

**CALIDAD,
BIODIVERSIDAD Y
FUNCIONALIDAD DE
SUELOS**

Antonio Roldán Garrigós

EL SUELO

- Es el escenario o el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida
- Es un componente ambiental frágil, de difícil y larga recuperación y de extensión limitada
- Es un **recurso natural no renovable** a corto plazo imprescindible para el desarrollo vegetal y con un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres



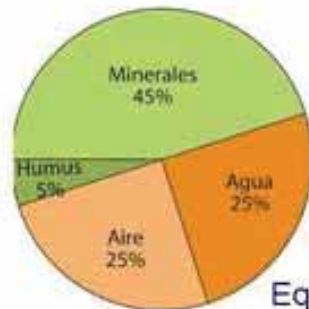
COMPONENTES DEL SUELO

➤ Inorgánicos: (factores abióticos)

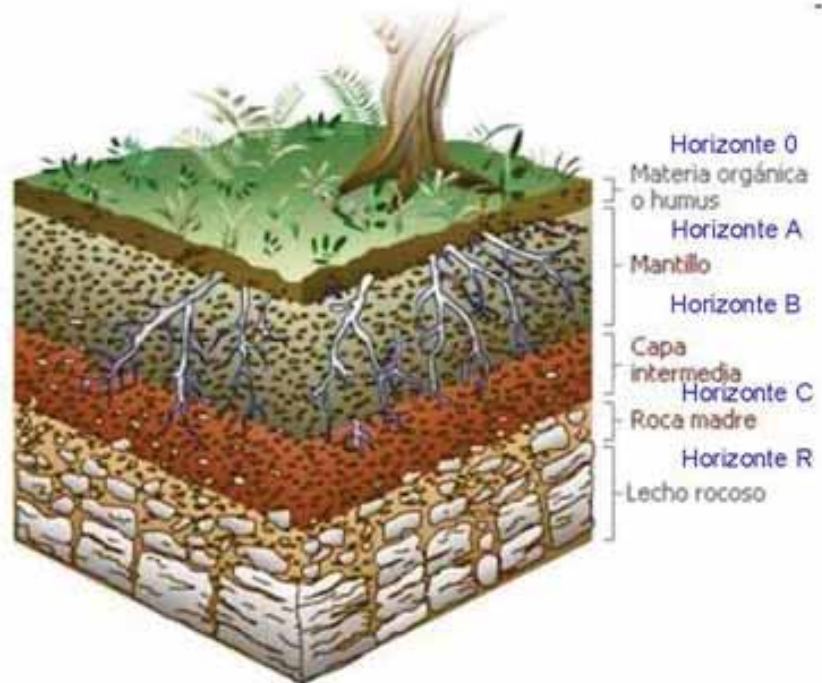
- Minerales (originados por meteorización de la roca madre)
- Sales (fosfatos, nitratos)
- Agua
- Aire

➤ Orgánicos: (factores bióticos)

- Materia orgánica
- Restos orgánicos
- Microorganismos (hongos y bacterias)
- Organismos y plantas (lombrices, insectos, larvas, raíces)



Equilibrio estructural de un suelo





CALIDAD DEL SUELO

- ❖ La definición de **calidad del suelo** ha sido un tema difícil debido a que los suelos presentan una gran variabilidad en sus propiedades, características y funciones
- ❖ Ha sido percibida de muchas formas y se le ha dado distintas definiciones tanto por parte de científicos como de instituciones

Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of America (Karlen et al. 1997):

"Capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana y el hábitat"

Principales
funciones
del suelo

Productividad biológica

Calidad ambiental

Salud de plantas, animales
y personas



CALIDAD DEL SUELO

No existe actualmente una metodología universal para caracterizar la calidad de los suelos y definir un conjunto de indicadores

Indicador de calidad de suelo: propiedad medible que influye sobre la capacidad de un suelo para llevar a cabo una función dada

Físicos

- Estructura del suelo (EA, DA, porosidad...)
- Textura, CE

Biológicos

- C y N de la biomasa microbiana
- Respiración microbiana
- Diversidad y/o abundancia y estructura microbiana

Químicos o físico-químicos

- Contenido en MO
- Fracciones de C
- pH
- Contenido en nutrientes (P, N, K,...)

Bioquímicos

- Actividades enzimáticas (desempeñan un papel en los ciclos de C y nutrientes y son buenos indicadores de la fertilidad del suelo)
- Contenido en ácidos grasos fosfolípidicos



BIODIVERSIDAD

Se define como "la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, acuáticos o marinos"

Diversidad dentro de las especies (diversidad genética)

Diversidad entre las especies (diversidad de especies)

Diversidad de los ecosistemas (diversidad de poblaciones)

Definiciones del Prof. Margalef

- "Riqueza" ó "Abundancia" de especies
 - ✓ **Número total de especies presentes**
- "Frecuencia" ó "Equilibrio" de especies
 - ✓ **Distribución de individuos dentro de cada especie**

Índices de diversidad

Fórmulas matemáticas (Índices de Shannon-Wiener, Simpson, Pielou)

BIODIVERSIDAD DEL SUELO

La **calidad** o fertilidad de un **suelo** está condicionada por el conjunto de comunidades de organismos vivos que constituyen la **biodiversidad del suelo**



- ✓ Hasta 10^5 células bacterianas (10 mil genomas bacterianos #)
- ✓ Miles de especies microbianas
- ✓ Hasta 200 m de hifas fúngicas
- ✓ ≈ 1 millón de células de protistas
- ✓ Amplia variedad de ácaros, nematodos, lombrices y artrópodos

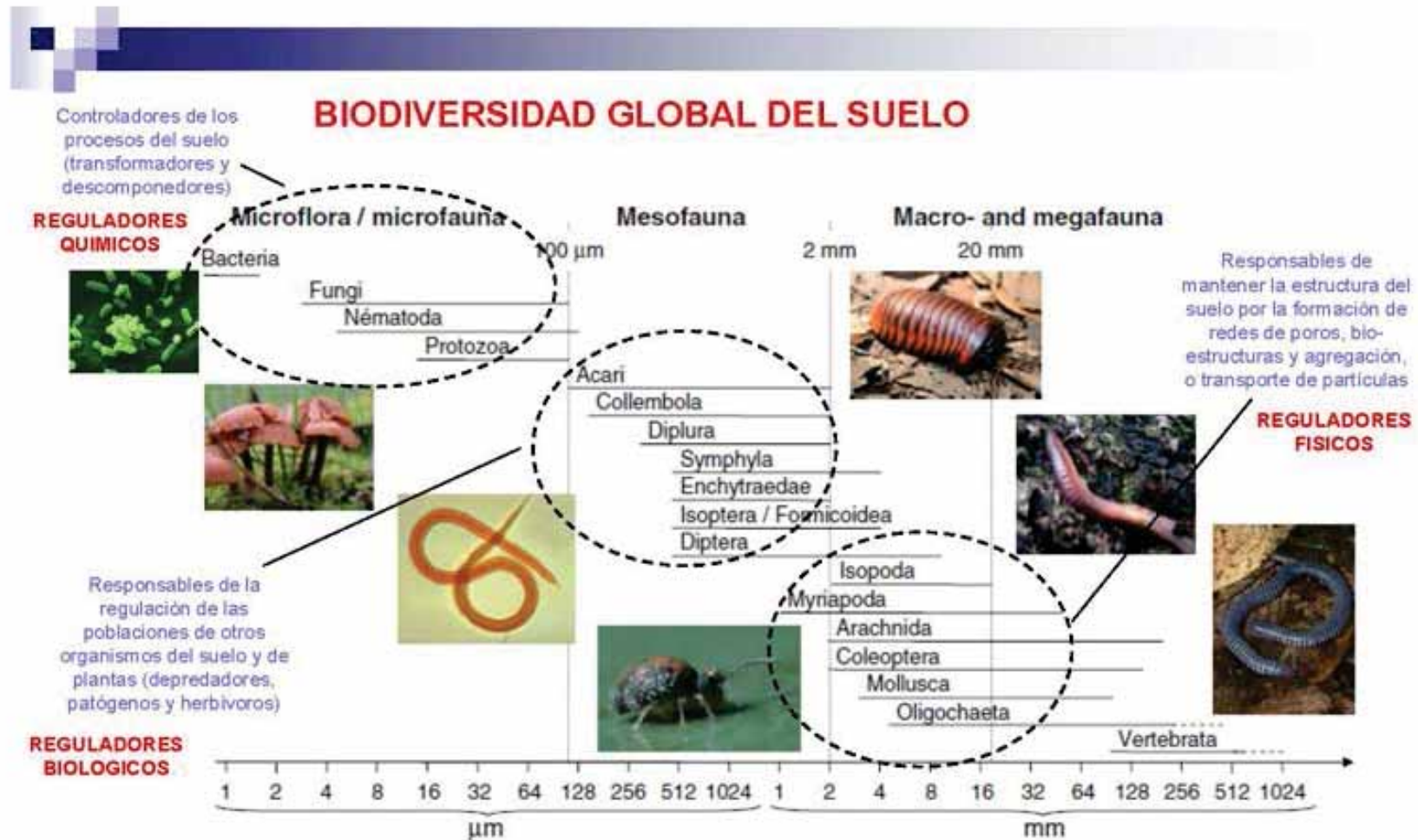
-Fauna: 1-5 T/ha
 -Hongos: 3.5 T/ha
 -Bacterias: 1.5 T/ha

Grupo	Organismos	Especies conocidas	% conocido
Macro-fauna	lombrices	3600	50%
Meso-fauna	ácaros	45231	4%
	colémbolos	8000	15%
Micro-fauna	Protozoos	40000	7,5%
	Nematodos	5000	1,3%
Microorganismos	Bacterias	10000	1%
	Hongos	72000	1%

