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

Génesis de Suelos

Procesos Pedogenéticos

Prof. Clifford Peña Guillén

- El Suelo y sus Funciones.
- Génesis de Suelos.
  - Factores de Formación: Clima, Organismos vivos, Relieve, Material de Origen y Tiempo.
  - Procesos pedogenéticos
    a) Generales: Adición, pérdida, translocación y transformación.
    b) Específicos: Podsolización, laterización, salinización, gleyficación y calcificación.
- El perfil del suelo. Concepto de pedón y polipedón.

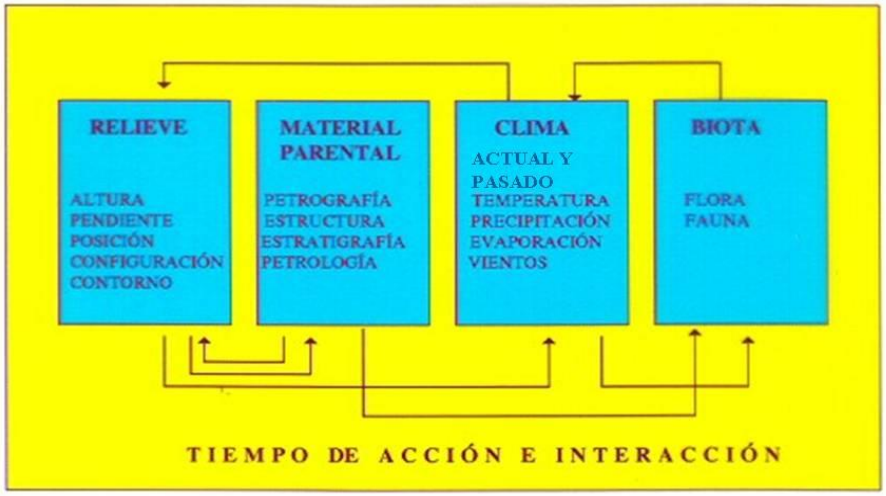
¿Qué es el Suelo?

- 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

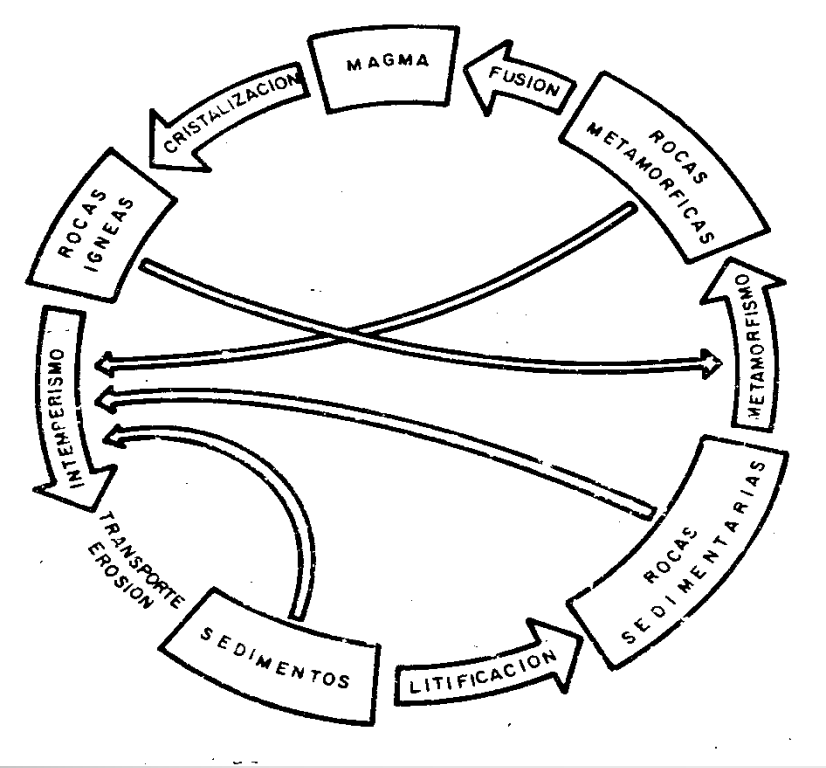
- 1.- Medio para el crecimiento de las plantas, sostener la diversidad y productividad biológica.
- 2.- Regular y distribuir el agua y flujo de solutos.
- 3.- Filtrar, inmovilizar y desintoxicar materiales orgánicos e inorgánicos, incluyendo desechos municipales y de la industria.
- 4.- Almacenar y posibilitar 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.

FACTORES FORMADORES
DEL SISTEMA PEDOGEOMORFOLÓGICO



- 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

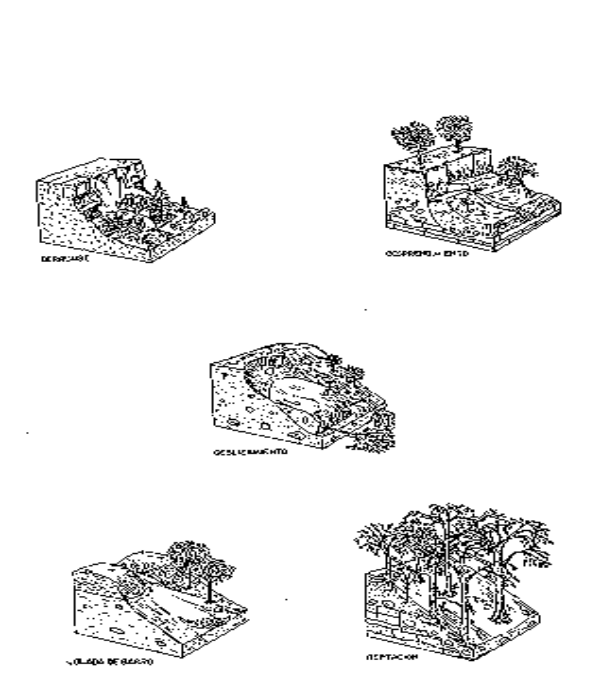
Las rocas son materias pétrea, compuesta por una determinada asociación mineralógica natural, la cual resulta de procesos geológicos definidos. Algunas rocas están compuestas en casi totalidad por un solo mineral.

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.

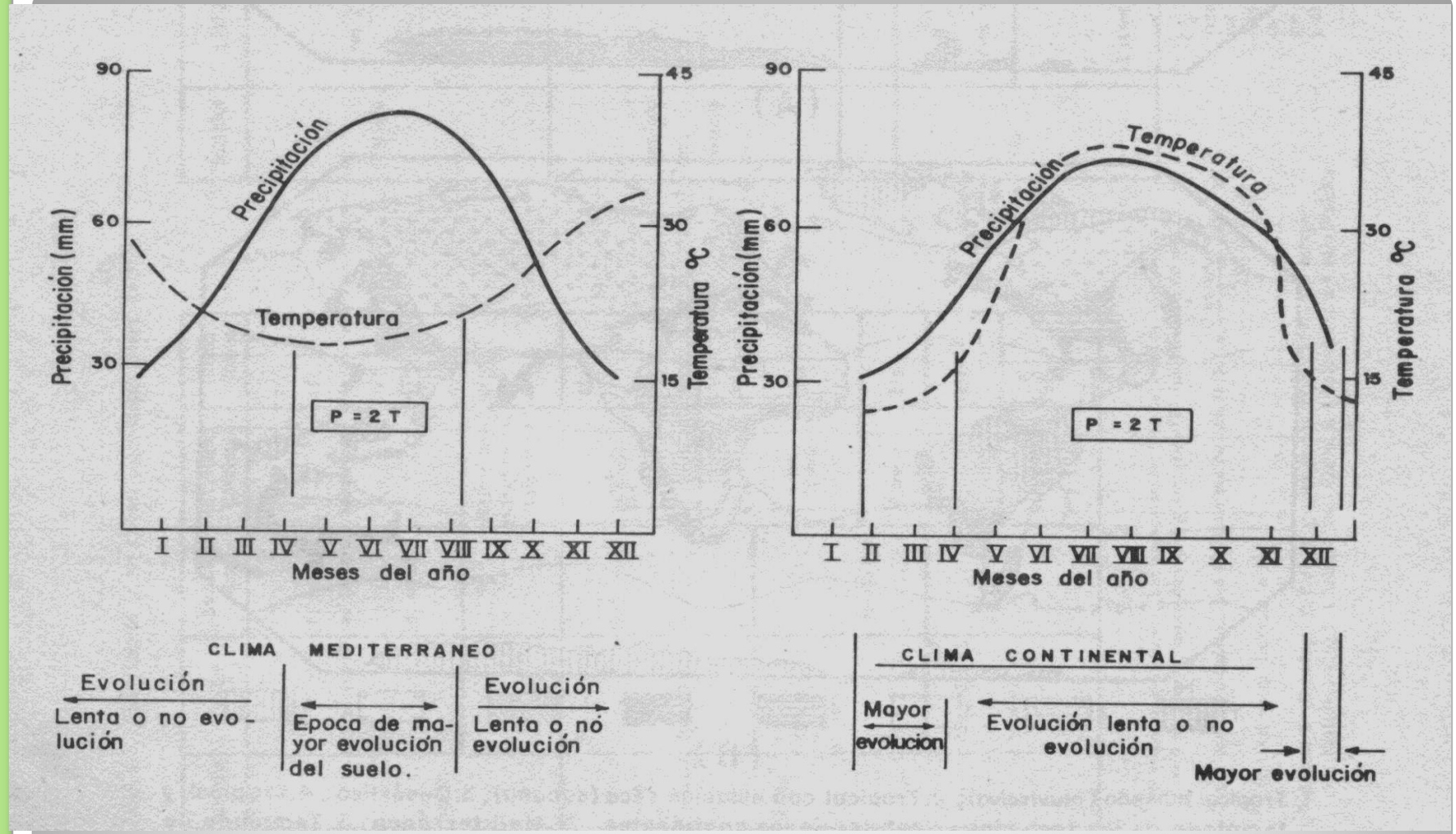
- El relieve como un factor formador del suelo:
  - Control de la erosión geológica.
    - Meteorización.
    - Transporte (agua, viento, mar, glaciares).
    - Corrasión.
  - Control de las relaciones de agua en el suelo.
    - Contenido de humedad en el perfil.
    - Profundidad de la capa freática.

- 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 orgánico 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.



Diagramas sobre balance hídricos.

Regímenes	Acumulativo	Consecutivo
Acuíco	Saturado	
Arídico		< 90 días húmedo
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 ºC).	
PERGELICO		<0ºC
CRYICO	0º	8º
ISOMÉSICO	8º	15º
ISOTÉRMICO	15º	22º
ISOHIPERTERMICO	22º	28º
ISOSUPERTERMICO ISOMEGATERMICO	más de	28º

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 efector.
    - Tipo de raíces: profundidad, descomposición, relación raíces fina/raíces gruesas.
    - Tipo de Materia Orgánica: Descomposición, Tipo de ácidos orgánicos.

