

Universidad de Loa Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Escuela de Ingeniería Forestal
Departamento Ordenación de Cuencas

Material copilado por el Prof. Clifford Peña, solo con fines docente, para los estudiantes de la asignatura suelos.

¿Qué es el Suelo?

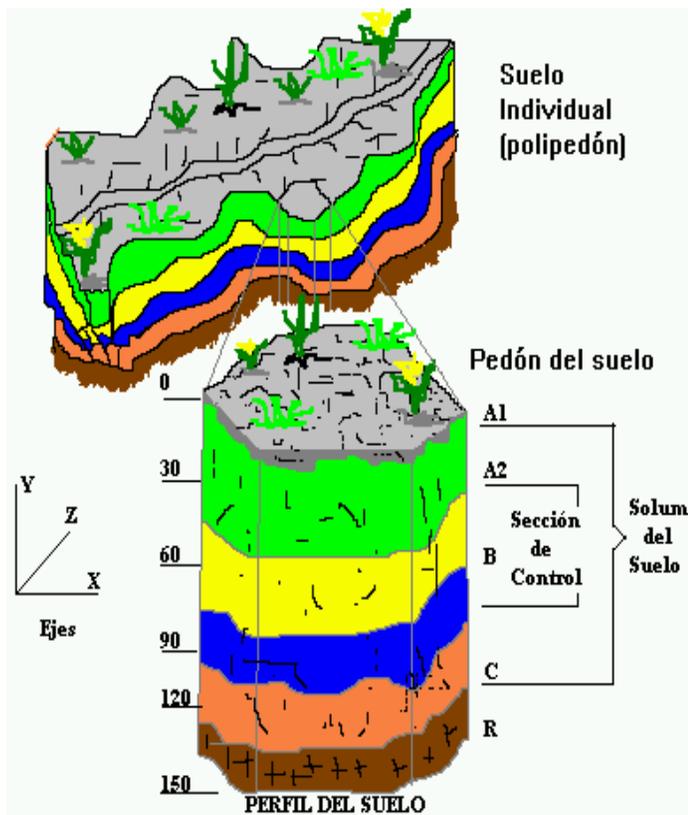
El suelo, en su definición más general, es la delgada capa de materiales no consolidados orgánicos e inorgánicos, que cubre la mayor parte de la superficie terrestre del planeta. Esta capa es variable en espesor y usualmente presenta algún tipo de actividad biológica.

Aparte de esta definición general, existen otras variadas definiciones, las cuales, son dadas en función de la disciplina de estudio. Por ejemplo, para las ciencias de la Ingeniería Civil el suelo es un material no consolidado sobre el cual se construye. Para un ecólogo, el suelo constituye un sistema en el cual ocurren una serie de funciones complejas, vitales para el desarrollo y mantención de la vida. Finalmente, para un agricultor, el suelo es el medio que provee de sujeción, nutrientes y agua a los cultivos.

- INGENIERO DE MINAS: “Conjunto de restos que cubren las rocas y minerales”.
- INGENIERO VIAL: “Material sobre el cual deba asentarse la carretera. Si sus propiedades son favorables, será utilizado; en caso contrario, habrá de ser removido y sustituido por roca y grava, colocándolas en lugar del suelo preexistente”. (Buckman y Brady, 1966)

Desde un punto de vista práctico, el suelo puede definirse, como:

- El material no consolidado orgánico e inorgánico ubicado en la superficie inmediata de la Tierra y que sirve como medio natural para el desarrollo de las plantas;
- El material no consolidado orgánico e inorgánico sobre la superficie de la tierra que ha sufrido transformaciones debido a los efectos ambientales del clima (temperatura y agua), los efectos de los macro y microorganismos, la topografía, el tipo de material rocoso y el tiempo cronológico.
- Un cuerpo natural, sintetizado en la forma de un perfil (Fig. 1) y constituido por una mezcla de materiales minerales (intemperizados y no intemperizados) y de materia orgánica (descompuesta y en proceso de descomposición). Estos materiales orgánicos e inorgánicos, cuando contienen los montos adecuados de aire y agua, sustentan la vida de las plantas.



El pedón es una porción representativa del polipedón. Es el volumen más pequeño que puede ser reconocido como un tipo específico de suelo

El conjunto de horizontes superiores que son explorados por las raíces de la vegetación perenne se denomina "solum"

Perfil es un corte vertical que permite reconocer las capas u horizontes del pedón

“Colección de cuerpos naturales, con características físicas, químicas y biológicas, formados como resultado de la interacción de factores y procesos que intervienen o han intervenido en su diferenciación, caracterización y con propiedades diferentes a la de los cuerpos que actuaron en su evolución, pudiendo o no servir como medio para el desarrollo de las plantas superiores” (Malagón 1979).

FUNCIONES DEL SUELO.-

1.- **Medio para el crecimiento de las plantas, sostener la diversidad y productividad biológica.** Biomasa que proporciona alimentos, forrajes, fibras, combustibles, maderas y otros materiales bióticos para uso humano.



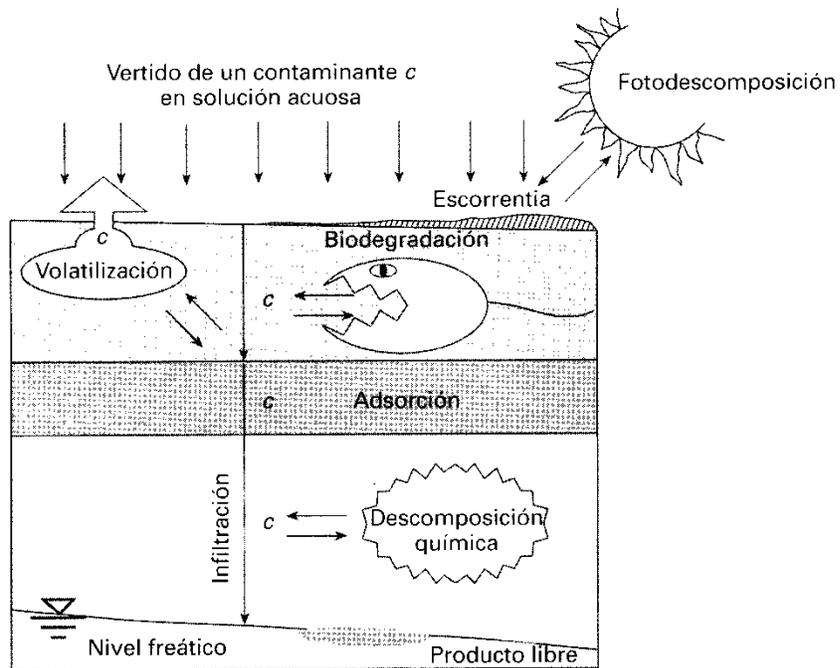
2.- Regular y distribuir el agua y flujo de solutos.

El suelo regula el almacenamiento y el flujo de aguas superficiales y subsuperficiales.

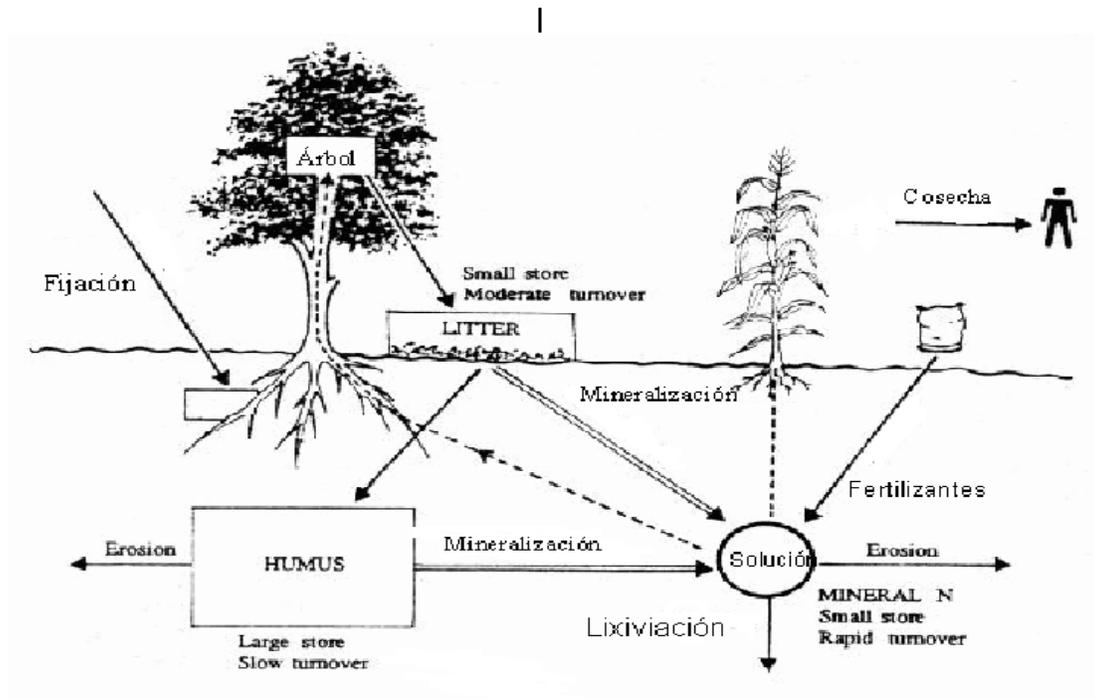


3.- Filtrar, inmovilizar y desintoxicar materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo desechos municipales y de la industria.

- El suelo tiene una función receptiva, filtrante, amortiguadora y transformadora de compuestos nocivos (control de residuos y contaminación).



4.- Almacenar y posibilitar el ciclo de nutrientes y otros elementos dentro de la biosfera de la tierra.

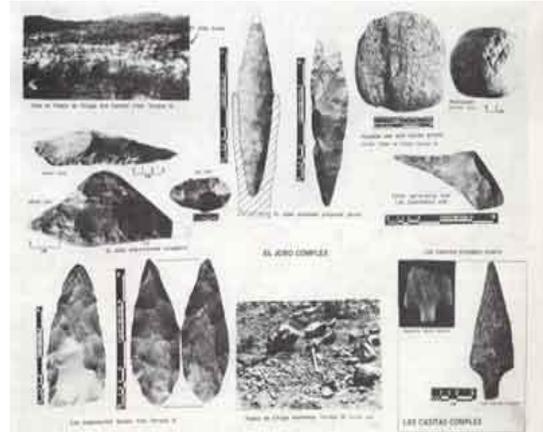


5.- Brindar apoyo a estructuras socio-económicas y protección de tesoros arqueológicos.



