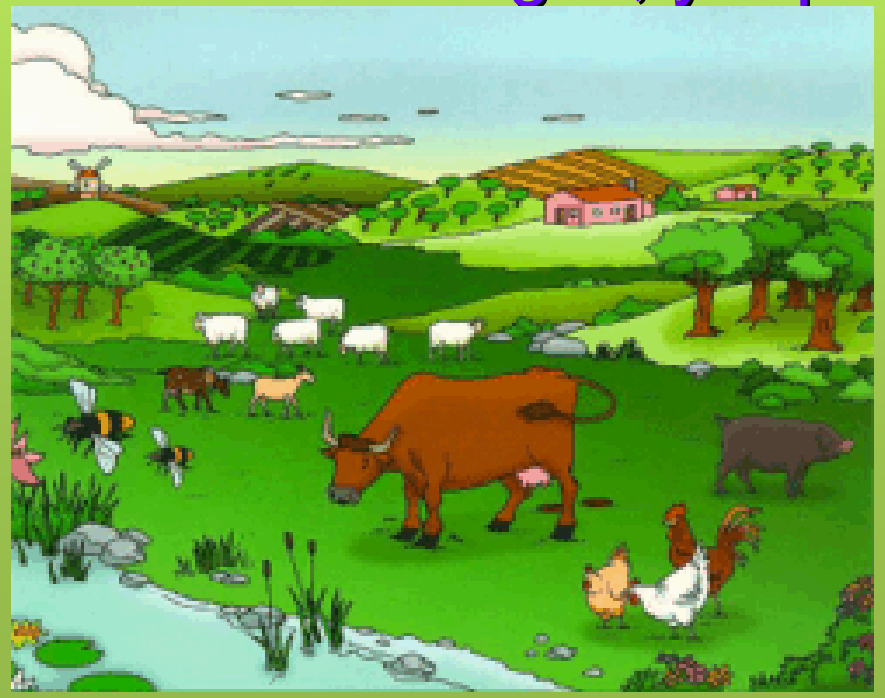
- Los suelos de bosques de coníferas tienen predominio de hongos. Para que exista regeneración de plántulas la relación F/B ≥ 10. En general los bosques muy productivos tienen una F/B cercana a 100. Si los hongos pierden la dominancia, las coníferas no se regeneran.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

- Además de esta relación (F/B) que indica la productividad del sistema, hay que conocer el número de bacterias o la cantidad de hongos, ya que indican la salud del suelo.



2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

- En un bosque, alrededor de 5000 m de hifas por gramo de suelo.





2. Interpretación de la estructura de la red nutricional

2.1. Relación hongos totales / biomasa bacteriana

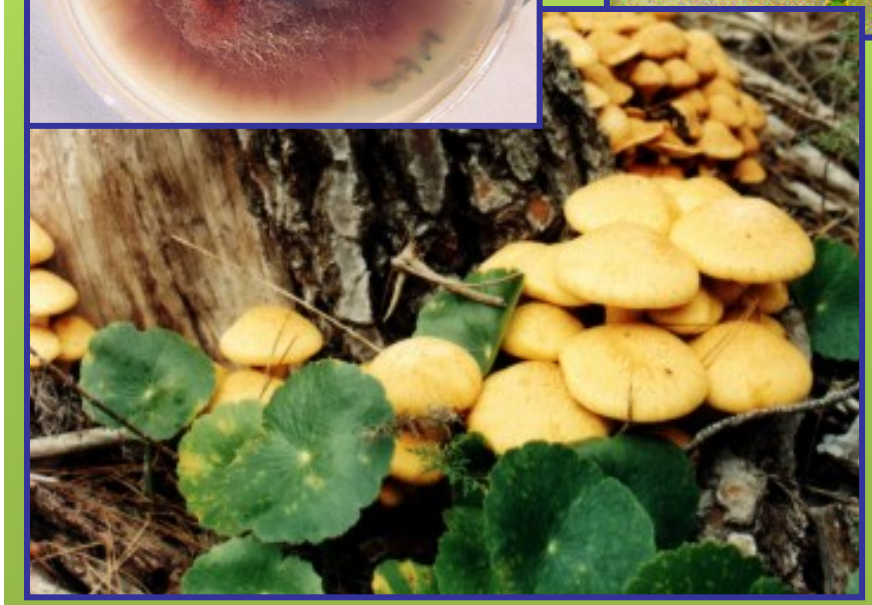
- En un suelo agrícola productivo, debe existir cerca de 100 millones de bacterias / g suelo.

