

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Escuela de Ingeniería Forestal.

La Génesis de Suelos

Prof. Clifford Peña Guillén

- El Suelo y sus Funciones.
- Génesis de Suelos.
 - Factores de Formación: Clima, Organismos vivos, Relieve, Material de Origen y Tiempo.
- Modelo General de Génesis de suelos.

¿Qué es el Suelo?

- 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



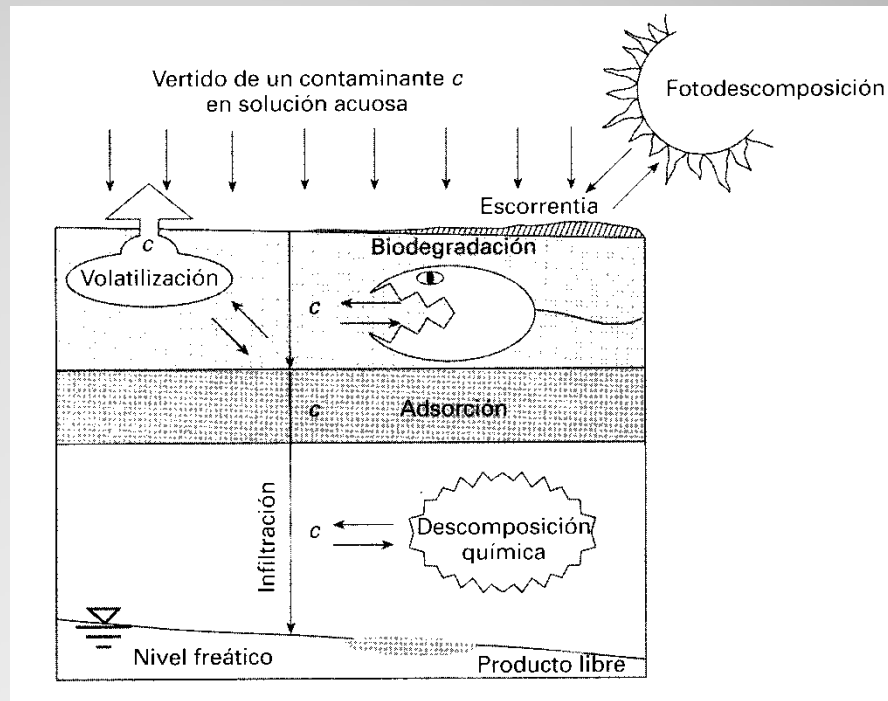
- **2.- Regular y distribuir el agua y flujo de solutos.**

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

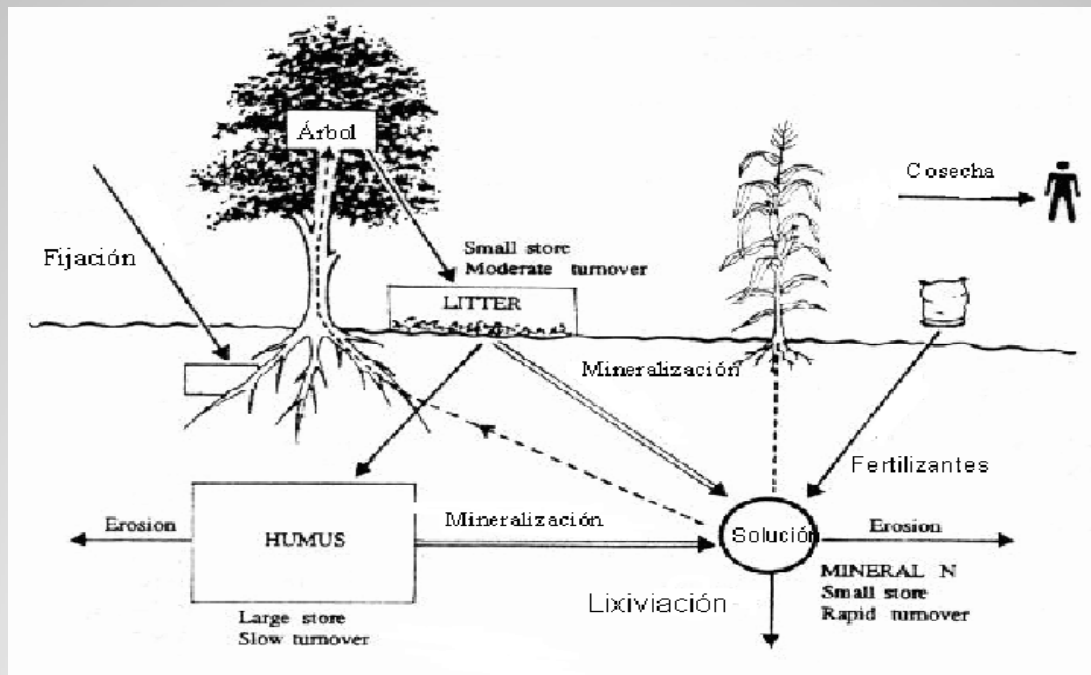


- 3.- Filtrar, inmovilizar y desintoxicar materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo desechos municipales y de la industria.

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.



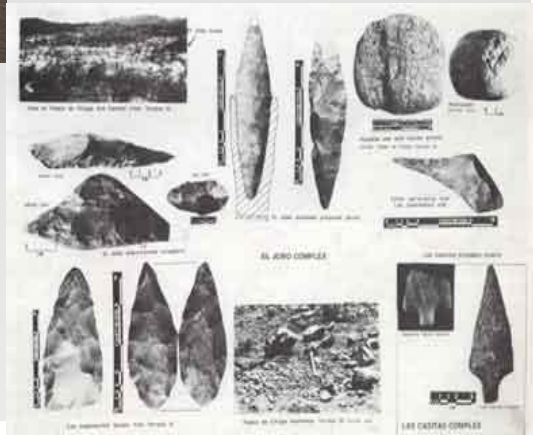
- 5.- Brindar apoyo a estructuras socio-económicas y protección de tesoros arqueológicos.



© 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*



Comó se originan los suelos?

- Las investigaciones en suelos han demostrado que los perfiles son producto de la interacción de 5 factores: el material de origen, clima, topografía (relieve), organismos y el tiempo. A estos factores se les llama factores formadores de suelo y dan al perfil del suelo su carácter distintivo.