> **Biomasa del suelo**

Al menos el 25% de las especies del planeta viven en los suelos →

Solo 1% de microorganismos han sido identificados

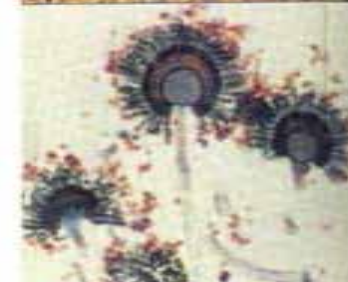
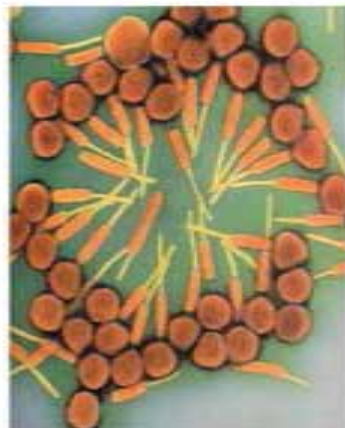
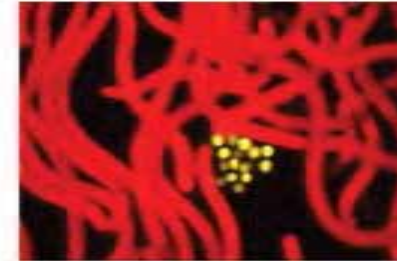
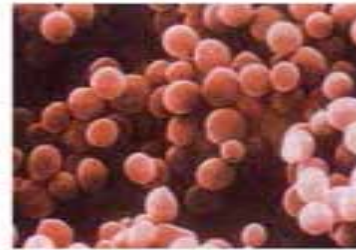


Representation of the main taxonomic groups of soil organisms on a body-size basis (Swift et al. 1979)



Microorganismos

Cualquier unidad microbiana, celular o no celular, con capacidad para intercambiar material genético o reproducirse. Esta definición se puede aplicar a virus, viroides, bacterias, hongos, algas, protozoos y micoplasmas.



Hongos



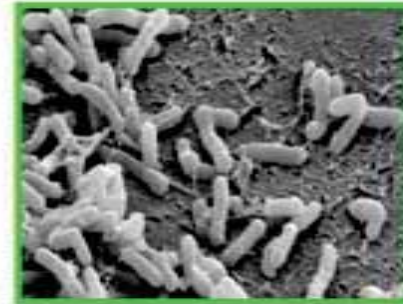
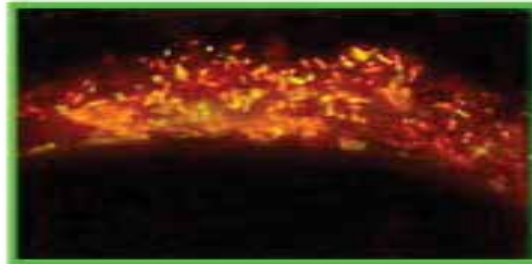
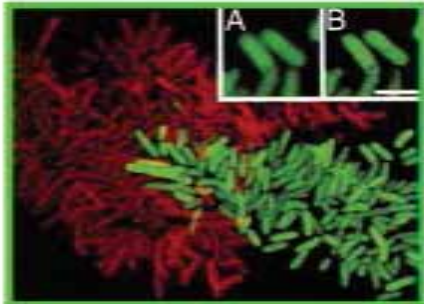
Simbiontes mutualistas