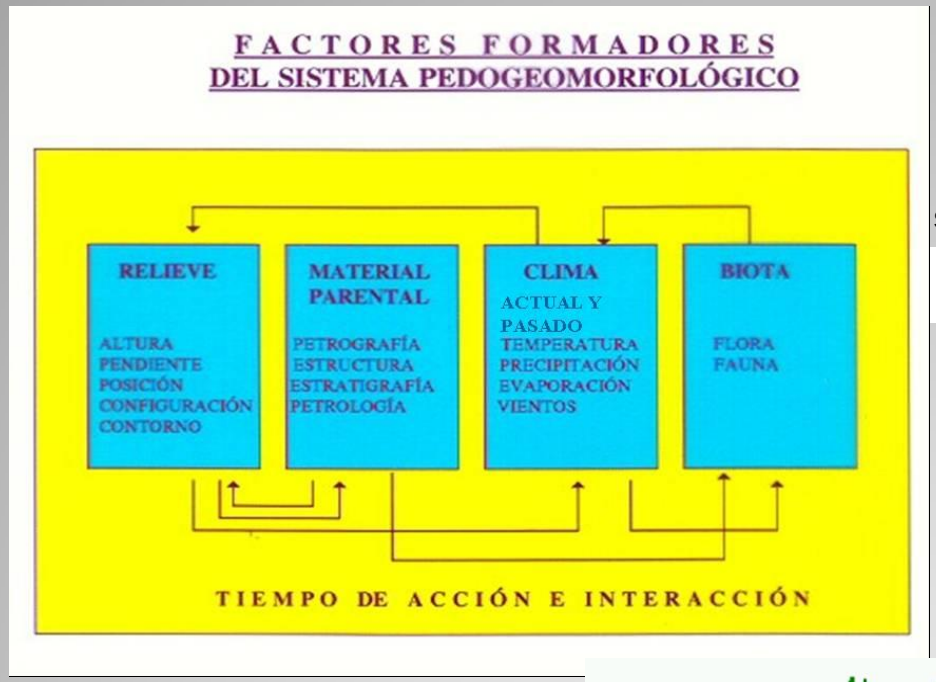
Tiempo

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

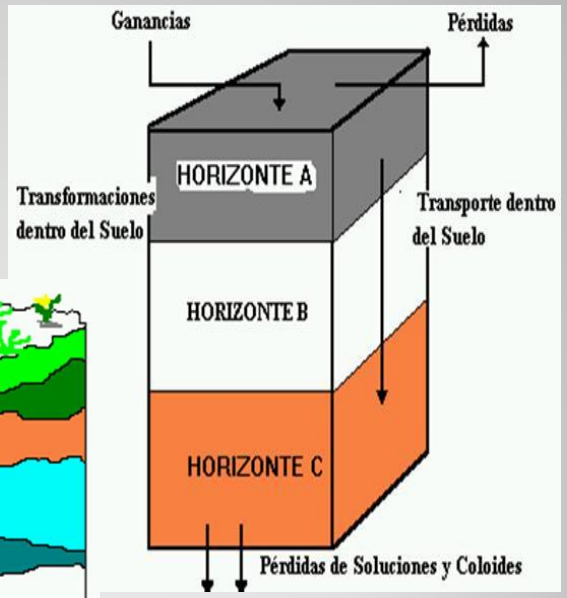
Eras	Períodos	Epocas	Tiempo aproximado en millones de años (comienzo del lapso)
	Cuaternario	Reciente	
		Pleistoceno	1 — 2
		Plioceno	12
Cenozoica		Mioceno	28
	Terciario	Oligoceno	40
		Eoceno	60
		Paleoceno	60
	Cretáceo		130
Mesozoica	Jurásico		155
	Triásico		185
	Pérmico		210
	Carbonífero		235
Paleozoica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

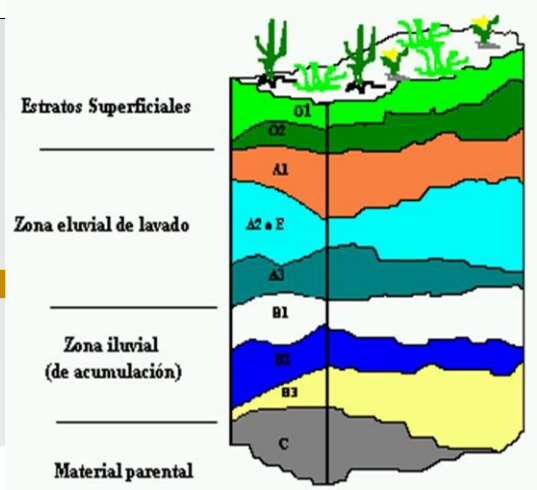
656

- 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.



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



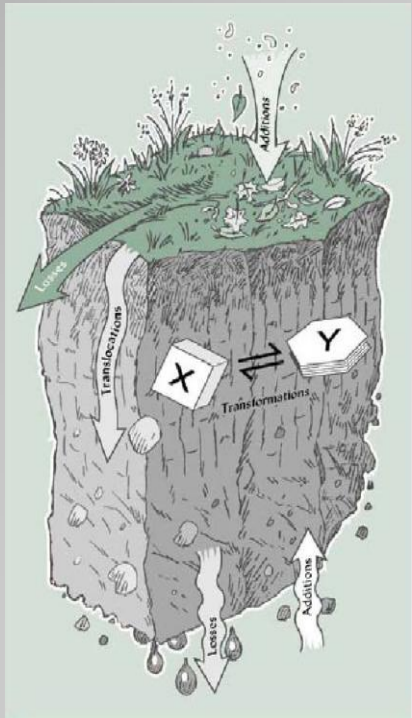


ATRIBUTOS

Externos: Fisiografía

Internos:Físicos, Químicos y Biológicos

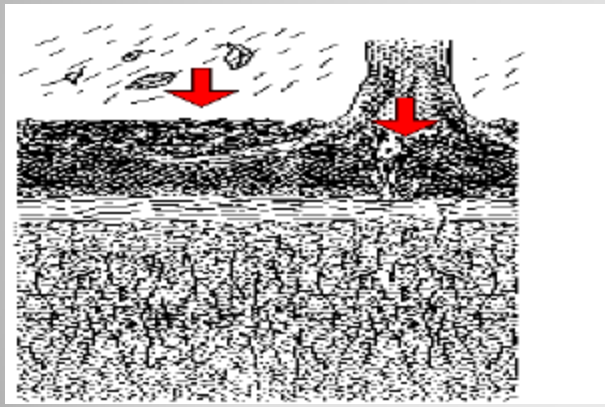
Procesos Formadores



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

Procesos Formadores Globales

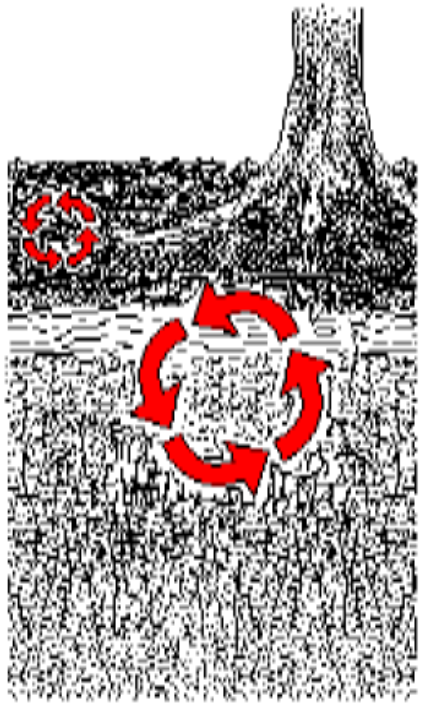
- **Adiciones** o Ganancias:
  - Incluye el enriquecimiento en materiales minerales u orgánicos mediante incorporación o acumulación ya sea de sedimentos aluviales o eólicos.



- 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.

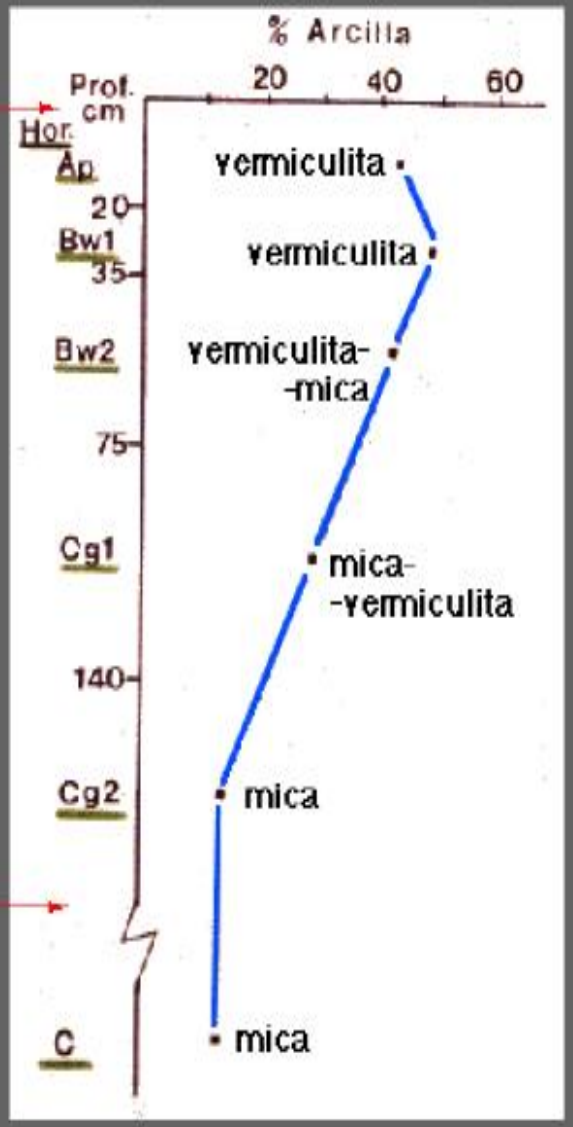
    Estas migraciones pueden suceder en orden ascendente, descendente u oblicuo en el perfil.

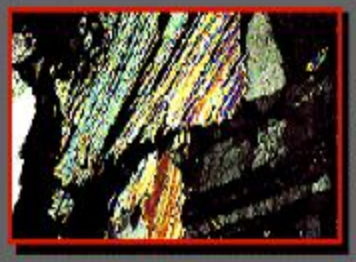


Los mecanismos relacionados con las migraciones de materiales en el suelo, abarcan procesos de eluviación – iluviación, los procesos de eluviación se ven influidos con las condiciones del clima, de saturación, solubilidad y tipo de humus.

- **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.

Transformación de la Materia Orgánica





arcillas

arcillas

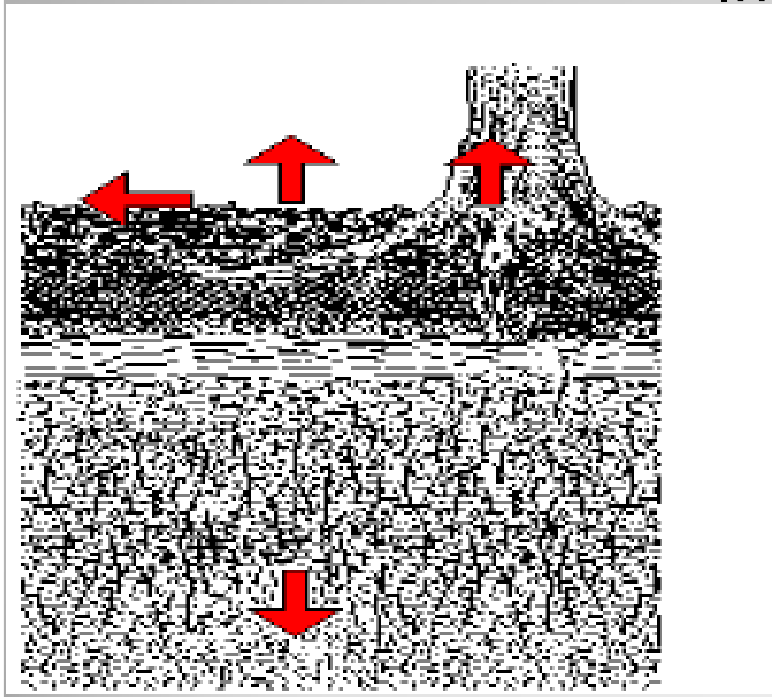
arenas

arenas

sólo polarizador

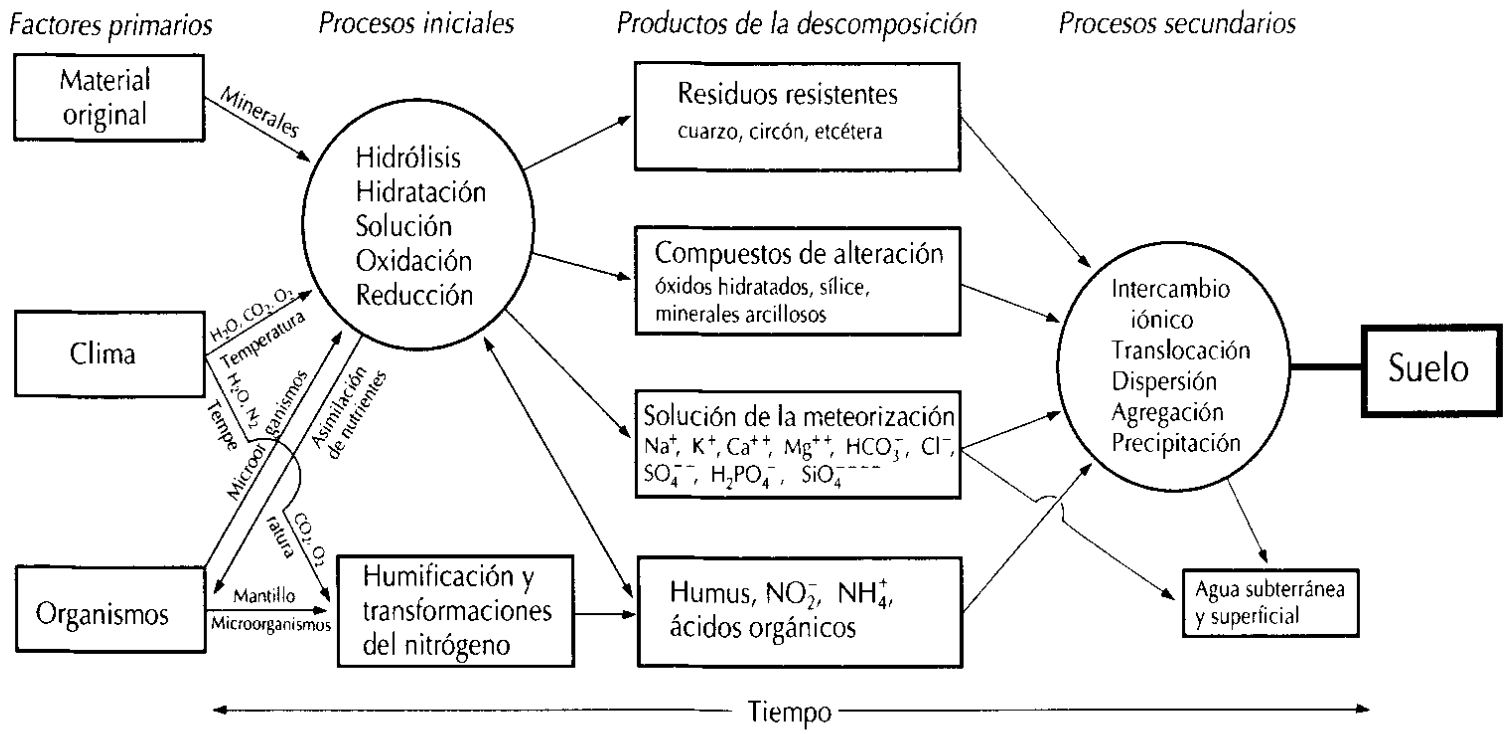
polaroides cruzados

- **Pérdidas** o remociones: Substracción de materiales, elementos, compuestos, ya sea por acción de lavado o mediante erosión.