© TULLIO PERAZA, 1999

- Algunos especímenes de la fauna de moluscos característica del Grupo Cabo Blanco:
- 1) *Strombus pugilis pugilis*, 2) *Oliva schepmani*,
 - 3) *Conus jaspideus*,
 - 4) *Glycymeris (Tucetona) pectinata*,
 - 5) *Plicatula gibbosa*,
 - 6) *Olivella (Olivella) petiolita* y
 - 7) *Codakia (Jugonia) umbonicostata*



El Suelo como un sistema de tres fases

El suelo es un sistema poroso y como tal, contiene las tres fases posibles de encontrar en la naturaleza: fase sólida, fase líquida y fase gaseosa (Fig. 2). La fase sólida está conformada por materiales inorgánicos (rocas y minerales) y orgánicos (materia orgánica fresca, descompuesta o humificada y materia orgánica en proceso de descomposición). Esta fase es la que otorga sujeción a las plantas y es la encargada de la retención del agua y nutrientes para su uso por las plantas y demás organismos. La fase líquida y la fase gaseosa componen el denominado “espacio poroso” del suelo. En un mismo suelo, estas fases varían temporal y espacialmente. Por ejemplo, cuando un suelo recibe aportes de agua por lluvia o riego, el espacio poroso tiende a ser utilizado en mayor proporción por la fase líquida. En el tiempo, el agua líquida es removida desde el suelo mediante procesos de percolación, evaporación y absorción de agua por las plantas. Al ser el agua removida, la fase líquida disminuye proporcionalmente al aumento de la fase gaseosa. Es decir, el espacio poroso comienza a presentar mayor proporción de aire. La fase gaseosa del suelo es sin duda de gran importancia, ya que, proporciona el oxígeno necesario para los procesos respirativos de una gran variedad de organismos, incluidas las plantas.

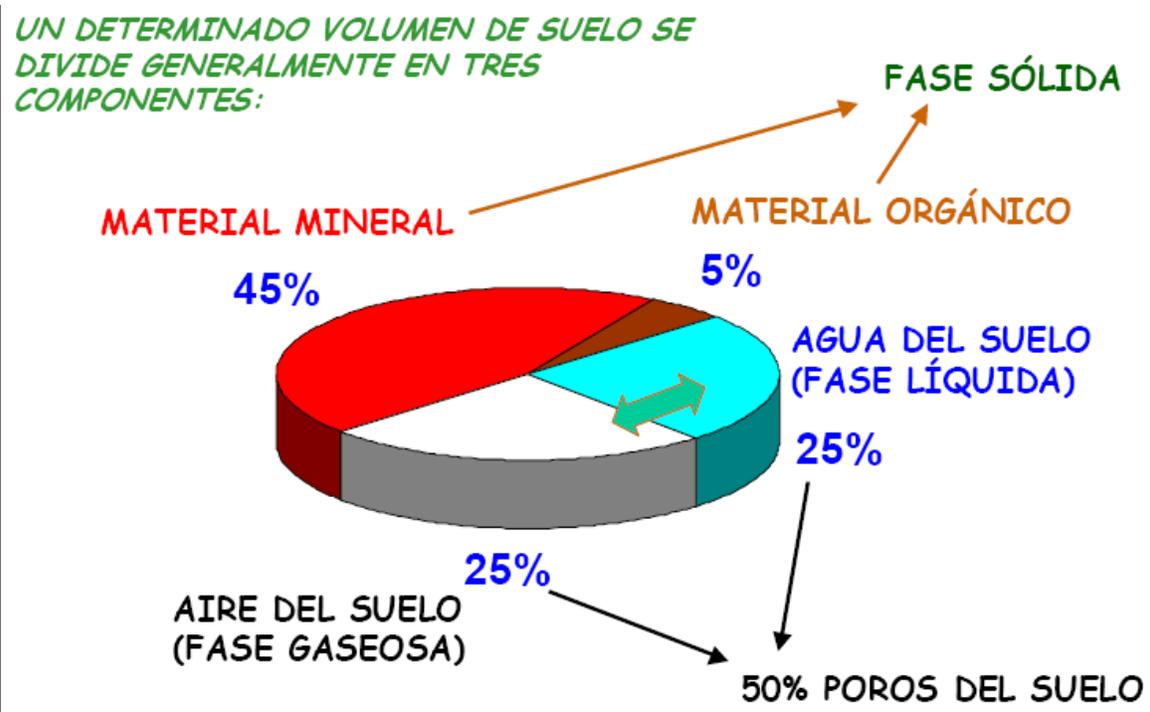


Figura 2: El suelo como un sistema de tres fases. La doble flecha indica la variación que experimentan las fases líquida y gaseosa en el tiempo. Al incrementarse una de estas dos fases, la otra obligatoriamente tiene que disminuir.

Las características principales de estas fases o fracciones son:

Fase Sólida:

a) Fracción mineral

- Mezcla de minerales provenientes de las rocas
- Las partículas que constituyen esta fracción son de tamaño variable.
- Tiene gran efecto en las propiedades físico-químicas del suelo.

b) Fracción orgánica

- Formada de materiales orgánicos vivos o muertos.
- Los materiales orgánicos muertos pueden encontrarse en diferentes estados de descomposición.

- Afecta propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Es reservorio y fuente de nutrientes para los organismos del suelo.

Fase Gaseosa:

- Denominada también como aire o atmósfera del suelo.
- Proporciona el oxígeno para la vida de muchos organismos.
- Mayor concentración de CO₂ que en la atmósfera.
- Humedad relativa cercana al 100% casi siempre.

Fase Líquida:

- Es una solución acuosa que contiene compuestos disueltos en forma de iones.
- De gran relevancia en la nutrición y desarrollo vegetal.
- De gran importancia en los procesos de formación de suelos al permitir el desarrollo de diversas reacciones químicas (e.g., hidrólisis, hidratación).

La Formación de los Suelos: Los Factores y Procesos que Intervienen.

Introducción a los factores formadores de suelos

- Este enfoque sobre la génesis de los suelos fue desarrollado por el estadounidense Jenny (1941) partiendo de las ideas del edafólogo ruso Dokuchaev.
- Considera el suelo como una unidad, sin tener en cuenta su estructura interna ni los procesos que tienen lugar en él. Se interesa por establecer relaciones entre las características morfológicas y los factores ambientales, buscando explicar por qué difieren entre sí los distintos suelos de un determinado terreno.
- Es un enfoque de tipo caja negra.
- Tiene como principal ventaja su sencillez y el permitir una identificación de los agentes de la edafogénesis, si bien no llega a profundizar en ella.
- Permite considerar cada factor por separado y analizar su contribución a la formación del suelo.
- Es un método valioso en cartografía y prospección de suelos pues se presta a un estudio cuantitativo estadístico y al uso de ordenadores.
- Se suele expresar en la forma
$$s = f(c, o, g, p, t)$$
donde las propiedades del suelo s se asume que son una función de cinco factores: el clima (c), los organismos vivos (o), la geomorfología (g), el material parental (p) y el tiempo (t).
- La forma más simple de usar la relación anterior es buscando suelos que estén relacionados por la variación de uno solo de los factores formadores. El resto de los factores se asume que permanecen constantes

o que varían porque dependen del factor que lo hace independientemente. Por ejemplo, si se considera que sólo varía el tiempo, la relación anterior se escribe

$$s = f(t)_{c,o,g,p}$$

Esta relación indica que la propiedad del suelo considerada (e.g., el contenido en carbono orgánico del horizonte A) es sólo función del tiempo (=edad del suelo), permaneciendo los demás factores (clima, organismos, geomorfología y material parental) constantes de un suelo a otro.

- Cuando un conjunto de suelos se cree que están relacionados por diferencias en un único factor se dice que forman una secuencia. Dependiendo de qué factor varíe se habla de:

?? Litosecuencias: suelos relacionados por diferencias en el material parental.

?? Cronosecuencias: suelos relacionados por diferencias en edad.

?? Climosecuencias: suelos relacionados por diferencias climáticas.

?? Biosecuencias: suelos relacionados por diferencias en los organismos vivos.

?? Toposecuencias: suelos relacionados por diferencias en la geomorfología (topografía, relieve).

Estos factores **no forman el suelo** pero si controlan a los procesos que intervienen en la formación. Los factores son considerados como variables independientes que interactúan para generar un tipo de suelo específico, con características y propiedades únicas y distintivas.

Clima:

Este factor es sin duda uno de los más importantes en la formación del suelo ya que además de influenciar directamente a los procesos que intervienen en la formación de este recurso, afecta directa o indirectamente a los otros factores de formación, como por ejemplo a los organismos. Este factor de formación considera los efectos que principalmente tienen la precipitación y la temperatura (a nivel de regiones climáticas) en el desarrollo del suelo. Es fácil de inferir que los suelos desarrollados en zonas tropicales, en que las temperaturas medias son elevadas y las precipitaciones son cuantiosas, los suelos tendrán un desarrollo y características muy diferentes a la de suelos desarrollados en regiones áridas, mediterráneas o templado húmedas. A mayor precipitación, la vegetación presenta un mayor desarrollo y por lo tanto, existen mayores aportes de material orgánico al suelo. Asimismo, mayores montos de precipitación se ven asociados en cambios de pH en el suelo debido al efecto de lixiviación de las bases de cambio que provoca el agua en el suelo. Con mayor temperatura y precipitación, los suelos se tornan más rojizos debido al incremento en la formación de arcillas y al incremento en las formas deshidratadas de óxidos de hierro.

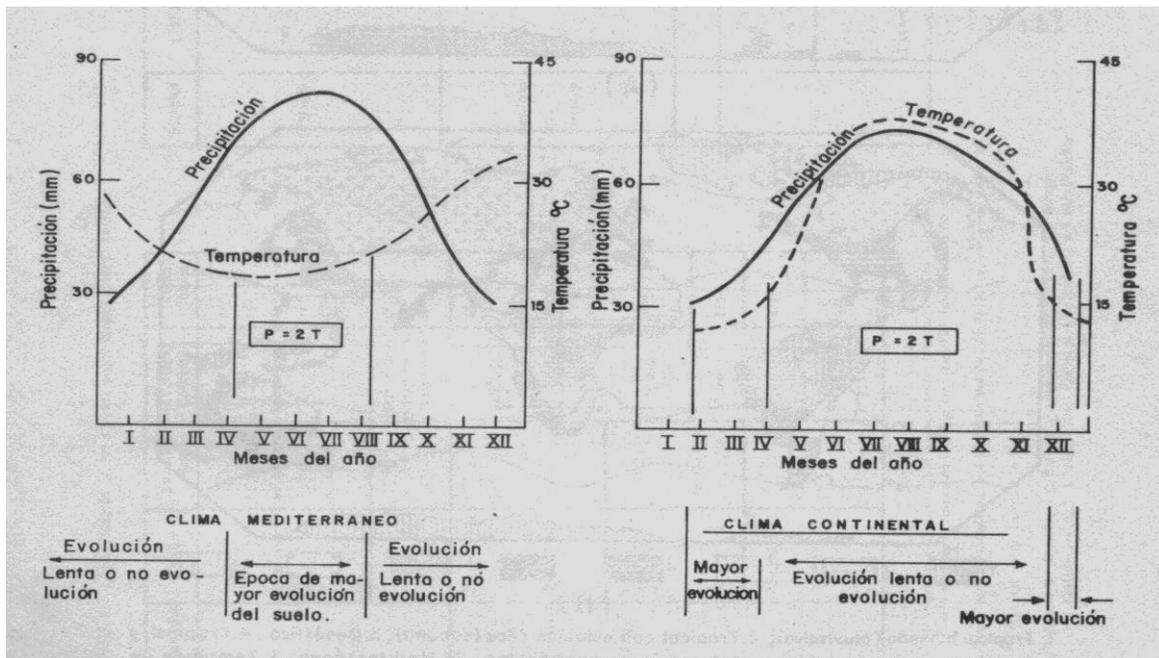
A un nivel más local, las diferencias en altura también provocan variaciones en el clima. Aumentos en altitud van asociados a incrementos en las precipitaciones y a disminuciones en las temperaturas, lo cual se refleja necesariamente en el desarrollo de los suelos.