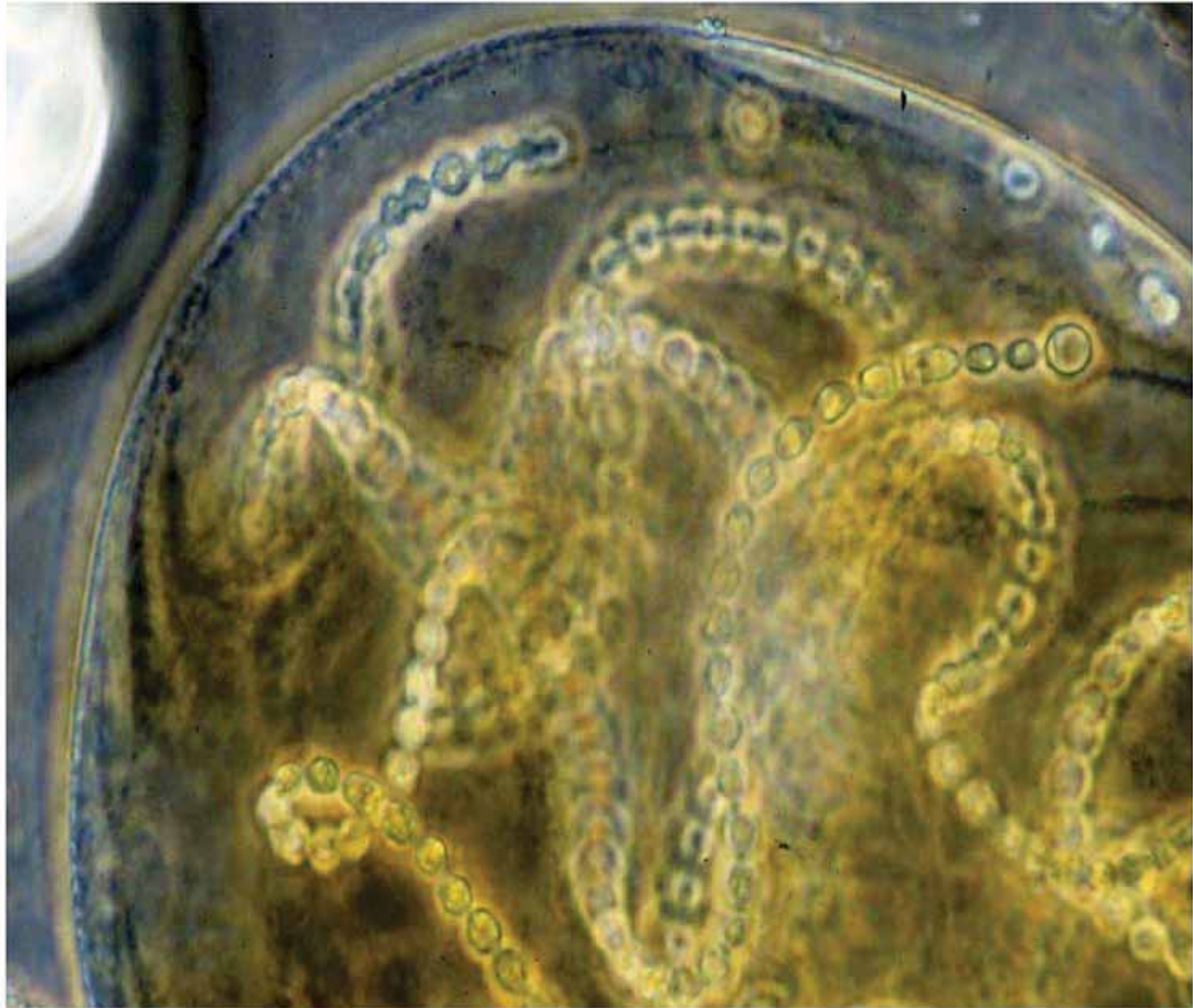
Saprófitos beneficiosos

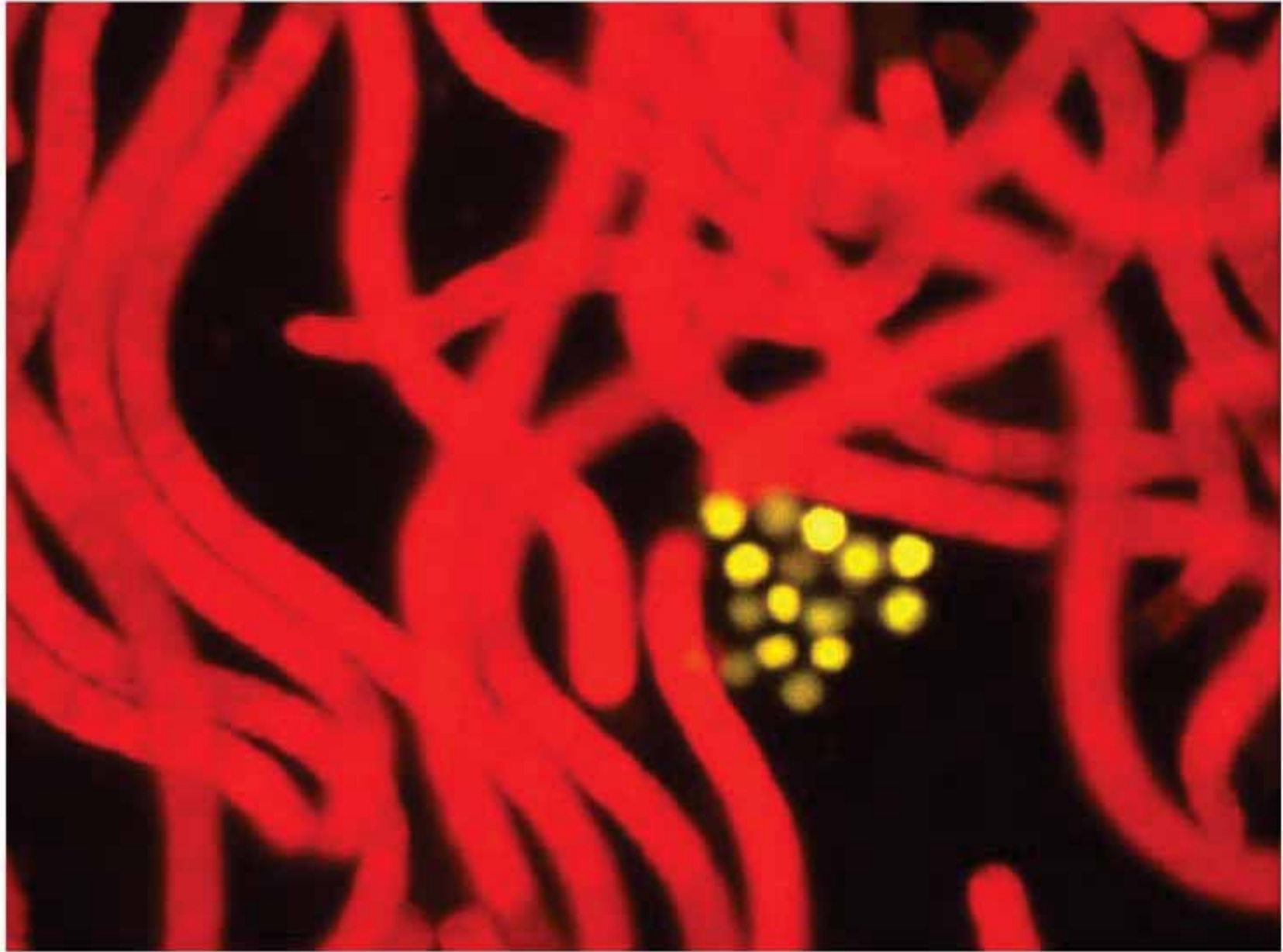


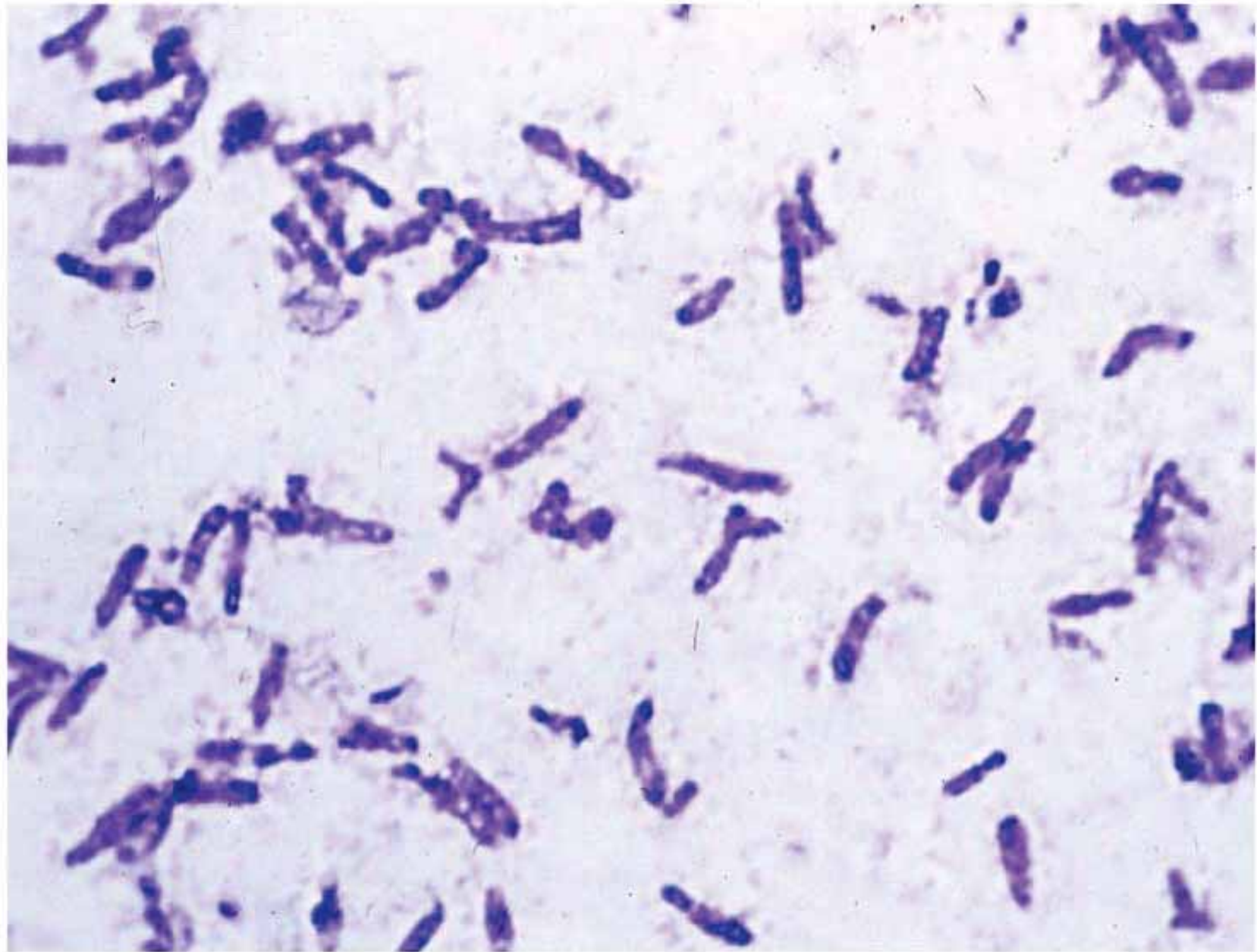
Patógenos

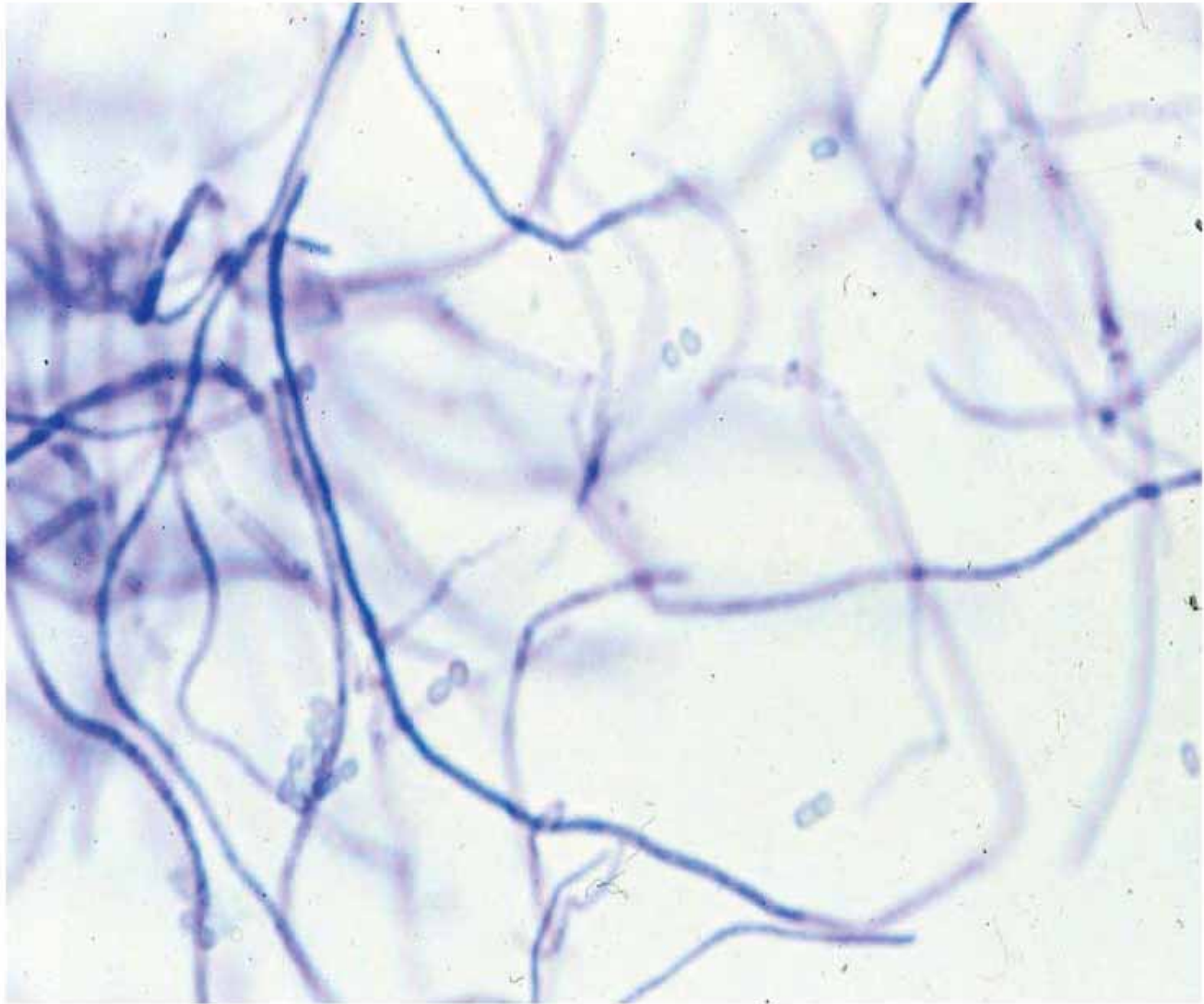


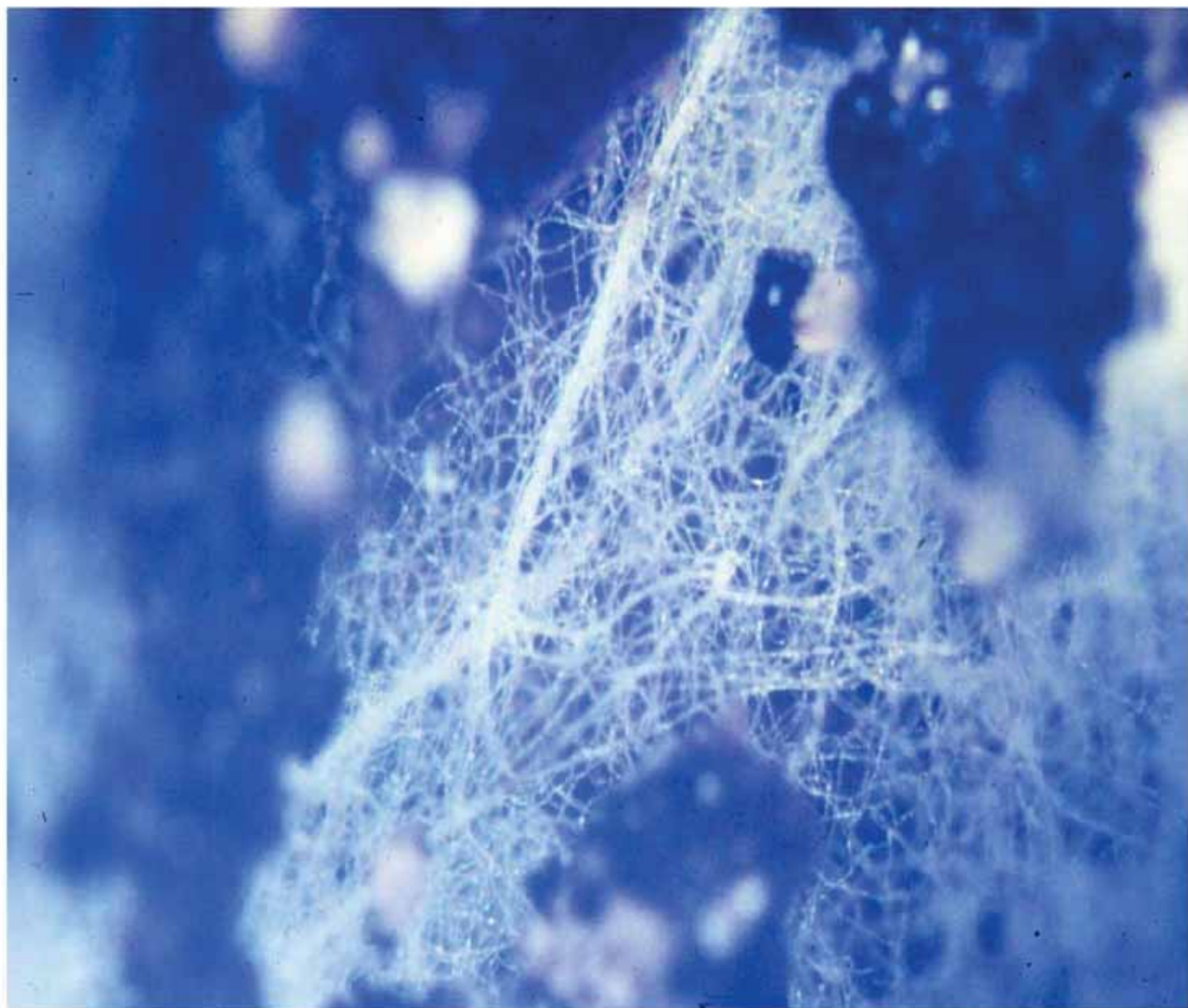