Génesis de Suelos

- Jenny (1941).

$$S = \int (cl, b, g, r, t)$$

S = suelo

cl = clima

b = biota

g = sustrato geológico.

r = relieve.

t = tiempo

Si el hombre interviene, el ciclo natural se verá perturbado por efecto del manejo (m).

$$S = \int (cl, b, g, r)_{t_1} + m_{t_2}$$

S = suelo

cl = clima

m = manejo

b = biota

g = sustrato geológico.

r = relieve.

t = tiempo

El enfoque factorial de la Pedología permite especular hasta qué punto las diferentes características del suelo, que tienen importancia en la agricultura, pueden predecirse conociendo los factores medioambientales de formación del suelo, considerando tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo.

Entre estas características ecológicas del suelo, se encuentran el espacio radical, el espacio poroso capilar y no capilar, el contenido de nutrimentos, el grado de acidez, el color y la textura.

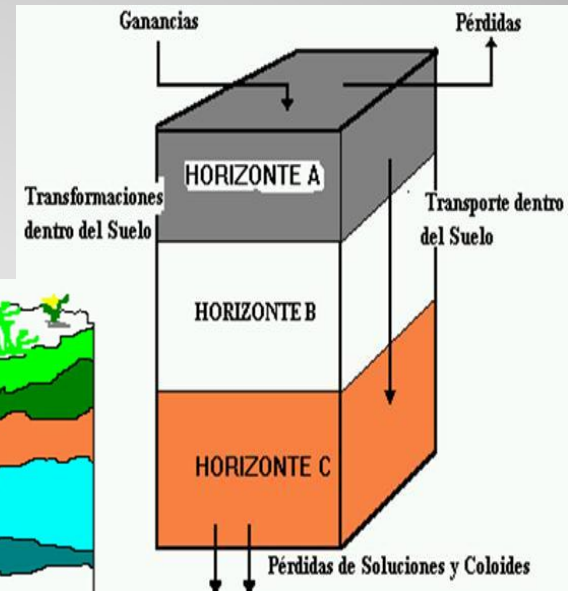
- Premisas del enfoque factorial para indicar las interacciones entre los factores formadores.
 - a. El clima actúa sobre las rocas para formar materiales de partida. Los procesos involucrados en esta transformación son de carácter físico, químicos y biológicos, y en conjunto constituyen el proceso de meteorización de las rocas.
 - b. El clima también actúa sobre los residuos de organismos (hojarasca, restos de microorganismos y animales del suelo) para formar humus. Los procesos comprendidos en esta transformación constituyen colectivamente el proceso de humificación.
 - c. El humus es incorporado en la parte superior del material de partida del suelo mediante la actividad de los animales del suelo.
 - d. Siguen otros procesos que incluyen nuevas adiciones, remociones y redistribuciones.

- e. El relieve regula el drenaje externo y, por lo tanto, determina en parte las relaciones de humedad y aireación, las cuales están involucradas en la formación del suelo, especialmente en la oxidación y reducción.
- f. El relieve también determina en parte el grado de erosión del suelo o la velocidad en la pérdida del suelo de las laderas; por consiguiente, en gran parte regula la velocidad de acumulación de suelo.
- g. El tiempo determina la intensidad de formación del suelo por medio de las interacciones que se producen entre la roca madre, organismos, clima y relieve. Los suelos son nuevos (jóvenes), maduros, viejos p seniles. Son sistemas dinámicos y, por lo tanto, sus características cambian con el tiempo.

**FACTORES FORMADORES
DEL SISTEMA PEDOGEOMORFOLÓGICO**



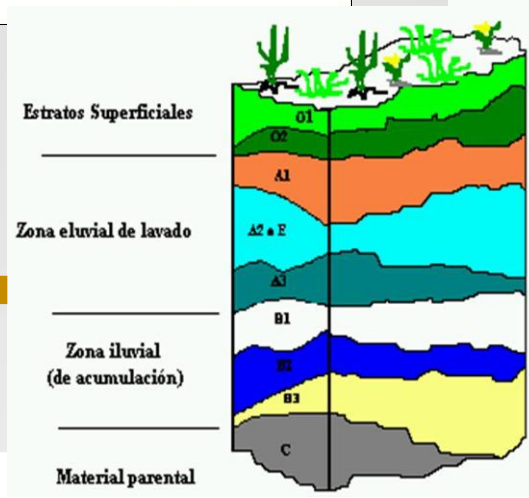
Secuencia de eventos que ocurren en el suelo y que dan como resultado un conjunto de cambios y variaciones en sus propiedades en función del tiempo



ATRIBUTOS

Externos: Fisiografía

Internos: Físicos, Químicos y Biológicos



- 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 la 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 $s = f(t)^{c,o,g,p}$

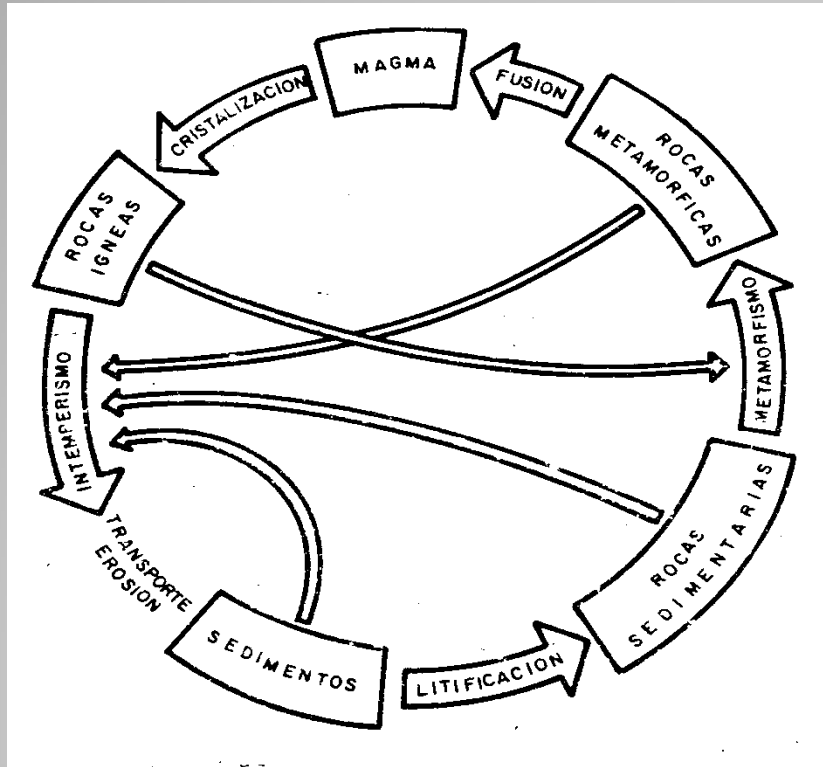
Esta relación indica que la propiedad del suelo considerada (e.g., el contenido en carbono orgánico del horizonte A) es sólo función del tiempo (=edad del suelo), permaneciendo los demás factores (clima, organismos, geomorfología y material parental) constantes de un suelo a otro.

