

La Biota como factor formador de suelo



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



PROGRAMA
RESILIENCIA
CLIMÁTICA
BOSQUES CAFETALEROS



Prof. Dr. Deyanira Lobo Luján
lobo.deyanira@gmail.com

Efectos directos de la vegetación en la formación de los suelos

- La vegetación actúa como agente protector del impacto de la gota de lluvia.

Dstrucción de los agregados superficiales

Separación de partículas de los agregados superficiales

Erosión por salpique

- Reduce la velocidad de escurrimiento y la erosión, y hace más lenta la remoción de los minerales desde la superficie hacia las capas inferiores del subsuelo. Aumenta la infiltración

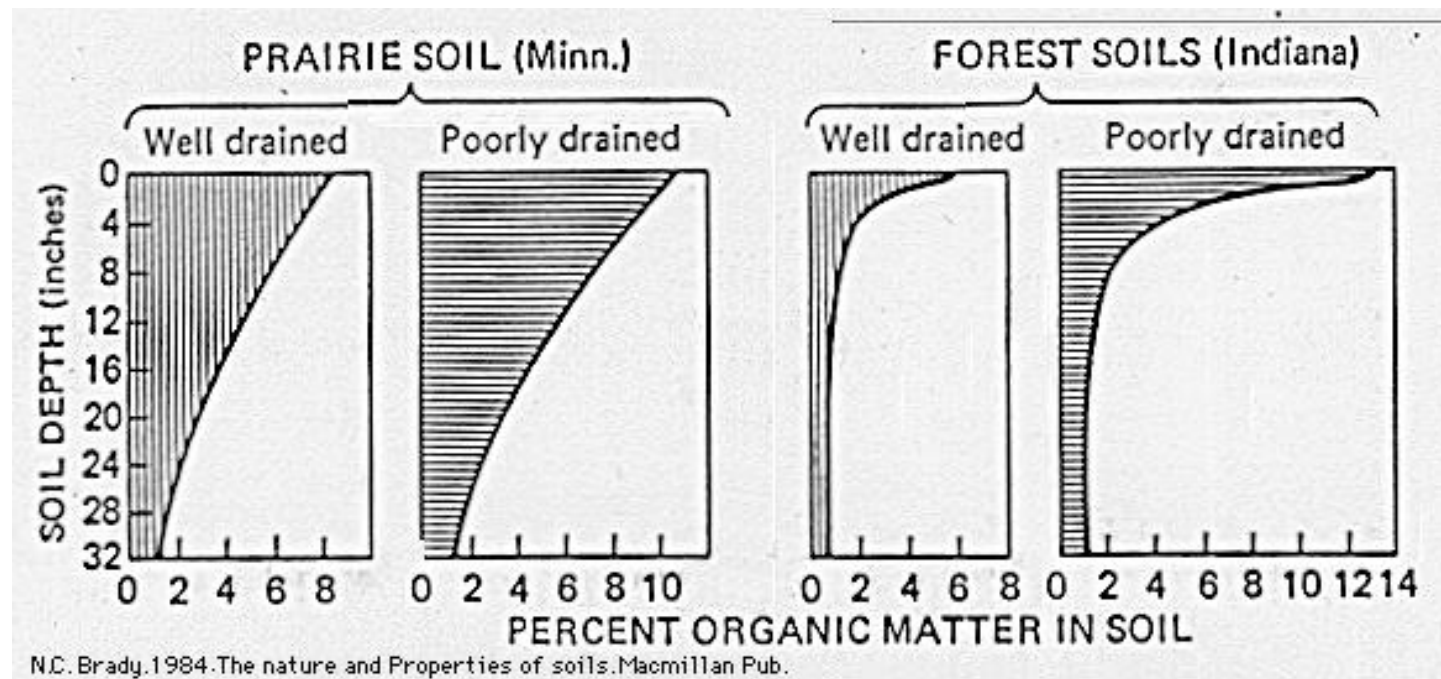


Efectos directos

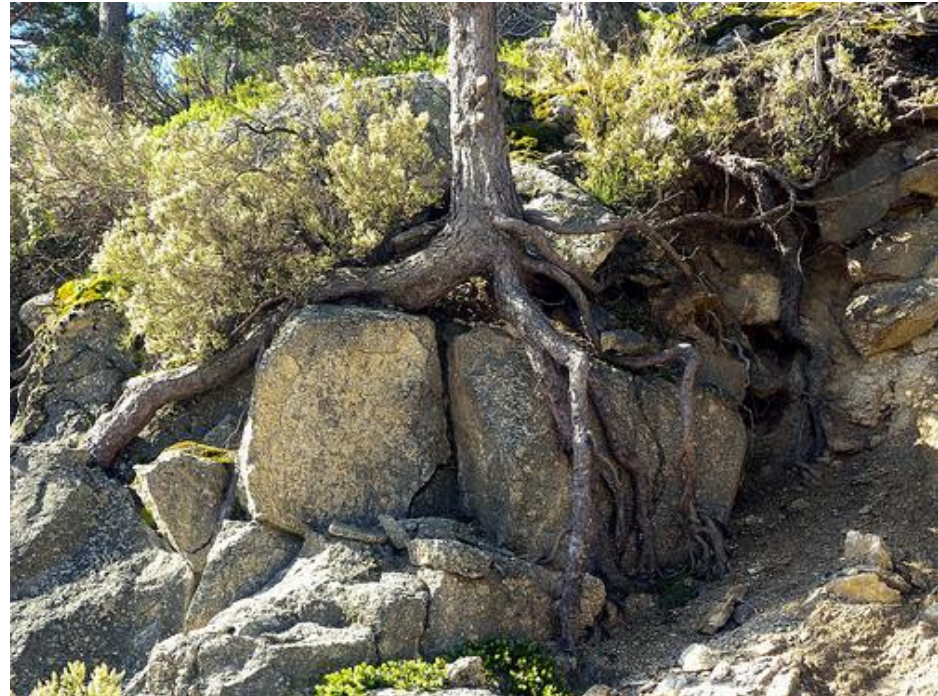
- Las plantas producen agentes de meteorización que aumentan las tasas de meteorización química de los minerales del suelo al liberar componentes ácidos como ácidos orgánicos y dióxido de carbono.
- Los ácidos orgánicos producidos a partir de ciertos tipos de hojarasca de plantas contienen hierro y aluminio en solución que forman complejos que aceleran el movimiento descendente de estos metales y su acumulación en el horizonte B
- El tipo de vegetación presente depende tanto del tipo de clima como del suelo en el que se encuentre. Y a su vez, el tipo de suelo se verá influido por el tipo de vegetación que esté sobre él
- Las raíces de las plantas que crecen en grietas y fisuras rompen las rocas, acelerando la formación del suelo. De manera similar, los líquenes en superficies rocosas aumenta la meteorización.

Efectos directos

- Aporta materia orgánica: Condiciona la cantidad, distribución y naturaleza de la materia orgánica.

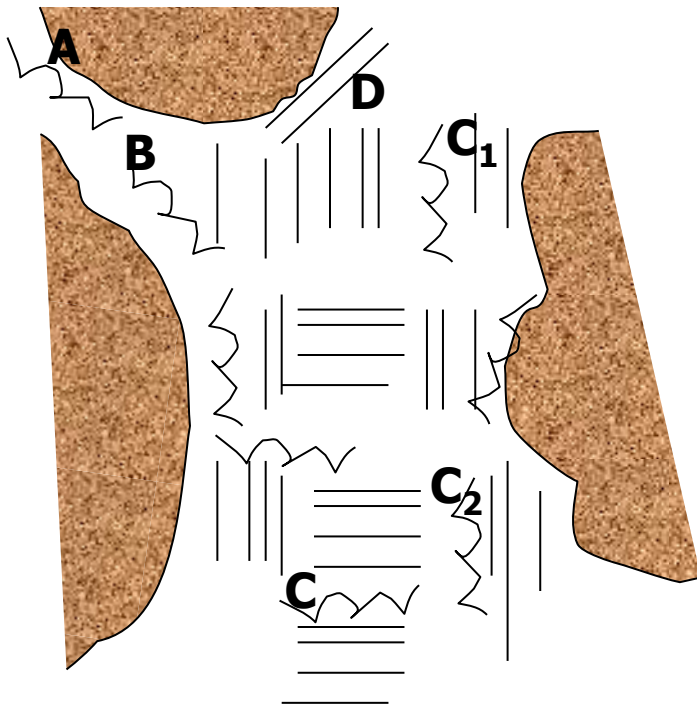


- Interviene en la meteorización: Acelera la meteorización física, química y biológica
- La vegetación modifica los microclimas al: disminuir la velocidad del viento, dar sombra a la superficie del suelo y retener la nieve, lo que da como resultado ambientes de suelo más fríos y húmedos, así como una menor variación en los ambientes de formación del suelo con la topografía



- Cohesiona las partículas. Determina el desarrollo de la estructura por el aporte de materia orgánica y la acción de las raíces.
- Construye el sistema de poros: Favorece la circulación del agua y el aire, y el crecimiento de las raíces

Arreglos posibles de partículas de cuarzo, dominios de arcilla y materia orgánica en un agregado del suelo



A: cuarzo – coloide orgánico – cuarzo

B: cuarzo – coloide orgánico – dominio de arcilla

C: dominio de arcilla – coloide orgánico – dominio de arcilla

C₁: cara - cara

C₂: cara – borde

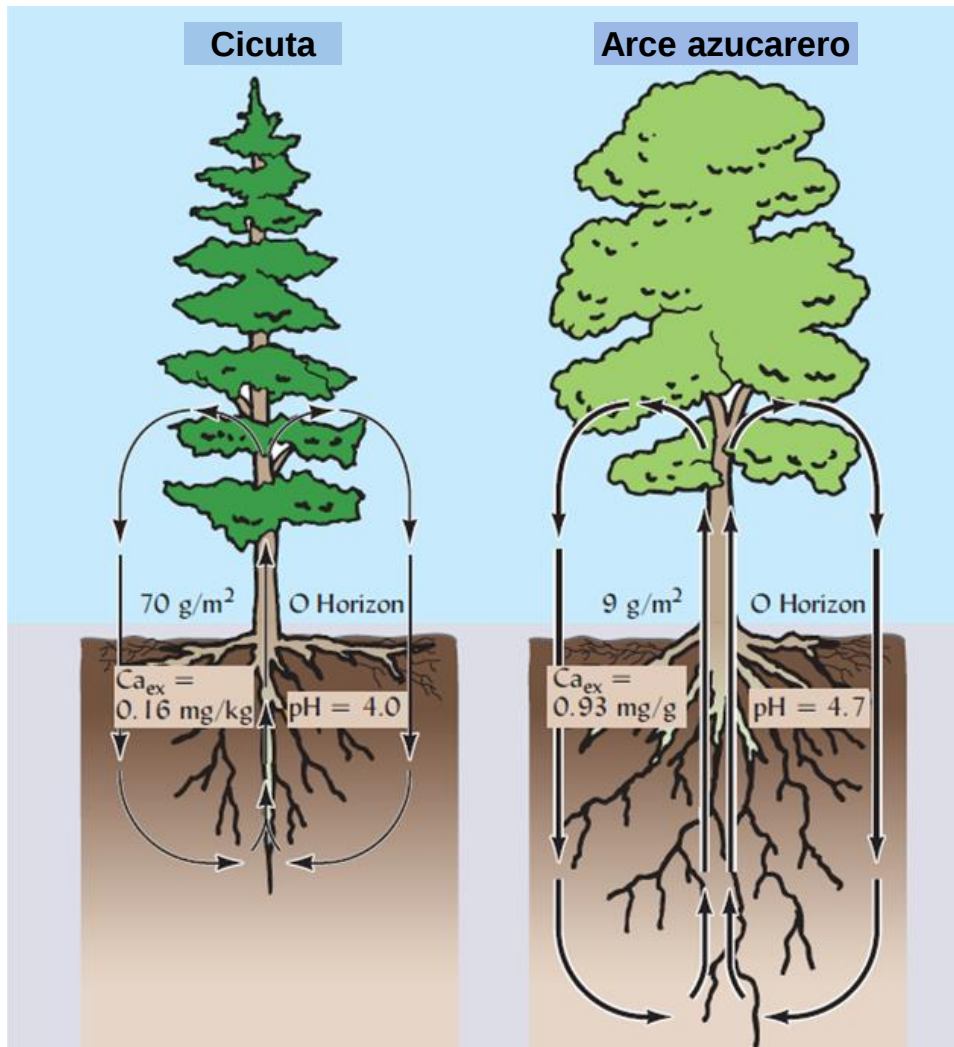
D: cuarzo – dominio de arcilla – dominio de arcilla

La cicuta es una Conífera. El Arce azucarero es una Sapindacea caducifolia.