Bacterias

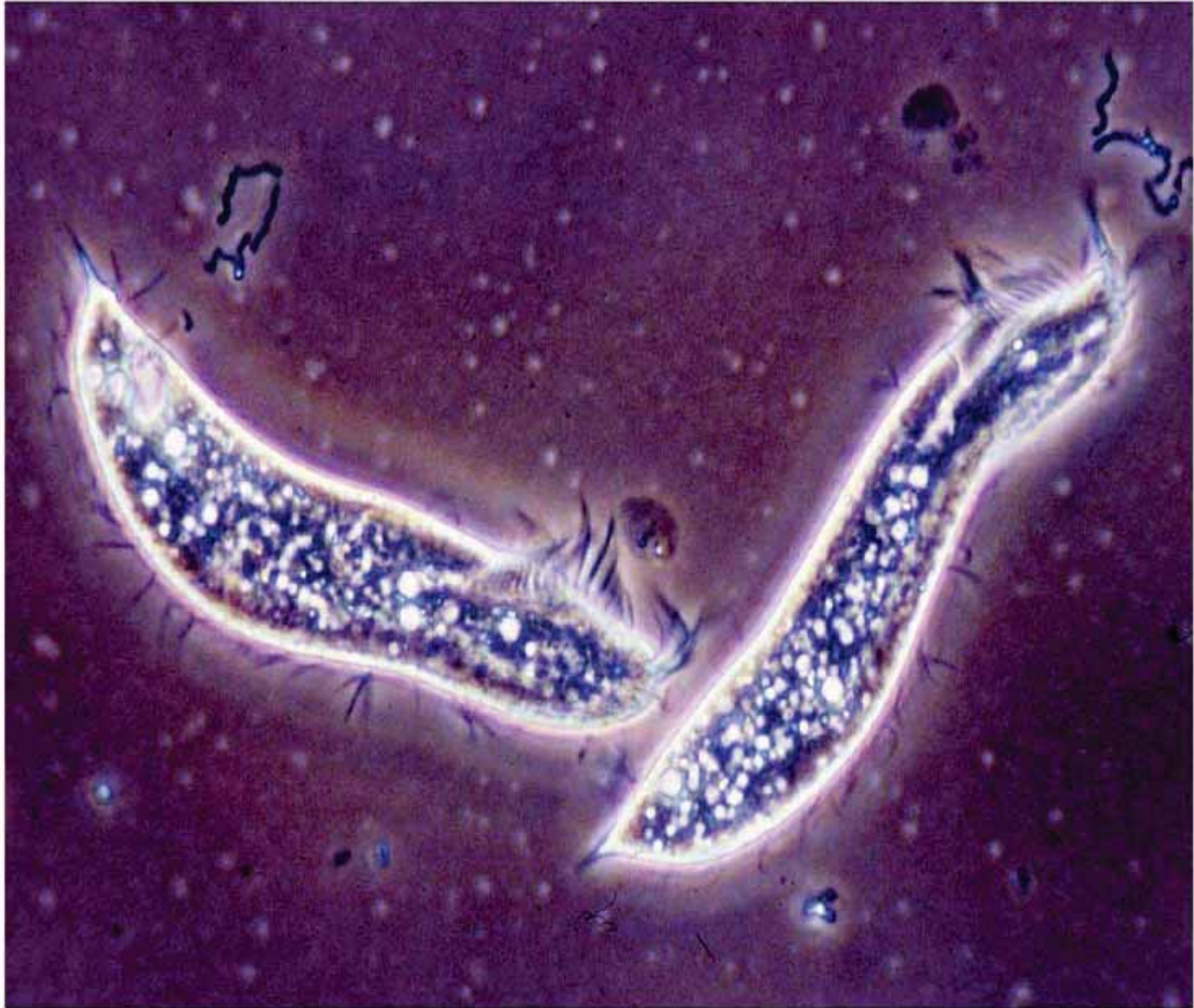


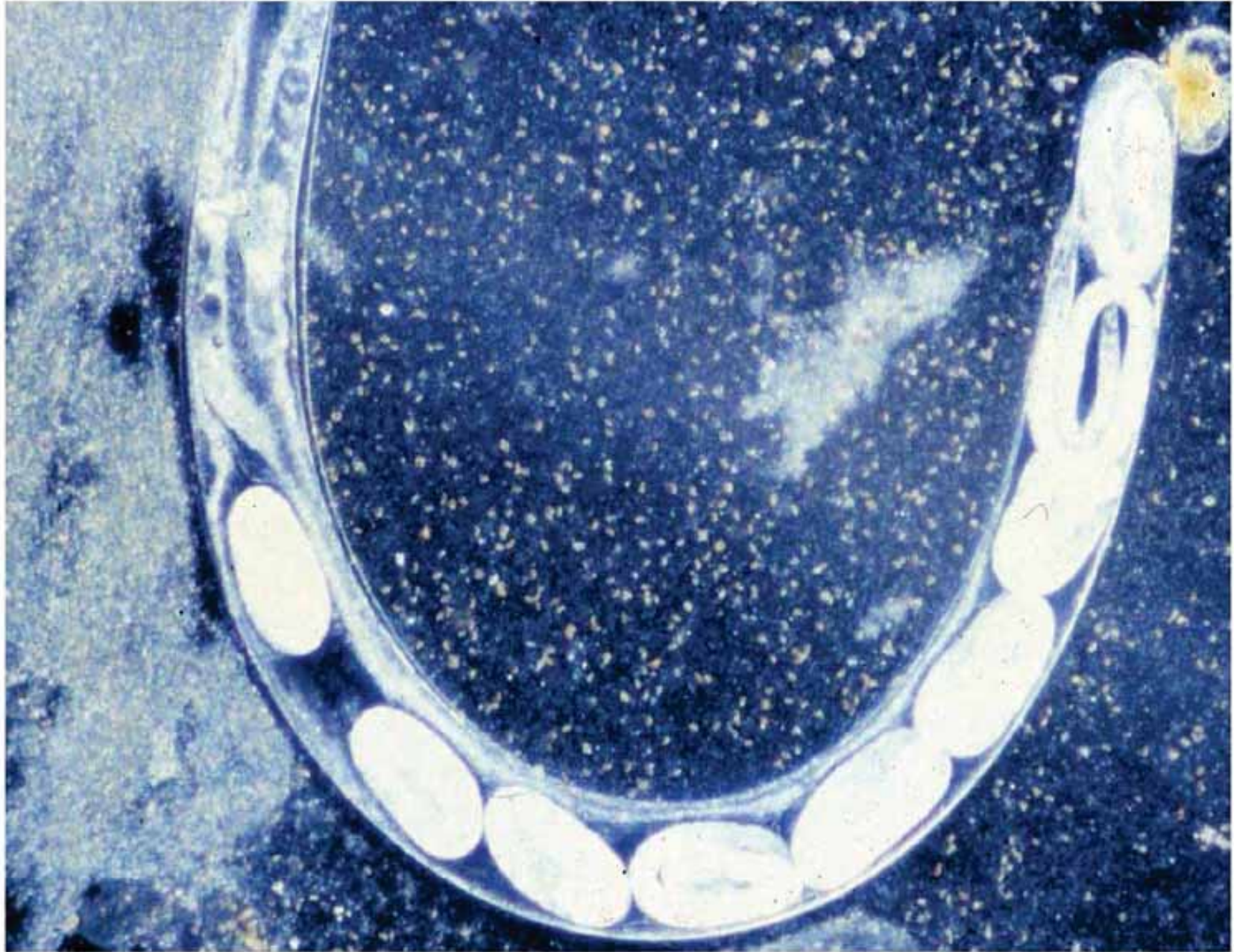


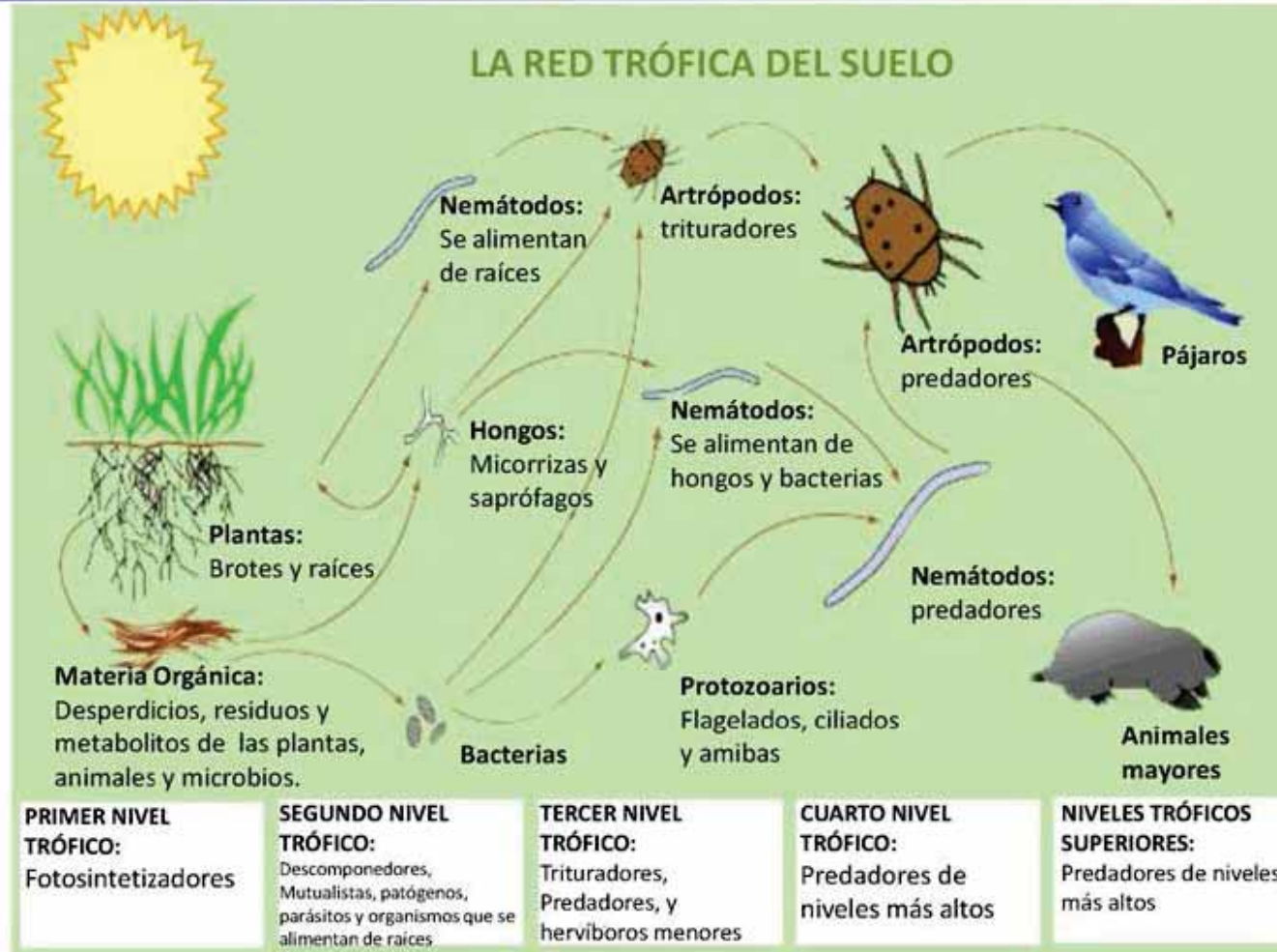












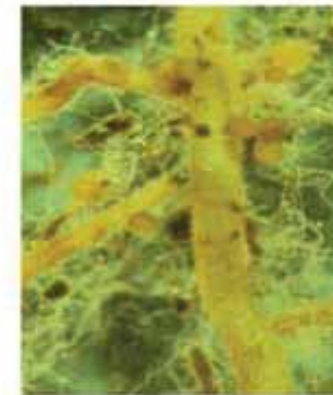