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).

- Factores Formadores del suelo.
 - Son agentes, fuerzas que actuando solos o combinados afectan, han afectado o pueden afectar al sustrato geológico, con la potencialidad para cambiarlo.
 - Ellos establecen los límites y direcciones para el desarrollo del suelo

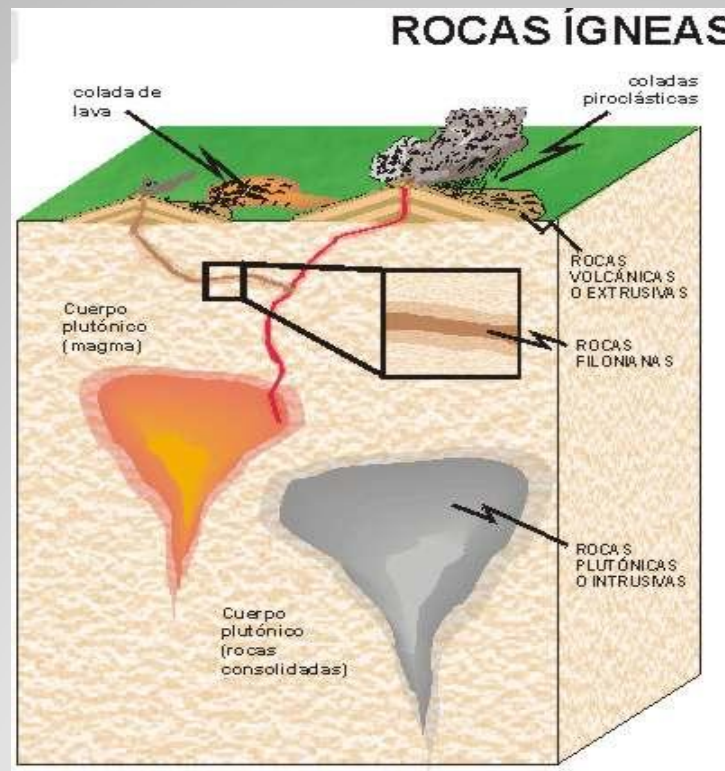
Material originario (sustrato geológico).



Ciclo de las rocas

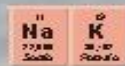
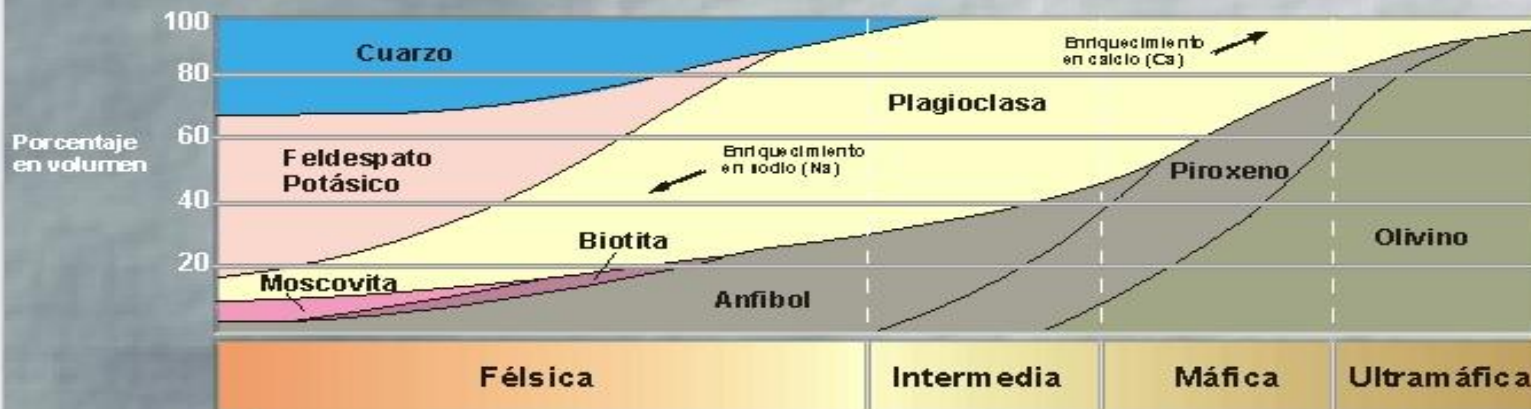
Las rocas son materias pétreas, compuestas por una determinada asociación mineralógica natural, la cual resulta de procesos geológicos definidos. Algunas rocas están compuestas en casi totalidad por un solo mineral.

- Rocas Ígneas.



Tipos de materiales de origen

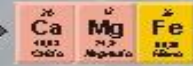
Fanerítica	GRANITO	DIORITA	GABRO	PERIDOTITA
Afanítica	RIOLITA	ANDESITA	BASALTO	KOMATIITA