Las raíces del arce azucarero son eficientes para absorber Ca de los minerales del suelo y las hojas de arce contienen altas concentraciones de Ca.

Cuando estas hojas caen al suelo, se descomponen rápidamente y liberan grandes cantidades de iones Ca^{2+} que se adsorben como Ca^{2+} intercambiable en humus y arcilla en los horizontes O y A. Esta entrada de iones Ca^{2+} puede retardar un poco la acidificación de las capas superficiales.

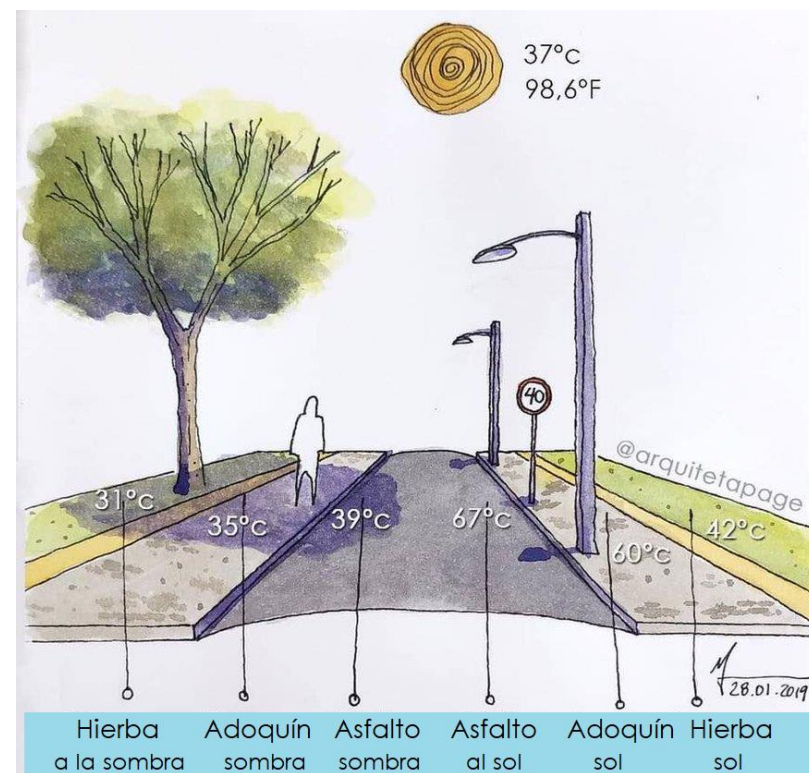
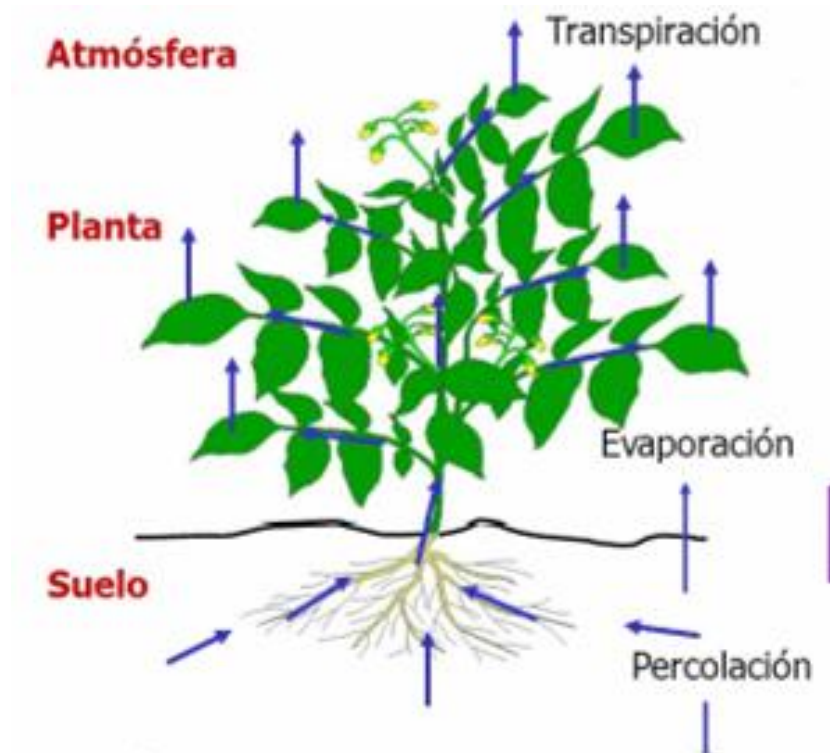
Las agujas de cicuta son pobres en Ca, se descomponen mucho más lentamente y, por lo tanto, dan como resultado un horizonte O más grueso, una mayor acidez en los horizontes mineral superior y O, pero posiblemente una meteorización menos rápida de los minerales en el material original subyacente.



Vegetación

Efectos indirectos

- La radiación solar que llega al suelo
- Regula la temperatura, la evaporación y el régimen de humedad



El agua de percolación: Las raíces de especies herbáceas absorben agua en los primeros cm del suelo, con lo que disminuye la percolación y el lavado. La percolación provoca una acidificación progresiva del suelo, pérdida de componentes, formación de horizontes E, etc

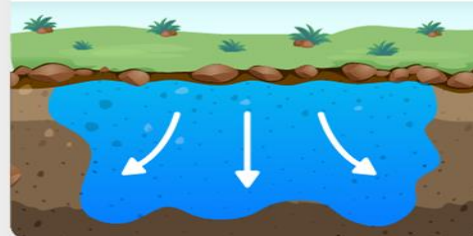
► **Infiltración**

Proceso en el cual el agua penetra el suelo.



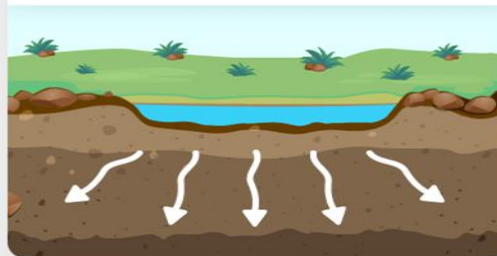
► **Percolación**

Movimiento del agua dentro del suelo.



► **Permeabilidad**

Capacidad del suelo para permitir el paso del agua en él.



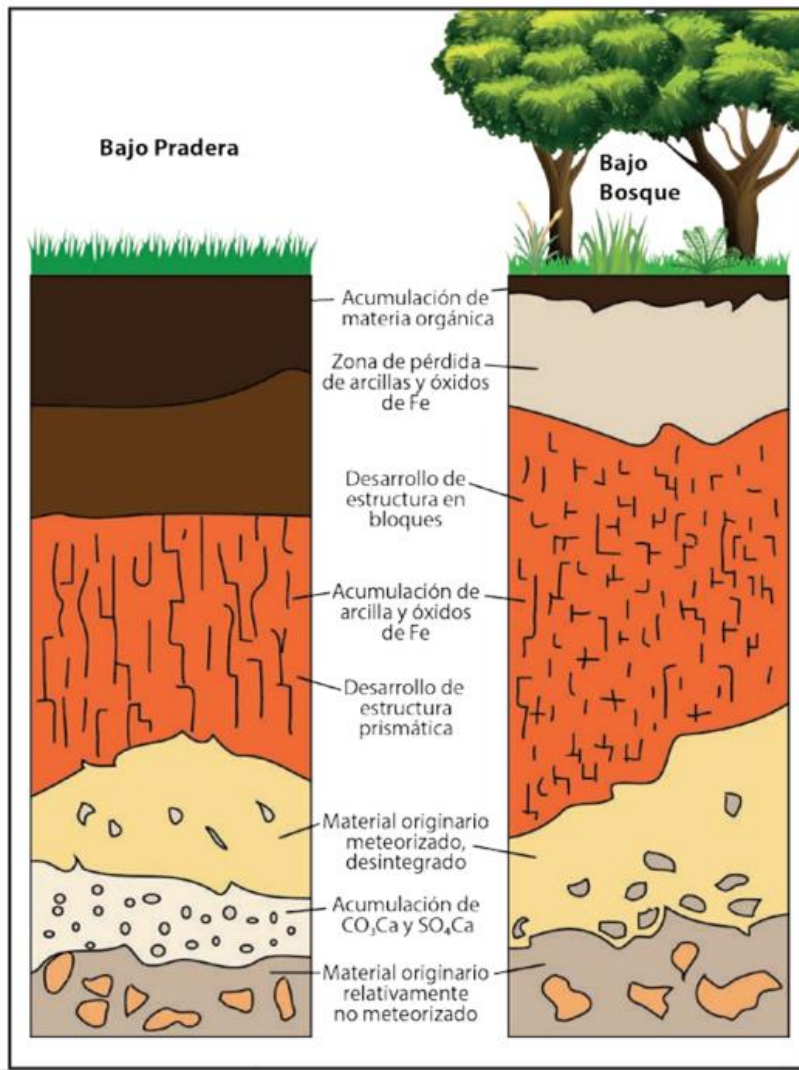


Su acción depende de:



- **Arquitectura aérea y subterránea**
- **Densidad de cobertura**
- **Velocidad de crecimiento**

Efecto de la vegetación natural sobre la génesis del suelo



- la mayor parte de la MO adicionada proviene de un profundo sistema radicular de las gramíneas. En el bosque, la adición es superficial y consecuencia del aporte de la hojarasca
- la gran cantidad de ácidos orgánicos generados por la vegetación de bosque que inhibe la acción de microorganismos
- La comunidad microbiana predominante en el suelo de pastura es bacteriana, mientras que en el suelo de bosque dominan los hongos. Ello influye en la estabilidad de los agregados y en el ciclado de nutrientes

Aporte de residuos vegetales al suelo, por parte de diferentes coberturas, como materia seca en t /ha/año

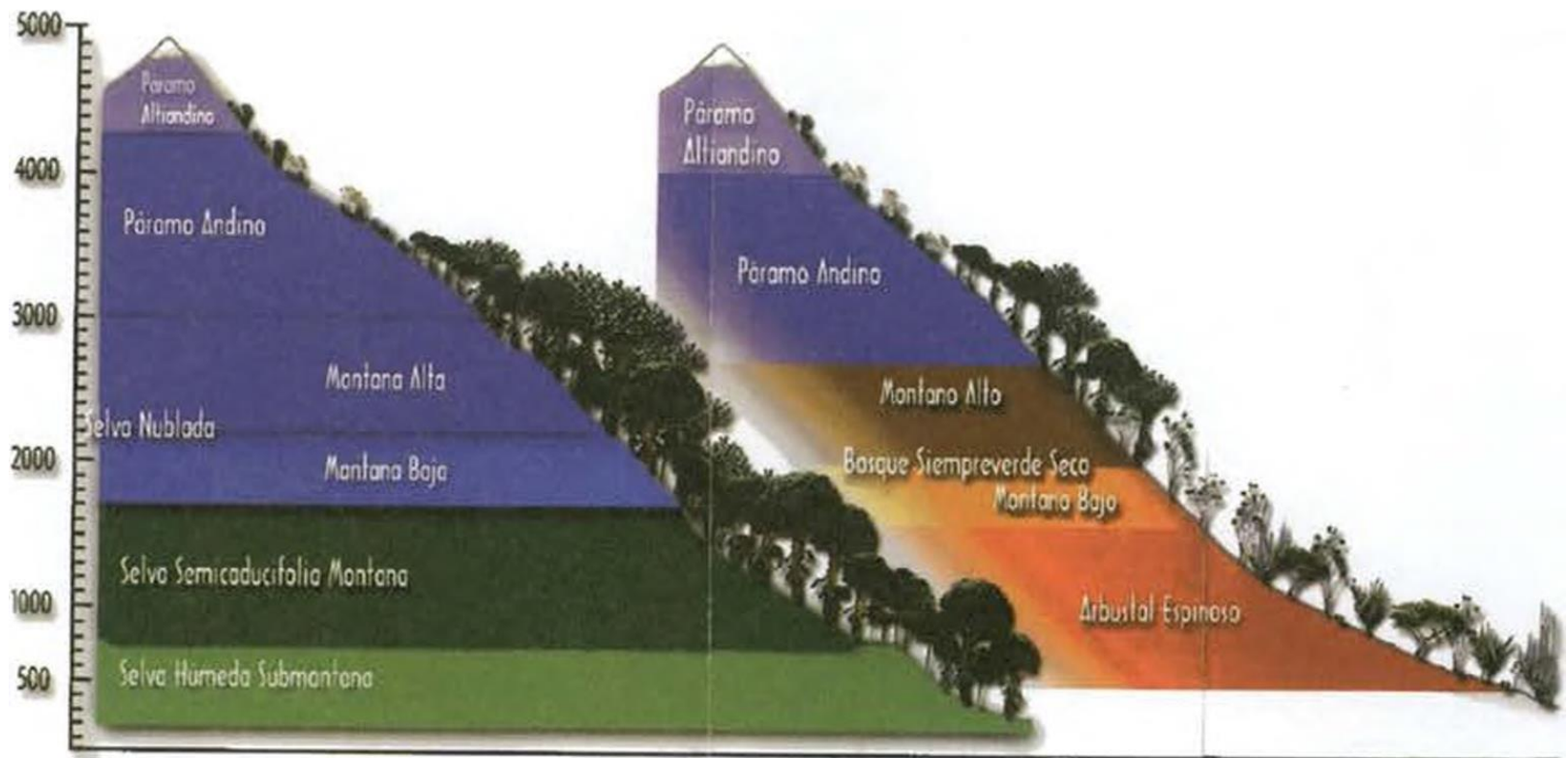
COBERTURA VEGETAL		MATERIA SECA ACUMULADA (t ha ⁻¹)
Bosque Tropical Húmedo	Brasil	7.3
	Venezuela	4.6
	Colombia	12.0
Sorgo		2 - 8
Maíz		1 - 6
Arroz		4
Maní		2.5 - 3.5
Algodón		1.5 - 4.0

- Escorrentía
- Temperatura
- Infiltración
- Biodiversidad

- Meteorización física
- Meteorización química
- Aporte de residuos orgánicos
- Erosión hídrica



La distribución altitudinal de los diferentes ecosistemas de los Andes, incluyendo el límite entre los bosques y los páramos, puede variar mucho dependiendo de si estamos ubicados en vertientes secas (generalmente en los valles interandinos) o en vertientes húmedas.