Incluyen:

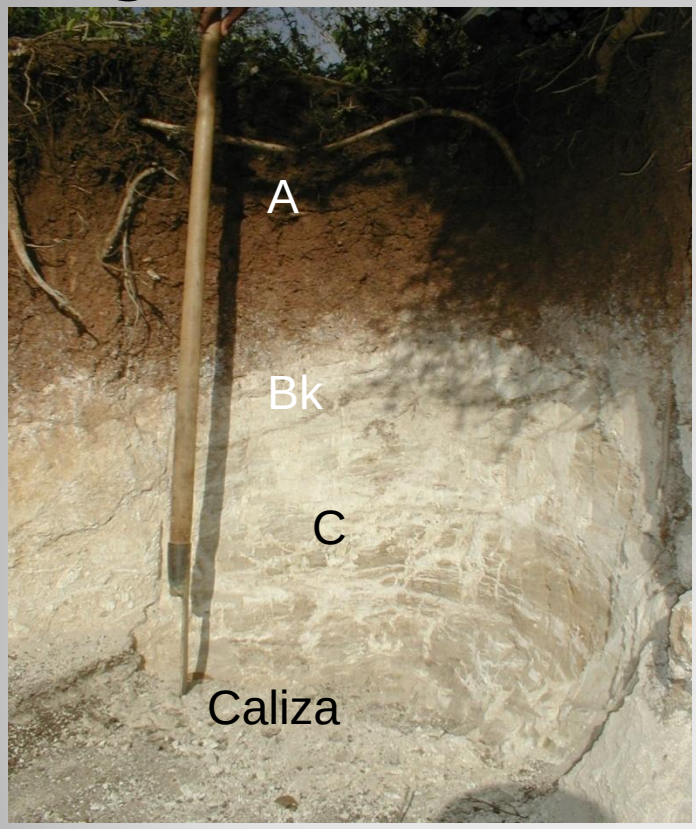
- Pérdidas de materiales por erosión eólica.
- Pérdidas de materiales solubles en el perfil.
- Uso de nutrimentos por las plantas.
- Remoción de Nutrimentos a través de las cosechas.


Factores primarios
Procesos iniciales
Productos de la descomposición
Procesos secundarios
Material original
Minerales
Clima
H_2O, CO_2, O_2
Temperatura
H_2O, N_2
Tempe
Microorganismos
Asimilación de nutrientes
CO_2, O_2
ratura
Organismos
Mantillo
Microorganismos
Hidrólisis
Hidratación
Solución
Oxidación
Reducción
Humificación y transformaciones del nitrógeno
Residuos resistentes
cuarzo, circón, etcétera
Compuestos de alteración
óxidos hidratados, sílice, minerales arcillosos
Solución de la meteorización
Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{--}, $H_2PO_4^-$, SiO_4^{----}
Humus, NO_2^-, NH_4^+, ácidos orgánicos
Intercambio iónico
Translocación
Dispersión
Agregación
Precipitación
Suelo
Agua subterránea y superficial
Tiempo

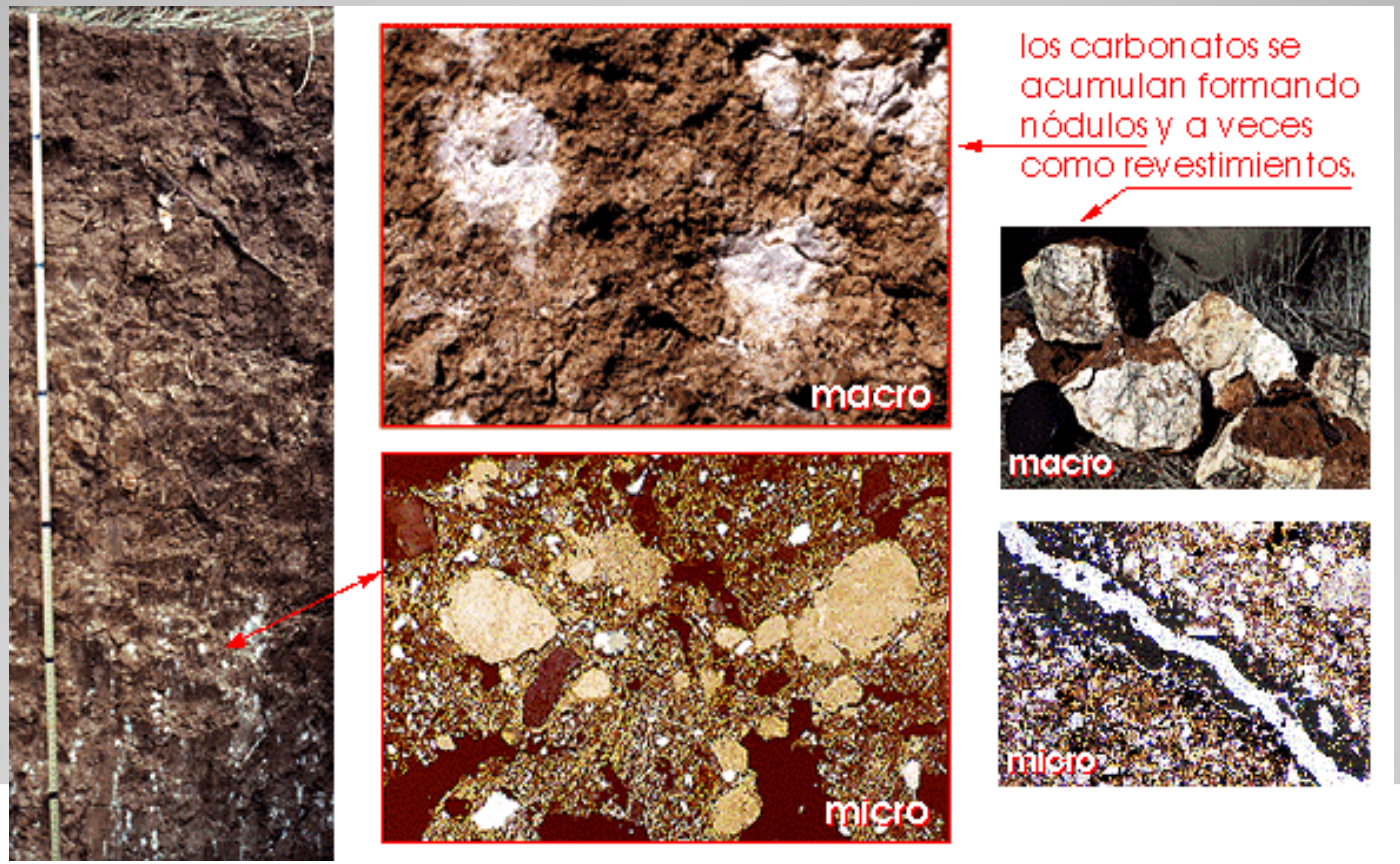
Procesos específicos

- **Lixiviación:** Término general para señalar el deslave o la eluviación de materiales solubles del solum.
- Este proceso es el responsable de la pérdida de bases de los suelos que se desarrollan en climas muy húmedos, donde la precipitación es mayor que la evapotranspiración, con lo cual queda un excedente de agua que se mueve a través del perfil, lavándolo.

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



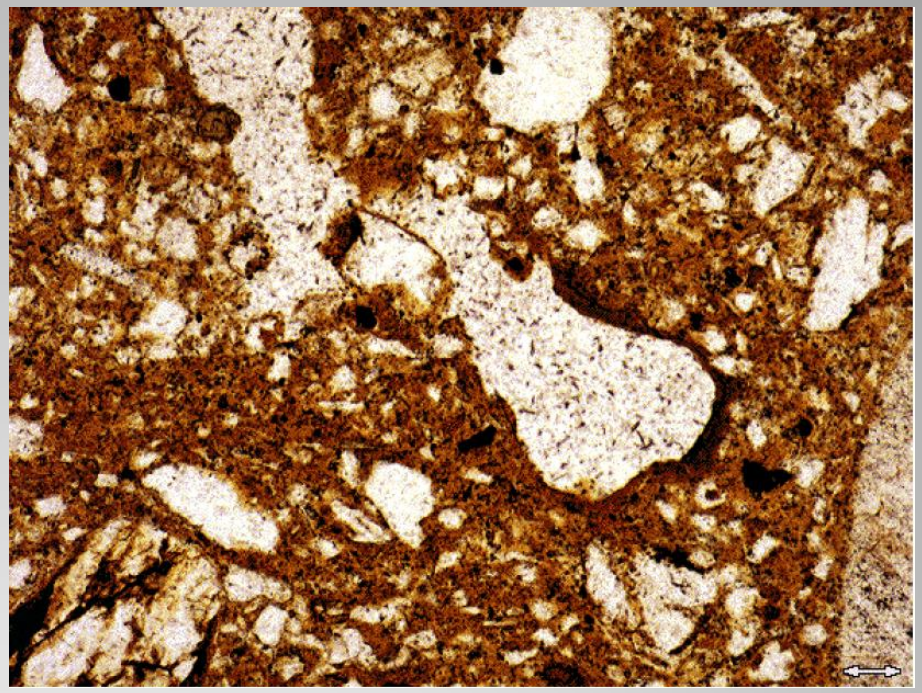
- En la porción donde se acumula el carbonato, se puede formar un horizonte cálcico y, si además, dicho horizonte se cementa, se convierte en un horizonte petrocálcico.



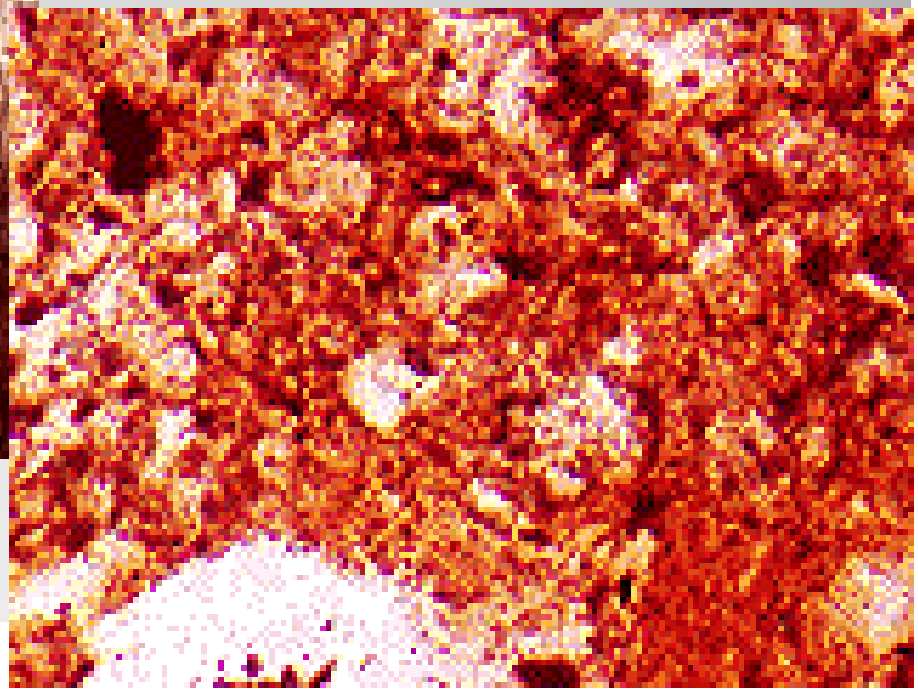
- El proceso de calcificación se detecta en campo, adicionando HCl al material de suelo: si se presenta efervescencia, ese suelo tiene carbonato de calcio libre acumulado.
- Es un proceso importante en los mollisoles y Alfisoles de clima seco, así como en los Aridisoles. Los suelos afectados por calcificación se agrupan en los Calcid (Aridisoles) y en los grandes grupos Calci-de Inceptisoles (e.g. Calcixerept), Mollisoles(e.g. Calcixeroll), Vertisoles(e.g. Calciustert).