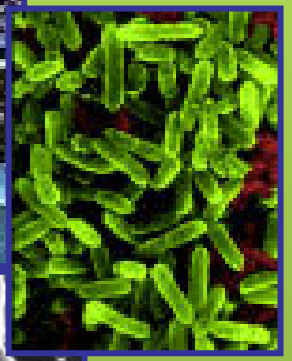
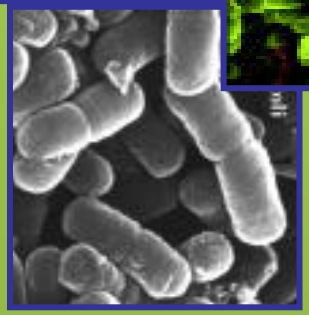
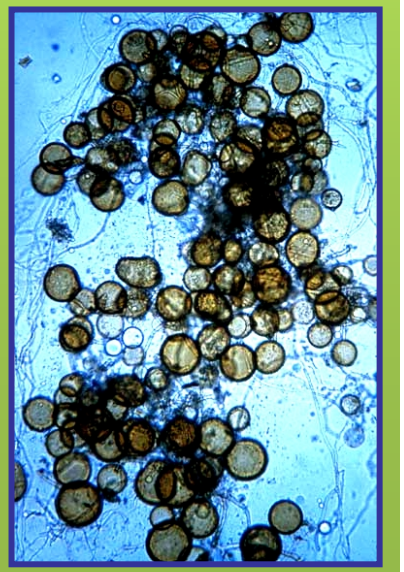


CONTRIBUCIÓN DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

- Aún no se sabe bien como va a influir el cambio climático en los microorganismos del suelo, pero se supone que van a estar mediatizados por la planta