Comparación del almacenamiento de Carbono Orgánico del Suelo

Tipo	Altitud (msnm)	COS	Referencias
Manglares	5	0,006 – 0,25 %C	(Núñez <i>et al.</i> , 2021)
Bosques	400-1016	0,48 – 5,07 t C/ha	(Retana <i>et al.</i> , 2019)
Humedales	300	36,64 t C/ha	(Ampuero & Aponte, 2020)
	4000-5000	244,56 t C/ha	(Suárez <i>et al.</i> , 2016)
Páramos	1200	46 t C/ha	(Solano <i>et al.</i> , 2018)
	1800	80 t C/ha	(Solano <i>et al.</i> , 2018)
	3200 - 3500	119 - 397 t C/ha	(Castañeda & Montes, 2017)
	4500	297,8 t C/ha	(Loayza <i>et al.</i> , 2020)
	4000	337,98 t C/ha	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2019)
	4000-4410	302 - 475,73 t C/ha	Resultados del presente estudio

Organismos

- Constituyen parte de la fracción orgánica del suelo.
- Transforman los constituyentes del suelo al extraer los nutrientes imprescindibles para su ciclo vital.
- Participan en la transformación de la materia orgánica
- El ciclaje de nutrientes en el suelo
- Producen una intensa mezcla de los materiales del suelo como resultado de su actividad biológica.
- Participan en la formación y estabilidad de la estructura
- Transportar materiales orgánicos al interior del suelo: Lombrices, hormigas, termitas.
- Transportar materiales desde el interior hacia la superficie del suelo, generando un intenso reciclaje de elementos en los sólidos acarreados: Hormigas, lombrices.
- Mantener en equilibrio las poblaciones de otros organismos: Predadores como algunos ciempiés, arañas, escorpiones, coleópteros y colémbolos

Organismos

- Aportan Materia Orgánica al suelo
- Pueden producir transformaciones en el suelo que causan pérdidas de elementos o de compuestos en el mismo.

Los procesos de desnitrificación, los cuales producen transformaciones de nitratos o nitritos, a nitrógeno molecular (N_2) o a óxido de nitrógeno, los cuales se pierden por volatilización; este proceso lo hacen bacterias de los géneros *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, entre otras .

- Ejercen control sobre las poblaciones de microorganismos en el suelo, ya que, por ejemplo, muchos protozoarios se alimentan de bacterias y algas, manteniendo el equilibrio microbiológico del suelo; además, algunos hongos como *Penicillium* y algunos Actinomicetos, como *Streptomyces*, producen antibióticos y participan con estos mecanismos en el control mencionado
- Algunos microorganismos del suelo tienen la capacidad de alterar algunos minerales como biotita, muscovita e illita, contribuyendo así a la meteorización de los mismos.

Acciones beneficiosas de los organismos en la rizosfera:

- Estimulación de la germinación y del enraizamiento, mediante la producción de fitoestimuladores como hormonas, vitaminas y otros.
- Incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes, mediante su participación en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes.
- Mejora de la estructura del suelo por su contribución en la formación de agregados estables y en la formación de humus.
- Protección de la planta mediante fenómenos de antagonismo como biopesticidas, por eliminación de productos contaminantes, o por incremento de la tolerancia a la salinidad, a la sequía, etc.

Dimensiones de la diversidad ecológica en un ecosistema

Especies: Número de especies diferentes en el sistema.

Genética: Grado de variabilidad de información genética en el sistema.

Vertical: Número de distintos niveles horizontales en el sistema.

Horizontal: Patrones de distribución espacial de los organismos en el sistema

Estructural: Número de elementos en la organización del sistema

Funcional: Complejidad de interacciones, flujo de energía y ciclos de materiales entre los componentes del sistema

Temporal: Grado de la heterogeneidad de cambios cíclicos en el sistema.

Clasificación de los organismos del suelo

Agrupación <u>generalizada</u> por ancho corporal y fuente de alimento.	Principales grupos taxonómicos	Ejemplos
---	--------------------------------	----------

Microorganismos (< 0,1 mm)

Todos los heterótrofos: detritívoros, fungívoros, bacterívoros y depredadores	Nematoda	Nematodos
	Rotíferos Tardígrados Protozoos	Rotíferos Osos de agua, Macrobiotus sp. Amebas, ciliadas, flageladas
En gran parte autótrofos	Plantas vasculares Algas	Pelos radicales Verdes, amarillo-verdosas, diatomeas
En gran parte heterótrofos	Hongos	Levaduras, mildius, mohos, royas, setas
Heterótrofos y autótrofos	Bacterias Cianobacterias Actinobacteria Arquea	Acidobacterias, proteobacterias Algas verdeazuladas Streptomyces Metanótrofos, Thermoplasma sp., halófilos

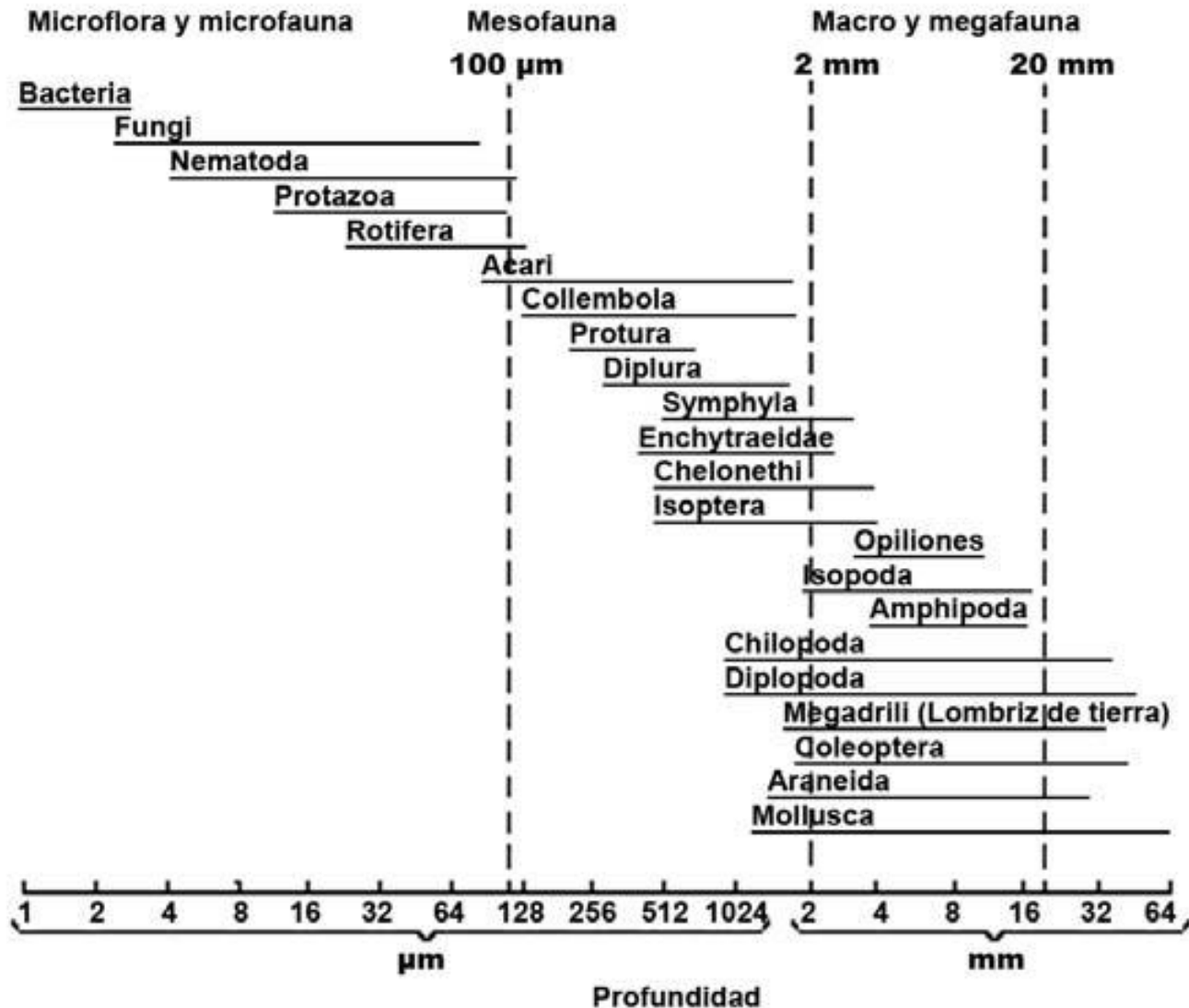
Clasificación de los organismos del suelo

Agrupación generalizada por ancho corporal y fuente de alimento.	Principales grupos taxonómicos	Ejemplos
Macroorganismos (>2 mm)		
Todos los heterótrofos: herbívoros, detritívoros, fungívoros, bacterívoros y depredadores	Vertebrados	Tuzas, topos, serpientes, salamandras
	Artrópodos	Hormigas, escarabajos y sus larvas, ciempiés, larvas, gusanos, milpiés, arañas, termitas, colémbolos grandes
Todos los heterótrofos: herbívoros, detritívoros, fungívoros, bacterívoros	Anélidos	Lombrices de tierra
	Moluscos	Caracoles, babosas
En gran parte autótrofos	Plantas vasculares	Raíces alimentadoras
	Briófitas	Musgos