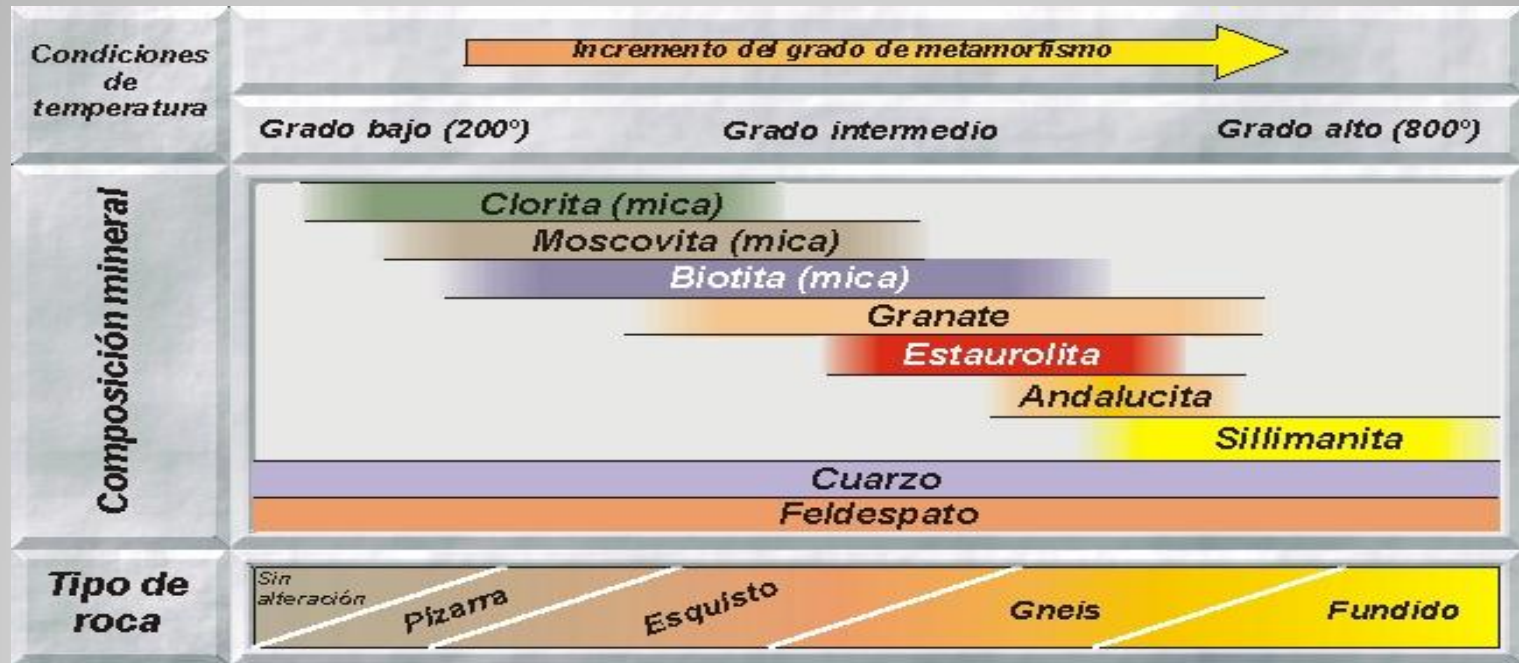
Incremento del contenido en silicio (Si)

Incremento del contenido en potasio (K) y sodio (Na)

Incremento del contenido en calcio (Ca), hierro (Fe) y magnesio (Mg)



- Resultan de la transformación de una roca, debido a cambios de temperatura y presión, así como la presencia de fluidos químicamente activos. La modificación tiene lugar esencialmente en estado sólido (*s.l.*), y consiste en recristalizaciones, reacciones entre minerales, cambios estructurales, transformaciones polimórficas, etc.



Rocas Metamórficas

- Las **rocas sedimentarias** son rocas que se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis), resultan en un material de cierta consistencia.
- Pueden formarse a las orillas de los ríos, en el fondo de barrancos, valles, lagos y mares, y en las desembocaduras de los ríos. Se hallan dispuestas formando capas o estratos.
- Cubren más del 75 % de la superficie terrestre, formando una cobertura sedimentaria sobre un zócalo formado por rocas ígneas y, en menor medida, metamórficas. Sin embargo su volumen total es pequeño cuando se comparan sobre todo con las rocas ígneas, que no sólo forman la mayor parte de la corteza, sino la totalidad del manto.

Rocas sedimentarias

TABLA 4. DISTRIBUCION DE ELEMENTOS MENORES EN LAS ROCAS SEDI-MENTARIAS. (COREY, 1965).

ROCA	MINERALES DOMINANTES	ELEMENTOS MENORES ASOCIADO
Arenisca	Cuarzo, (feldespatos)	(Cu, Mn)
Shale ó lodolita	Ilita, clorita Montmorillonita Caolinita	Mn, Cu, Zn Mo, B, Se, Ni Co, V, As
Caliza	Calcita, dolomita	Mn
Yacimientos salinos	Halita y otros	B, I
Agua de mar		B, I, F

ELEMENTO	SHALES (O LODOLITAS)	CONCENTRACION (PPM)
Mn		500 - 5000
Cu		20 - 200
Zn		20 - 100
B		20 - 100
Mo (*)		1 - 5
Co		10 - 50
Se (*)		1 - 5
V		100 - 250

(*) A veces puede llegar a valores tan altos como 200 ppm.

Relación entre el contenido de las rocas y la fertilidad del suelo.

Minerales y su relación con el suelo.

Mineral	Composición Química	Importancia con relación al Suelo		
		Nutrientes	Otras Relaciones de Importancia	
Cuarzo	SiO ₂	Ninguno	Principal constituyente de arenas y limos. Texturas arenosas, franco arenosas	Fertilidad baja. Infiltración alta
Feldespatos – Ortoclasa – Plagioclasa	KAlSi ₃ O ₈ - Na,CaAlSi ₃ O ₈	K Ca, Na	Produce arcillas	Fertilidad alta. Infiltración moderada
Augita – Hornblenda	CaFeMgSiO	Ca, Mg, Fe	Produce arcillas	
Micas – Biotita – Moscovita	Alumino silicatos de K, Mg, Fe e H	K, Mg, Fe,	Produce arcillas	
Limonita	Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	Fe	Colores amarilla y marrón amarillento al suelo	
Hematita	Fe ₂ O ₃ .	Fe	Colores rojos y marrón rojizos al suelo	
Calcita	CaCO ₃	Ca	Encalar	
Dolomita	CaCO ₃ .MgCO ₃	Ca, Mg	Encalar	
Apatita	3Ca ₃ (PO ₄) ₂ .CaF ₂	P, Ca	Materia prima de fertilizantes fosfóricos	
Yeso	CaSO ₄ .H ₂ O	S, Ca	Tratamiento de suelos alcalinos	
Arcillas	Complejo aluminio-silicatos	Adsorben iones	Constituyente más activo del material del suelo; a menudo coloidal	

Rocas



Minerales Primarios



Alteración

Minerales Secundarios
(Arcillas)

Alteración y Liberación de elementos



Minerales Secundarios
(Arcillas)

Liberación de elementos



Oxidos de Hierro y Aluminio

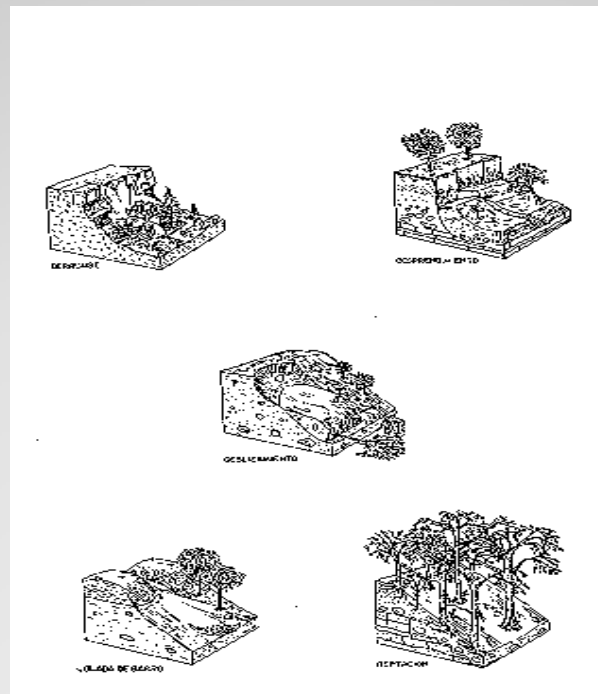
Liberación de elementos

Relieve o Topografía

- Influye sobre la profundidad del solum, erosión, color, pH y en general sobre los procesos formadores, especialmente en cuanto a adiciones, pérdidas y translocaciones de materiales en el perfil.