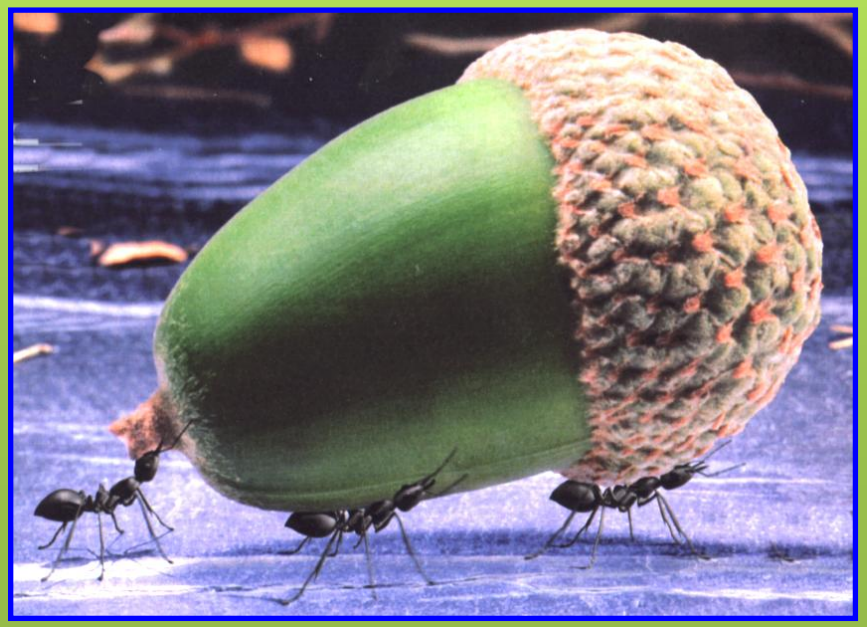


CONTRIBUCIÓN DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

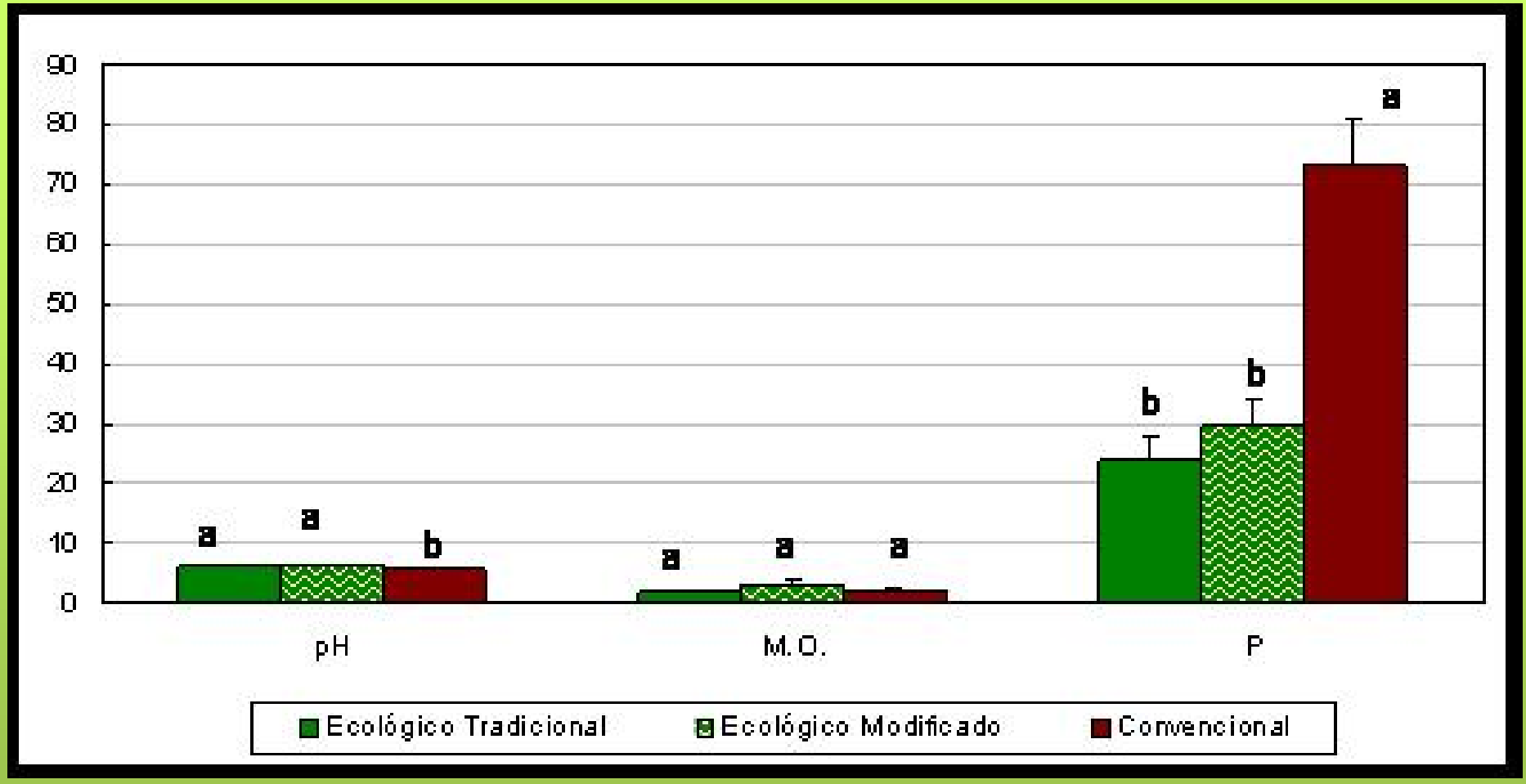
- Los microorganismos del suelo son decisivos para las nuevas recolonizaciones por su especificidad con las especies vegetales