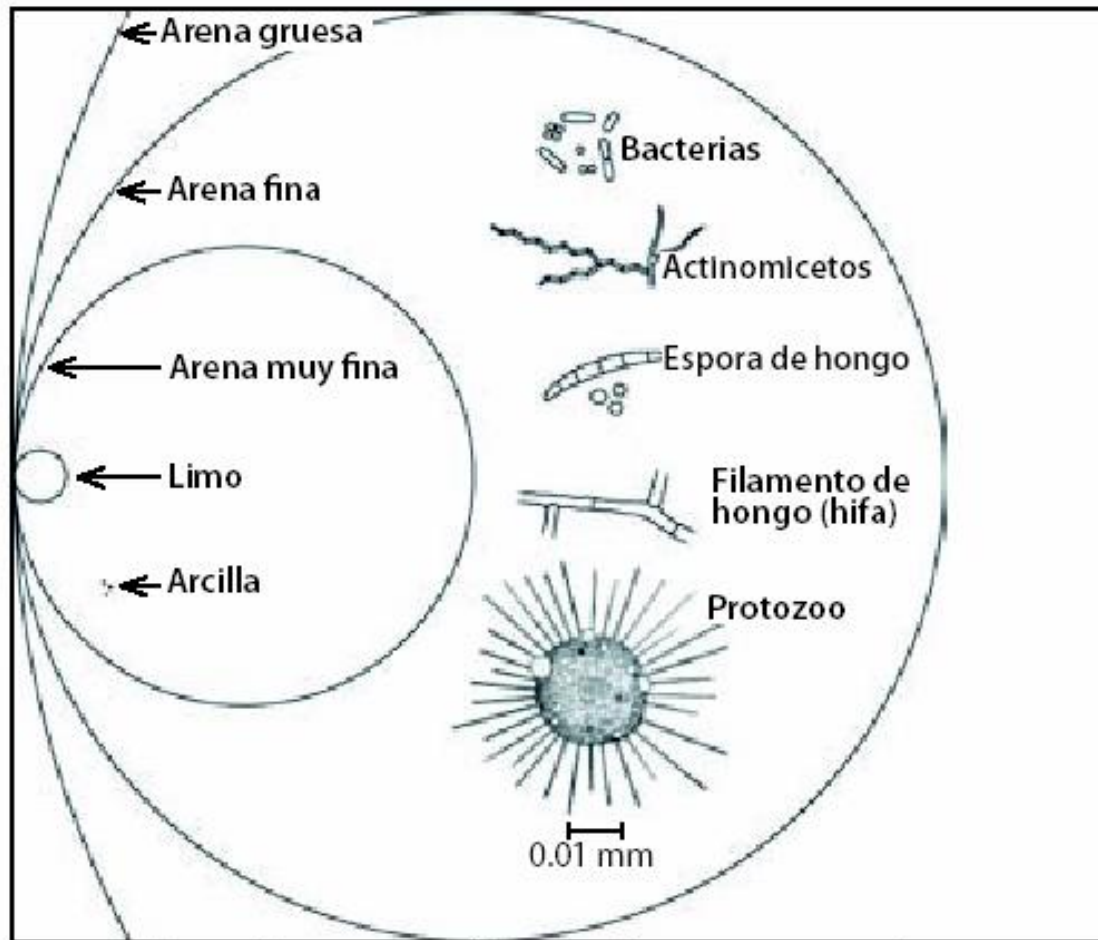
Clasificación de los organismos del suelo

Agrupación generalizada por ancho corporal y fuente de alimento.	Principales grupos taxonómicos	Ejemplos
Mesoorganismos (0.1 – 2 mm)		
Todos los heterótrofos: detritívoros, fungívoros, bacterívoros y depredadores	Artrópodos	Ácaros, colémbolos pseudoscorpiones
Todos los heterótrofos: detritívoros, fungívoros, bacterívoros	Anélidos	Gusanos enquitreidos (olla)

Clasificación de la biota del suelo.



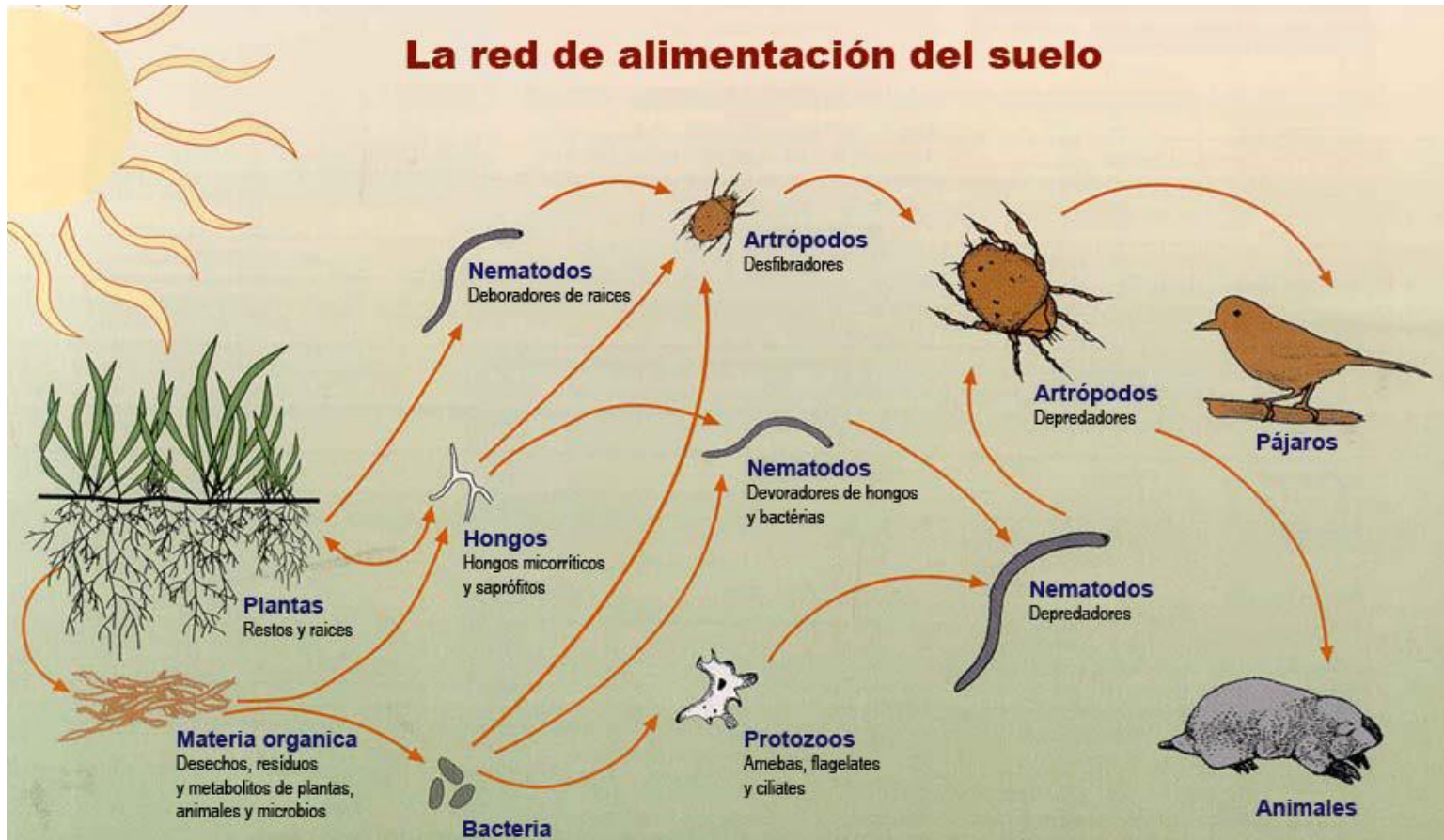
Tamaño relativo de los organismos y las partículas del suelo



Números típicos de organismos en Ecosistemas saludables

	Tierras Agrícolas	Pradera	Bosques
	organismos por gramo de suelo (una cucharada)		
Bacterias	100 mill - 1 billón	100 mill - 1 billón	100 mill - 1 billón
Hongos	Varios metros	10 - 100	1 - 50 km (coníferas)
Protozoarios	1000	1000	100000
Nematodos	10 - 20	10 - 100	100
	organismos por metro cuadrado		
Artrópodos	< 10	45 - 200	900 - 2300
Lombrices	4 - 25	8 - 42	8 - 42 (0 en coníferas)

La red de alimentación del suelo



Primer nivel trófico
Fotosintetizadores

Segundo nivel trófico
Descomponedores mutualistas, patógenos, parásitos, devoradores de raíces

Tercer nivel trófico
Desfibradores, depredadores, herbívoros

Cuarto nivel trófico
Depredadores de alto nivel

Quinto nivel trófico y mayores
Depredadores de alto nivel

Clasificación de los organismos

Organización celular	Procariotes	Sin membrana nuclear Tienen una molécula simple de DNA No tienen división mitótica Todas las bacterias
	Eucariotes	Con membrana nuclear Tienen varias moléculas de DNA Si tienen división mitótica Todos los demás organismos

Fuentes de energía	Fotótrofos	Utilizan la luz como fuente de energía.
	Litótrofos	Obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos.
	Organótrofos	Obtienen energía de la oxidación de compuestos orgánicos.

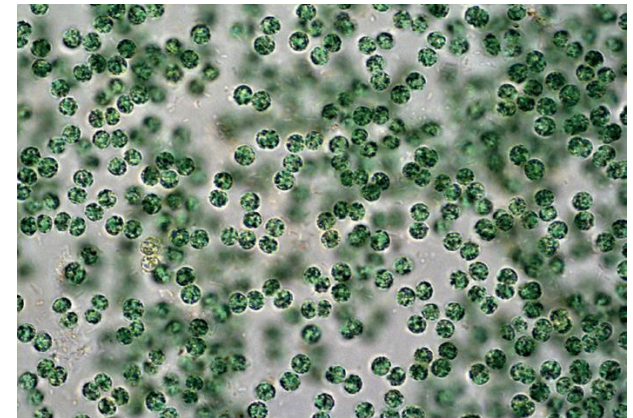
Clasificación de los organismos

Fuente de carbono	Autótrofos	Son aquellos que utilizan el CO ₂ como fuente de carbono.
	Heterótrofos	Son aquellos que utilizan compuestos orgánicos preformados para obtener el carbono que requieren.

Requerimiento de Oxígeno	Aeróbicos	Son aquellos que requieren de la presencia de oxígeno para poder crecer.
	Anaeróbicos	Son aquellos que son inhibidos en su desarrollo o que mueren en presencia de oxígeno.
	Microaerófilos	Son aeróbicos obligados, pero que crecen mejor a bajas tensiones de oxígeno.
	Anaeróbicos	facultativos: Son activos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas

Bacterias

- Son los microorganismos más numerosos y más pequeños del suelo
- La mayoría son heterótrofos y son organismos importantes en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de energía y de nutrientes como N, P, S, Fe y Mn
- El tipo más importante, desde el punto de vista de los suelos, es el de las Eubacterias.



Cianobacterias

(Global Soil Biodiversity Atlas. European Union, 2016)

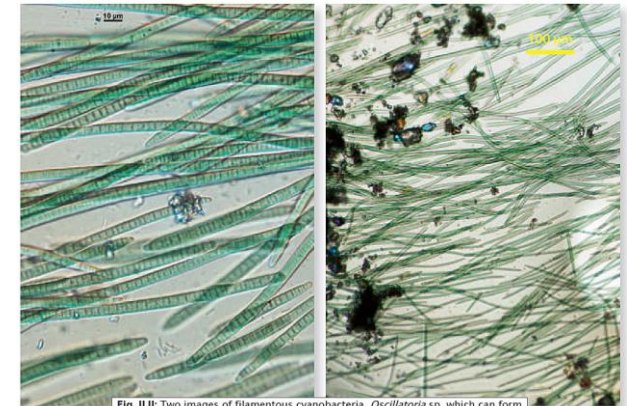


Fig. II.JI: Two images of filamentous cyanobacteria, *Oscillatoria* sp. which can form extensive mats on urban soil such as those seen above.

(European Atlas of Soil Biodiversity. European Union, 2010)

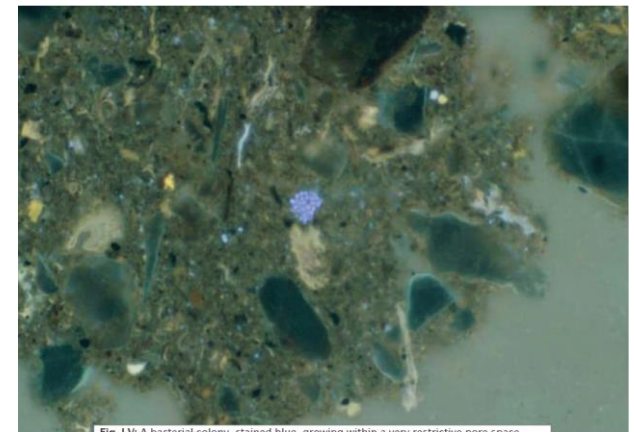


Fig. I.V: A bacterial colony, stained blue, growing within a very restrictive pore space.

European Atlas of Soil Biodiversity. European Union, 2010

Condiciones ambientales que más favorecen el desarrollo de las eubacterias en el suelo

- **Humedad:** Que el suelo se encuentre con un contenido de agua entre 50 y 75% de su capacidad de campo
- **Temperatura:** entre 25 y 35 °C; muy pocas eubacterias se encuentran a temperaturas menores de 15 °C o mayores de 45 °C
- **pH:** Cercano a la neutralidad o débilmente alcalino. Pritchett (1991) sostiene que las condiciones de acidez en el suelo inhiben un buen número de bacterias y otros microorganismos.
- **La materia orgánica** es indispensable para el suministro de carbono

Hongos

- Son organismos que participan activamente en la descomposición del litter en los suelos ácidos y en la humificación en ellos
- son heterótrofos y muy eficientes en la descomposición de compuestos resistentes a las bacterias, como celulosa, hemicelulosa, lignina, grasas y almidones
- juegan un importante papel en la nutrición de las plantas, porque forman asociaciones con sus raíces llamadas micorrizas
- participan en la agregación del suelo
- compiten activamente con la planta por nitratos y amonio.
- El micelio de algunos de ellos puede causar hidrofobicidad en el suelo.
- Son abundantes las especies fitopatógenas.