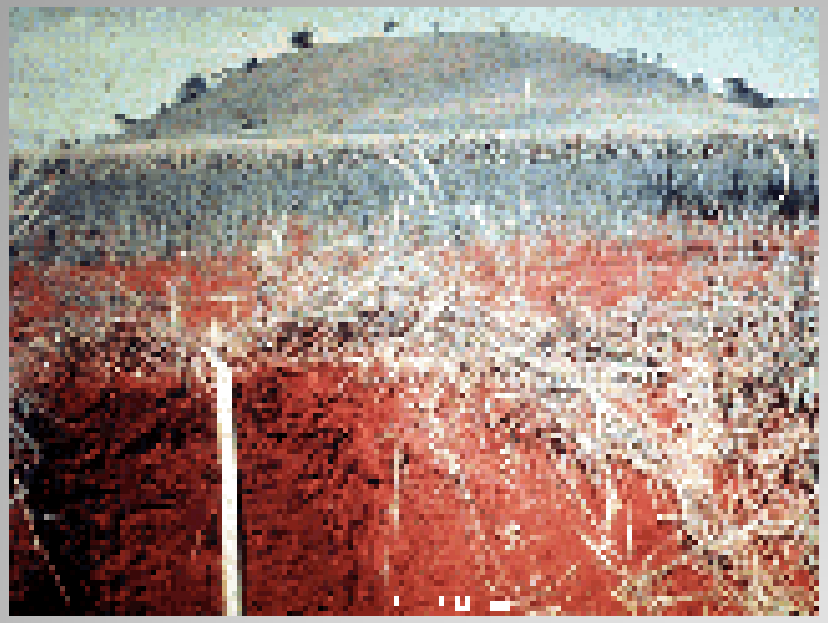
- **Braunificación, Rubefacción o rubificación y Ferruginación:** Liberación del hierro de los minerales primarios y dispersión de partículas de óxidos de hierro en cantidades crecientes; su hidratación u oxidación progresiva, dándole a la masa del suelo una coloración café, castaño rojiza o roja, respectivamente.
- Es el proceso responsable del enrojecimiento del suelo; cuando los óxidos de hierro que se forman se unen con la MO, el color del suelo es pardo y el proceso se llama braunificación o marronización; en los últimos estados de oxidación del hierro, el color del suelo es rojo y el proceso se define como ferruginación.
- Este proceso es frecuentes en los horizontes B cámbicos (Incep) y, cuando se presenta como ferruginación puede estar definiendo un horizonte B óxico (diagnóstico de oxisoles).

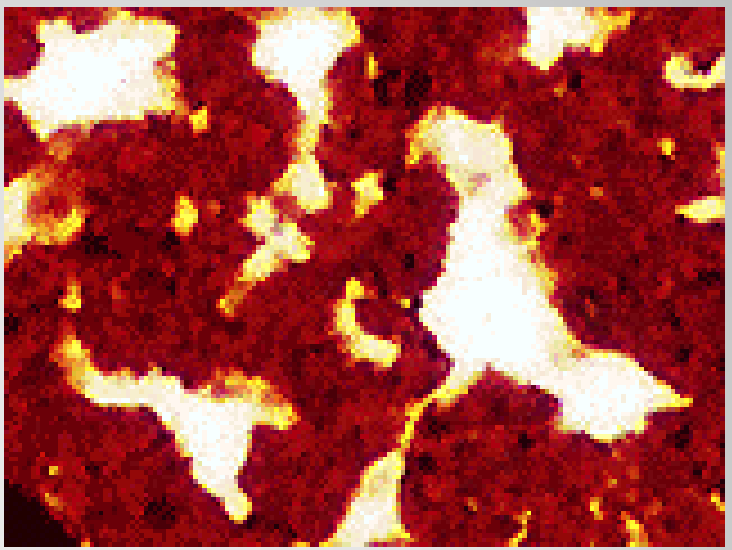
Procesos específicos.



Horizonte de alteración de color pardo debido a la presencia de hidratos de hierro ligados a las arcillas motivados por el proceso de braunificación.







- **Laterización:** Proceso de pérdida del Si, liberado por intemperismo, además del Ca y Mg, fuera del solum. Y la concentración en él de sesquioxidos de hierro, con o sin la formación de concreciones de hierro (laterita).
- Este proceso es característico de climas tropicales (cálido húmedo) y llevan a la formación de Oxisoles.
- Formación de Plintitas (concreciones de óxidos e hidróxidos de Fe y Al en una matriz caolinítica).
- Lateritas = Ferricreta = plintita

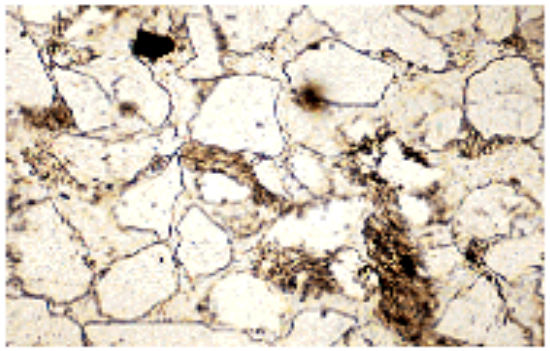
Los suelos húmedos de las regiones tropicales reciben el nombre de latosoles o suelos lateríticos. Sus características son las siguientes: 1) la descomposición química y mecánica es completa. 2) la sílice ha desaparecido por la lixiviación 3) los sesquióxidos de hierro y aluminio se han acumulado como residuos permanentes 4) El humus es escaso a causa de la rapidez de la acción bacteriana por las cálidas temperaturas reinantes 5) El suelo es típicamente rojizo; esto se relaciona con el régimen pedogénico de laterización.

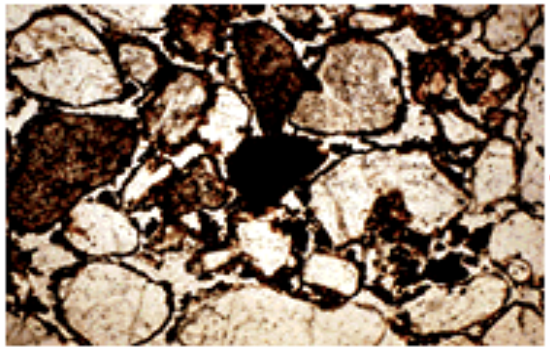
Algo más…

La pérdida de los minerales sílico-arcillosos hace a los latosoles relativamente poco plásticos y notablemente porosos. En consecuencia, el agua de lluvia se embebe rápidamente en estos suelos formando corrientes subterráneas y un nivel freático.

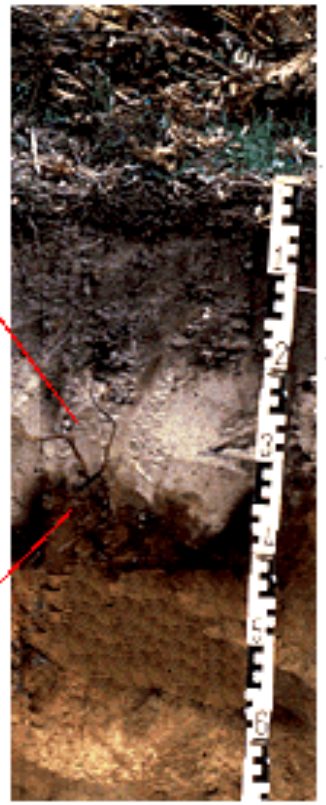
- **Podzolización:** Con un clima húmedo, una vegetación acidificante (formación de humus ácido) y escasa actividad biológica, los compuestos orgánicos son ácidos y formadores de complejos. La acidez y la actividad complejante provocan meteorización de los minerales, con liberación de sus componentes. 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 deposito 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.

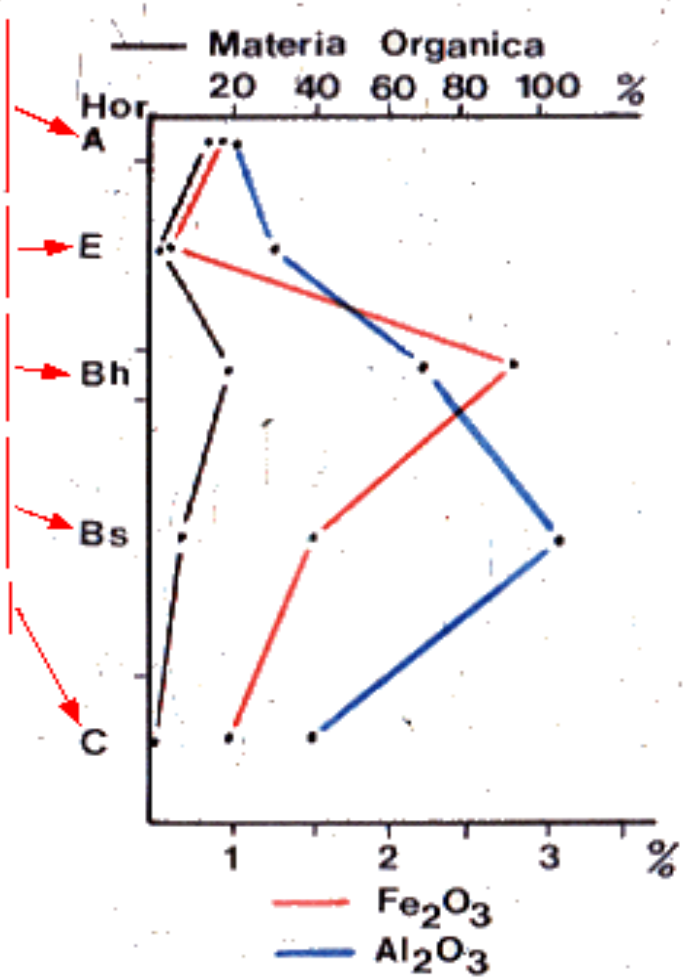
arenas sin recubiertas





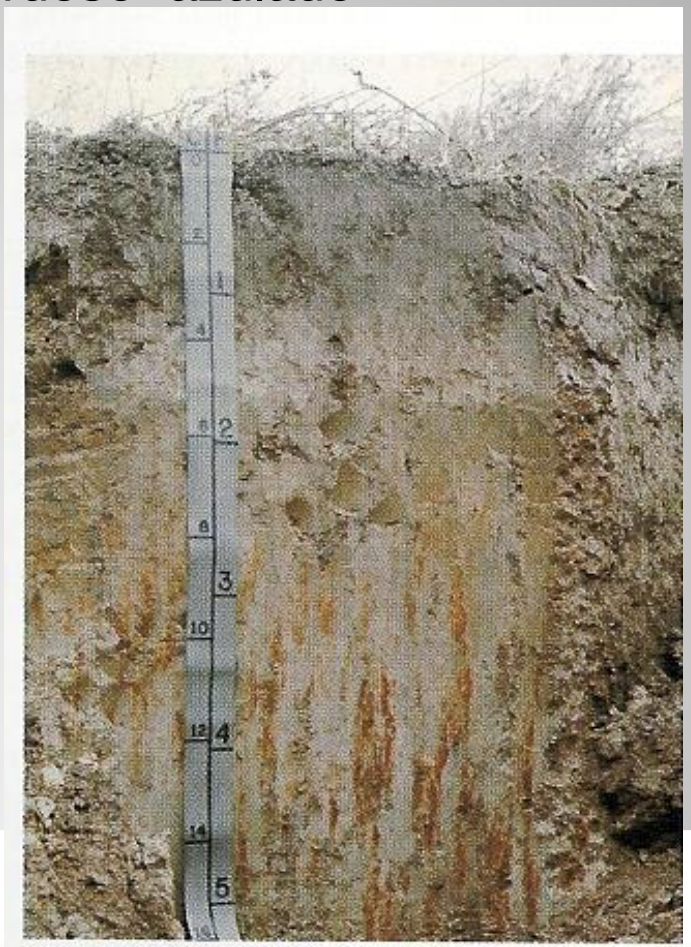
arenas con recubiertas de materia orgánica





- **Gleyzación:** 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.
- Este proceso genera colores grises y/o moteados en el suelo y pone de manifiesto la presencia de mal drenaje o niveles freaticos fluctuntes.
- Es característicos de los suelos que se encuentran en condiciones de régimen ácuico.