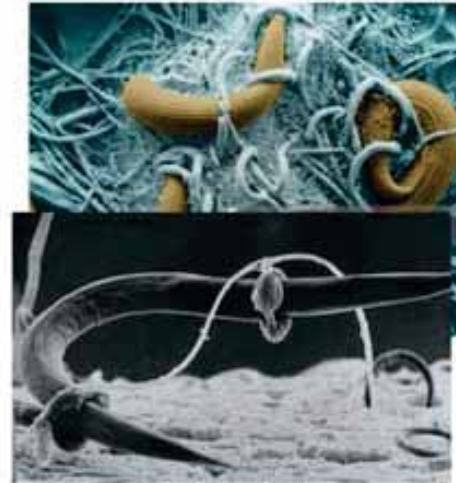
TIPOS DE INTERACCIONES

Negativas

	<u>A</u>	<u>B</u>
Competición	-	-
Predación	-	+
Parasitismo	-	+

Positivas

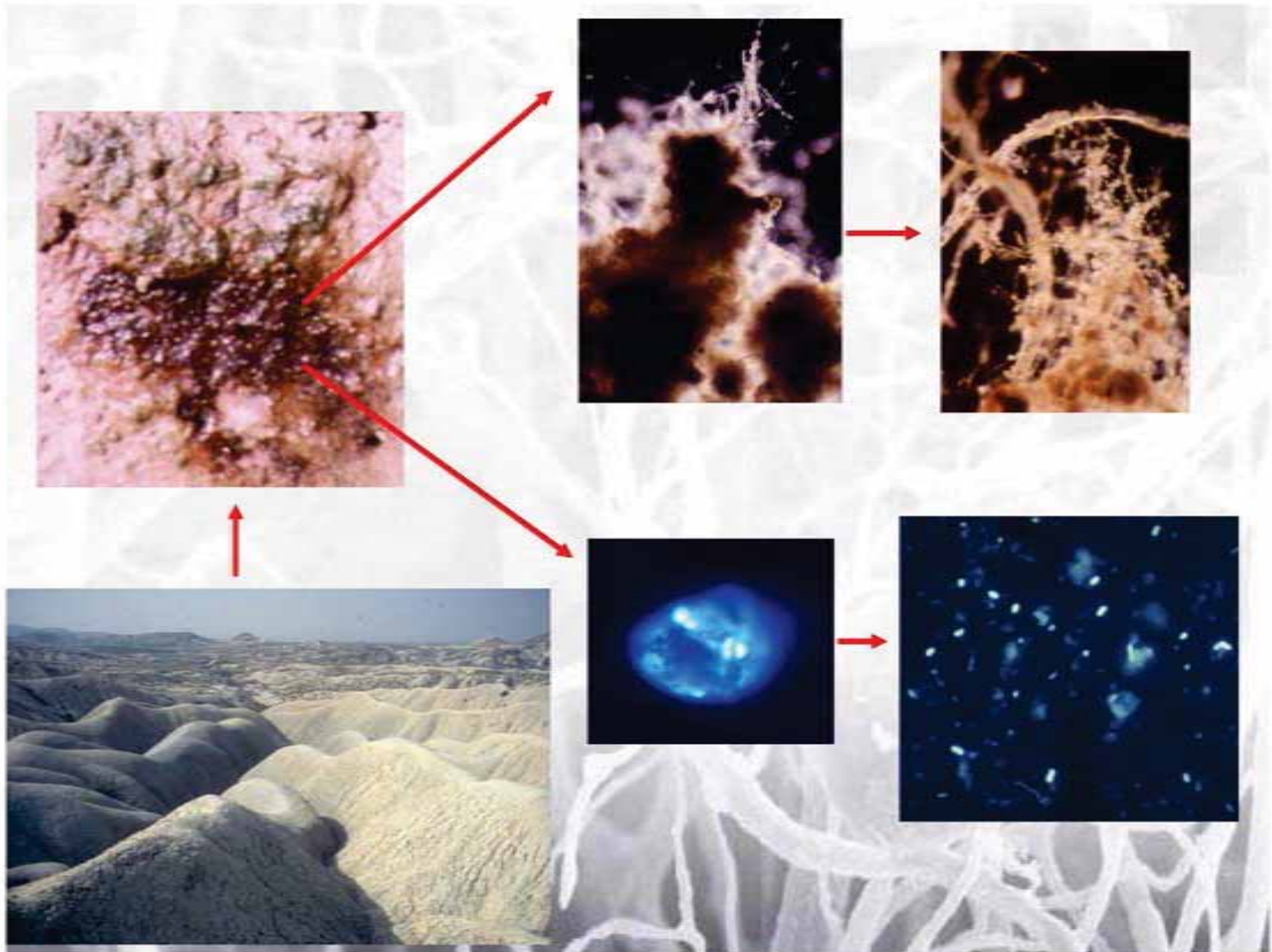
Mutualismo	+	+
Comensalismo	0	+
Neutralismo	0	0