Precipitación: Se requiere presencia de agua para el desarrollo de reacciones químicas y la actividad de los organismos.

- Alta precipitación favorece el lavado y la formación de suelos ácidos. También favorece mayores contenidos de materia orgánica y mayores contenidos de arcilla.
- Bajas precipitaciones favorecen suelos neutros o alcalinos con alta saturación de bases. Frecuentemente ocurren acumulaciones de sales solubles y arcillas.

- El agua necesaria para la evolución de los suelos es aquella que se infiltra y/o percola, por tanto es preciso calcular la relación P/ET , con el fin de tener una idea aproximada de la influencia climática sobre la evolución de los suelos.

$$AE = P - ET$$



- Precipitación.

☐☐ La lluvia que percola a través de un suelo actúa de medio en el que se producen las reacciones químicas.

☐☐ El total de lluvia anual no es el mejor parámetro para inferir el tipo de suelo que predominará en una región.

☐☐ Hay que considerar la distribución de la precipitación a lo largo del año y si las lluvias se producen principalmente en la estación fría o la cálida. Además, hay que tener también en cuenta la intensidad de la precipitación ya que no es lo mismo una lluvia

muy intensa y de corta duración que esa misma cantidad de agua repartida en un tiempo más largo.

☒☒ La cantidad de agua que se infiltra en el suelo es menor que la precipitación total debido a la escorrentía y la evapotranspiración (tanto en el suelo como en la vegetación).

☒☒ El agua que se infiltra en el suelo puede (1) ser absorbida por las raíces de las plantas, (2) convertirse en agua capilar unida a las partículas minerales u orgánicas, (3) convertirse en agua gravitacional y percolar hasta el nivel freático o emerger en fuentes.

☒☒ Gerasimov y Glazovskaya (1960) definieron de forma cualitativa los siguientes regímenes de humedad del suelo (P = precipitación anual media; ETP = evapotranspiración potencial anual):

- Percolante: $P \gg ETP$.
- No percolante: $ETP > P$.
- Ascensional: $ETP \gg P$.
- Saturado de agua.

▫ La relación entre estos regímenes de humedad y los definidos de forma cuantitativa por *Soil Taxonomy* es (Porta *et al*, 2003, p. 528):

Gerasimov	Soil Taxonomy
Percolante	Údico
No percolante	Ústico; Xérico; Arídico
Ascensional	Xérico; Arídico
Con saturación de agua	Ácuico

Temperatura: Su acción se inicia con la alteración de las rocas, continúa con la transformación de la materia orgánica y por consiguiente afecta la dinámica de formación del medio (quelatos, migraciones arcillosas, etc.) y además influye sobre las reacciones químicas.

- Mayor temperatura mayor velocidad de las reacciones químicas.
 - Menor T° precipitación de carbonatos y otras sales.
- Si las temperaturas son más elevadas los contenidos de materia orgánica y la relación carbono/nitrógeno tienden a ser más bajos.

REGIMEN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL a 50 cm. EN EL SUELO. (en °C).	
	PERGELICO	
CRYICO	0°	8°
ISOMÉSICO	8°	15°
ISOTÉRMICO	15°	22°
ISOHIPERTERMICO	22°	28°
ISOSUPERTERMICO	más de	28°
ISOMEGATERMICO		

☐☐ En general la temperatura no parece ser primordial en la formación de un suelo a corto plazo, pero tiene importantes implicaciones a largo plazo.

☐☐ La temperatura controla la velocidad de las reacciones químicas que se producen en el suelo. Cuanto mayor es la temperatura, más rápidas son las reacciones químicas que tienen lugar, en particular la meteorización química y la descomposición de la materia orgánica. (Es útil recordar aquí que la meteorización no es un proceso edafogénico propiamente dicho, sino un proceso geológico que contribuye a la formación de un suelo.)

Por ejemplo, la temperatura influye en la velocidad a la que el agua se disocia en H^+ y OH^- . La velocidad de esta disociación se puede tomar como un índice de la actividad química.

☐☐ En las regiones templadas la velocidad de meteorización es tres veces mayor que en las regiones árticas y en el trópico 10 veces mayor.

☐☐ Además, la meteorización en los trópicos se ha prolongado durante más tiempo ya que no ha sido interrumpida por los últimos episodios glaciales. Por tanto, los suelos tropicales poseen un manto de meteorización (=regolito) mucho más potente (hasta 50 metros de espesor) que el de las regiones templadas, donde no suele superar el metro.

Es importante primero insistir en la diferencia entre tiempo atmosférico (meteorología) y clima: el primero es el estado físico de la atmósfera en un punto determinado del planeta en un instante determinado. Cuando el estado de la atmósfera se promedia sobre periodos largos de tiempo, hablamos del clima de una zona, definido como la caracterización de las condiciones meteorológicas promedio de una región sobre periodos largos de tiempo. Es decir, el tiempo atmosférico es una observación local, a corto plazo, realizada con medidas reales, mientras que el clima caracteriza a una región amplia, a largo plazo, promediando las medias reales sobre muchos años.

El clima tiene una acción directa sobre la humedad y la temperatura del suelo y una acción indirecta a través de la vegetación. Interviene en la formación del suelo, al controlar el tipo de procesos posibles y su intensidad. La precipitación condiciona, por ejemplo, la translocación de sustancias en el suelo; y la radiación solar aporta energía al sistema. Por ello se considera que el clima es un factor activo de máxima influencia en la edafogénesis.

Tendencias regionales en la distribución de suelos. Desde el nacimiento de la Edafología se han puesto de manifiesto las relaciones entre la latitud o zonas climáticas y las características de los suelos. El término climosecuencia expresa una sucesión de suelos cuyas características distintivas corresponden a diferencias climáticas. Las principales relaciones entre el clima y los suelos son las siguientes (Porta *et al*, 2003, p. 529):

Características, propiedades y procesos	Acción probable del clima
Materia orgánica: Humificación y mineralización	Desierto: contenidos muy bajos de MO. Regiones templadas: contenidos intermedios Regiones tropicales: alto, si bien en un espesor limitado del suelo. Mineralización rápida. Régimen de saturación de agua: contenido de MO muy alto, llegando a formarse suelos orgánicos. A igualdad de contenido de humedad, el de MO disminuye al aumentar la temperatura (mineralización)
Grado de meteorización	La falta de agua inhibe la meteorización y el lavado.
Clase y velocidad de meteorización	Temperatura: acelera los procesos. Precipitación efectiva: entrada y salida de flujos en el sistema (translocación y pérdida de componentes solubles y material en suspensión).
Mineralogía de arcillas	Régimen percolante: lixiviado de bases y sílice. Precipitación y temperatura elevadas: caolinita. Precipitación muy alta: acumulación residual de óxidos de hierro y aluminio. Drenaje impedido y riqueza en bases: esmectitas.
Proporción de arcillas	El porcentaje de la fracción arcilla aumenta con la humedad y la temperatura, al hacerlo el grado de meteorización.
Presencia de carbonato cálcico	En climas húmedos tiende a ser lixiviado. En climas áridos y semiáridos tiende a acumularse.
Color	El color rojo (rubefacción) requiere para formarse una precipitación superior a 500 mm y $T > 20^{\circ}\text{C}$.
Presencia de yeso	En climas húmedos es lixiviado. En climas áridos y semiáridos puede encontrarse en el suelo en forma de acumulaciones o como componente mayoritario.
Translocación de sustancias en el perfil	Régimen no percolante: favorece las acumulaciones dentro del suelo.
Hidromorfismo	Exceso de agua y mal drenaje. Condiciones locales.
Salinidad	Climas áridos y semiáridos. Condiciones locales en otros ambientes.

MATERIAL PARENTAL

Este factor se refiere a los diferentes materiales rocosos y minerales que darán origen al suelo. Diferentes materiales parentales crean diferentes suelos, con diferentes propiedades. En general las rocas que originan el suelo se clasifican en rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas. La génesis de cada una de estos tipos de roca se puede explicar gráficamente en el ciclo geológico, el cual en forma muy simple se expone en la figura 3.

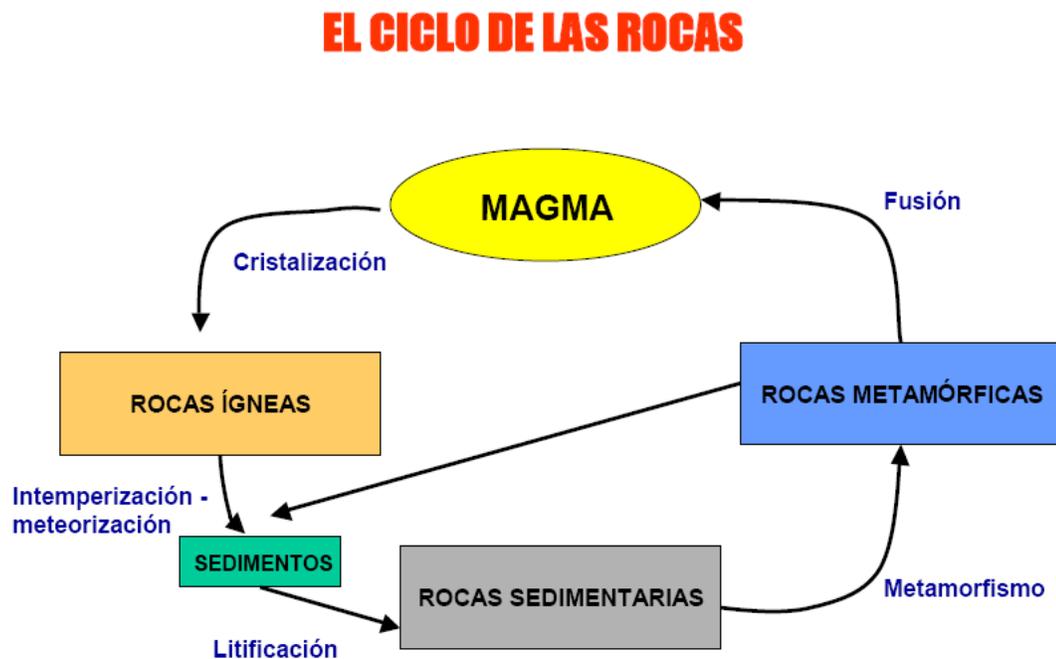
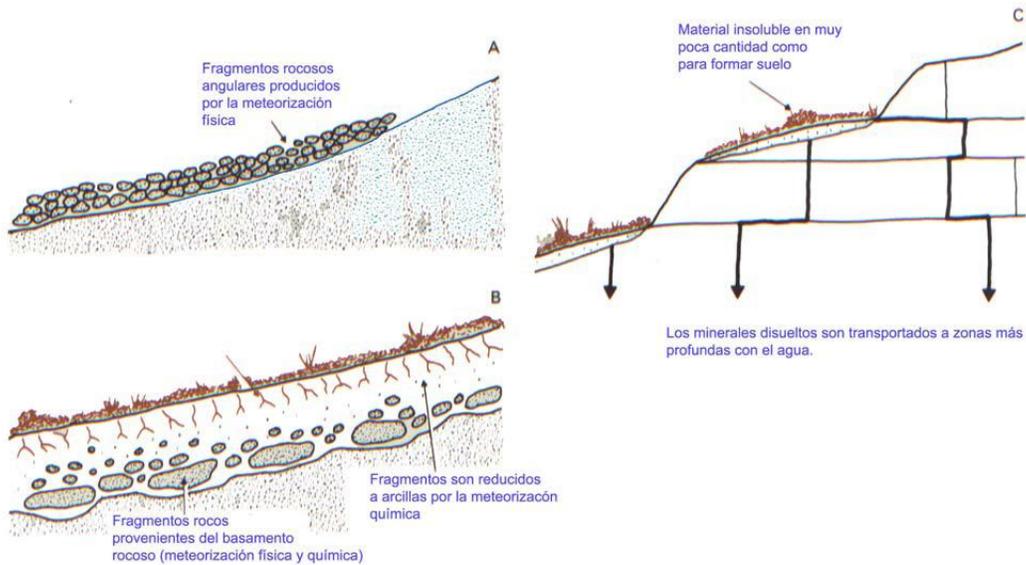


Figura 3: Ciclo simplificado de las rocas.