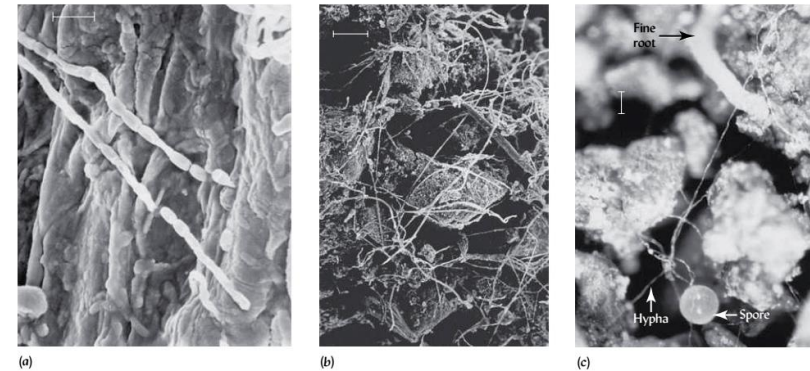


Figure 4.28 Fungal hyphae binding soil particles into aggregates. (a) Close-up of a hyphae growing over the surface of a mineral grain encrusted with microbial cells and debris. Bar = 10 μ m. (b) An advanced stage of aggregation during the formation of soil from dune sands. Note the net of fungal hyphae and the encrustation of the mineral grains with organic debris. Bar = 50 μ m. (c) Hyphae of the root-associated fungus from the genus *Gigaspora* interconnecting particles in a sandy loam from Oregon, USA. Note also the fungal spore and the plant root. Bar = 320 μ m. [Photos (a) and (b) courtesy of Sharon L. Rose, Willamette University; photo (c) courtesy of R. P. Schreiner, USDA-ARS, Corvallis, OR]

The Nature and Properties of Soils, 15th ed. R.R. Weil and N.C. Brady. Ed. Pearson

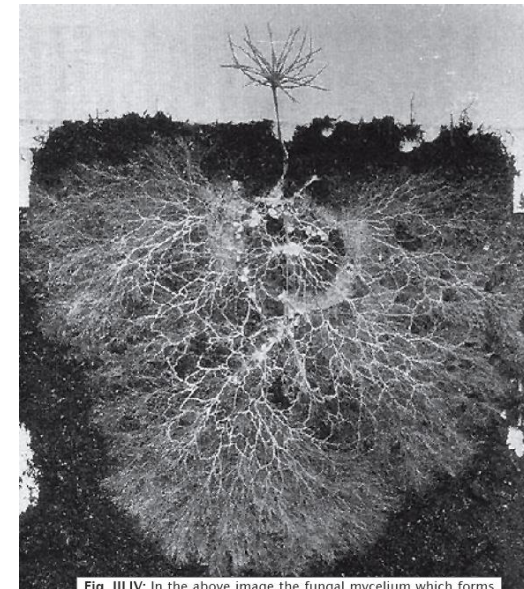


Fig. III.IV: In the above image the fungal mycelium which forms the mycorrhizal association with the plant roots are clearly visible. The white growth is almost all fungi and not plant roots as it may first appear.

(European Atlas of Soil Biodiversity, European Union, 2010)

Condiciones que favorecen el desarrollo de los hongos

Humedad: No resisten condiciones de sequía ni de saturación.

Temperatura: Entre 25 y 35 °C. La mayoría de los hongos mesófilos (Los psicrófilos muestran una temperatura óptima entre 0 y 15°C, y los termófilos entre 40 y 50°C)

pH: Ligeramente ácido a neutro; Pritchett (1991) sostiene que se adaptan mejor que los otros microorganismos a suelos ácidos.

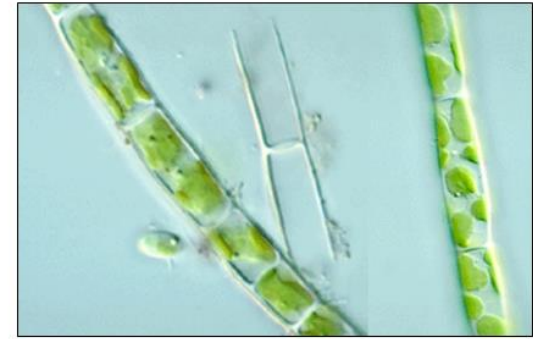
Requieren sustratos carbonáceos oxidables

Rango del pH para el crecimiento de hongos

Organismos	Límite inferior	Límite superior
<i>Aspergillus niger</i>	2,8	8,8
<i>Aspergillus oryzae</i>	1,6	9,3
<i>Botrytis cinerea</i>	<2,8	7,4
<i>Fusarium oxysporum</i>	1,8	11,1
<i>Penicillium italicum</i>	1,9	9,3
<i>Rhizoctonia solani</i>	2,5	8,5

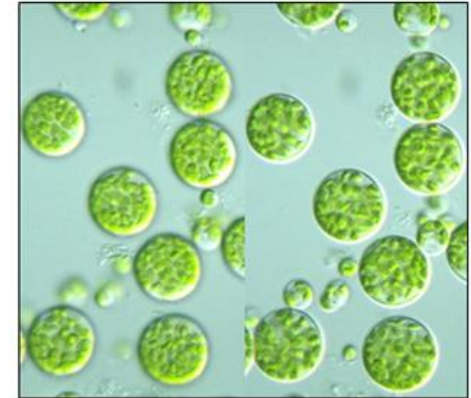
Algas

- ❑ Son organismos fotoautótrofos importantes en el proceso de colonización del material parental. Ellas inician el proceso de formación de suelo.
- ❑ En suelos ya formados, son una fuente importante de materia orgánica



Las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo

- **Humedad:** entre 60 y 80 % de la capacidad de campo del suelo, aunque soportan bien la inundación.
- **Temperatura:** rango extremo comprendido entre - 11.5 y 87 °C.
- **pH:** Entre 5.5 y 8.5, aunque hay variaciones importantes entre los grupos: las verdes se adaptan bien a suelos ácidos; las verde-azules a suelos neutros ó alcalinos y prácticamente no se presentan en suelos con $\text{pH} < 5.2$ y las diatomeas prefieren suelos neutros y alcalinos. En términos generales las algas no se presentan en suelos con $\text{pH} < 5.0$.
- **Sustrato orgánico:** No lo requieren para su desarrollo. q **Luz:** Es indispensable para que puedan realizar la fotosíntesis.
- **Sales:** Resisten altas concentraciones en el medio



Protozoarios

- Son animales que digieren partículas de materia orgánica no soluble, transformándola en soluble.
- controlan poblaciones de microorganismos en el suelo, ya que se alimentan de bacterias y de algas (Burbano, 1989; Pritchett, 1991)

Las condiciones ambientales más adecuadas para su desarrollo

- ☐ **Humedad:** Requieren suelo húmedo a saturado.
- ☐ **Temperatura:** Próxima a los 30 oC.
- ☐ **pH:** Entre 3.5 y 9.7, con un rango óptimo comprendido entre 6 y 8
- ☐ La adición de **materia orgánica** fresca incrementa sus poblaciones.



Protista (protozoo) en el microscopio óptico.

(Global Soil Biodiversity Atlas. European Union, 2016)



(European Atlas of Soil Biodiversity. European Union, 2010)

Fig. 3.13: Testate amoeba such as those from the genus *Nebela* are common in peatland environments. (RA)



Protista (protozoo)
microscopio electrónico de barrido.

(Global Soil Biodiversity Atlas. European Union, 2016)

Nematodos en el suelo

Son los animales pluricelulares más pequeños del suelo. Por su tamaño, durante sus desplazamientos, no alcanzan a generar mayores disturbios.

Los nemátodos tienen un importante efecto sobre la descomposición de la materia orgánica del suelo y sobre los ciclos de los nutrientes

Una buena cantidad de ellos son parásitos y predadores de animales, así como fitopatógenos.

El desarrollo de la mayoría de estos animales se ve favorecido en los suelos de texturas medias a gruesas y no prosperan bien en suelos con bajo contenido de humedad.

Algunos trabajos señalan que temperaturas mayores de 40 °C causan la muerte a la mayoría de estos animales y que la temperatura óptima estaba entre 30 y 37 °C, y el pH entre 4 y 8.

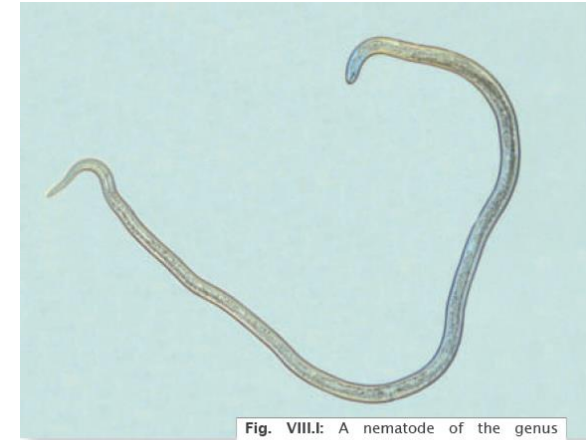


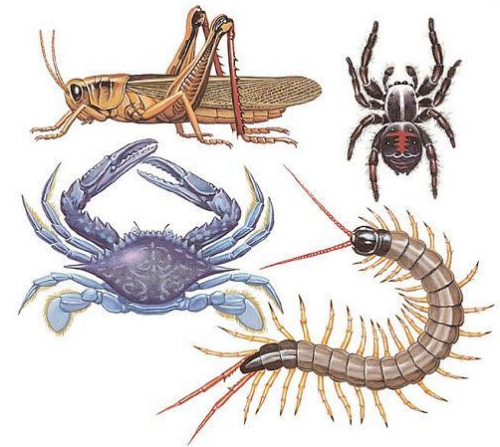
Fig. VIII.1: A nematode of the genus *Hirschmaniella*. All nematodes species from within this genus are plant parasites. (HvM)
(European Atlas of Soil Biodiversity, European Union, 2010)



(Global Soil Biodiversity Atlas, European Union, 2016)

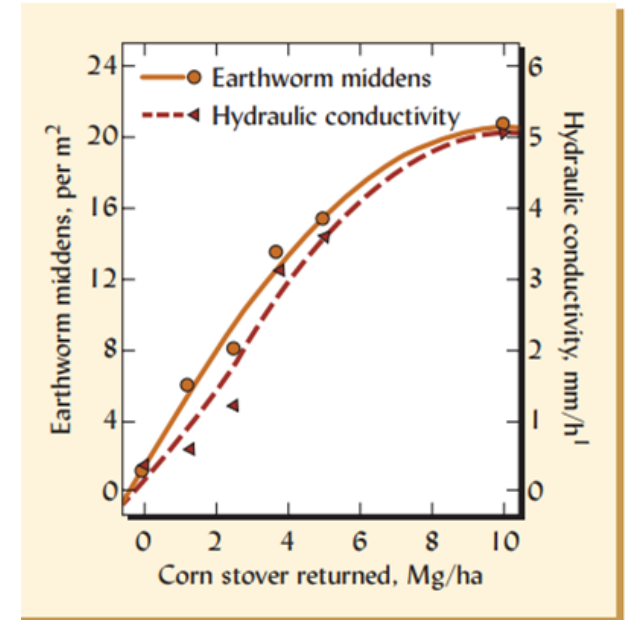
Artrópodos

- Los órdenes de artrópodos que se presentan con más frecuencia en los suelos son: Díptera (moscas), Coleóptera (cucarrones o escarabajos), Collémbola, Arachnida (arañas), Himenóptera (hormigas), Isóptera (termitas), Diplópoda (milpies) y Quilópoda (ciempiés)
- En los moluscos los principales son Helicoidea (caracoles) y Limacoidea (babosas)
- En todos los suelos no se presenta la misma cantidad y tipo de fauna. Ésta depende de las condiciones ambientales en las cuales se encuentra el suelo, así como de algunas de las propiedades de éste y de su manejo.
- En suelos de los Llanos orientales de Colombia, las lombrices se presentaban en abundancia en suelos que tuvieran alto contenido de materia orgánica, buena humedad y buena aireación; las hormigas preferían los suelos con alto contenido de arena y las termitas con alto contenido de arcilla (IGAC (1986))
- En suelos mal drenados disminuye la variedad de especies



La lombriz de tierra

- Las lombrices de tierra se agrupan en dos familias fundamentales: la Enchytraeidae (lombrices pequeñas) y la Lumbricidae (lombrices más grandes)
- Desde el punto de vista de su aporte al suelo, las lombrices más importantes son las de la familia Lumbricidae; en esta familia se pueden diferenciar dos grupos por el hábitat que ocupan en el suelo: Las epígeas, que viven en la superficie del suelo, y las endógeas, que viven en el interior del mismo.
- Las lombrices son sapróvoras y requieren para su alimentación abundante materia orgánica, con baja relación C/N y bajo contenido de lignina, también requieren sustratos con buen contenido de carbonato de calcio.
- Aumentan la aireación y el drenaje del suelo
- Algunos géneros importantes de lombrices de tierra son *Lumbricus*, *Eisenia*, *Rhinodrilus* y *Martiodrilus*.