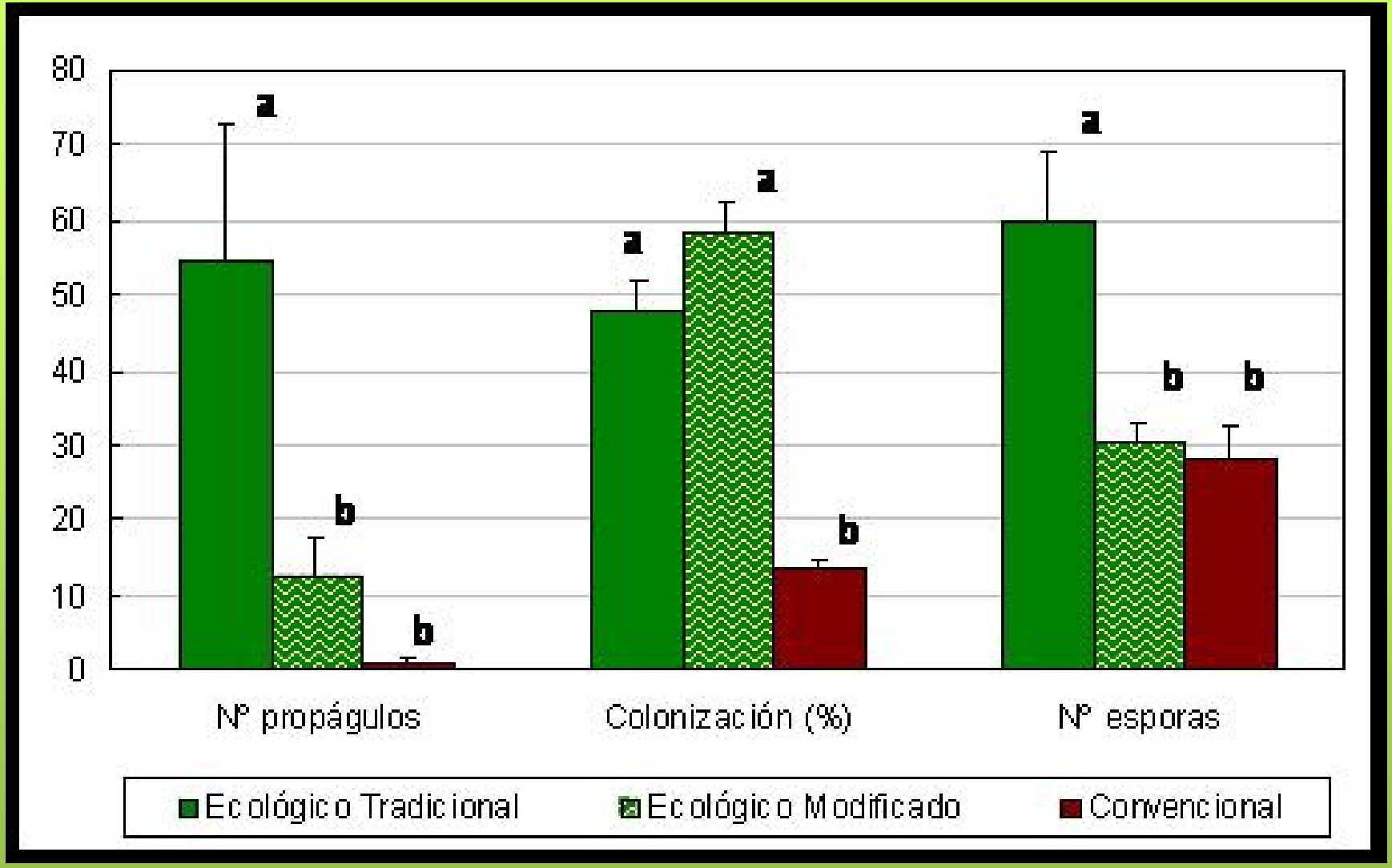








Efecto de los diferentes los diferentes manejos sobre las componentes pH, M.O. y contenido en fósforo de los suelos muestreados.



Efecto de los diferentes los diferentes manejos sobre las variables biológicas: número de propágulos/100 cc, colonización (%) y número de esporas/100 g, de los suelos muestreados.