✓**Gleyzación y pseudogleyzación:** procesos condicionados por la existencia de capas de agua que saturan el suelo, causando una extensa hidromorfía. El Fe es el elemento químico que mejor refleja la hidromorfía en los suelos. Férrica (FeIII) ⟶ Ferrosa (FeII) cambios en el color de los suelos ⟶ gris – verdoso -azulado



- **Salinización:** La salinización natural del suelo es un fenómeno asociado a condiciones climáticas de aridez y a la presencia de materiales originales ricos en sales

Como la salinidad, que es la cantidad excesiva de sales minerales (Cloruros, Sulfatos, etc.) presentes en el suelo, las cuales pueden estar en forma de cristales precipitados, disueltas en solución o retenidas entre los espacios intersticiales.

- La presencia de sales en el suelo puede ser debida a:

  Presencia de capa freática con sales disueltas.

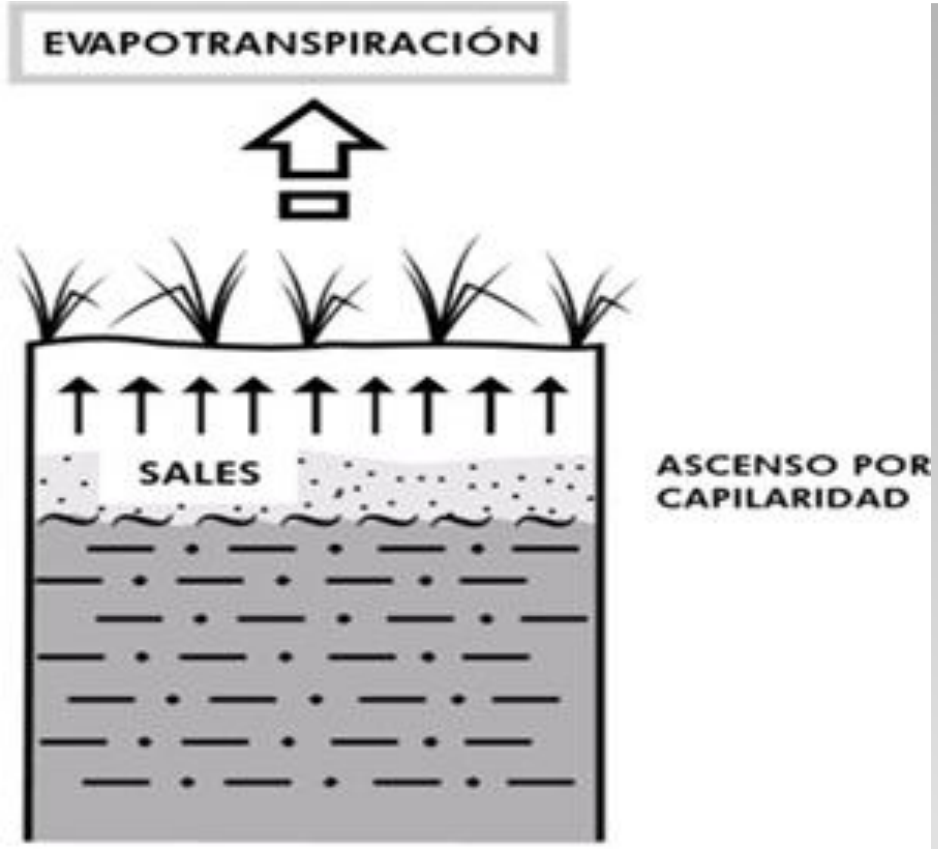
  Roca rica en sales solubles.

  Aporte superficial de agua salobre a un suelos impermeable.

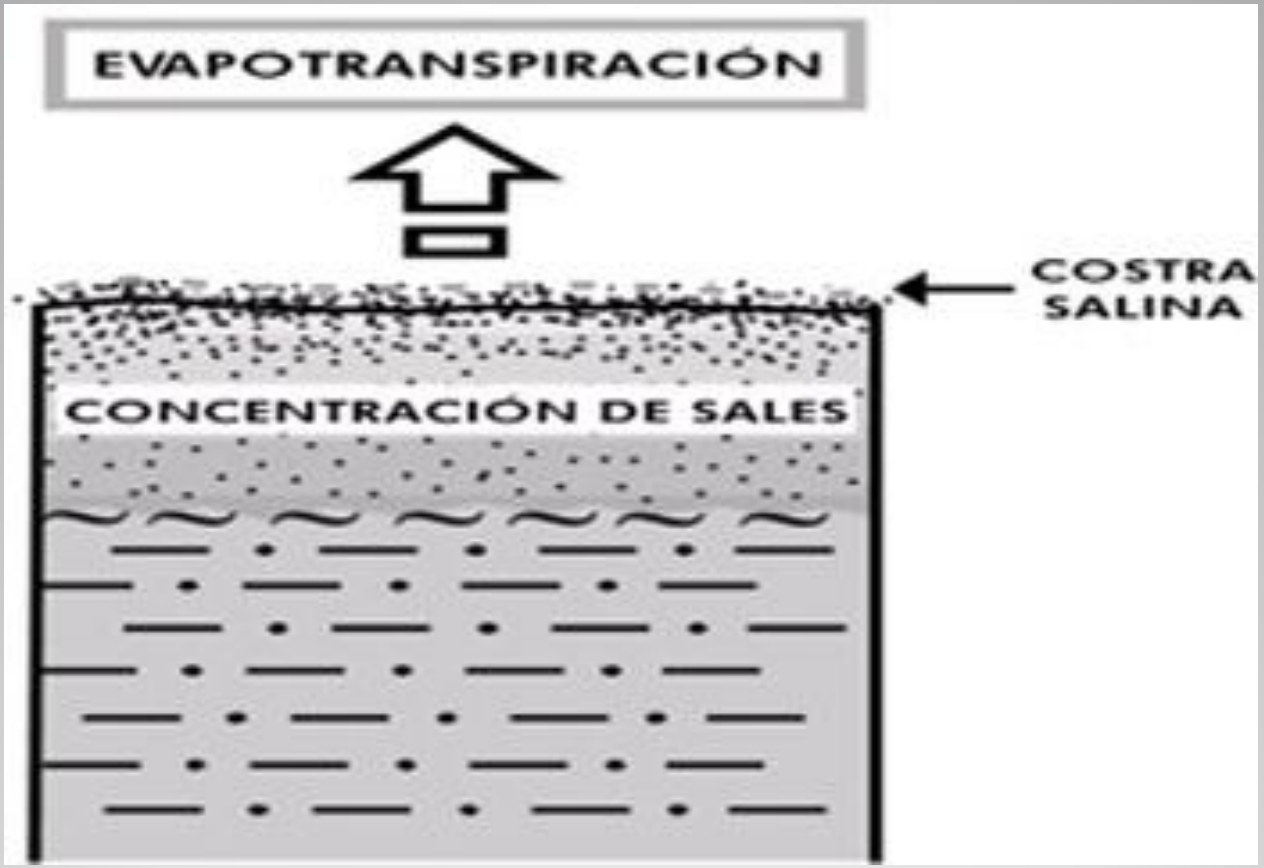
  Aporte de agua dulce a un suelo con roca madre impermeable y con sales solubles.

- **El proceso de salinización de los suelos.**

Al disminuir las lluvias, en los sectores planos y deprimidos, los suelos se van secando por infiltración y evaporación. Es entonces cuando comienza a generarse el proceso de salinización quedando interrumpido el ciclo productivo en amplias superficies de la región.



En este proceso, se pueden reconocer tres fases: **la primera** de ellas se relaciona con el ascenso de la solución salina por capilaridad. La **evapotranspiración** se incrementa con el aumento de las temperaturas y vientos de primavera, actuando como una verdadera bomba que succiona en forma ascendente a la solución salina, a través del espacio poroso del suelo.



La segunda fase consiste en la concentración salina en el horizonte superficial en función de los factores mencionados anteriormente.

La tercera fase del proceso de salinización es la formación de la costra salina en superficie, que es particularmente visible en épocas calurosas, ventosas y secas (Figura 4).

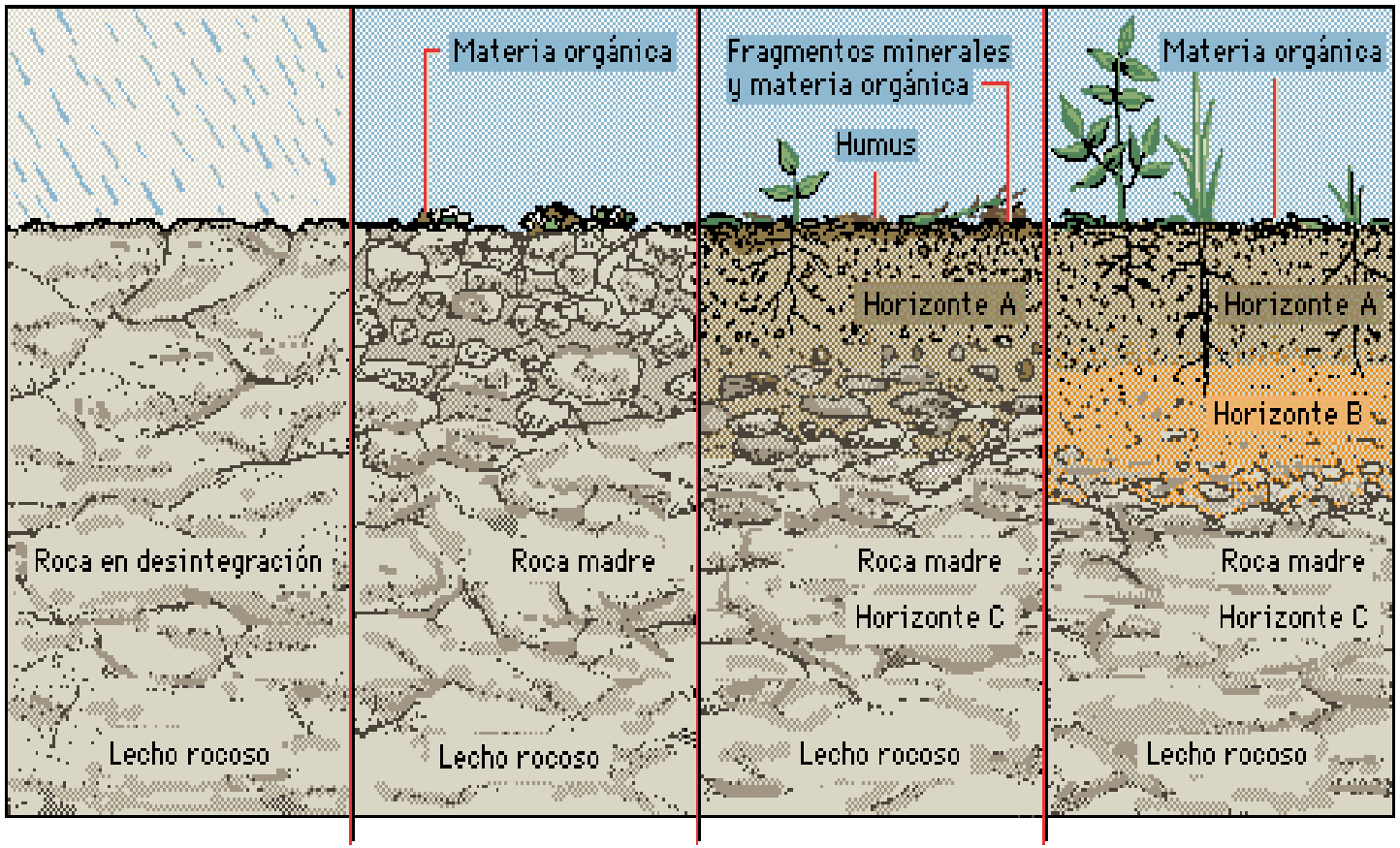
Estas eflorescencias y costras salinas expresan el grado más intenso de salinización y en estos suelos, se superan los 20 dS m^{1} de conductividad eléctrica.