La lombriz de tierra

Las lombrices aceleran el ciclo y aumentan la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas de tres maneras:

- A medida que el suelo y los materiales orgánicos pasan a través de una lombriz, son triturados tanto física como químicamente por las enzimas digestivas de la lombriz y sus microorganismos intestinales. El producto es rico en bacterias, materia orgánica y nutrientes vegetales disponibles.
- Aunque las lombrices de tierra pueden alimentarse de detritos y materia orgánica del suelo con concentraciones relativamente bajas de nitrógeno, fósforo y azufre, sus propios tejidos corporales tienen altas concentraciones de estos nutrientes. Cuando las lombrices de tierra mueren y se descomponen, los nutrientes de sus cuerpos se liberan fácilmente en forma disponible para las plantas.
- La incorporación física de excrementos de animales y desechos vegetales en el suelo reduce la pérdida de nutrientes, especialmente de nitrógeno, por erosión y volatilización del gas amoníaco. Sin embargo, la misma acción puede aumentar las pérdidas por otras vías
- Hay evidencia de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en algunos casos, pero también de que la actividad de las lombrices aumentó el potencial de calentamiento global de los suelos en aproximadamente un 20 %, principalmente como resultado de mayores emisiones de óxido nitroso.



Condiciones que favorecen el desarrollo de la lombriz de tierra

- El pH óptimo: entre 5.5 y 6.5, aunque pueden crecer en un rango entre 4.5 y 8.
- La temperatura óptima varía entre 15 y 25 °C.
- La humedad: Indispensable para mantener su cuerpo frío y húmedo
- Toleran la saturación del suelo, pero con presencia de oxígeno.
- Los gusanos enquitreidos son mucho más tolerantes a las condiciones ácidas y son más activos que las lombrices de tierra en algunos Spodosoles boscosos. La mayoría de las lombrices de tierra son bastante sensibles al exceso de salinidad.



Hormigas

- Son más diversas en los trópicos húmedos, pero quizás sean funcionalmente más prominentes en los pastizales semiáridos templados
- Juegan un papel importante en los bosques desde los trópicos hasta la taiga.
- Algunas especies de hormigas actúan como detritívoras, otras como herbívoras y otras como depredadoras.
- Existen abundantes evidencias de que la construcción de hormigueros modifica las propiedades físicas y químicas del suelo, diferenciándolos de los suelos adyacentes
- Aceleración del ciclado de nutrientes provocado por la incorporación de materia orgánica
- Cambios en la estructura del suelo son producidos principalmente por la construcción de túneles y galerías.
- El granulado y transporte de partículas de un horizonte a otro por las hormigas tiene como consecuencia un aumento en la porosidad de los perfiles, una disminución en la densidad del suelo, una modificación en la composición granulométrica, una mayor infiltración de agua, un mayor contenido de humedad y una regulación del pH y de la temperatura interna del nido



Termitas

- Las termitas viven en colonias sociales complejas que se encuentran en aproximadamente dos tercios de la superficie terrestre del mundo
- Son más prominentes en los pastizales (sabanas) y bosques de las regiones tropicales y áreas subtropicales (tanto húmedas como semiáridas).
- A nivel mundial, su actividad es de una escala comparable a la de las lombrices de tierra.
- En los trópicos más secos (menos de 800 mm de precipitación anual) las termitas superan a las lombrices como la fauna dominante del suelo
- La cantidad de materiales del suelo incorporados en los montículos de termitas puede ser enorme; se han registrado hasta 2,4 millones de kg/ha (equivalente a una capa continua de suelo de unos 20 cm de profundidad).
- Dependiendo de la especie y las condiciones ambientales, las termitas pueden construir montículos de 6 m o más de altura y pueden extenderlos a una profundidad aún mayor en el suelo.
- La mayoría de las especies de termitas comen material vegetal muerto (troncos en descomposición, hojas caídas, etc.), pero algunas atacan la madera sana de los árboles en pie.



Relaciones planta - microorganismos del suelo

- **saprófitos**, que utilizan, en "vida libre", compuestos orgánicos procedentes de residuos animales, vegetales o microbianos.
- **simbiontes parasíticos o "patógenos"**, que infectan órganos de la planta causándole enfermedades.
- **simbiontes mutualistas o simplemente "simbiontes"**, como se les denomina en la literatura científica, que colonizan las raíces de las plantas donde encuentran compuestos carbonados pero que benefician el desarrollo y nutrición de la planta aportándole nutrientes minerales.
- **simbiosis asociativas** en las cuales los microorganismos pueden vivir en asociación íntima con la planta, aunque en condiciones naturales no necesitan de ella para llevar a cabo sus actividades fisiológicas.

Raíces de las plantas

- Las plantas almacenan la energía del sol y son las principales productoras de materia orgánica
- Sus raíces crecen y mueren en el suelo por lo que se consideran organismos del suelo.
- Típicamente ocupan alrededor del 1% del volumen del suelo y pueden ser responsables de un cuarto a un tercio de la respiración que ocurre en un suelo.
- Las raíces suelen competir por el oxígeno, pero también suministran gran parte del carbono y la energía que necesita la comunidad de fauna y microbios del suelo.
- Las actividades de las raíces de las plantas influyen en gran medida en las propiedades químicas y físicas del suelo, y los efectos específicos dependen del tipo de suelo y planta en cuestión
- Las raíces de las plantas interactúan con otros organismos del suelo de formas variadas y complejas.



Raíces de las plantas

- ❑ La morfología de la raíz se ve afectada tanto por el tipo de planta como por las condiciones del suelo (Ej. las raíces finas pueden proliferar en áreas localizadas de altas concentraciones de nutrientes).
- ❑ La formación de pelo radicular es estimulada por el contacto con las partículas del suelo y por el bajo suministro de nutrientes.
- ❑ Cuando el agua del suelo (o el suministro de nutrientes) es escaso, las plantas suelen poner más energía en el crecimiento de las raíces que en el crecimiento de los brotes, lo que reduce la proporción entre brotes y raíces, lo que aumenta la absorción de agua y minimiza su pérdida por transpiración.
- ❑ Las raíces pueden volverse gruesas y achaparradas en respuesta a la alta densidad aparente del suelo o a las altas concentraciones de aluminio en la solución del suelo



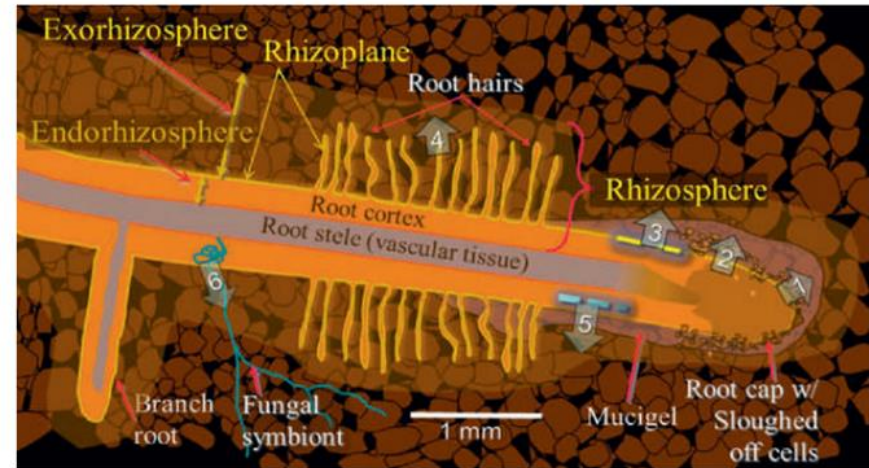
Raíces de las plantas

Diagrama de una raíz que muestra la rizosfera (área sombreada en marrón claro) y sus tres zonas:

la **endorrizosfera** que consiste en la corteza de la raíz donde la solución está en contacto con la solución del suelo,

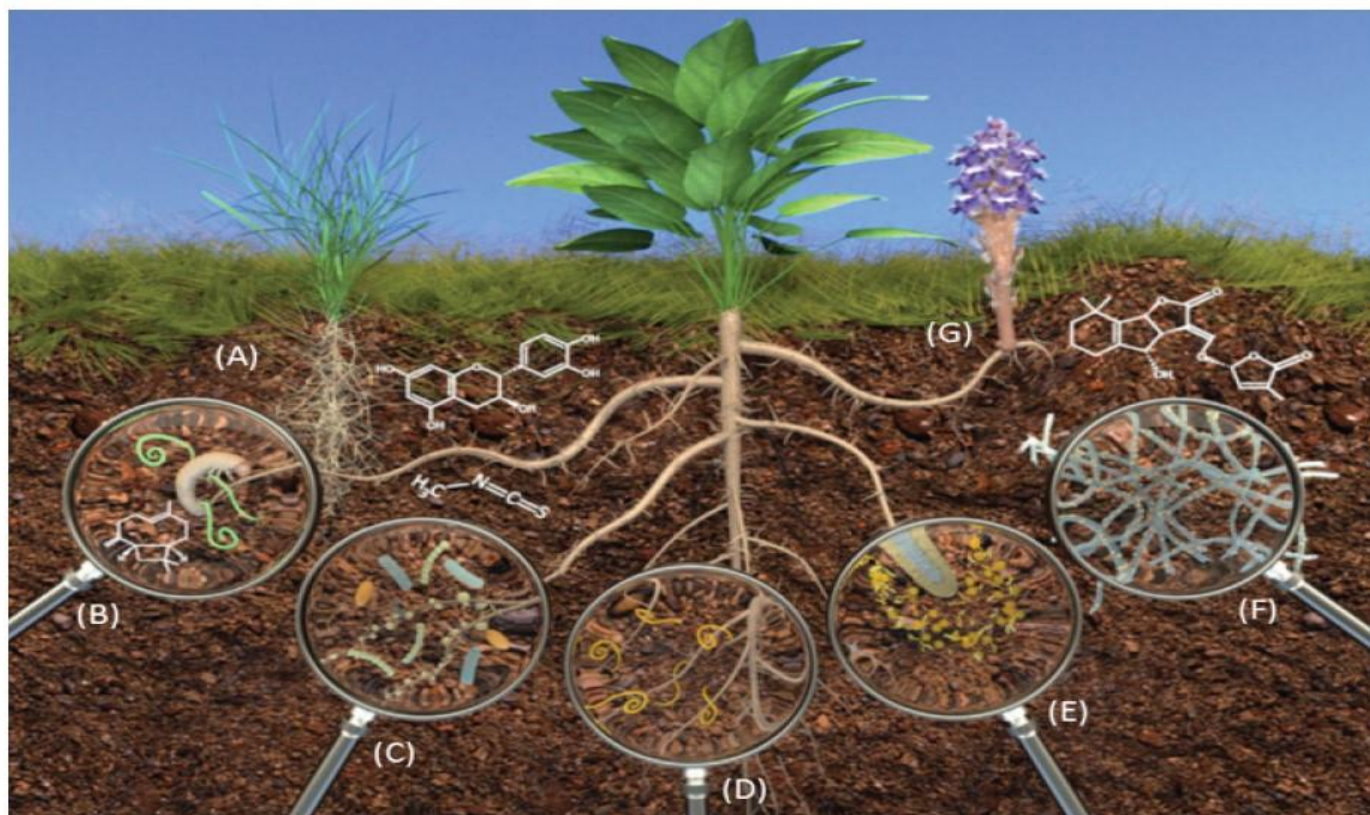
la **exorrizosfera** que consiste en el suelo en la vecindad inmediata de la raíz y profundamente bajo su influencia,

el **rizoplano** que consiste en la superficie exterior de la raíz, incluidos los pelos de la raíz.



Seis formas en que las raíces agregan compuestos orgánicos a la rizosfera (flechas anchas numeradas):

- (1) desprendimiento de las células de la cubierta de la raíz;
- (2) excreción de mucilago;
- (3) derrame del contenido celular cuando las células epidérmicas se lisan (rompen);
- (4) exudación de compuestos específicos producidos por pelos radiculares;
- (5) exudación de varios compuestos por células corticales;
- (6) exportación de compuestos orgánicos a hongos simbióticos.