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

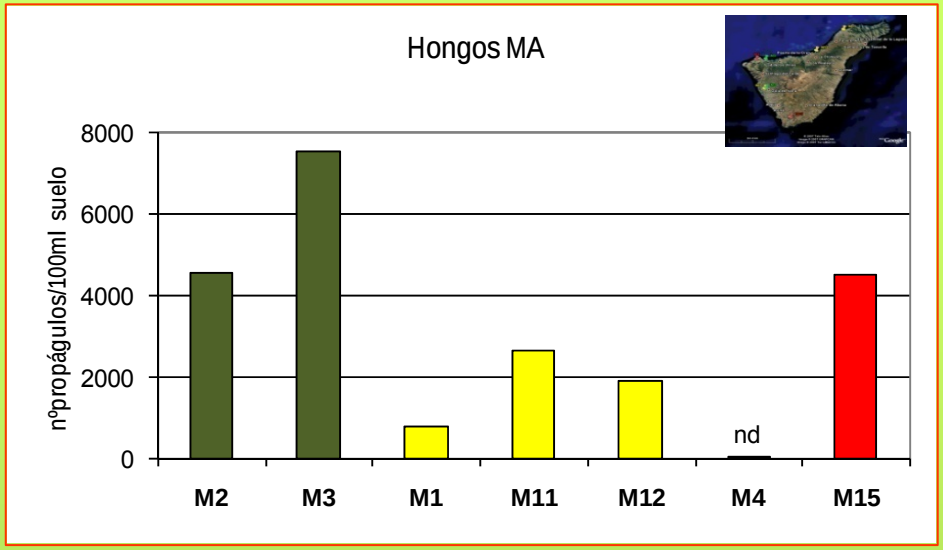


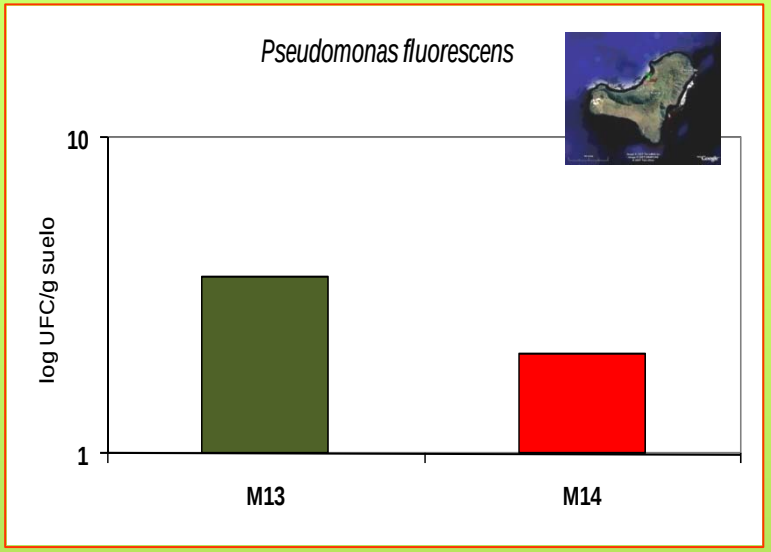

M11
Tacoronte
San Cristóbal de la L
Santa Cruz de Tenerife
M12
Puerto de la Cruz
M4
M3
La Orotava
Icod de los Vinos
Los Realejos
Güímar
Santiago del Teide
M1
M2
Guía de Isora
Adeje
Granadilla de Abona
Arona
M15
24.4 km
© 2007 Tele Atlas
Image © 2007 GRAFCAN


M9
M5
M6
M10
16.8 km
Image © 2007 GRAFCAN
Image © 2007 TerraMetrics


M8
Gáldar
M7
Arucas
Las Palmas de Gran Cana
Telde
Gran Canaria
San Bartolomé de Tirajana
Ingenio
25 km
Image © 2007 GRAFCAN
Image © 2007 TerraMetrics