La concentración de sales confiere al suelo unas propiedades muy particulares con efectos muy nocivos para los cultivos.

Se distinguen dos situaciones, con morfologías, propiedades, génesis y usos de los suelos muy diferentes, según que el catión predominante en el complejo de cambio sea el Na+ o el Ca++.

- Si el catión predominante es el Ca++, las sales solubles son muy abundantes en el suelo. El perfil se encuentra muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del Ca++. La alta presión osmótica de la solución del suelo es la responsable de la baja productividad. A estos suelos se les denomina suelos salinos (o suelos halomorfos). El suelo representativo es el solonchak.

- Cuando es el Na+ el catión dominante se produce la dispersión de las arcillas, lo que lleva a una destrucción de la estructura. Por otra parte, la hidrólisis de las arcillas sódicas conduce a la alcalinización del perfil, y esta provoca intensa alteración mineral. El perfil queda bien diferenciado desde el punto de vista morfológico. A estos suelos se les llama suelos sódicos (en ocasiones alcalinos) y su clase representativa es el solonetz.
- Por otra parte cuando existe un alto contenido en sales y estas son sódicas, el sodio predomina en el complejo de cambio y los suelos son salino-sódicos.



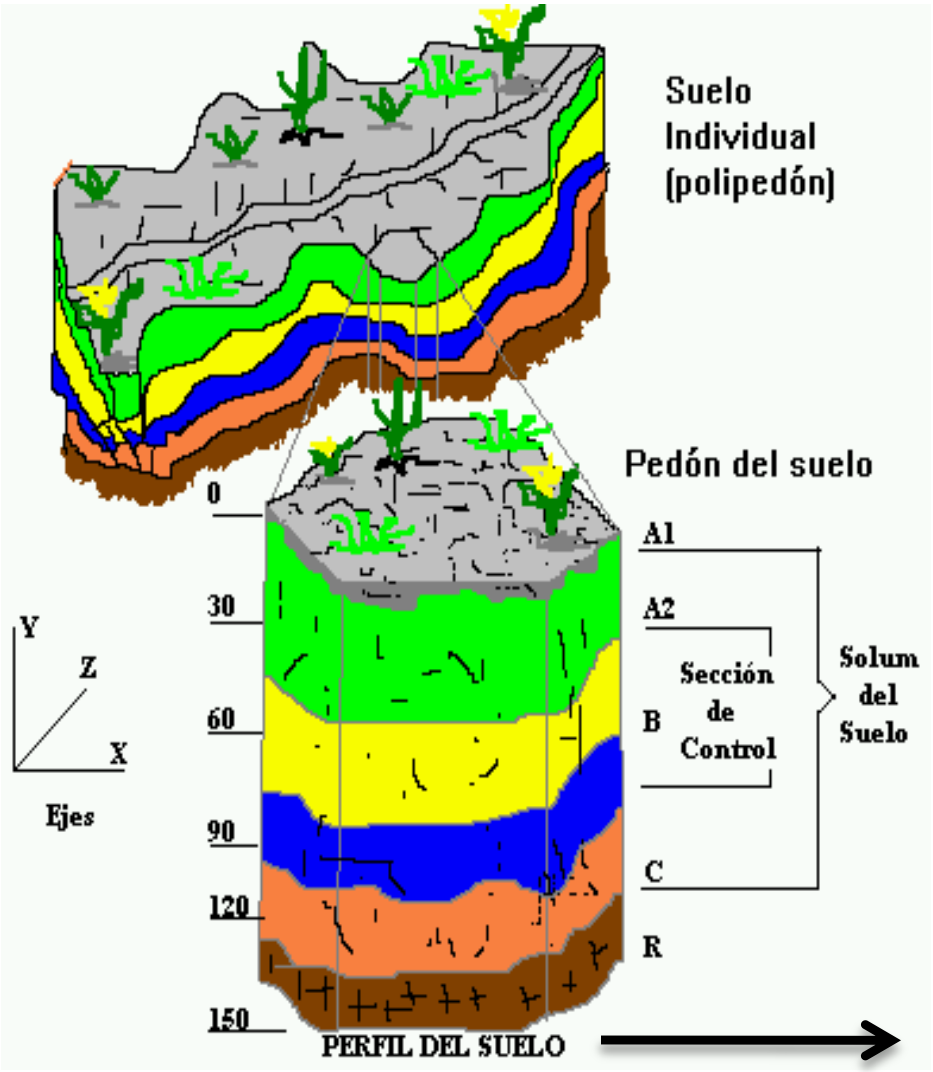
I El lecho rocoso empieza a desintegrarse

II La materia orgánica facilita la desintegración

III Se forman los horizontes

IV El suelo desarrollado sustenta una vegetación densa

Enciclopedia Encarta, © Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.



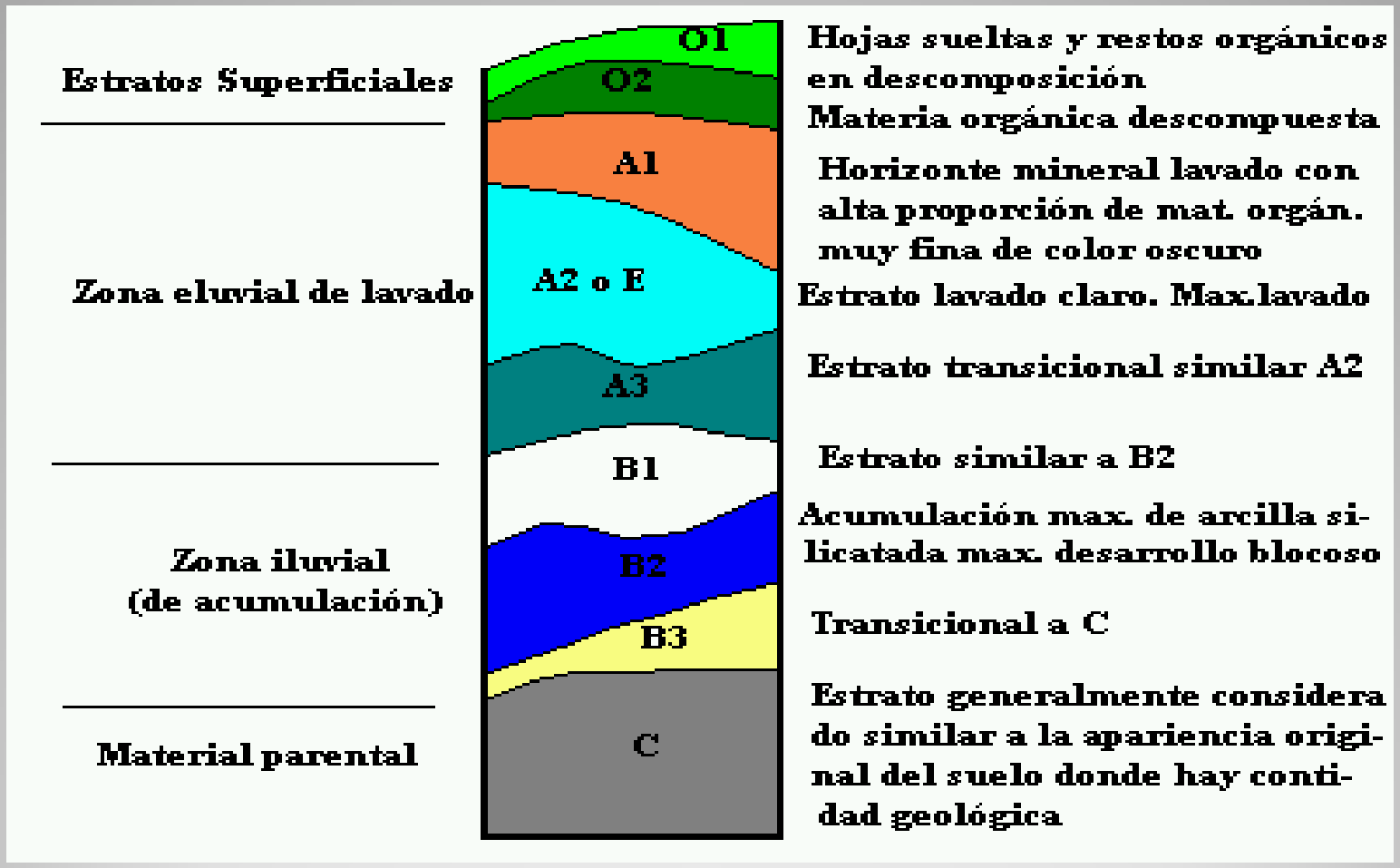
El pedón es una porción representativa del polipedón. Es el volumen más pequeño que puede ser reconocido como un tipo específico de suelo