Las rocas ígneas son formadas a partir del material magmático presente en el interior de la tierra. El magma al enfriarse (proceso de cristalización) origina este tipo de rocas. Si la solidificación de las rocas es bajo la superficie terrestre, se originarán rocas ígneas intrusivas (e. g., granito). Si por el contrario, la solidificación ocurre sobre la superficie de la tierra, se originarán las rocas ígneas extrusivas (e.g., rocas volcánicas). Las rocas ígneas luego de formadas pueden ser sometidas a procesos de intemperización y meteorización, generando material particulado que posteriormente es transportado y depositado ya sea en un lecho lacustre o en el mar. Finalmente estos materiales sedimentarios son sometidos a diferentes agentes cementantes y/o a fuerzas de compactación que generan rocas sedimentarias a partir de los materiales depositados inicialmente (proceso de litificación). Estas rocas sedimentarias pueden ser nuevamente intemperizadas generando un nuevo ciclo de formación de rocas sedimentarias.

En el ciclo geológico, las rocas sedimentarias pueden estar afectas a agentes muy particulares que transforman la constitución química y las propiedades de estas rocas. Estos agentes son la presión y la temperatura y son conocidos como los “agentes del metamorfismo”. Estos agentes actúan sobre rocas sedimentarias pre-existentes pero sin llegar a una fusión o derretimiento de éstas. De llegar a este punto, la roca simplemente entra en un proceso de fusión generándose nuevamente magma. Las rocas metamórficas, una vez formadas, pueden entrar también a un ciclo de intemperización-meteorización para luego formar los sedimentos que precederán a futuras rocas sedimentarias.

Cada uno de estos tres tipos generales de roca presenta una inmensa variedad de subtipos de rocas, cada una de las cuales, presenta sus propias características físicas (e.g., dureza), químicas y mineralógicas. Por lo tanto, la formación de los suelos estará en directa relación al o los tipos de roca que conformaron el sustrato original desde el cual un determinado suelo se desarrolló. La figura 4 muestra el efecto de diferentes tipos de material parental.



Los productos de la intemperización: (A) Fragmentos rocosos de mayor tamaño producidos por meteorización física; (B) suelo con partículas de varios tamaños producto de meteorización física y química; (C) roca sedimentaria (calcita) en que la meteorización química ha prevalecido dejando una mínima cantidad de residuos.

Figura 4: Efectos del material parental en el desarrollo de los suelos. En A y B el material parental ha sido intemperizado en diferentes grados para dar origen al suelo (B). En C, el material parental es fácilmente disuelto, por lo que la formación de un suelo profundo y bien desarrollado se ve dificultada.

El relieve, se define como la configuración o conformación del terreno, de acuerdo con las elevaciones, las depresiones y otras desigualdades de la superficie del terreno, y se manifiesta en diversas formas de tierras (geoformas). Las formas del terreno más comunes son: montañas, colinas, cordilleras, acantilados, valles, llanuras, terrazas, playas, abanicos aluviales, deltas, morenas, conos volcánicos y dunas.

El Relieve como factor Formador del Suelo: Las maneras en que el relieve actúa en la formación del suelo son dos: en el control de la erosión geológica y en el control de las relaciones de agua en el suelo.

como un factor formador del suelo, influye sobre la profundidad del suelo, erosión, color, pH y en general sobre los procesos formadores, especialmente en cuanto a adiciones, pérdidas y translocaciones de materiales en el perfil.

- Control de la erosión geológica.
 - Meteorización.
 - Transporte (agua, viento, mar, glaciares).
 - Corrasión.
- Control de las relaciones de agua en el suelo.
 - Contenido de humedad en el perfil.
 - Profundidad de la capa freática.

La formación del suelo y la erosión geológica son procesos antagónicos; el saldo entre ellos decide si se forma o acumula un suelo sobre determinada superficie de terreno o si esa superficie permanecerá indefinidamente desnuda.

I.- LA EROSIÓN GEOLÓGICA o denudación, incluye tres procesos diferentes que son, meteorización, transporte y corrasión:

METEORIZACIÓN: se refiere a la descomposición y desintegración química y física de las rocas y los minerales contenidos en ellas que se encuentran en equilibrio en las condiciones de temperatura, presión y humedad del espacio entre atmósfera y la litosfera (Boul, 1990).

TRANSPORTE: En los trópicos y en regiones templadas los principales agentes de transporte son las corrientes de agua, los vientos y el mar. En las regiones árticas, los principales agentes de transporte son los glaciares, los cuales también se presentan en las grandes altitudes de los trópicos, como en los Andes, pero generalmente no son de importancia.

1.- **El agua en movimiento**, es el agente de transporte más poderoso. La capacidad de transporte varía con la sexta potencia de su velocidad; esto explica por qué o cómo una corriente en su máxima creciente es capaz de arrastrar cantos rodados de gran tamaño y enormes masas de material fino. Cuanto mayor es el volumen de agua, tanto mayor es la cantidad de carga que una corriente puede arrastrar.

2.- **El viento**, es el principal factor de transporte en los desiertos y es el responsable de la formación de las dunas en las playas marinas y en desiertos,

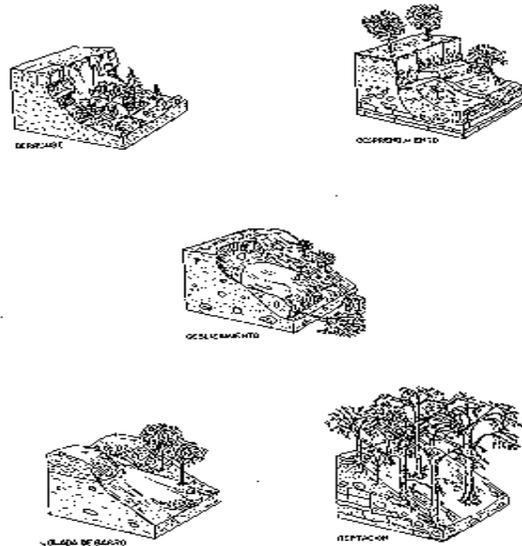
3.- **EL mar**, su transporte depende de la acción de las olas, mareas y corrientes, y está acompañado de separación, clasificación y segregación de sedimentos de partículas cuyo tamaño va en disminución. Las partículas más finas son transportadas a mayores distancias dentro del mar y las más gruesas quedan en forma de arena o piedrecillas en las playas.

4.- **Glaciares**, Transportan materiales que caen en su superficie desde los lados de los valles en que se encuentran confinados, así como los materiales que extraen y recojen de los costados de los valles y de sus pisos conforme se mueven hacia abajo lentamente.

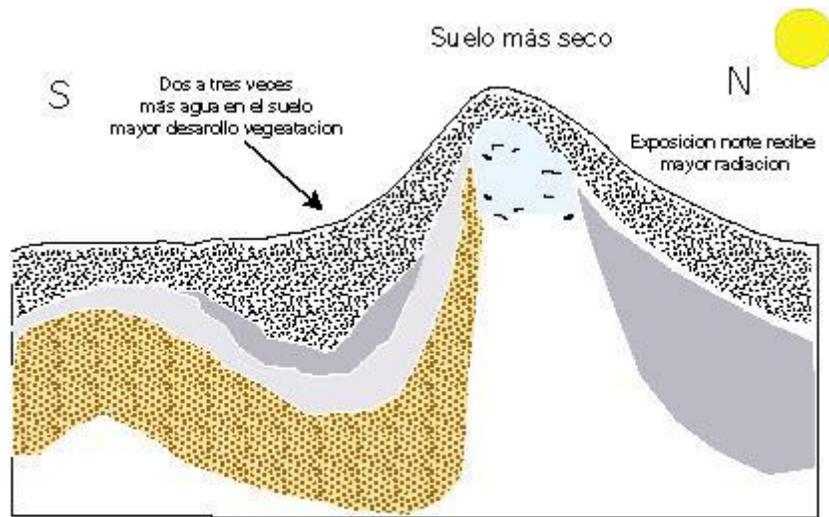
CORRASIÓN. La aspereza de los agentes de transporte que ocasionan la corrosión, depende casi por completo del tipo y cantidad de material que transportan como carga. Por consiguiente, el viento o el agua cuando no llevan carga son escasamente abrasivos. La cantidad de corrosión producida en un tiempo dado depende en parte de la estructura y dureza de las rocas sobre las que se mueve el agente de transporte. También depende de las dimensiones, estructura y dureza de los materiales que constituyen la carga y de la velocidad con la que se mueve el agente de transporte. Por lo tanto, el agua que se mueve a gran velocidad y que lleva fragmentos angulares grandes de granito, será más corrosiva que el agua que se mueve lentamente y que lleva partículas de arcilla. EL forma similar, los glaciares que transportan abundantes fragmentos angulares de granitos fijados en sus superficies inferiores, serán más corrosivos que los que transportan unas pocas piedras redondeadas y suaves.

II.- LA GRAVEDAD COMO AGENTE DE TRANSPORTE. La importancia de la gravedad en el transporte

La posición topográfica de un suelo, proporciona un índice de su estabilidad y de la probabilidad de su supervivencia y desarrollo hasta la madurez.



El relieve, o también llamada topografía, afecta el balance hídrico y la infiltración de agua, el microclima (radiación solar y temperatura), los procesos de erosión y depositación, la vegetación actual y los procesos básicos de formación de suelo. Un claro ejemplo del efecto de la topografía lo podemos ver en los cerros y montañas de la Cordillera de la Costa de Chile (Fig. 5). Los suelos desarrollados en exposición sur presentan mayor desarrollo y profundidad que los suelos desarrollados en la exposición norte. Las laderas de exposición sur reciben menor radiación y tienen, por lo tanto, mayor almacenamiento de agua y desarrollo de vegetación.