Comunicación química bajo tierra. (A) Las plantas exudan compuestos fenólicos que inhiben la germinación de otras plantas (alelopatía); (B) Las larvas de nemátodos cuando se alimentan de las raíces inducen la producción de compuestos por parte de las plantas para atraer a otros nemátodos que pueden alimentarse de las larvas; (C) Los exudados de las raíces de las plantas favorecen la colonización de la rizosfera por bacterias benéficas para la planta; (D) Los exudados radiculares inducen la eclosión de huevos de nemátodos y a la vez atraen a nemátodos juveniles hacia las raíces; (E) La punta de las raíces es el sitio de mayor exudación de compuestos en las plantas; (F) Las estrigolactonas presentes en los exudados de raíces inducen la ramificación de hongos micorrícicos favoreciendo con esto la colonización de la planta; y (G) La germinación de plantas parásitas de plantas también es inducida por estrigolactonas. Figura tomada de Van Dame y Bouwmeester (2016).

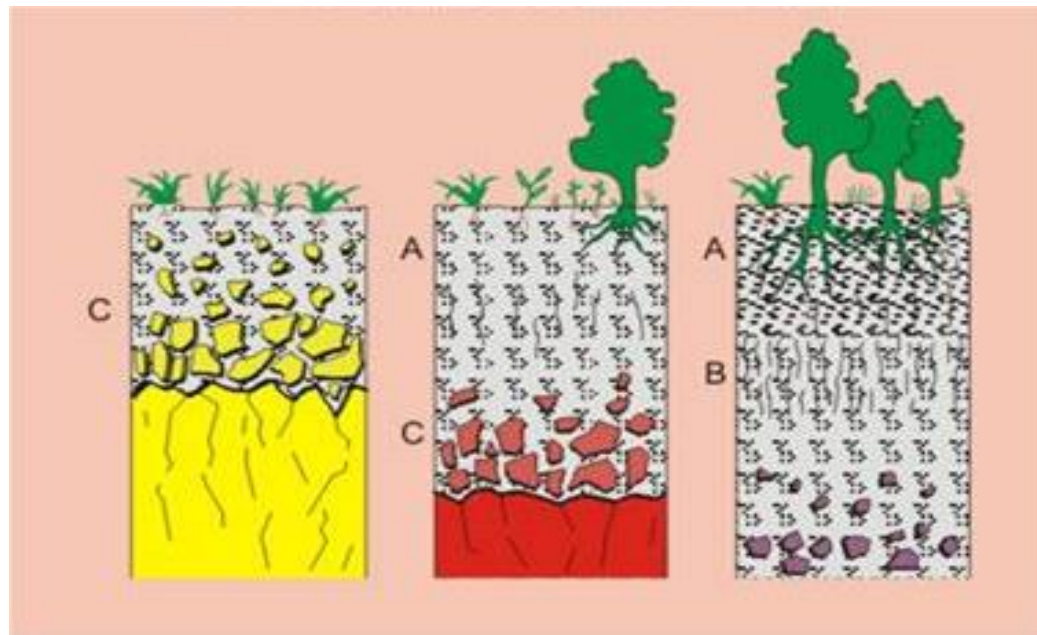


El tiempo como factor formador de suelo



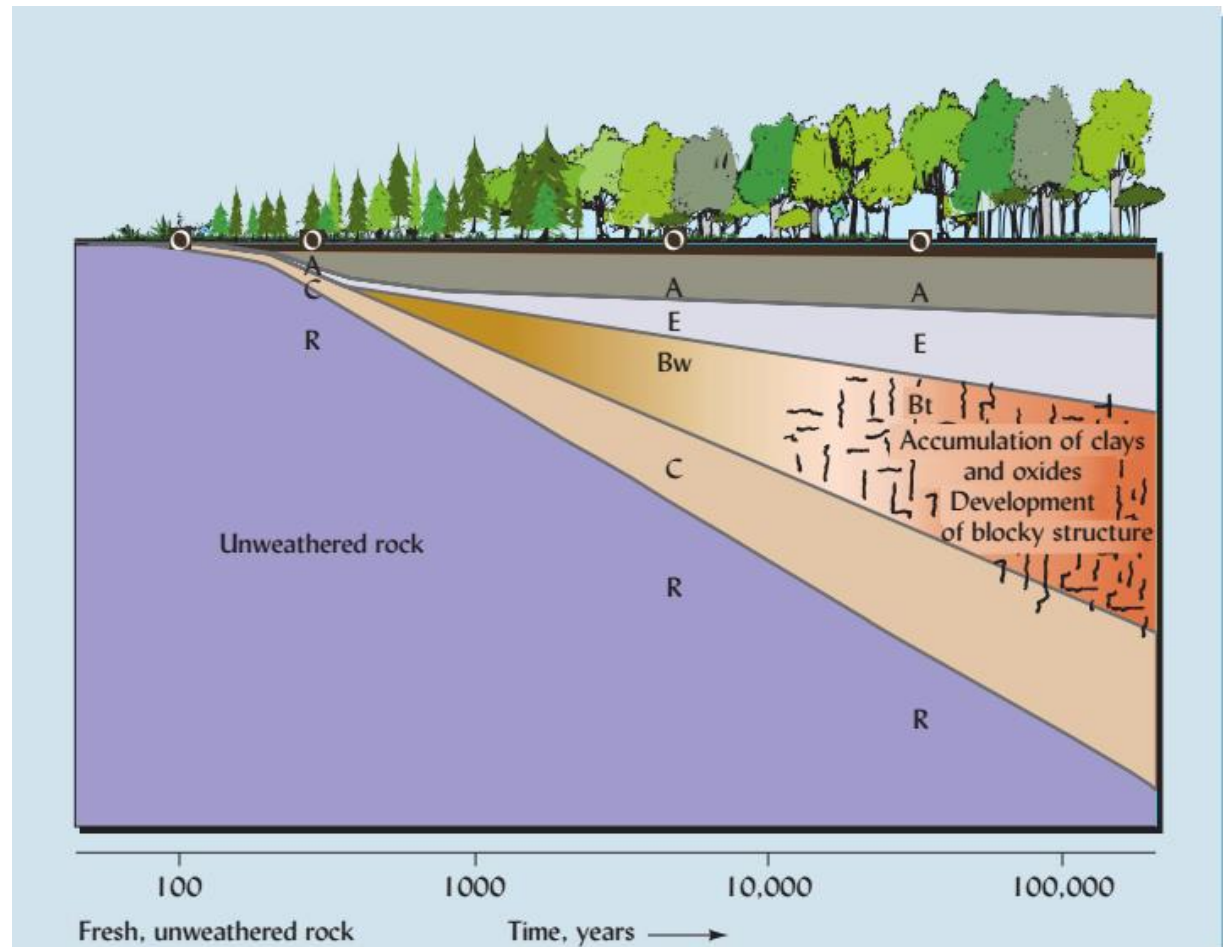
Prof. Dr. Deyanira Lobo Luján
lobo.deyanira@gmail.com

- El proceso de formación del suelo sobrepasa en mucho el tiempo que define una generación humana
- La edad del suelo se limita al tiempo durante el cual han actuado los procesos pedogenéticos
- El suelo se origina por una serie de procesos que se desarrollan con muy diferente velocidad.
- Como consecuencia las propiedades del suelo, que son el resultado de la actuación de los procesos, se manifestaran también de un modo desigual.



Etapas progresivas del desarrollo del perfil del suelo a lo largo del tiempo para una roca ígnea residual en un clima cálido y húmedo propicio para la vegetación forestal.

La escala de tiempo aumenta logarítmicamente de izquierda a derecha, cubriendo más de 100.000 años.



- ❑ La edad del suelo y la influencia del tiempo en la formación del suelo también se refieren al **desarrollo de características pedológicas en un perfil de suelo una vez que se ha creado el regolito.**
- ❑ En este sentido, el reloj de la formación del suelo comienza a correr cuando:
 - un deslizamiento de tierra expone roca nueva al ambiente de meteorización en la superficie,
 - cuando un río que se desborda deposita una nueva capa de sedimento en su planicie aluvial,
 - cuando un glaciar se derrite y arroja su carga de escombros minerales,
 - cuando un deslizamiento de tierra cae por la ladera de una montaña empinada,
 - cuando una excavadora corta y llena un paisaje para nivelar un sitio de construcción o recuperación de minas.



Investigaciones establecen que muy pocos suelos son anteriores al **Pleistoceno**; se ubican, entonces, la mayoría de ellos, en **el Cuaternario**, período que ha sido dividido en dos Épocas: **Holoceno**, que corresponde a los últimos 10 000 años y es el tiempo en que se han desarrollado las civilizaciones humanas actuales y, **Pleistoceno**, la cual se extiende hasta 1 600 000 de años

Clasificación del tiempo en el Cuaternario y principios del Terciario, para fines geomorfológicos.

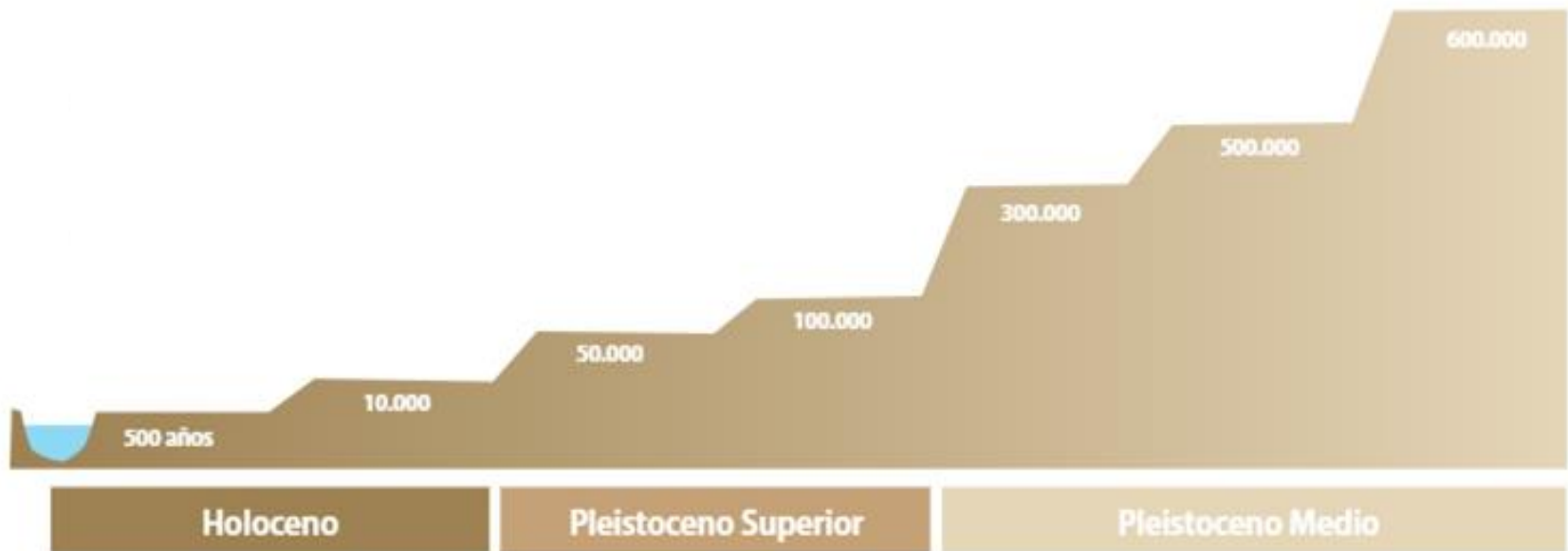
(Villota, 1997; Jaramillo, 2002)

PERÍODO	ÉPOCA	EDAD (años)	TÉRMINO FISIAGRÁFICO DE EDAD RELATIVA
CUATERNARIO	Neoboreal	600	ACTUAL
	Holoceno superior	2 600	SUBACTUAL
	Holoceno medio	7 100	RECIENTE
	Holoceno inferior	9 400	SUBRECIENTE
	Tardiglacial	11 500	
	Pleistoceno superior	12 000 – 730 000	ANTIGUO
	Pleistoceno inferior	730 000 – 1 800 000	
TERCIARIO	Plioceno	1 800 00 – 3 600 000	MUY ANTIGUO

Cronosecuencia de suelos sobre terrazas aluviales.

La mayor edad del suelo se traduce en una mayor alteración de los minerales.

Algunos índices, como la razón de cuarzo o feldespato en la fracción arena gruesa, están relacionados con la edad de los suelos.



Cronosecuencia de suelos en el Bajo Cauca

El área de este estudio se ubica en el norte del departamento de Antioquia, en la región del "Bajo Cauca", entre las cabeceras municipales de Cáceres, Tarazá y Caucasia.

La zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T); con una temperatura promedio anual de 28°C y una precipitación promedio anual que varía alrededor de los 3500 mm.