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

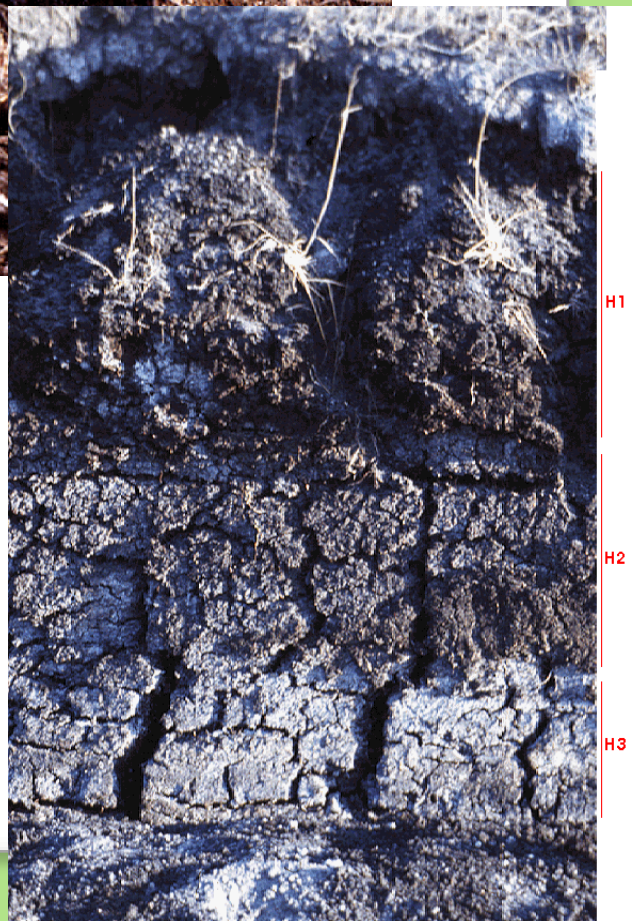


El perfil del suelo y sus horizontes

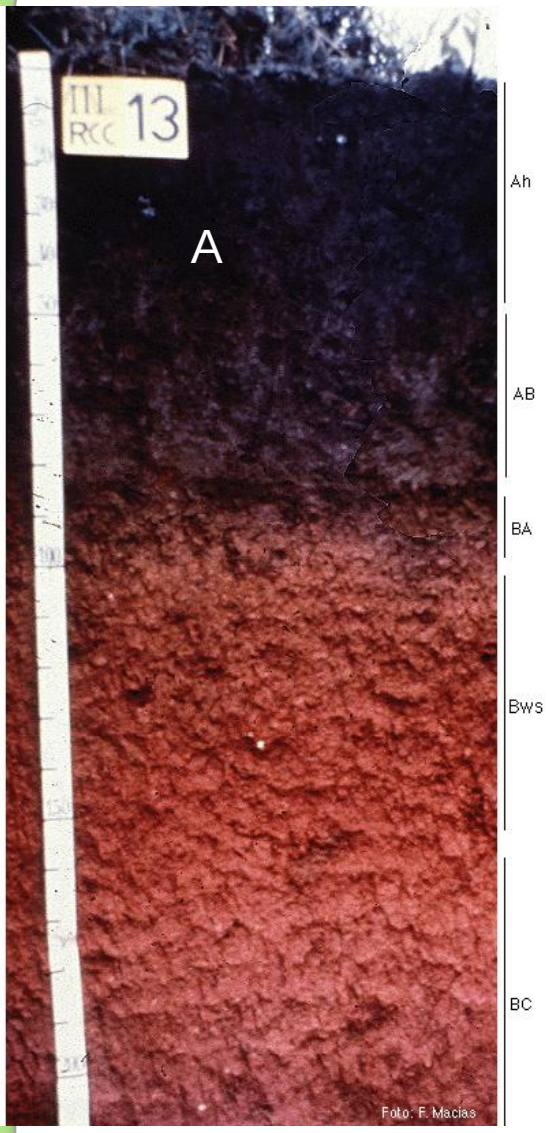
Suelo mineral

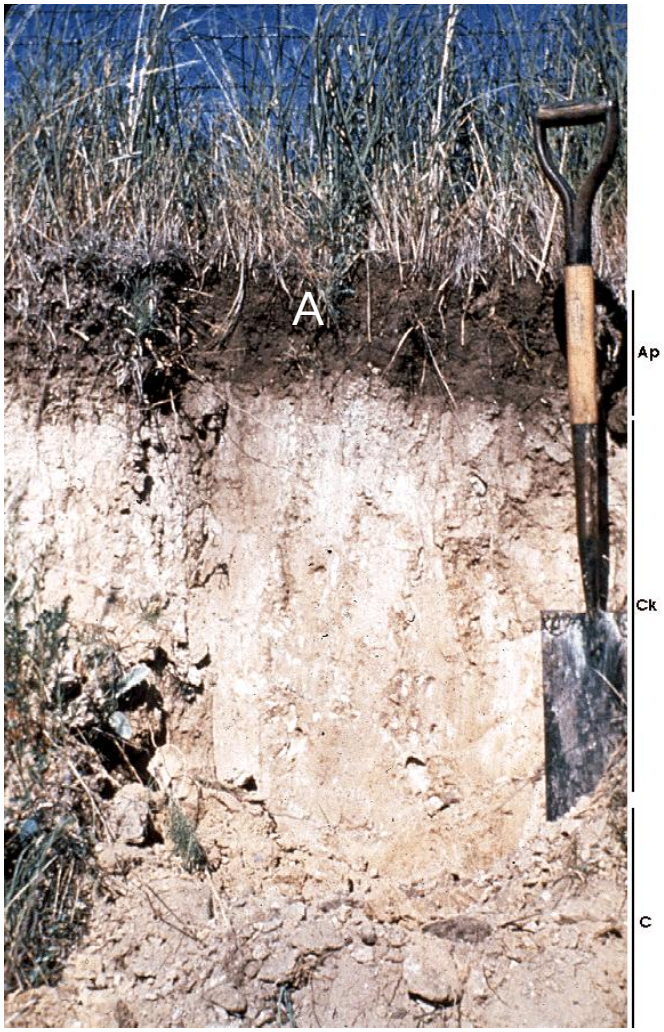
Horizontes O

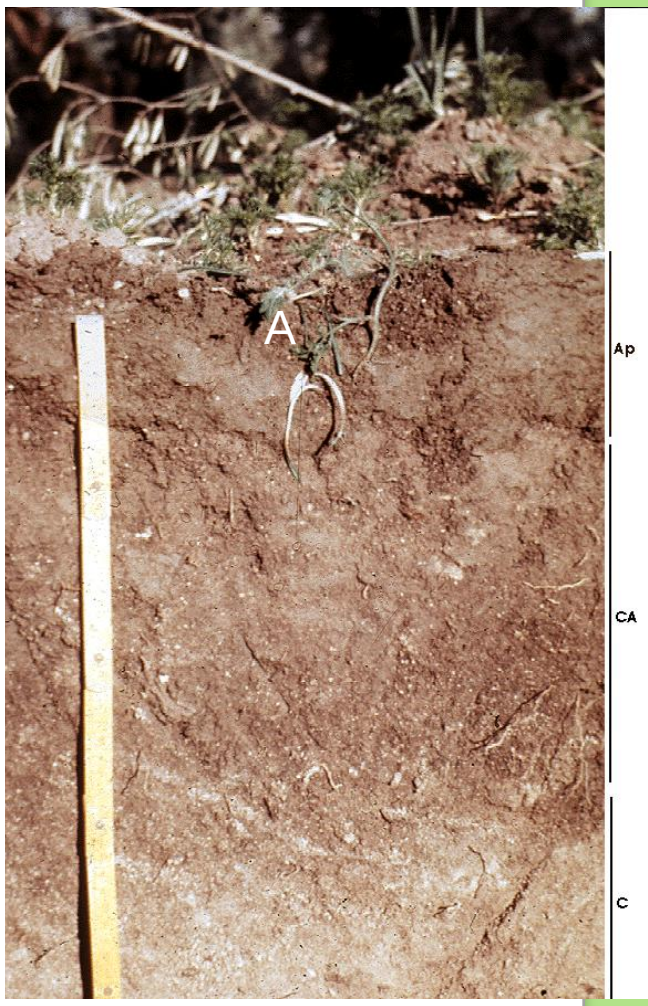
Hor. O. Capa de hojarasca debajo de los árboles