El material parental se puede definir como el material, consolidado o no, a partir del cual comienza a desarrollarse un suelo. Es un elemento pasivo en la edafogénesis, sobre el que actúan otros factores que lo transforman, intervienen en su organización y hacen aumentar su grado de pedialidad. Representa el estadio inicial del sistema.

- Al intentar establecerse las relaciones entre la formación del suelo y el material del que procede debe tenerse en cuenta el tipo de roca, su comportamiento frente a los fluidos, los productos a los que puede dar lugar al meteorizarse y las condiciones del medio (en especial el régimen de humedad, el de temperatura y las condiciones de drenaje).
- Se pueden distinguir dos grandes grupos de materiales originarios: (1) material *in situ* consolidado (autóctono), y (2) material transportado y depositado (alóctono), no consolidado.
- El material alóctono puede haber sido transportado: (1) por el agua (material aluvial, lacustre o marino), (2) por gravedad (materiales coluviales), (3) por el hielo (depósitos glaciales, como las morrenas y las tillitas), (4) por el viento (dunas y loess); o puede haber sido depositado recientemente por una erupción volcánica.

- La influencia del material originario se deja sentir en un suelo determinando en parte su color, composición, textura, estructura, pH, etc. Tal influencia depende de la susceptibilidad de la roca a meteorizarse, de sus características físicas, del régimen de humedad y de la edad del suelo. Con el tiempo y con un clima más húmedo un suelo irá diferenciándose cada vez más del material originario.
- Un mismo tipo de material parental, que evolucione bajo distintas condiciones del medio, puede dar lugar a suelos con distintas características, mientras que diferentes rocas, bajo un mismo clima suficientemente energético y con una acción prolongada (factor tiempo), pueden dar lugar a suelos análogos. A pesar de ello, se pueden establecer algunas relaciones generales entre el tipo de roca y las características del suelo resultante (sobre todo si el tiempo de desarrollo no es muy largo, Porta *et al*, 2003, p. 525):

Tipo de roca	Características posibles del suelo
Granitoides	Tendencia arenosa. Con régimen de humedad percolante: suelos ácidos.
Lavas y cenizas basálticas	Tendencia arcillosa. Color rojo oscuro a pardo oscuro. Elevado contenido en hierro. Con estación seca: arcillas esmectíticas. Con régimen percolante: caolinita. En régimen perhúmedo: alofana.
Esquistos pelíticos	Tendencia arcillosa (illita y vermiculita). Con estación seca: esmectitas.
Litoarenitas	Textura gruesa, arenosa. Muy permeables (en general). Con régimen percolante: suelos ácidos, pobres en bases.
Arcosas	Ricos en arcillas (por hidrólisis de los feldespatos). Posible translocación de arcillas.
Cuarciarenitas	Suelos arenosos con cuarzo. Escasa posibilidad de evolución. En climas cálidos y húmedos: puede llegar a desarrollarse un horizonte A importante.
Calizas	Sobre roca dura: suelos muy pedregosos, poco profundos. En régimen húmedo: suelos ricos en arcillas.
Lutitas	Argilitas: tendencia arcillosa. Limolitas: tendencia limosa.
Con carbonato cálcico (e.g., margas)	En clima seco: pH básico. En clima húmedo: se frena la acidez y el desarrollo del suelo.

Organismos

Las plantas son las primeras en ocupar un determinado sitio produciendo cambios en el sustrato o suelo en el cual se desarrollan. Las propiedades del suelo pueden variar en función de la distancia a una planta en particular o bien entre diferentes tipos de vegetación. Por ejemplo, la vegetación de las praderas y los bosques ejercen sus propias características al suelo. La vegetación de praderas incorpora la materia orgánica al suelo mediante la descomposición continua de las raíces. En cambio en los bosques, la materia orgánica es incorporada al suelo principalmente por la caída de hojas y ramas que luego se descomponen en la superficie del suelo.

Además del efecto de las plantas, la fauna del suelo afecta el desarrollo del suelo mediante la continua mezcla de los materiales del suelo en un proceso conocido como "bioperturbación". El laboreo efectuado por las lombrices es un claro ejemplo de este proceso al igual que el desarrollo de nidos por parte de artrópodos (Fig. 6).

Los organismos del suelo se pueden dividir en tres grupos generales: (1) microorganismos, (2) macrofauna, y (3) plantas. El número de organismos en un suelo puede ser enorme (en los primeros 22 cm puede haber de 28 a 54 millones de colémbolos por acre de suelo). Para estimar la cantidad de organismos vivos en un suelo se utiliza el dióxido de carbono (subproducto de la respiración de la fauna del suelo).

- Los procesos de cambio en el suelo atribuibles a factores bióticos se deben tanto a efectos directos como a efectos indirectos.
- Macrofauna y sus efectos sobre el suelo.

☐☐ La fauna excavadora tritura y mezcla materiales del suelo, lo que contribuye a la estructuración y favorece la formación de horizontes Bw, la permeabilidad y la aireación. Su acción sobre horizontes preexistentes puede llegar a hacer desaparecer alguno de sus rasgos por efectos de la bioturbación (faunaturbación).

Quando hay predominio de un cierto tipo de población animal tiende a producirse la homogeneización del volumen trabajado por la

fauna, estableciéndose una diferencia muy nítida con respecto al material subyacente.

Una actividad biológica muy intensa puede dar lugar a modificaciones significativas del epipedión, de forma que su espesor sea muy considerable y esté formado casi enteramente por deyecciones y galerías rellenas. Para designar a los suelos con este tipo de horizonte (normalmente un epipedión móllico) se usa el elemento formador de gran grupo Verm- (como en Verudoll o Vermustoll).

Los principales efectos de la fauna sobre el suelo son (Porta *et al*, 2003, p. 539):

Fauna del suelo	Efectos sobre el suelo
Animales excavadores:	Viven y se desplazan dentro del suelo en busca de alimentos. Crean su propio espacio vital.
- Vertebrados grandes (marmotas, ratones, topos, conejos)	Efecto de bioturbación: mezcla de materiales, destrucción de horizontes (haploidización). Actividad intensa en praderas, estepas y sabanas.
- Invertebrados no artópodos (anélidos oligoquetos, lombriz de tierra)	Ingieren gran cantidad de material. Desintegran la materia orgánica, ingiriendo suelo junto con los residuos vegetales. Favorecen la mezcla de la materia orgánica con los componentes minerales. Translocación de material (faunaturbación). Hacen aumentar el espesor del horizonte. No toleran ni la sequía ni las heladas. Están ausentes en suelos arenosos secos, en aquellos que presentan un mal drenaje y en los suelos ácidos.
- Invertebrados artópodos (hormigas y termitas)	Hormigueros y termiteros.
Animales no excavadores: insectos (colémbolos, larvas de insectos), arácnidos (ácaros), nemátodos.	No pueden excavar, salvo en extensión muy limitada. Descomponen la materia orgánica.

Las bacterias obtienen su energía de la materia orgánica, transformándola en humus.

☐☐ Algunas bacterias son fundamentales para la fijación del nitrógeno atmosférico (Rhizobacter = bacteria simbiótica que vive en las raíces de las plantas), que es un nutriente importante para las plantas.

☐☐ Las bacterias sirven de alimento a los protozoos (e.g., amebas).

☐☐ Las setas son la expresión superficial de la presencia de hifas fúngicas, omnipresentes en las sustancias orgánicas en descomposición de todos los suelos.

☐☐ Los hongos son los organismos descomponedores principales en los suelos ácidos, donde el resto de la fauna es escasa.

- Vegetación: relaciones suelo-vegetación.

☐☐ La vegetación natural puede proporcionar información acerca de las condiciones del medio (suelo y clima), pues el que se consigan implantar unas u otras plantas en un determinado lugar viene condicionado por el medio. La dependencia de la vegetación frente a la acidez del suelo (tolerancia o no al aluminio) es algo notorio, así como la diferencia entre la vegetación de suelos ricos en carbonato cálcico (especies calcícolas) y la de suelos pobres o sin caliza (especies calcífugas).

☐☐ La presencia de especies indicadoras permite interpretar las características de los suelos.

☐☐ La interrelación suelo-vegetación puede contemplarse también desde otra perspectiva: la de considerar la vegetación como factor de la edafogénesis. Su papel directo en la formación del suelo deriva de su intervención en la meteorización (papel colonizador de los líquenes o al fragmentar la roca por efecto de

las raíces) y por el aporte de materia orgánica al suelo, de la que carecía inicialmente el material parental.

El papel indirecto de la vegetación deriva de su acción de pantalla frente a la radiación solar y frente al agua de lluvia, lo que afecta al régimen de humedad del suelo, la infiltración, la escorrentía y la erosión. Según sea el sistema radicular, la vegetación interceptará el agua a distinta profundidad, influyendo sobre la circulación de fluidos en el suelo, lo que tiene efectos sobre la translocación de sustancias en el suelo.

Las principales acciones de la vegetación y sus efectos sobre el suelo son los siguientes (Porta *et al*, 2003, p. 542):

Acciones	Efectos sobre el suelo
Directas	
- Interviene en la meteorización	Acelera la meteorización física, química y biológica.
- Aporta materia orgánica	cantidad, distribución y naturaleza de la materia orgánica del suelo: horizontes O y A.
- Cohesiona las partículas	Desarrollo de la estructura por el aporte de materia orgánica y la acción de las raíces.
- Construye el sistema de huecos	Favorece la circulación del agua y el aire, y el crecimiento de las raíces.
Indirectas	
- Actúan como filtro frente a:	
Radiación solar	Regula la temperatura, la evaporación y el régimen de humedad.



Figura 6: Claro ejemplo de bioperturbación efectuada por artrópodos. En la fotografía de la izquierda, un nido perfectamente esferoidal ha sido construido utilizando el material arcilloso presente en el suelo. En el esquema de la derecha, el efecto de diversos organismos en el desarrollo de canales y orificios que incrementan la aireación del suelo.

- La vegetación como factor formador:
 - Las plantas tienen su mayor efecto.
 - Tipo de raíces: profundidad, descomposición, relación raíces fina/raíces gruesas.
 - Tipo de Materia Orgánica: Descomposición, Tipo de ácidos orgánicos.

	Pastizales	Bosques deciduos	coníferas
Contenido de nutrimentos en los residuos	Alto	Alto	Bajo
Descomposición de la Materia Orgánica	Rápida	Rápida	Lenta
Presencia de Horizonte O	No	Estacional	Si

IV. Relaciones suelo-paisaje (relieve, topografía, geomorfología)

- Existe una relación importante entre la distribución de los distintos suelos y la posición que ocupan en el paisaje.
- Los trabajos de fotointerpretación encaminados a identificar y delimitar unidades de suelos (cartografía de suelos) se basan en la presunción de que este tipo de relaciones existen.
- Llegar a establecer asociaciones suelo-paisaje requiere basarse en conocimientos adquiridos de geomorfología y edafología, aplicando métodos de trabajo de ambas ciencias.
- Al estudiar los factores formadores se habla , a veces, de posición en el paisaje, topografía, relieve o geomorfología como sinónimos.
- Cuando se habla de la relación entre un suelo y el paisaje es fundamental dejar clara cuál es la escala de observación: macrorelieve, mesorelieve o microrelieve.
- La descripción del relieve debe realizarse atendiendo a al geometría de las formas, que es algo objetivo y no requiere de interpretaciones genéticas. Para relacionar suelos y paisaje puede resultar suficiente diferenciar tres formas principales de relieve:

☒☒ Los interfluvios o divisorias de agua. Pueden ser crestas, tabulares y en silla de montar.