- El relieve como un factor formador del suelo:
 - 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 posición topográfica de un suelo, proporciona un índice de su estabilidad y de la probabilidad de su supervivencia y desarrollo hasta la madurez.

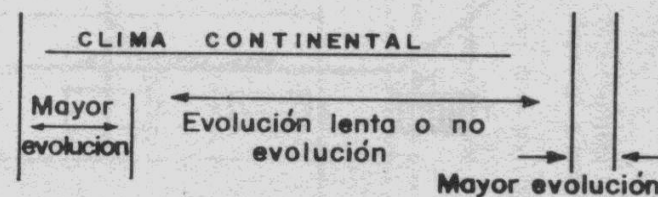
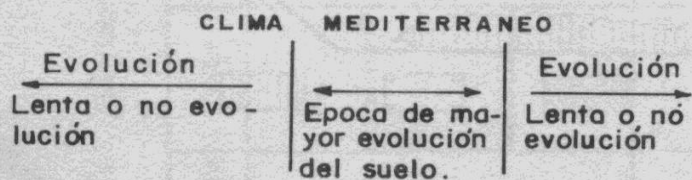
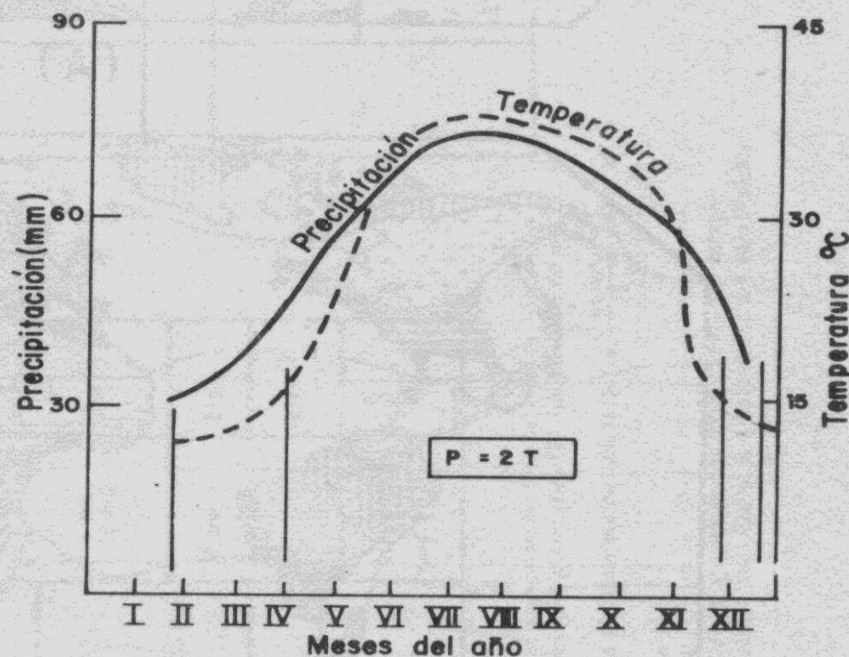
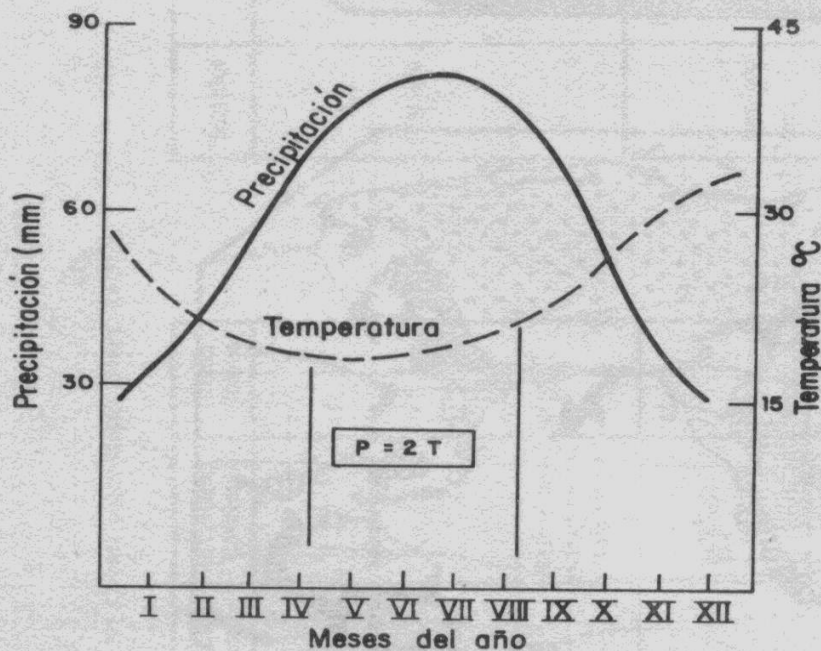


Clima

- Precipitación y Temperatura.
 - 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.

- $AE = P - ET$



Diagramas sobre balance hidricos.

Regímenes	Acumulativo	Consecutivo
Acuíco	Saturado	
Aridico		< 90 días humedo
Ustico		> 90 días seco (parcial) y húmedo
Udico	< 90 días, seco Parcial	

- 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.

Regímenes de temperatura del suelo

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		

Organismos

- (Vegetación, animales, microorganismos y hombre).
 - Incorporación de materia orgánica.
 - Movimiento y ciclaje de nutrimentos en el suelo.
 - Protección del suelo contra la erosión.
 - Influencia en el movimiento del agua.
 - Contribuyen a mezclar los componentes del suelo.