+ La población se beneficia
 - La población se perjudica
 0 Ausencia de efecto

SERVICIOS DEL ECOSISTEMA MEDIADOS POR LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO





DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL

Grupos taxonómicos:
Organismos agrupados por caracteres homólogos compartidos
Historia evolutiva común

Grupos funcionales:
Especies agrupadas por caracteres análogos
Características funcionales similares en un ecosistema

Diversidad taxonómica

Diversidad funcional

Incluye la identidad de los organismos y la composición y estructura de sus poblaciones y comunidades

Incluye toda la variedad de procesos y relaciones funcionales entre organismos y sistemas



TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD MICROBIANA

- ✓ Observación directa
- ✓ Cultivo en placas. Imposible obtener una representación de toda la población microbiana:
Pocos microorganismos son capaces de crecer en condiciones artificiales



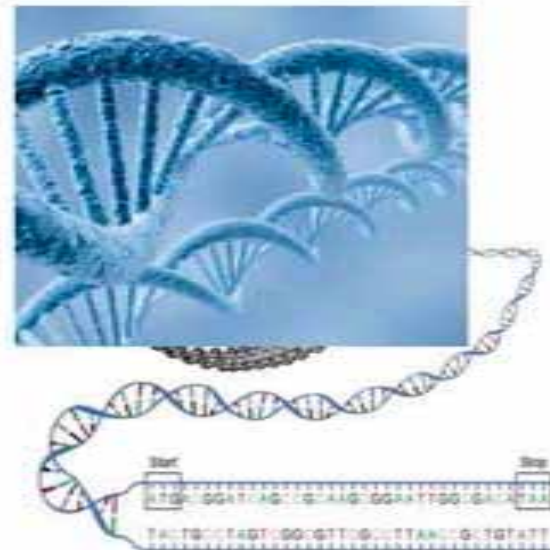
≈1% de la biodiversidad

- ✓ Técnicas bioquímicas: Permiten detectar actividades funcionales llevadas a cabo por enzimas específicas de los microorganismos del suelo
 - **Sole-Carbon-Source Utilization (SCSU)/Community Level Physiological Profiling (CLPP): Método Biolog ó MicroResp™**
Aporta información sobre la diversidad funcional microbiana
Potencial de la comunidad microbiana edáfica para usar una serie de sustratos de carbono (fuente de C disponible)
 - **Phospholipid fatty acid (PLFA)/Fatty acid methyl ester (FAME):** Ofrece una visión amplia de toda la comunidad microbiana
Se pueden confundir con otros microorganismos ya que muchos ácidos grasos son comunes a diferentes organismos

TÉCNICAS MOLECULARES PARA EL ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD MICROBIANA

Estudio de la diversidad y función microbiana (diversidad taxonómica y funcional)

- ✓ Técnicas que separan las secuencias de genes en función de su longitud o polimorfismo: **TGGE, DGGE, SSCP, RFLP**, etc y producen unas etiquetas identificativas de la estructura de la comunidad
- ✓ **Clonación (secuenciación de librerías)**
- ✓ **Microarrays (PhyloChip)**
- ✓ **PCR a tiempo real**



TÉCNICAS “ÓMICAS” PARA EL ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD MICROBIANA

Con las nuevas técnicas de secuenciación masiva (NGS) es posible secuenciar /caracterizar los microorganismos presentes en el suelo, su capacidad funcional y actividad

1º estudio con NGS sobre biodiversidad del suelo:
Leininger et al. (2006)
Nature 442,806-809

Estudio de los perfiles metabólicos de la comunidad microbiana; identificación de la función de los genes

Estudio a gran escala de proteínas expresadas por las comunidades microbianas en un momento dado

La colección completa de secuencias transcritas (genes expresados) en una comunidad microbiana

100% de la biodiversidad

Plataformas



¿Cómo está funcionando el metabolismo de una célula?

Metabolitos
Metabolómica

¿Qué han hecho?

Proteínas
Metaproteómica

¿En qué cantidad?

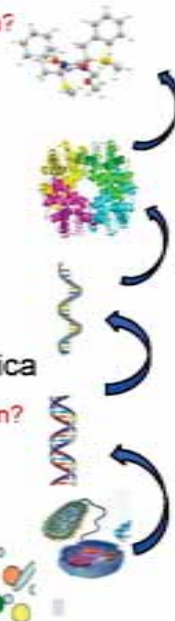
¿Qué están haciendo?

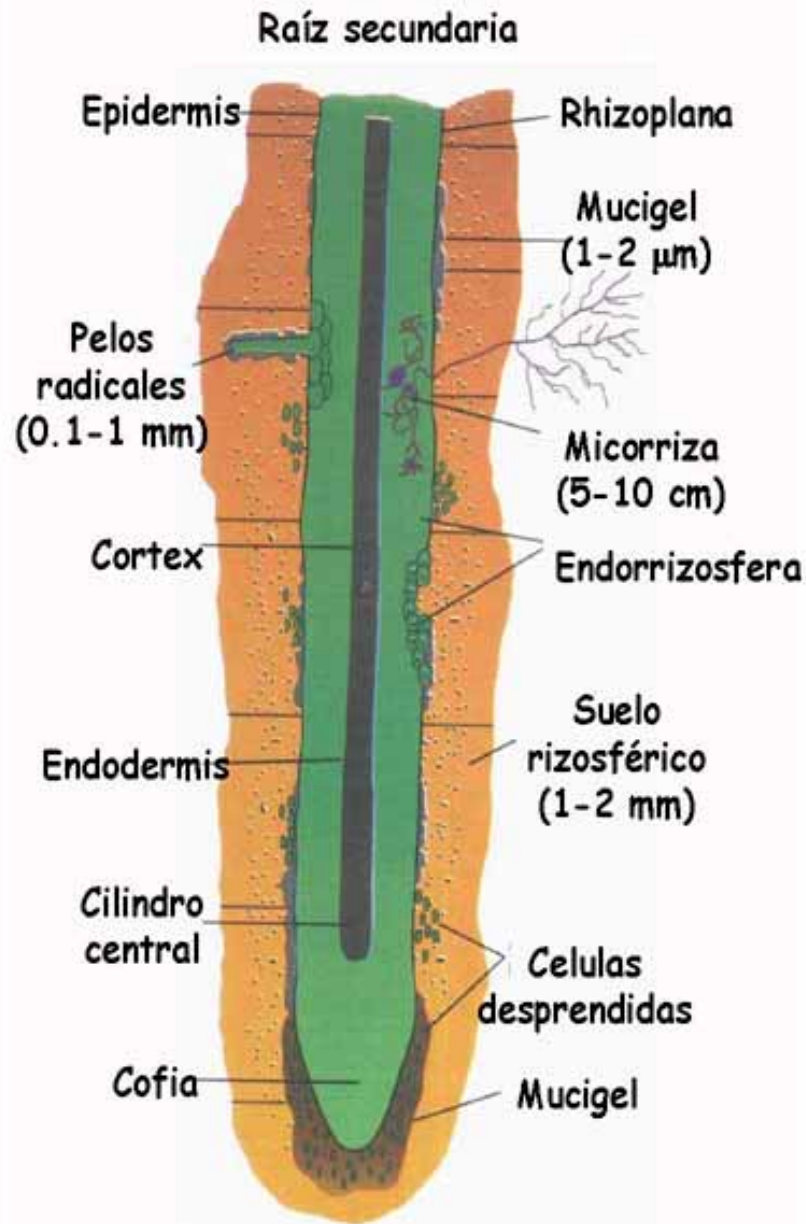
ARN
Metatranscriptómica

¿Qué hay? ¿Quiénes son?

ADN
Metagenómica

Comunidad microbiana





La rizosfera

Zona del suelo
afectada por la
presencia de raíces,
donde prosperan y
trabajan los
microorganismos

Colonización de las interfaces suelo-raíz por microorganismos

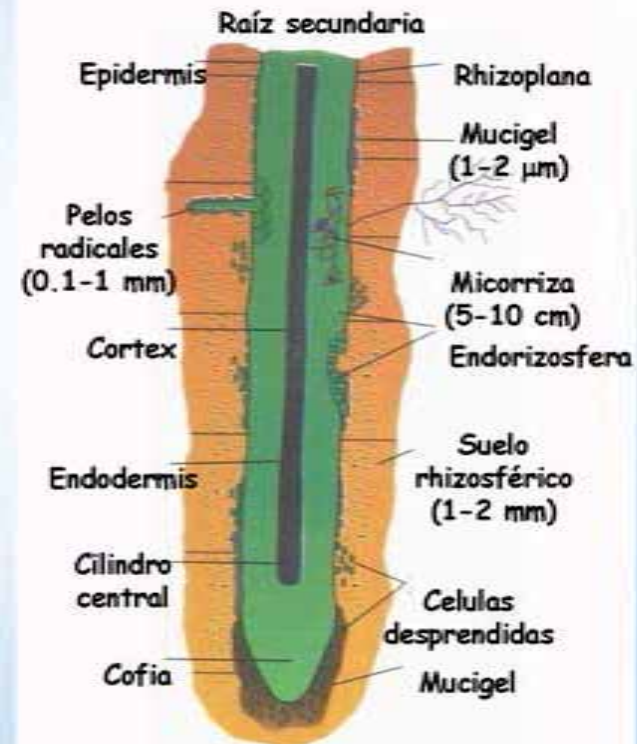


Tipos de colonización

“Colonizadores de la raíz”