☒☒ Las vertientes o laderas. Pueden ser rectilíneas, cóncavas, convexas o en glacis.

☒☒ Los fondos. Cabe distinguir los fondos de valle, asociados a un canal de desagüe y los fondos cerrados o depresiones que, al no presentar una salida de las aguas, se denominan endorreicos. Según sea su sección transversal, los fondos de valle pueden ser en uve, un u o planos.

- Toposecuencias y catenas. Los suelos frecuentemente son más profundos en las zonas llanas que en las regiones montañosas. En el hemisferio norte, los horizontes A son más ricos en materia orgánica en las laderas orientadas al norte (umbrías) que en las orientadas al sur (solanas). Estos son algunos ejemplos de las relaciones suelo-paisaje que, a nivel general, vienen controladas por la localización geográfica (latitud y altitud principalmente), por las características de la forma (inclinación, orientación y longitud) y por la posición del suelo en la forma.
- Los principales efectos sobre el suelo según las características de la forma del relieve con el que se asocian son las siguientes (Porta *et al*, 2003, p. 534):

Características de la forma	Efecto sobre el suelo
Inclinación de la ladera	Radiación recibida. Velocidad de escorrentía. Erosión. Depósito de materiales.
Longitud de la ladera	Escorrentía. Erosión.
Orientación de la ladera	Efecto solana-umbría: topoclima. Radiación recibida. Temperatura del suelo. Exposición al viento. Exposición a la lluvia. Humedad del suelo. Vegetación, infiltración, escorrentía. Erosión. Contenido de materia orgánica y espesor del horizonte A.

	Morfología del perfil.
Posición en la forma	Erosión, depósito. Características de los materiales depositados. Condiciones de drenaje. Profundidad del nivel freático: estacionalidad. Morfología del perfil. Profundidad del suelo. Contenido en sales solubles.

El efecto solana-umbría puede ayudar a explicar la variabilidad en las relaciones entre las formas de relieve y los suelos. La umbría es más húmeda, tiene más vegetación, los suelos tienen mayor contenido de materia orgánica y hay mayores posibilidades para los procesos de translocación de componentes, que pueden llegar a perderse por lixiviado o eluviación.

Tomando como ejemplo un paisaje constituido por una plataforma, una ladera y un fondo, suponiendo una misma litología, los suelos presentarán marcadas diferencias según se trate de una zona semiárida o de un medio templado-húmedo.

- Plataforma. Con un material calizo como base, en clima húmedo puede tener lugar un proceso de lixiviado del carbonato cálcico de la plataforma, como posición más estable. Esto posibilita la pérdida de bases y una cierta acidificación. La dispersión de la arcilla llevará emparejado un proceso de argiluvación. Por el contrario, en la zona semiárida la caliza seguirá siendo el componente que frenará cualquier evolución más avanzada.
- Ladera. La ladera en zona templada-húmeda tiende a evolucionar hacia una morfología convexa, mientras que en zona semiárida será cóncava, por la distinta dinámica de uno u otro tipo de ladera.

- Fondo. Los suelos de los fondos también tendrán características y respuestas diferentes. En medio semiárido es posible que se de un proceso de salinización. En una zona húmeda, los procesos pueden ser de hidromorfismo, con una gleización más o menos acusada.

Tiempo

La mayoría de los procesos de formación de suelos son dependientes del tiempo. Por lo tanto, muchas propiedades del suelo se desarrollan en función del tiempo. Por ejemplo, la generación de agregados y de estructura es sólo posible de observar en un suelo bien desarrollado. Suelos incipientes tienden a no presentar estructura. De similar manera, la acumulación de arcillas en el perfil de suelo es función del tiempo. En las primeras etapas de formación de un suelo, dicha acumulación es inexistente o muy marginal.

- El tiempo geológicamente considerado ha sido sub-dividido en eras, períodos y épocas.

Eras	Periodos	Epocas	Tiempo aproximado en millones de años (comienzo del lapso)
Cenozoica	Cuaternario	Reciente	
		Pleistoceno	1 — 2
	Terciario	Plioceno	12
		Mioceno	28
		Oligoceno	40
		Eoceno	60
Mesozoica	Cretáceo	Paleoceno	60
		Jurásico	130
		Triásico	155
	Pérmico	Triásico	185
		Carbonífero	210
Paleozoica	Devónico	Carbonífero	235
		Silúrico	320
	Cámbrico	Ordo vícico	360
		Superior	440
		Inferior	500 — 600

656

- Desde el punto de vista pedológico el periodo cuaternario es el más importante; se presentan pocos suelos sobre materiales más antiguos que el Terciario.
 - Al estudiar el tiempo como factor de formación del suelo, debe tenerse en cuenta que los procesos pedogenéticos que actúan en la actualidad lo hicieron también en el pasado dando origen a la morfología del medio, como una síntesis integrada de la acción de dichos procesos a través del tiempo y el espacio.
-
- La edad del suelo expresa el tiempo durante el cual han actuado los procesos formadores, y para determinarla es necesario fijar el instante cero. Este coincide con el de formación de la superficie geomorfológica sobre la que se desarrolla en suelo. Si se trata de una superficie de erosión, la edad geológica de los materiales nada tendrá que ver con la de la superficie, ni con la del suelo.
-

- El movimiento de material de un lugar a otro origina superficies de depósito, en las que habrá coincidencia entre el momento en el que finalizó el depósito y el comienzo de la formación del suelo, si bien siempre existe la posibilidad de nuevos aportes, que darán lugar a suelos enterrados.
- Una nueva superficie puede tener su origen en un proceso erosivo, en un aporte de materiales aluviales o coluviales, en una regresión marina, en un depósito morrénico, en el depósito de materiales piroclásticos, de una colada de lava, de una colada de barro, por un deslizamiento de tierra, etc.

Ejemplos: (1) erupción del Krakatoa en 1883 y El Malpais hace 9,980 años, (2) el retroceso de los glaciares suizos en los últimos 100 años tras la Pequeña Edad de Hielo, (3) el drenaje de los *polders* holandeses para ganarle tierra al mar.

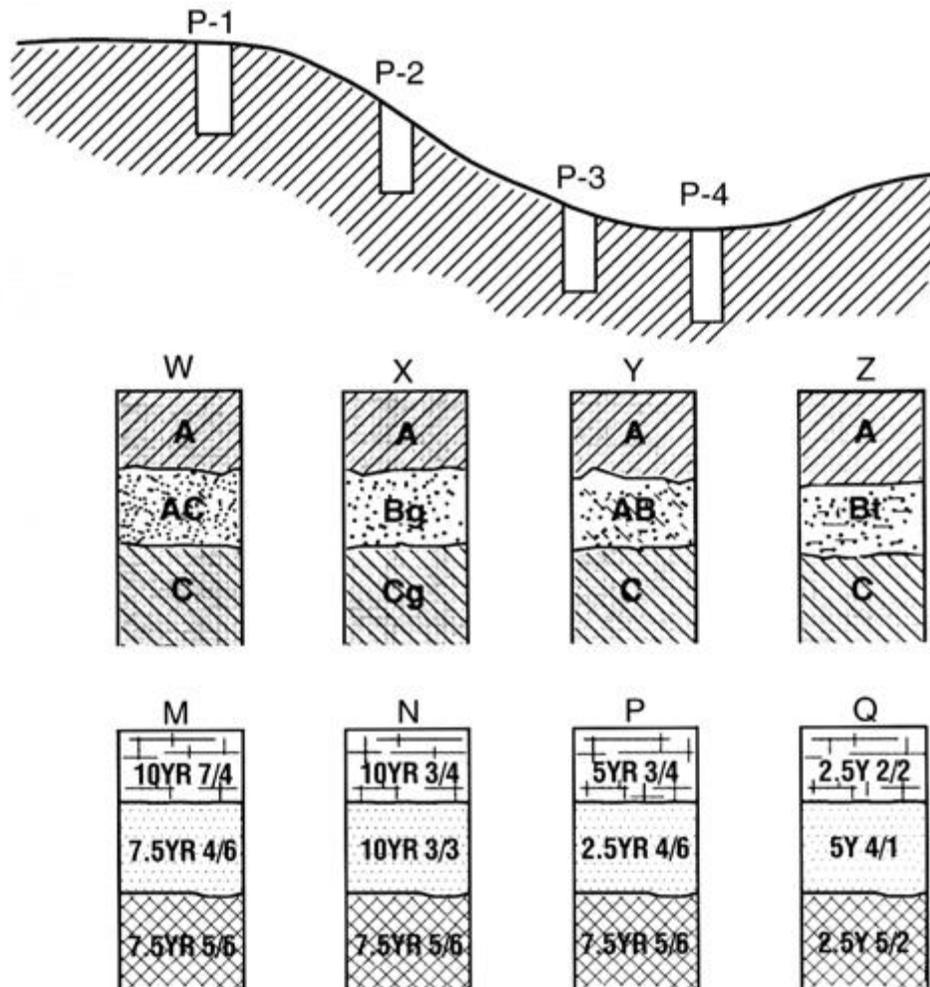
- El estado inicial de un suelo puede ser también un suelo preexistente, que empiece a evolucionar bajo unas nuevas condiciones del medio, ligadas a un cambio climático. En este caso habrá una superposición de rasgos, unos heredados y otros adquiridos bajo las nuevas condiciones (=suelos policíclicos).
- La tasa de formación del suelo varía en distintos ambientes (y, en menor grado, en función del material parental) y conocerla puede resultar de interés para acotar que pérdida máxima de suelo por erosión puede aceptarse sin que el recurso desaparezca paulatinamente. Es lo que en conservación de suelos se denomina pérdida tolerable de suelo.
- El suelo desarrollado sobre materiales arenosos alcanza muy pronto un estado maduro ya que contiene poco material soluble. Estos suelos son los más fuertemente lixiviados, dando lugar a Spodosoles.