Efecto de la Vegetación

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

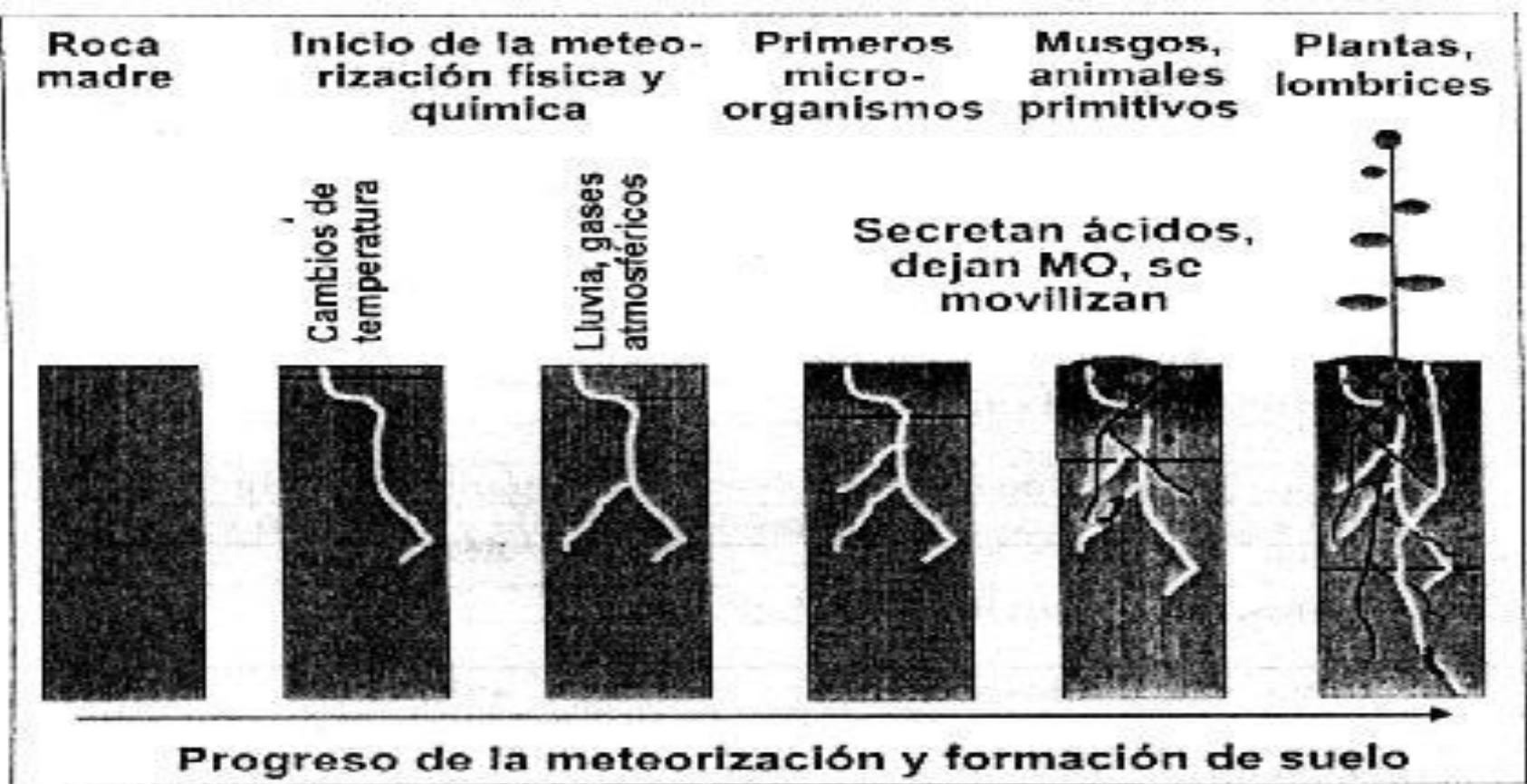
- La vegetación como factor formador:
 - Las plantas tienen su mayor efecto.
 - Tipo de raíces: profundidad, descomposición, relación raíces fina/raíces gruesas.
 - Tipo de Materia Orgánica: Descomposición, Tipo de ácidos orgánicos.

Tiempo

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

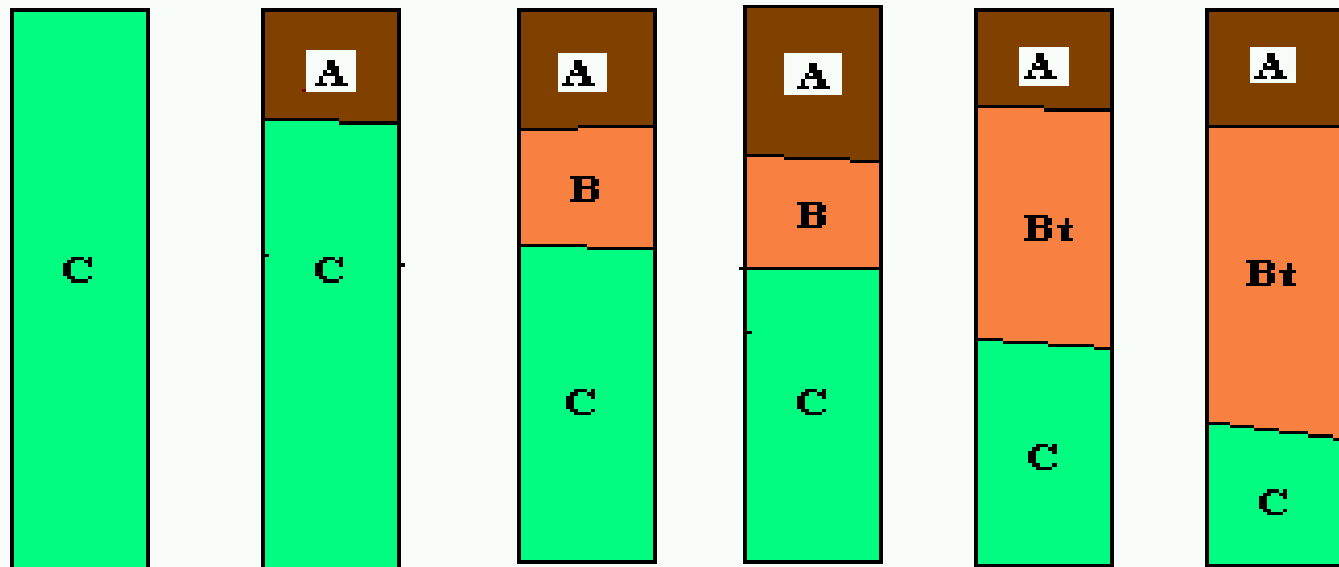
Eras	Períodos	Epocas	Tiempo aproximado en millones de años (comienzo del lapso)
Cenozoica	Cuaternario	Reciente	
		Pleistoceno	1 — 2
	Terciario	Plioceno	12
		Mioceno	28
		Oligoceno	40
		Eoceno	60
Mesozoica	Cretáceo	Paleoceno	60
			130
	Jurásico	155	
	Triásico	185	
Paleozoica	Pérmico		210
		Carbonífero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

- 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.