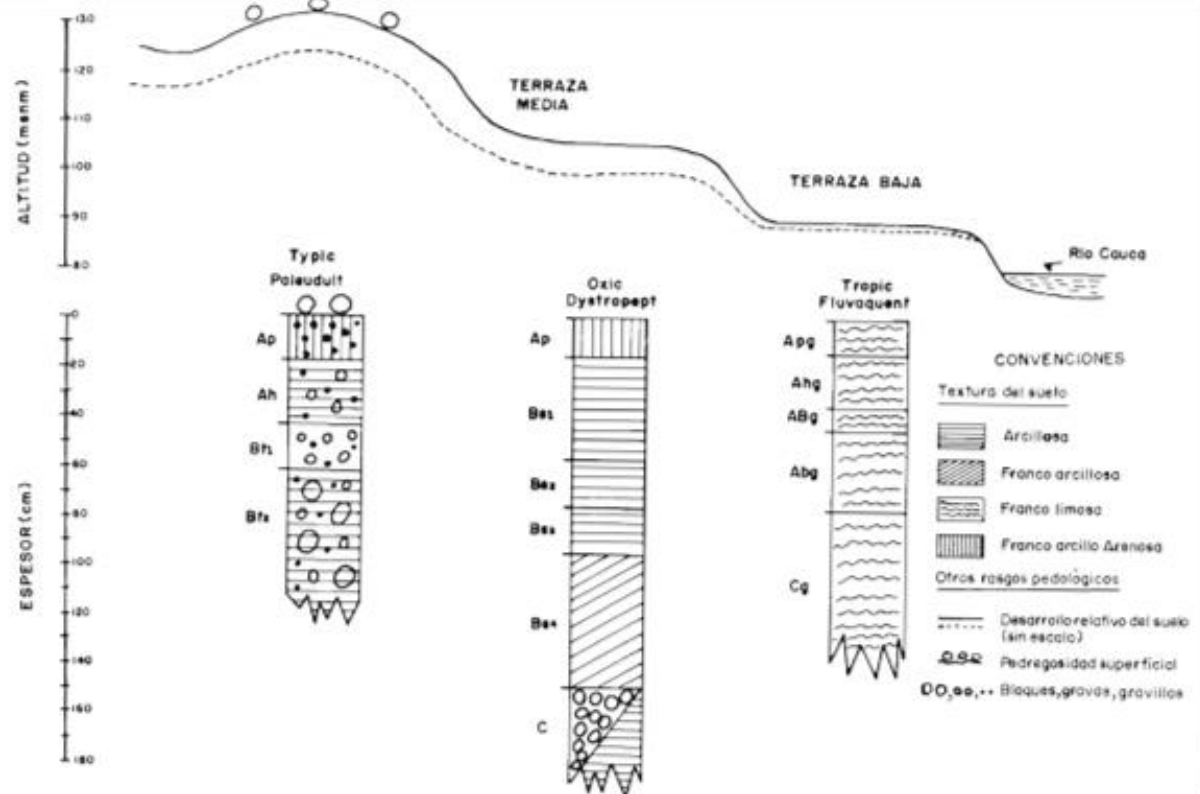
Los materiales litológicos predominantes en la zona están compuestos por aluviones heterométricos y heterogéneos" no consolidados, desde actuales hasta antiguos, muy influenciados por las rocas sedimentarias terciarias que los limitan entre Cáceres y Caucasia y por los gneises precámbricos que se encuentran a la altura de Tarazá.

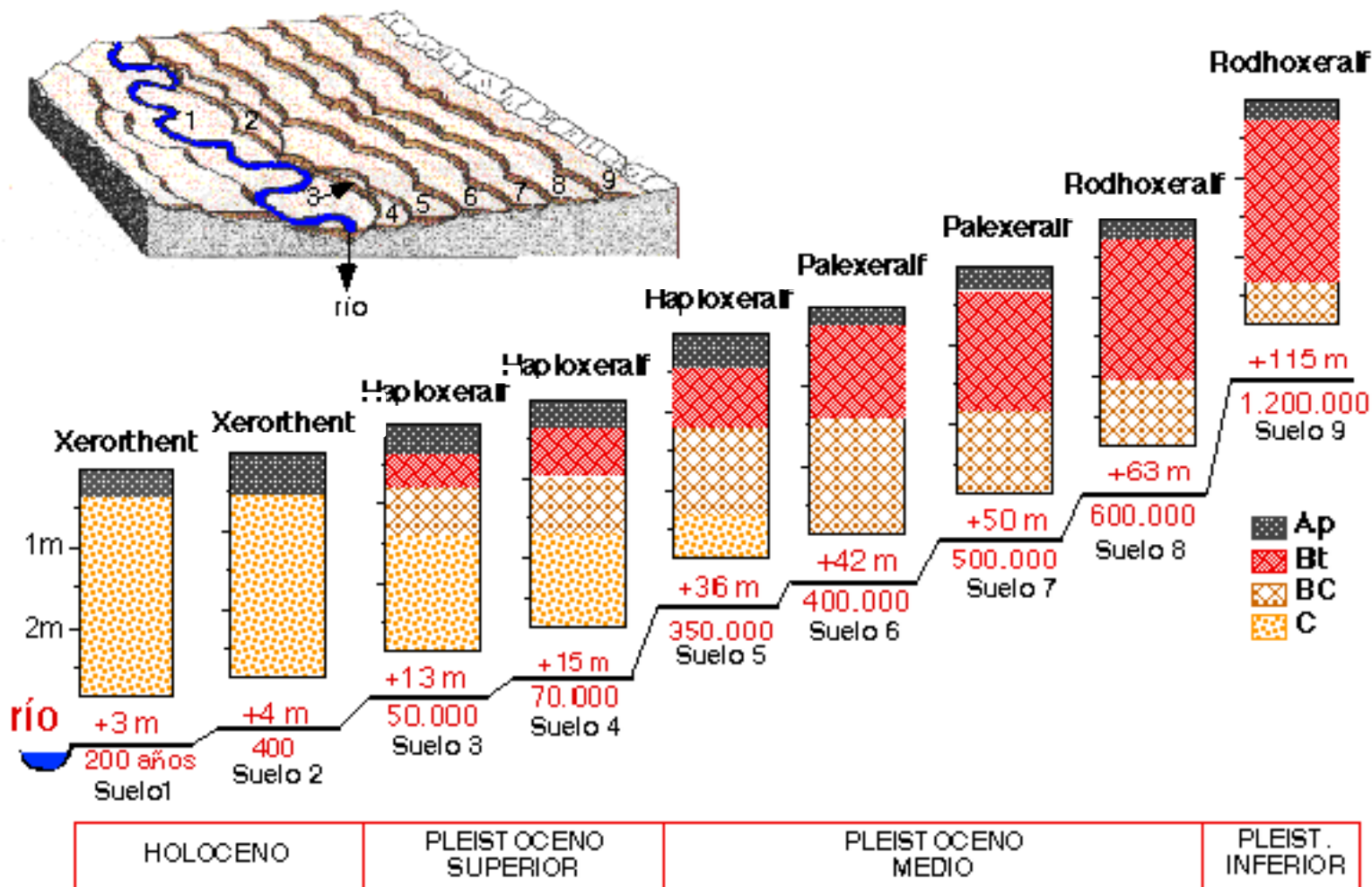
- Mayor intensidad en la evolución de las terrazas altas, originada por un mayor tiempo de exposición de este paisaje a las condiciones ambientales.

- Mayor espesor del Hor. A

- Translocación de arcilla

- Los suelos de las terrazas alta y media presentan limitaciones severas para el suministro adecuado de nutrientes a la planta y altas probabilidades de toxicidad con Al, Fe y con Mn, mientras que en la terraza baja la principal limitante de uso es la deficiente condición de drenaje que presenta, durante buena parte del año





Evolución del suelo en función de su edad

Cronosecuencias de suelos en la cuenca del río Tormes, Salamanca, España (Alonso, 1989)

Fragmentos
de roca

Líquenes

Regolito

Musgos

Suelo inmaduro

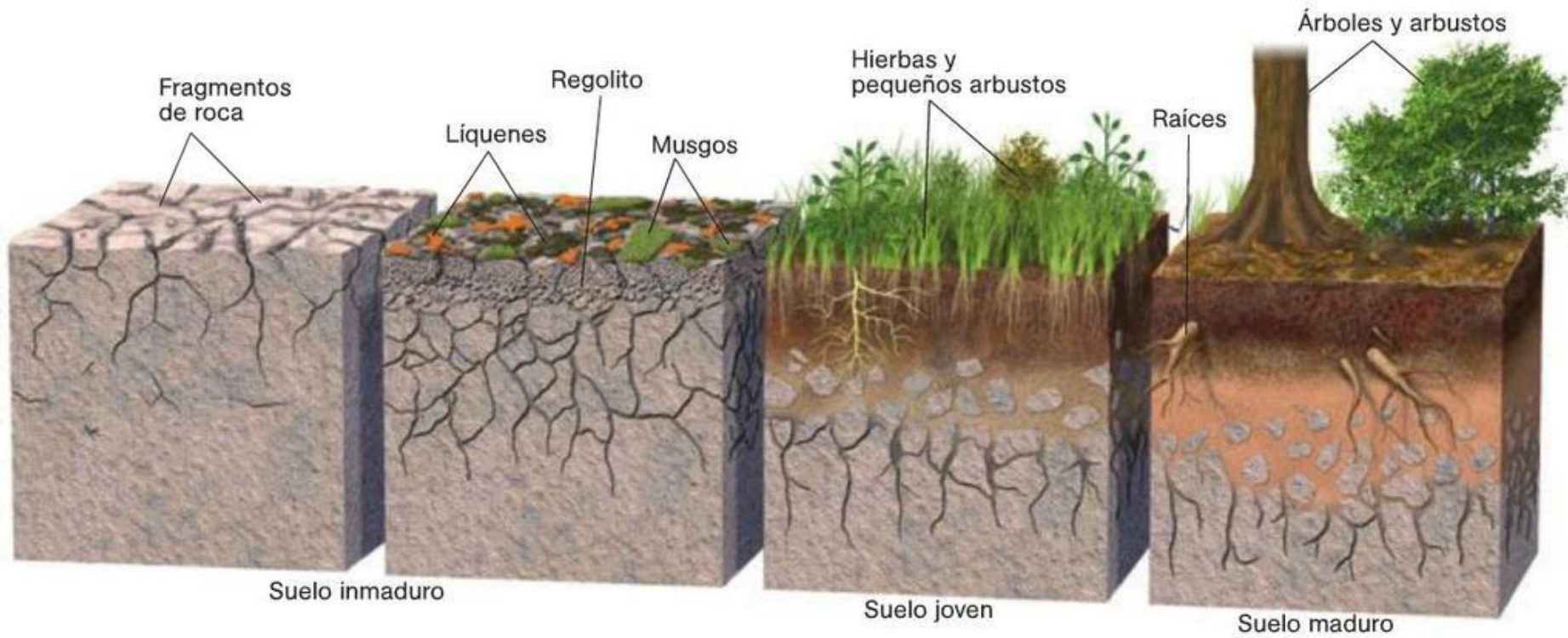
Hierbas y
pequeños arbustos

Raíces

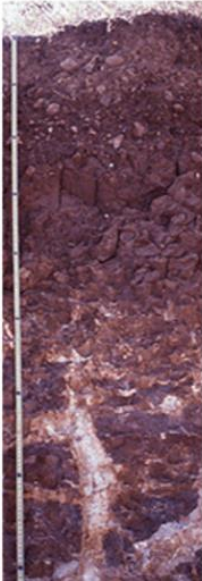
Suelo joven

Árboles y arbustos

Suelo maduro



A/Bt/C



**Acumulación
de Ca**

A/Bt/C



**Cutanes de
arcilla en B**

A/B/C



**débil a
moderada
alteración del
material
original**

A/C



**evidentes
muestras de
estratificación
que dificultan la
diferenciación
de los
horizontes**

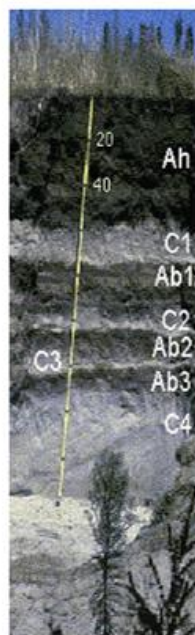
- 1. Llanura de inundación**
- 2. Terraza baja**
- 3. Terraza Media**
- 4. Terraza Alta**

Secuencia de Suelos





suelo 1



suelo 2



suelo 3



suelo 4



suelo 5

1 I
2 C
3 H
4
5