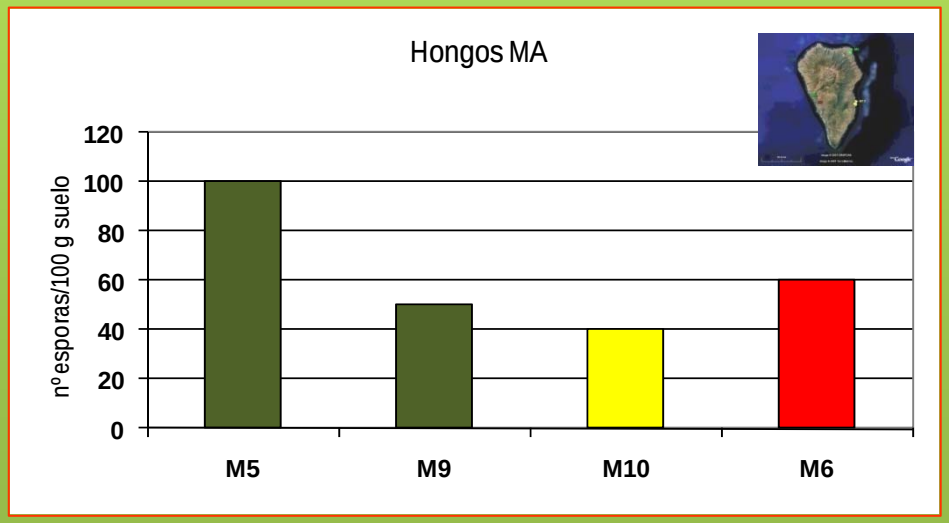

Valverde
M13
M14
Frontera
10.4 km
Image © 2007 TerraMetrics
Image © 2007 GRAFCAN





P. Ecológica P. Controlada P. Convencional

P.Ecológica P.Convencional



Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias

Estudio de la fertilidad biológica en los suelos de platanera

Proyectos en marcha

OBJETIVOS

- **Puesta a punto de un sistema rápido y sencillo para el diagnóstico de la fertilidad en base a indicadores microbiológicos**

- **Determinar la posible correlación entre los bioindicadores estudiados y la información obtenida a través de los análisis físico-químicos convencionales**

- **Determinar la idoneidad de los parámetros estudiados como indicadores de la calidad del suelo**

MATERIALES Y MÉTODOS

- **Muestreo de suelos en las islas de mayor producción platanera**



MATERIALES Y MÉTODOS



MATERIALES Y MÉTODOS

- **Determinaciones analíticas:**
  - **Físico-Químicas**
  - **Microbiológicas**





CRITERIOS DE MUESTREO DE SUELOS

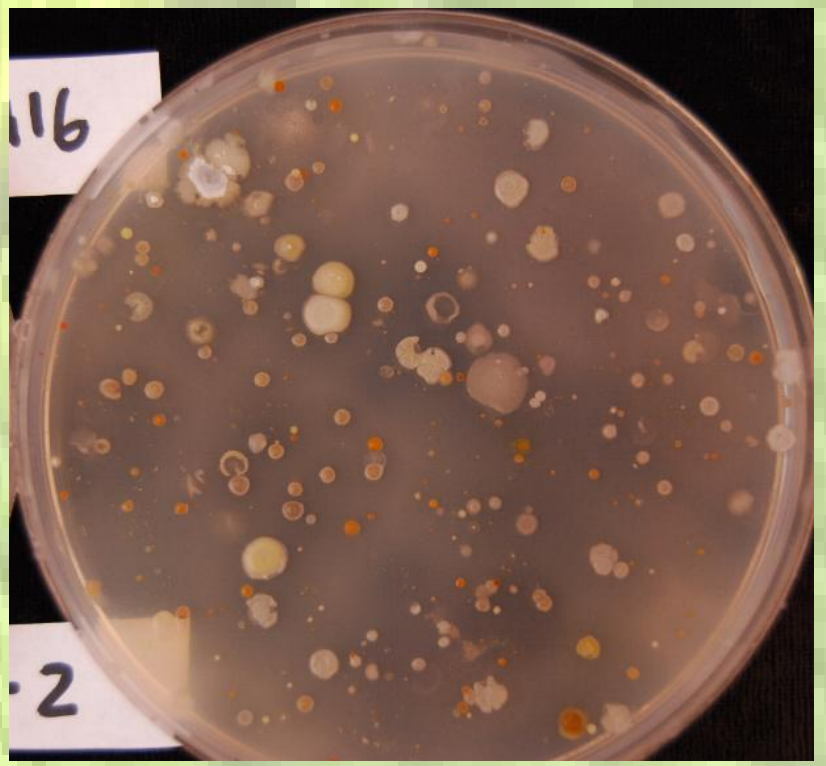
MUESTRAS	PRODUCTIVIDAD	ISLA
6 fincas/isla	> 7.5 kg / m^2	La Palma Gran Canaria Tenerife
6 fincas/isla	< 5 kg / m^2	La Palma Gran Canaria Tenerife

Estudio de la fertilidad biológica en los suelos de platanera

DETERMINACIONES

Microbiológicas

- Flora fúngica
- Flora bacteriana
- Actinomicetes
- Hongos micorrícicos
- *Pseudomonas fluorescens*
- Respiración del suelo



El ICIA en la red www.icia.es

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Gobierno de Canarias



GRACIAS !!