- Como se forma el suelos?.

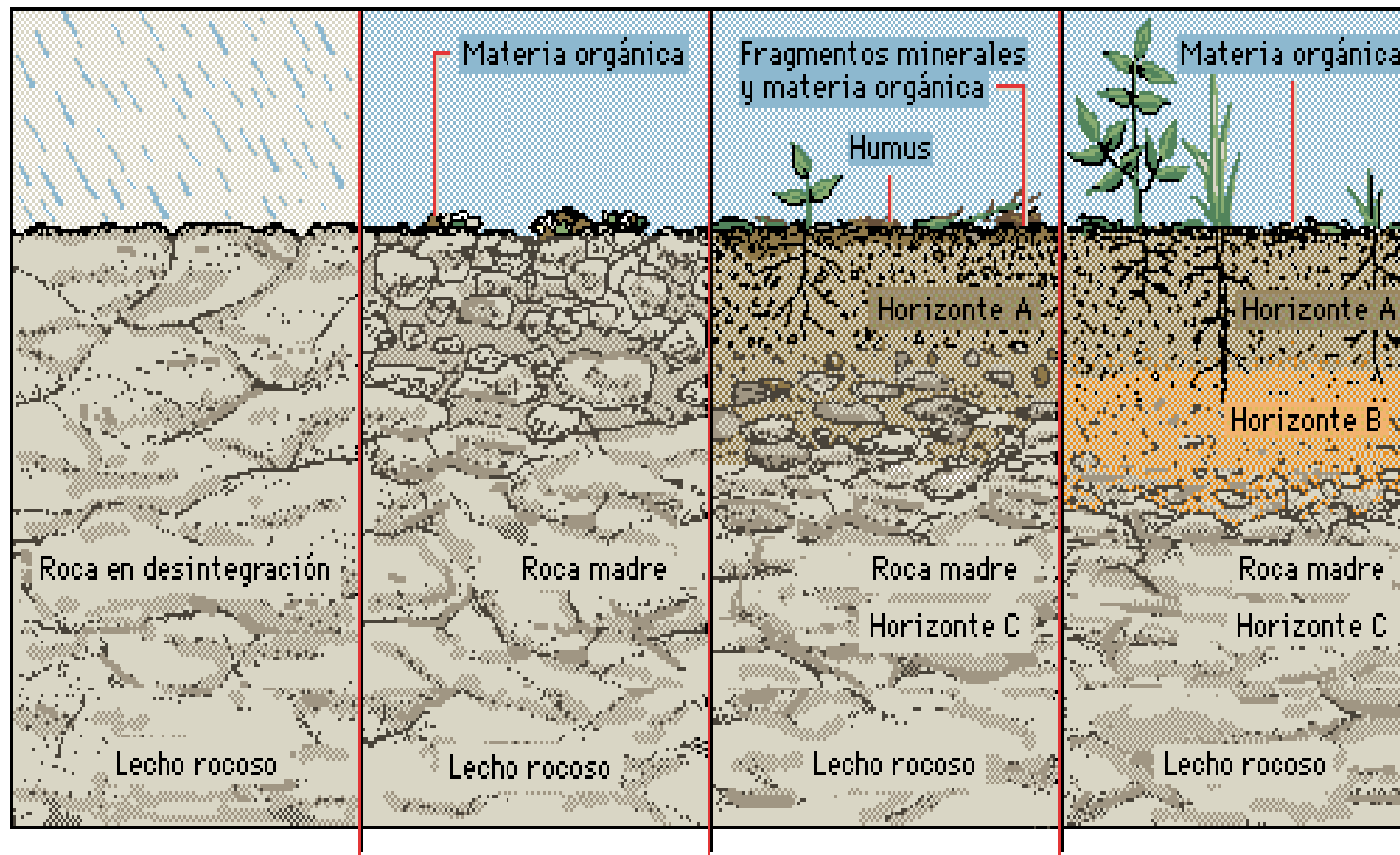
Génesis



a Material Parental **b** Entisol **c** Inceptisol **d** Molisol **e** Alfisol **f** Ultisol