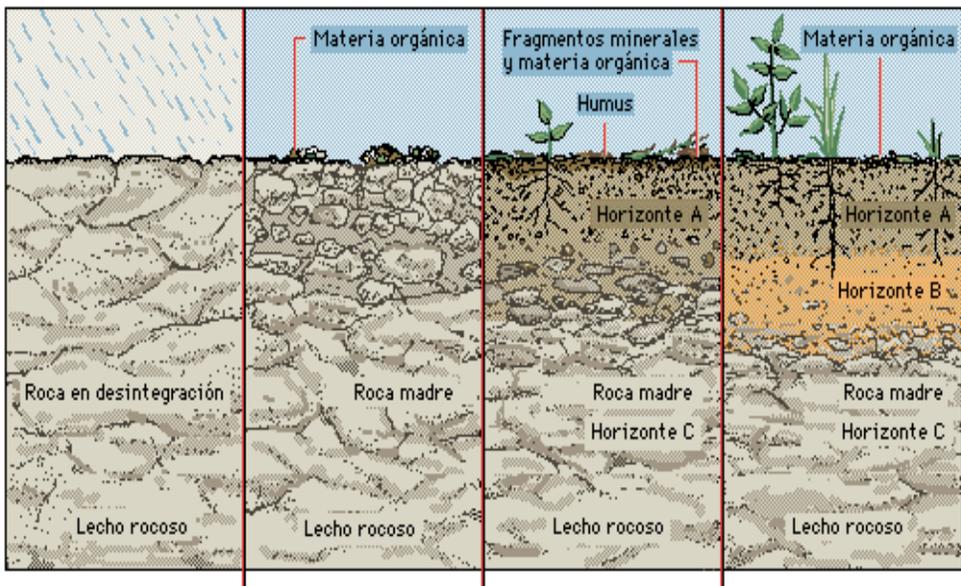
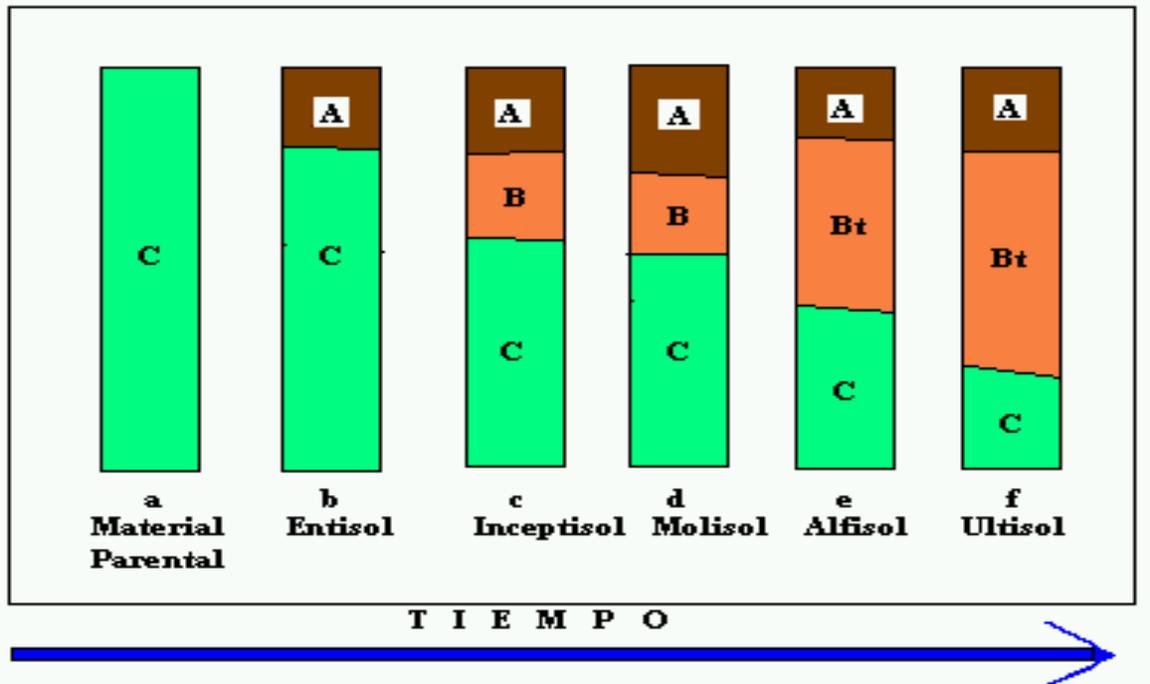
- Los suelos arcillosos son de drenaje lento y tardan más en alcanzar su madurez. Es decir, el desarrollo de un perfil edáfico maduro depende sobre todo de la capacidad del agua para moverse a través del suelo.
- La tabla siguiente da una idea de los tiempos involucrados en la formación de distintos suelos (Porta *et al*, 2003, p. 547):

Suelo	Tiempo de formación
Tasa de formación muy rápida (e.g., sobre cenizas volcánicas y clima húmedo)	< 100 años
Tasa de formación muy lenta (e.g., sobre calizas duras y clima templado-frío)	< 1 cm cada 5000 años
Propiedades asociadas con el hidromorfismo	corto
Propiedades asociadas con la materia orgánica	corto
Propiedades asociadas con la meteorización	largo
Horizontes A	1-1000 años
Horizontes de alteración (Bw cámbico)	> 1000 años
Horizontes de acumulación	> 1000 años
Carácter ácuico	< 10 años
Entisol (sobre material no consolidado)	< 100 años
Vertisol	3000-18,000 años
Spodosol	1000-8000 años
Ultisol	1,000,000 años
Oxisol	100,000-2,000,000 años

Ejercicios:

- En una prospección edafológica se han identificado cuatro categorías de suelos que ocupan distintas posiciones geomorfológicas formando una *toposecuencia*. En el gráfico siguiente se indican los horizontes, sin representar a escala sus espesores y, debajo, los colores de cada horizonte (escala Munsell, en húmedo). Establece qué posición en el paisaje (P-1, P-2, P-3 y P-4) ocupan los suelos W, X, Y y Z. Justifica tu respuesta.





- | | | | |
|--|--|-------------------------------------|---|
| I El lecho rocoso empieza a desintegrarse | II La materia orgánica facilita la desintegración | III Se forman los horizontes | IV El suelo desarrollado sustenta una vegetación densa |
|--|--|-------------------------------------|---|

Los procesos generales de formación de los suelos

En la formación y desarrollo de un suelo pueden participar una gran variedad de procesos. Estos procesos se ven afectados por los factores de formación de suelos y varían desde procesos simples a procesos muy complejos. Los procesos de formación más generales son (Fig. 7):

- Adiciones: Ganancia de materiales en el suelo.
- **Adiciones** o Ganancias:
 - Incluye el enriquecimiento en materiales minerales u orgánicos mediante incorporación o acumulación ya sea de sedimentos aluviales o eólicos.
 - MO derivada de raíces, hojarasca.
 - Adiciones de cationes y aniones (lluvia, fertilizantes, riego).
 - Agua (desde la superficie y/o por agua subsuperficial).
 - Partículas sólidas transportadas por el viento.
 - Materiales en suspensión llevados por el agua o la gravedad.
- Remosiones o sustracciones: Materiales son removidos por el agua y desplazados verticalmente en profundidad hasta alcanzar el nivel freático (napas de agua). Otro tipo de remosiones son las pérdidas de materiales superficiales por erosión.
- **Pérdidas** o remociones: Substracción de materiales, elementos, compuestos, ya sea por acción de lavado o mediante erosión.
- Incluyen:
 - Pérdidas de materiales por erosión eólica.
 - Pérdidas de materiales solubles en el perfil.
 - Uso de nutrimentos por las plantas.
 - Remoción de Nutrimentos a través de las cosechas.
- Translocaciones: movimiento de materiales sólidos o en solución de una parte a otra dentro del suelo.
- **Translocaciones**:
 - Movimiento de material dentro del perfil.

- Arcilla, carbonatos, sesquióxidos, materia orgánica.

Estas migraciones pueden suceder en orden ascendente, descendente u oblicuo en el perfil.

- Transformaciones: variación en el tamaño, forma y composición de los materiales componentes del suelo.
- **Transformaciones** (alteraciones), ya sea de materiales orgánicos o inorgánicos, se asocian o involucran etapas de mineralización, humificación y endurecimiento.
- Incluye:
 - Los componentes del suelo son transformados a través de reacciones biológicas y químicas.
 - Materia orgánica sufre procesos de transformación, humificación.
 - Estas transformaciones resultan en el desarrollo de la estructura del suelo, cambios en el color, desarrollo de horizontes, etc.
 -

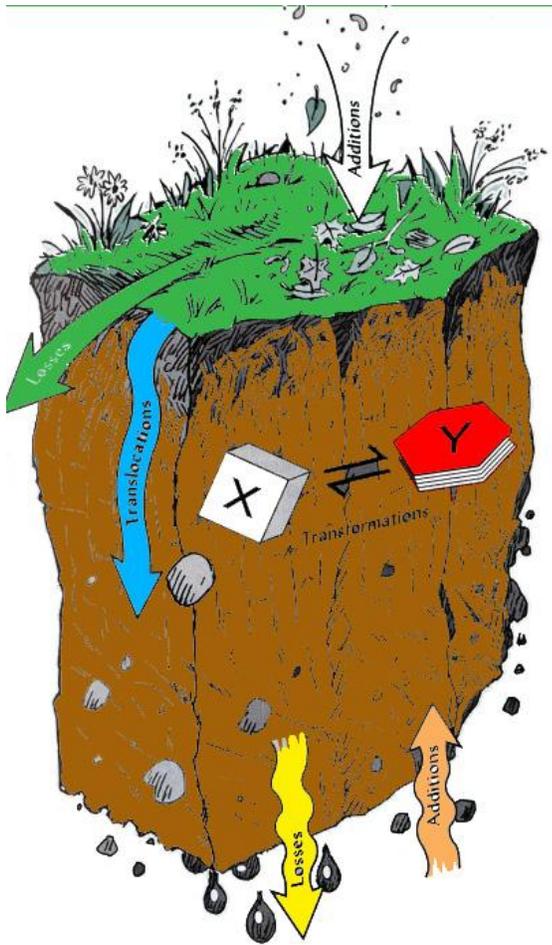
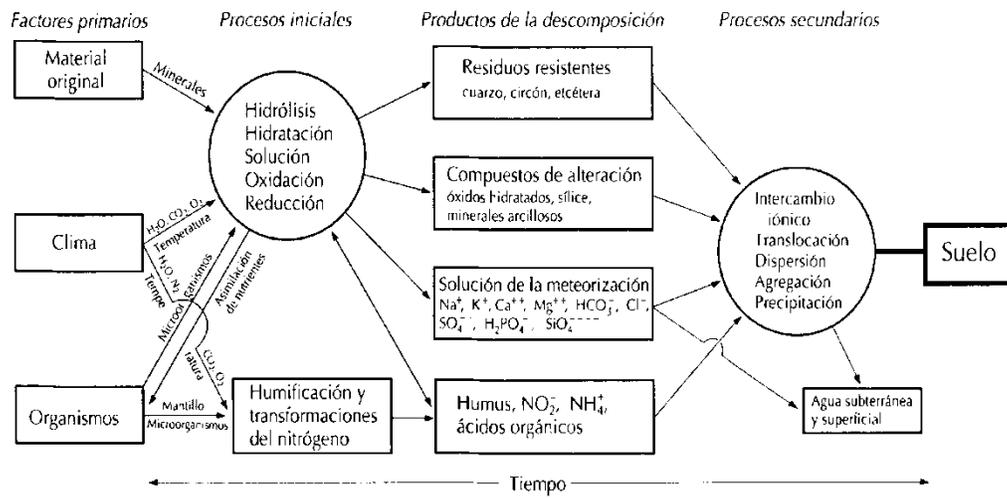


Figura 7: Procesos generales de formación de suelos. Cada uno de estos procesos puede estar constituido por varios procesos más específicos que le otorgan características particulares al suelo (Adaptado de Brady y Weil, 1999. *The Nature and Properties of Soils*, John Wiley, NY.).