- Superficie (rizoplana)
- Tejidos (endofitos)

“Colonizadores de la rizosfera”



Interacciones en la rizosfera

Planta - Planta

- Solapamiento de rizosferas (micorrizosferas)

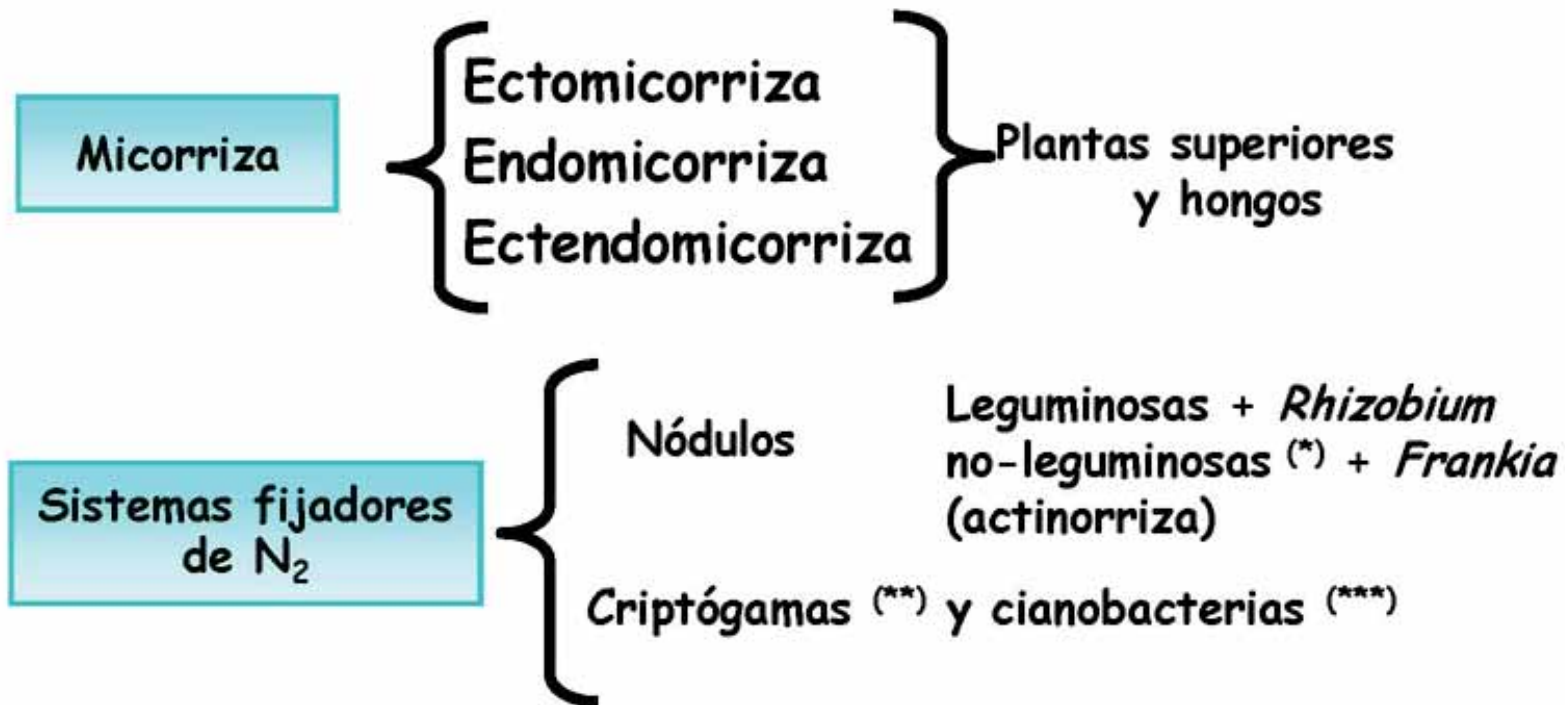
Raíz - Microorganismos

- Las raíces estimulan a los microorganismos (efecto rizosférico)
- Los microorganismos afectan el desarrollo de la planta:
 - Microorganismos beneficiosos
 - Microorganismos perjudiciales (patógenos)

Microbio - Microbio

- Sinérgicas
- Antagónicas

Simbiosis mutualista microbio-planta (agricultura/ecosistemas naturales)



(*) *Alnus*, *Casuarina*, *Eleagnus*, *Myrica* etc.

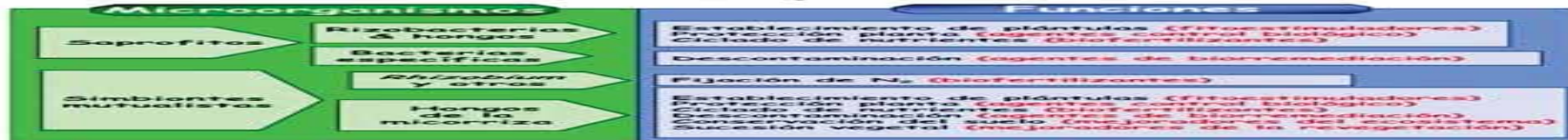
(**) Alga, líquenes, hepáticos, musgos, helechos cicadales, angiospermas

(***) *Nostoc*, *Calothrix*, *Anabaena* etc.

Efectos de las comunidades microbianas de la rizosfera sobre el crecimiento de las plantas



Inoculantes microbianos en beneficio de los sistemas suelo-planta sostenibles

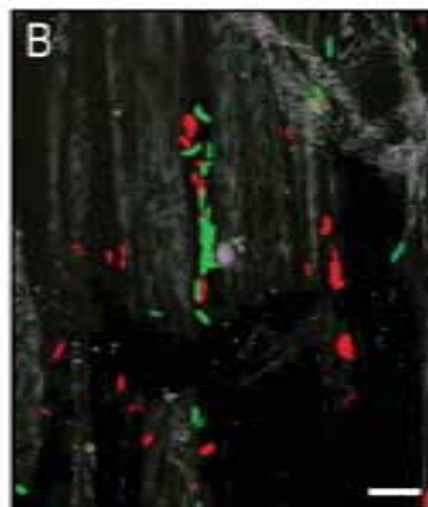


Rizobacterias



Conceptos

- Bacterias de la rizosfera "colonizadoras de la raíz", ya sean "rizoplánicas" ó "endofíticas", y/o "colonizadoras del suelo asociado"
- Tipos de rizobacterias
 - PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)
 - DRB (Deleterious Rhizobacteria)
- Las PGPR se usan como inoculantes, y como tal, deben multiplicarse y sobrevivir en la rizosfera, en competición con la microbiota nativa