T I E M P O



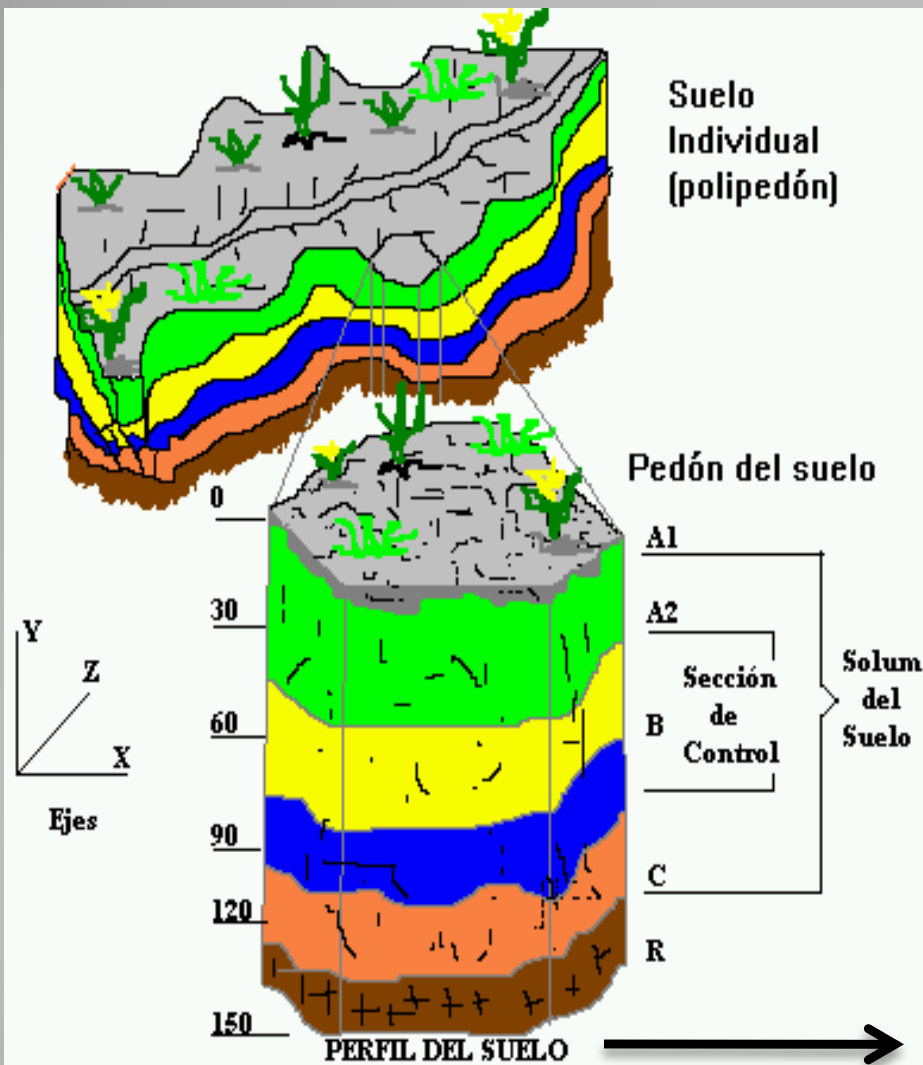


I El lecho rocoso empieza a desintegrarse

II La materia orgánica facilita la desintegración

III Se forman los horizontes

IV El suelo desarrollado sustenta una vegetación densa



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

Gelisol

Histosol

Andisol

Spodosol

Oxisol

Aridisol



Vertisol

Ultisol

Alfisol

Inceptisol

Mollisol

Entisol



Procesos Formadores

- PF involucran fenómenos que se llevan a cabo internamente en el medio y que determinan la morfología del perfil. Estos fenómenos son dinámicos en naturales y pueden aumentar su intensidad al presentarse varios en forma simultánea (desarrollo de horizontes), o disminuirla cuando sufren interferencias.

Procesos Formadores Globales

- **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.

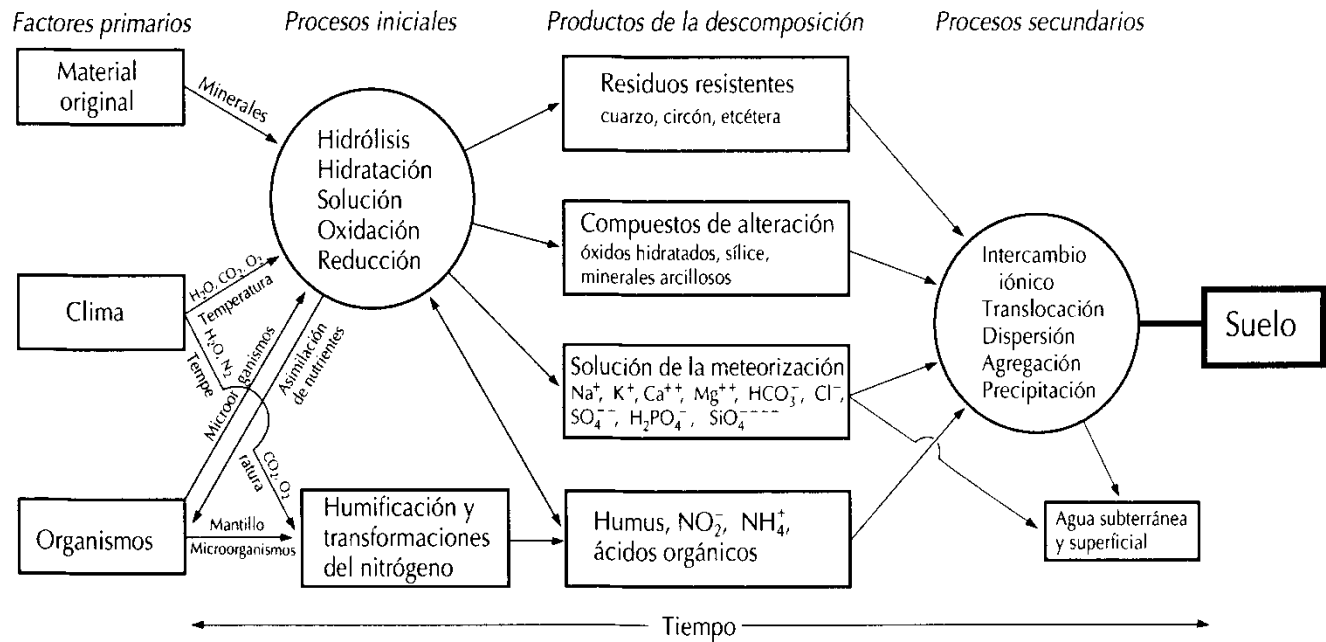
- **Translocaciones:**

- 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** (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.

- **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.



Procesos específicos

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

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

Procesos específicos.

- **Podzolización:** Con una 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.

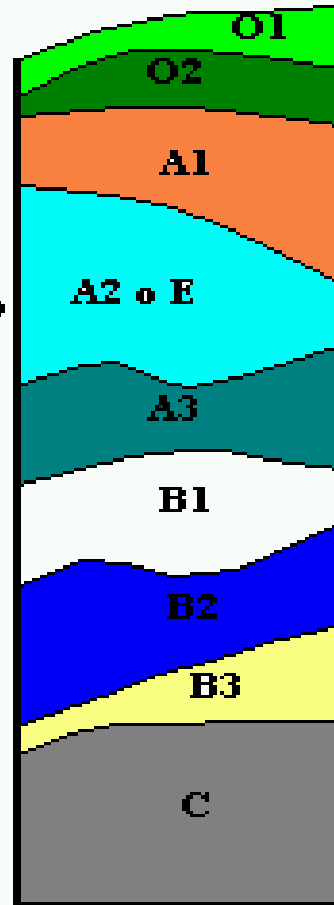
- **Gleización:** Proceso en el que dominan las condiciones de reducción de los óxidos de Fe que llegan a alcanzar la forma ferrosa. Debido a la presencia de un régimen de humedad con exceso de agua.

Estratos Superficiales

Zona eluvial de lavado

**Zona iluvial
(de acumulación)**

Material parental



Hojas sueltas y restos orgánicos en descomposición

Materia orgánica descompuesta

Horizonte mineral lavado con alta proporción de mat. orgán. muy fina de color oscuro

Estrato lavado claro. Max.lavado

Estrato transicional similar A2

Estrato similar a B2

Acumulación max. de arcilla silicatada max. desarrollo blocoso

Transicional a C

Estrato generalmente considerado similar a la apariencia original del suelo donde hay continuidad geológica

El perfil del suelo y sus horizontes