Cada uno de estos procesos generales está asociado a uno o varios procesos más específicos. La definición de cada uno de estos procesos específicos va más allá del objetivo de esta guía. Por tal motivo, sólo se entrega un listado de los procesos más comunes existentes, muchos de los cuales son ya conocidos por el público general. Estos procesos específicos se pueden subdividir en procesos simples y procesos complejos. Mayores antecedentes y las definiciones de cada uno de estos procesos se pueden encontrar en el Glosario de Términos de las Ciencias del Suelo de la Sociedad Americana de las Ciencias del Suelo (<http://www.soils.org/sssagloss/>).



Procesos de formación simples

- Oxidación
- Carbonatación
- Reducción
- Hidrólisis
- Hidratación
- Intercambio de bases

Procesos de formación más complejos

- Eluviación-iluviación

- **Lixiviación:** Se refiere a una migración más o menos continuada de un componente del suelo, por la acción de un agente químico.

- Arcillas, Fe, pero no MO

- Lavado

- • Calcificación, carbonatación **Calcificación:** Proceso que propicia una acumulación de carbonato de calcio en algunos horizontes subsuperficiales.

- Salinización- desalinización

- Bioturbación

- Melanización

- Mineralización

- • Braunificación-rubificación **Rubefacción:** Proceso caracterizado por la evolución del Fe. Se trata de una deshidratación de los óxido e hidróxidos de Fe liberados por la meteorización y ligados a las arcillas.

- • Gleyzación **Gleización:** Proceso en el que dominan las condiciones de reducción de los óxidos de Fe que llegan a alcanzar la forma ferrosa. Debido a la presencia de un régimen de humedad con exceso de agua.

- **Laterización:** Proceso de pérdida del Si, liberado por intemperismo, además del Ca y Mg. Formación de Plintitas (concreciones de óxidos e hidróxidos de Fe y Al en una matriz caolinítica).

Lateritas = Ferricreta = plintita

- **Podzolización:** Con un clima húmedo, una vegetación acidificante (formación de humus ácido) y escasa actividad biológica, los compuestos orgánicos son ácidos y formadores de complejos. La acidez y la actividad complejante provocan meteorización de los minerales, con liberación de sus componentes. Esta complejación, con formación de quelatos solubles o pseudosolubles posibilita la queluviación (traslocación de Fe, Al y Humus de la parte superior del suelo, con depósito dentro del perfil). El Horizonte afectado por la eluviación se pone de manifiesto por su color blanquecino debido a la abundancia de granos de cuarzo y limo residual, y sin revestimiento.

Los Horizontes del Suelo

La mayoría de los suelos presentan capas horizontales formadas genéticamente, las cuales, son conocidas como horizontes. Cada una de estas capas se ha formado producto de los factores y procesos de formación de suelos (Fig. 8).

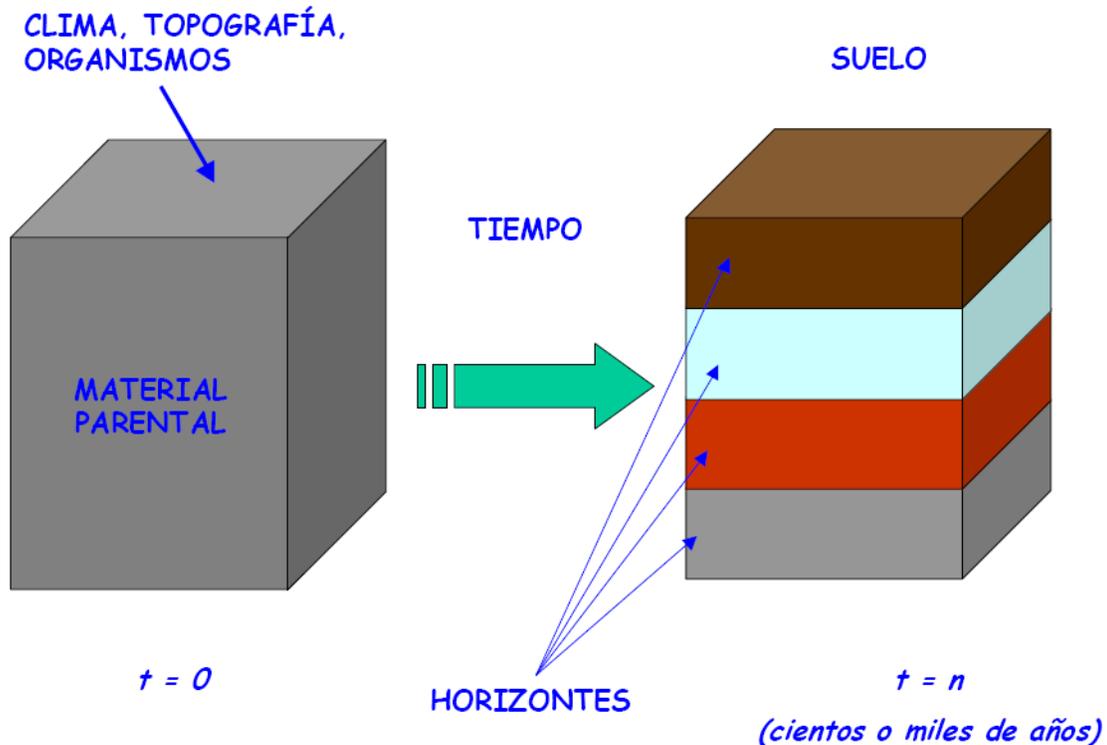


Figura 8: Efecto de los factores de formación de suelos en la génesis de los horizontes. Nótese como un material parental (roca sólida) es transformada por diversos procesos de formación en un suelo con capas horizontales.

Cada horizonte tiene sus propias características físicas, químicas y/o morfológicas que lo distinguen de otro horizonte. Los horizontes son clasificados de acuerdo a su ubicación en el suelo y en función de sus propiedades morfológicas y químicas. Los horizontes más importantes son conocidos como "horizontes maestros" y son definidos con una letra mayúscula. Estos son:

H : Horizonte orgánico formado por la acumulación de materia orgánica en la superficie del suelo. Contiene a lo menos 20 a 30% de materia orgánica. Sólo se forma bajo condiciones anaeróbicas causadas por exceso de agua (ejemplo turberas).

O : Horizonte o capa orgánica desarrollada bajo condiciones aeróbicas (suelo no está anegado gran parte del año). Presenta a lo menos un 35% de materia orgánica.

A : Horizonte mineral que se encuentra en la parte superior del suelo. Enriquecido con materia orgánica humificada (descompuesta) proveniente de los aportes de la vegetación. La materia orgánica humificada está mezclada con las partículas minerales.

E : Horizonte eluvial. Generalmente se encuentra bajo alguno de los horizontes H, O o A. Contiene menor contenido de materia orgánica que el horizonte A inmediatamente superior y está constituido principalmente por minerales de difícil descomposición.

B : Horizonte mineral en que las partículas minerales (principalmente arcillas) al igual que el humus se han concentrado producto de aportes desde los horizontes superiores. Se le llama también horizonte de iluviación.

C : Horizonte mineral de material no consolidado a partir del cual se ha desarrollado el suelo. Los procesos de formación de suelos han influido escasamente.

R : Material parental o roca continua endurecida. No es realmente un horizonte del suelo.

Los horizontes son de espesor variable y cabe destacar que no todos los suelos presentan todos los horizontes descritos anteriormente. Por ejemplo, suelos poco desarrollados pueden contener simplemente un horizonte A sobre un horizonte C o R. Un perfil idealizado de suelo se presenta en la siguiente figura (Fig. 9).

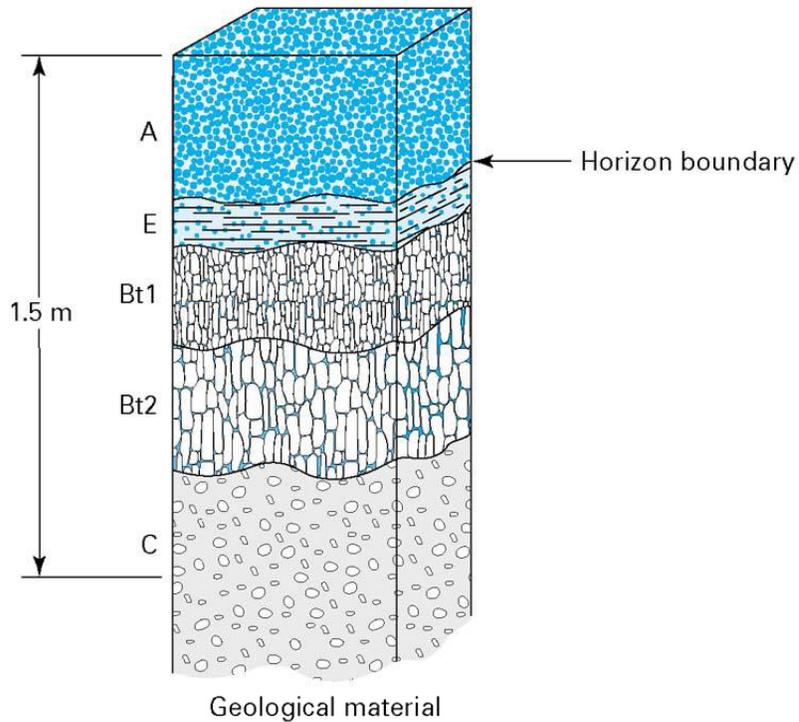


Figura 9: Perfil tridimensional idealizado de un suelo conteniendo algunos de los horizontes más comunes de encontrar en los suelos. Las letras y números sufijos de las letras mayúsculas indican otras propiedades específicas del horizonte (Adaptado de Singer y Munss. 2002. Soils: An Introduction. Prentice Hall, N.J.)

La descripción de los horizontes de un suelo requiere de práctica y conocimiento de los procesos geológicos que han ocurrido en el área de estudio (Fig. 10). La figura 11 muestra un perfil de suelo y los horizontes respectivos de la zona centro sur de Chile. Nótese la aparente complejidad en las denominaciones de los horizontes.



Juan Pablo Fuentes Espoz



Figura 10: Perfiles de suelo de dos zonas climáticas del país. Izquierda, suelo del extremo sur del país (Magallanes) en que el horizonte blanquecino corresponde a un horizonte de eluviación constituido por ceniza volcánica. La fotografía de la derecha muestra un suelo de la zona semi-árida de Chile. Las capas blanquecinas, en este caso, se deben a la acumulación de carbonato de calcio (CaCO_3) en la parte inferior del perfil de suelo.

Bibliografía

El Suelo: Un Sistema Vivo. Proyecto EXPLORA-CONICYT (ED9/04/076) de Valoración y Divulgación de la Ciencia y Tecnología. Autor: Juan Pablo Fuentes Espoz, Ingeniero Forestal, M.S.,Ph.D. Profesor Asistente, Departamento de Silvicultura Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Casilla 9206,