Los hongos microscópicos desarrollan funciones ecológicas clave



Glomus

Micorrízico con la gran mayoría de las plantas



Aspergillus

Saprofita, que descompone hojarasca y otros detritus



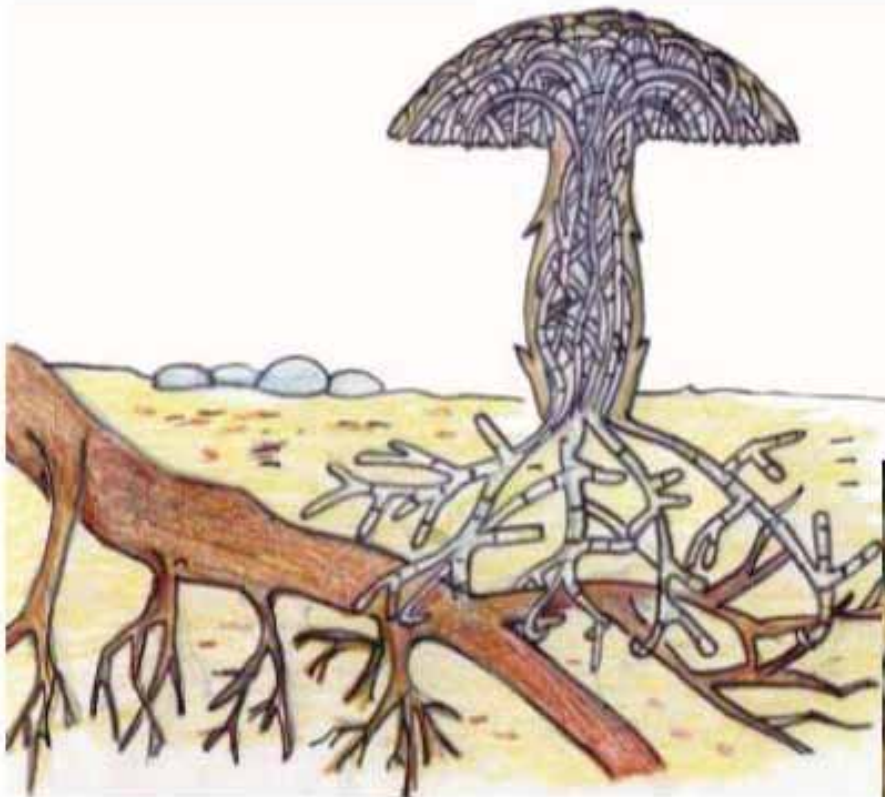
Phytophthora

Parásito de plantas, implicado en la "seca" de la encina

EFFECTOS DE LOS HONGOS MICORRIZICOS EN LOS SISTEMAS SUELO-PLANTA



Ectomicorrizas



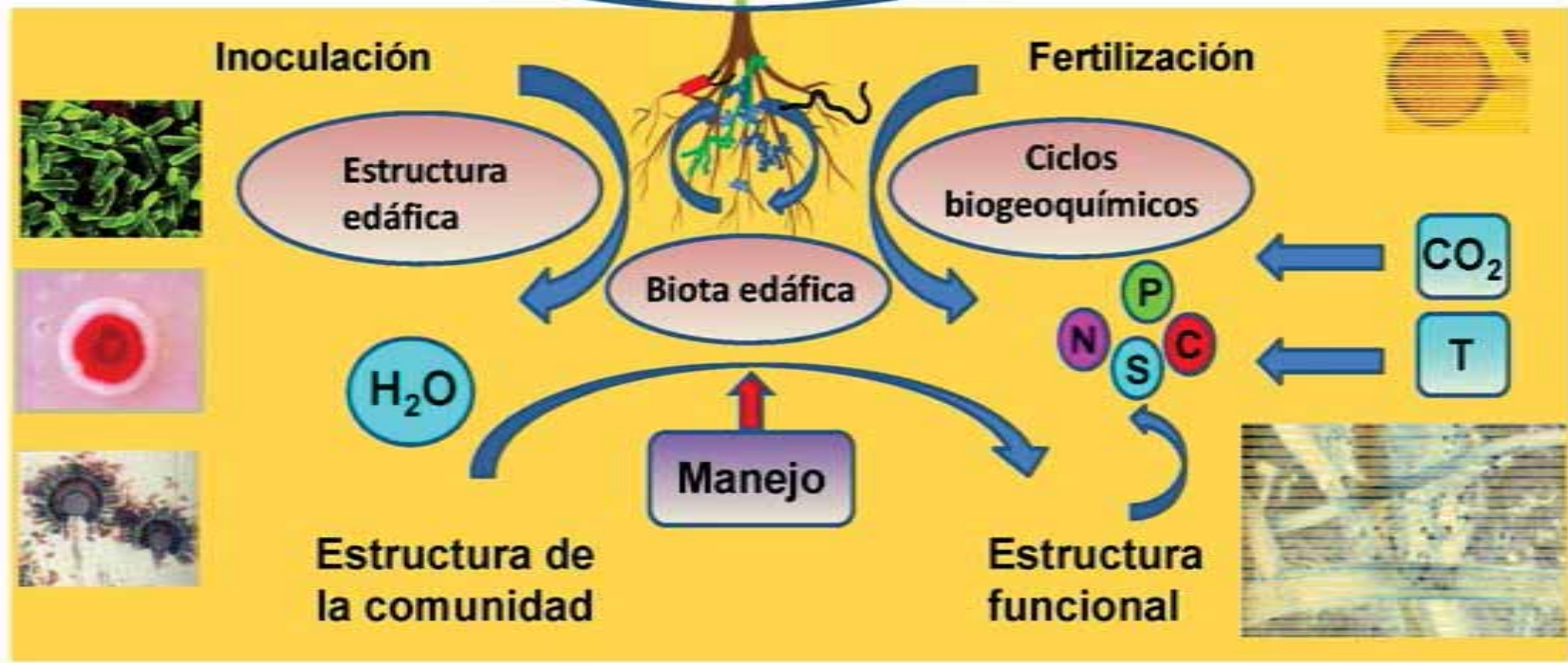
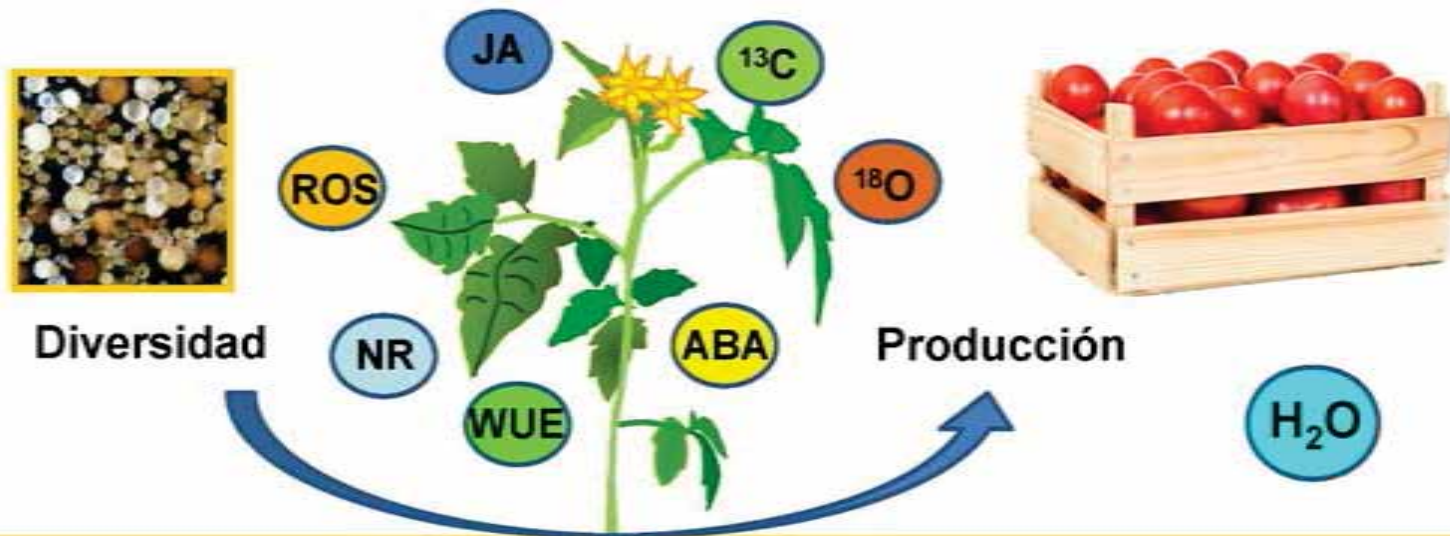
Endomicorrizas

arbúsculos



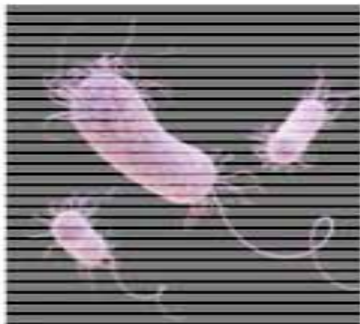
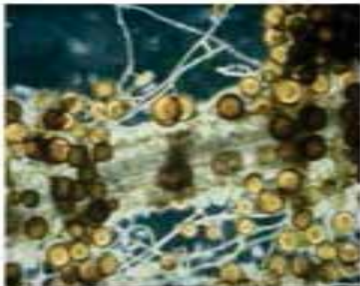


INTERACCIONES MICROORGANISMO-PLANTA



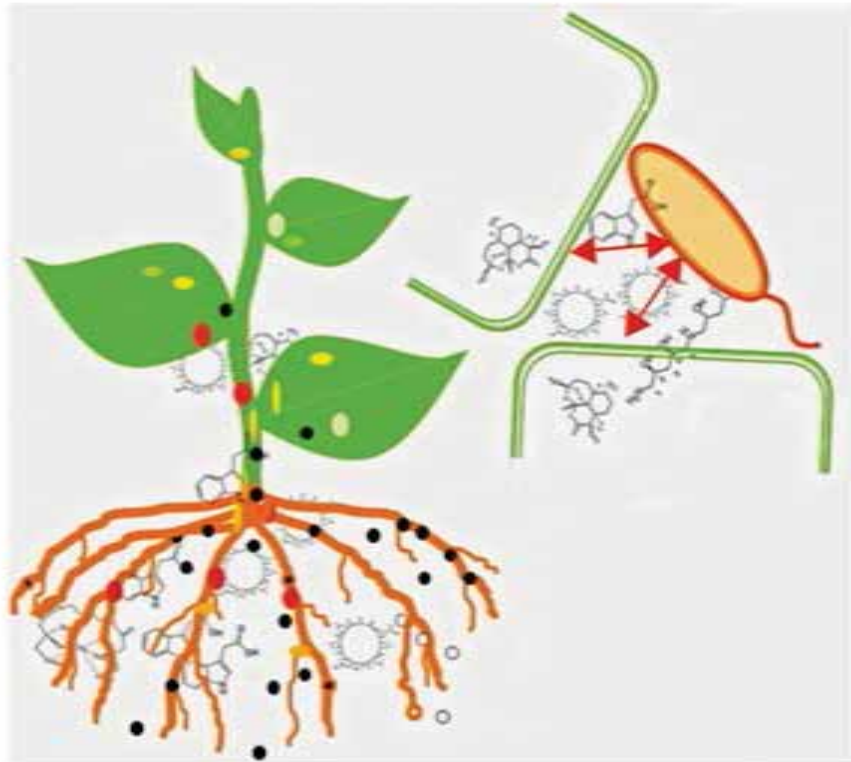


Biofertilizantes



Estrategias de selección de microorganismos PGPR





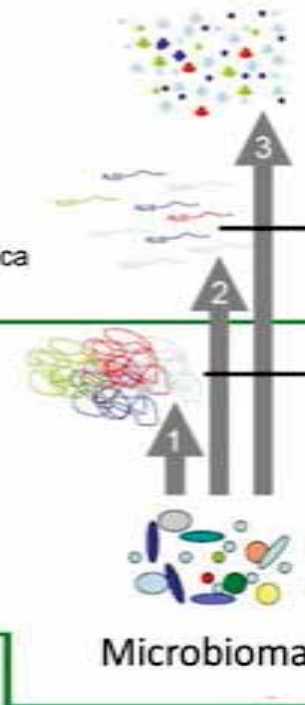
PROTEÍNAS
Metaproteómica

ARN
Metatranscriptómica

ADN
Metagenómica

Células

Aproximación básica
metagenómica



Biofertilizantes

- Conocimiento y manejo del microbioma en la rizosfera
- Desarrollo de biofertilizantes de nueva generación



[Inicio](#) [El CEBAS](#) [Departamentos](#) [Directorio](#) [Servicios](#) [Transferencia](#)

Grupo de Sostenibilidad de Sistemas Suelo-Planta

Líneas de Investigación



Departamento de conservación de suelos y agua y manejo de residuos orgánicos

Antonio Roldán Garrigós