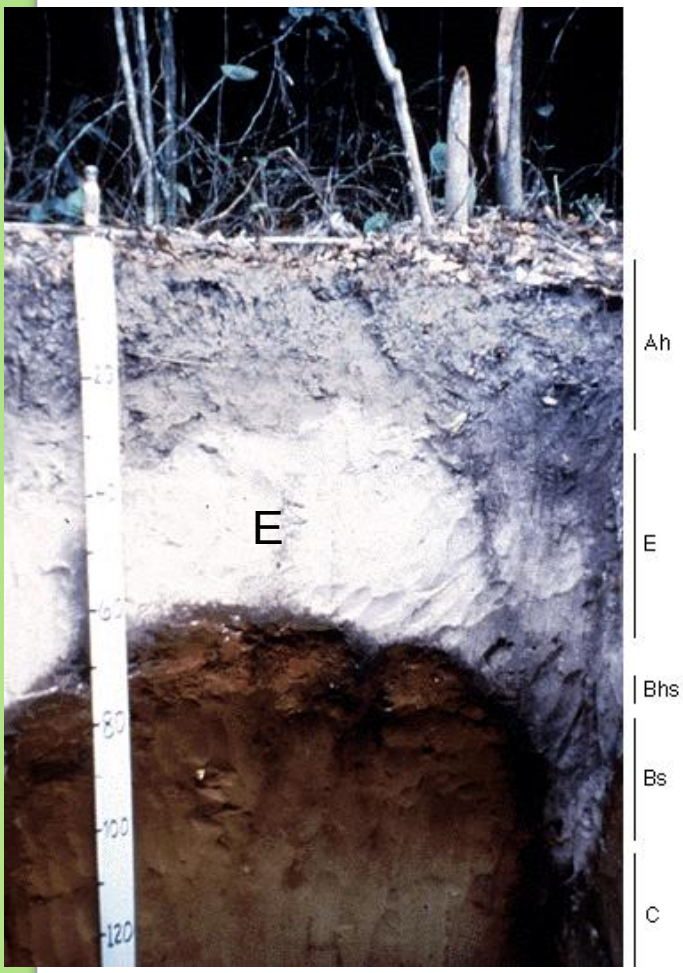
Suelo orgánico

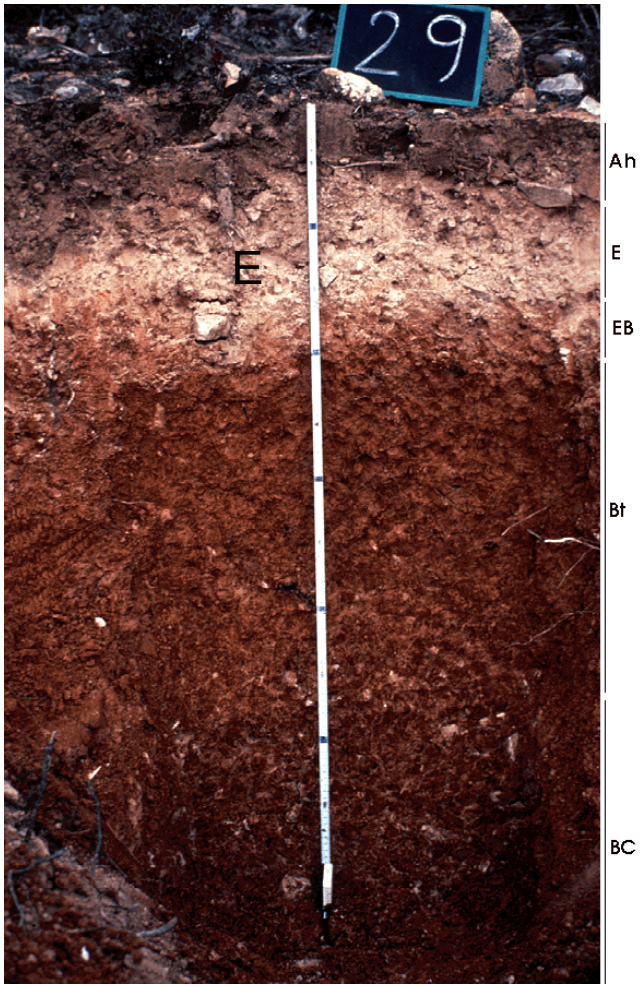


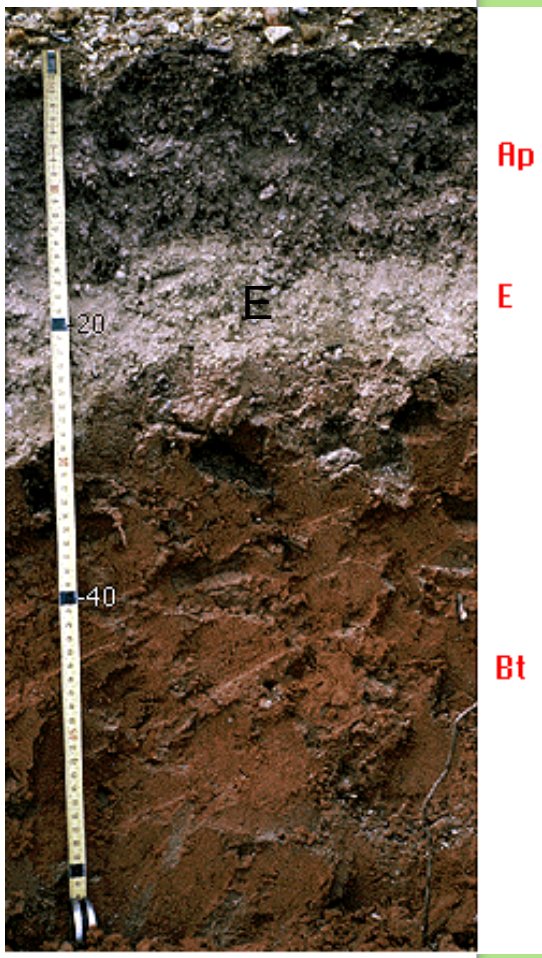




Horizontes A de mayor a menor desarrollo

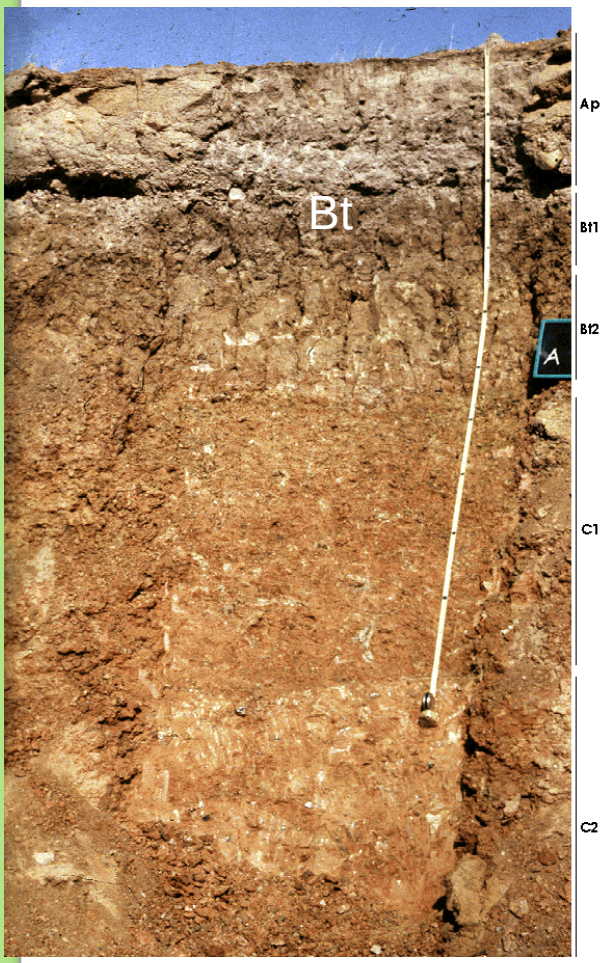


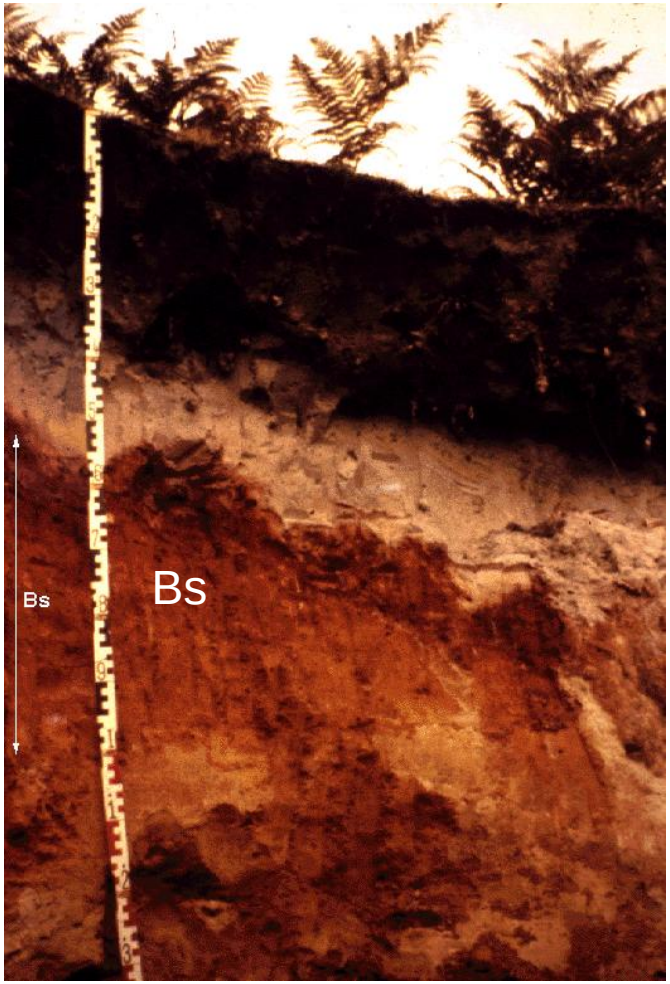


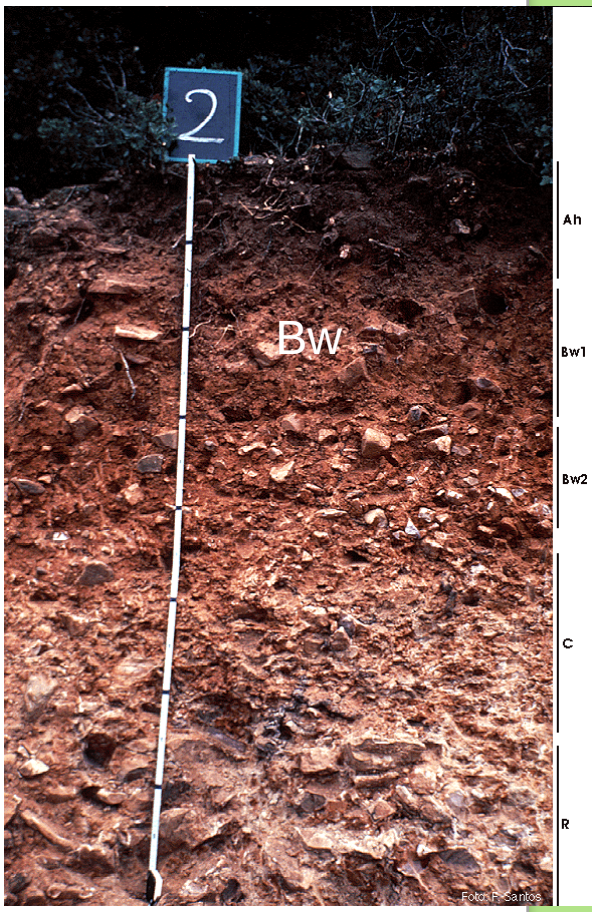


Horizontes E de mayor a menor desarrollo

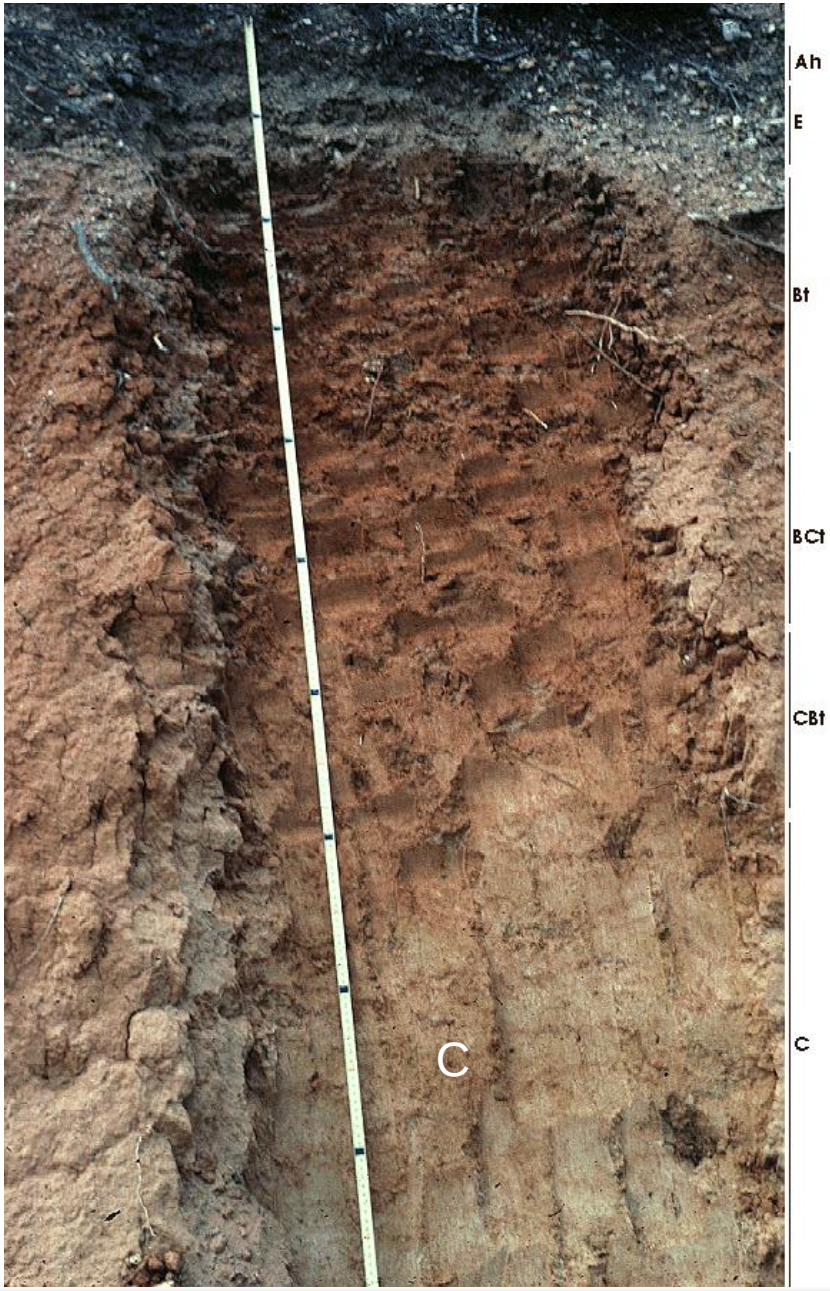
Horizontes B

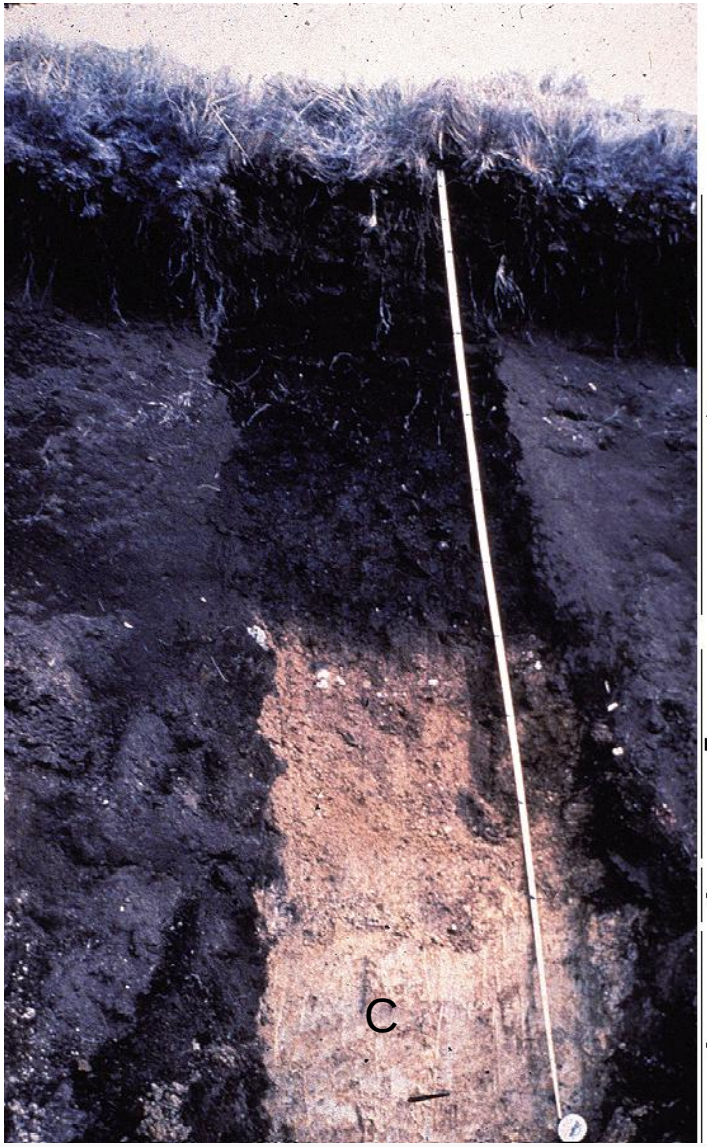




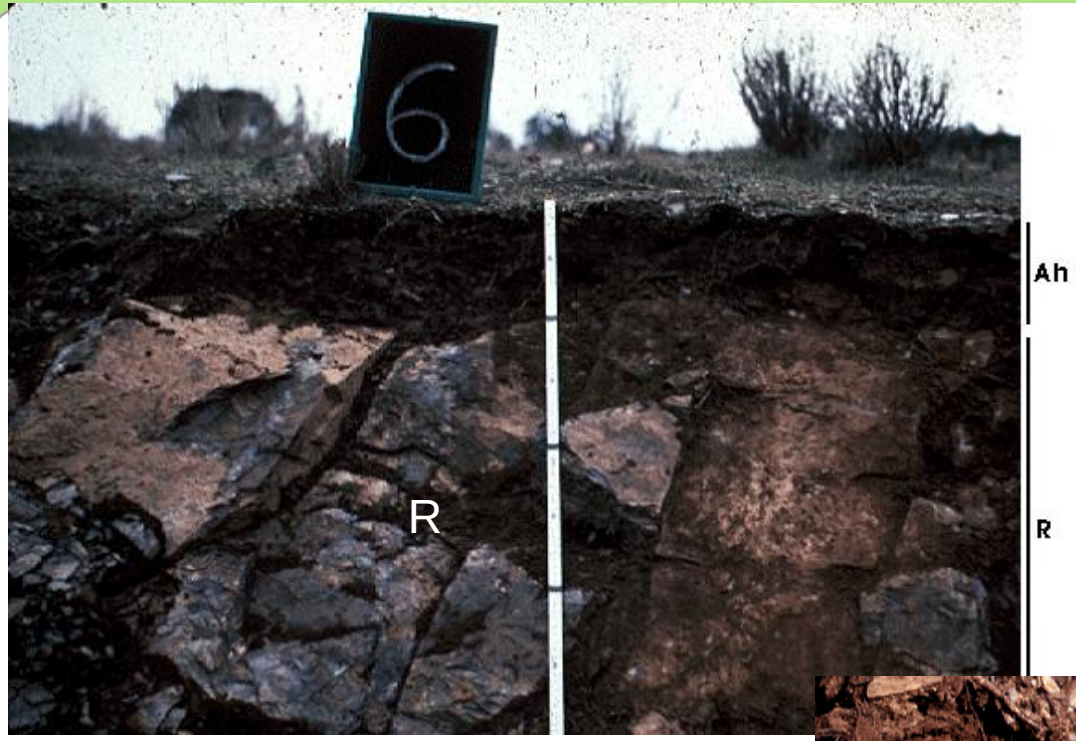


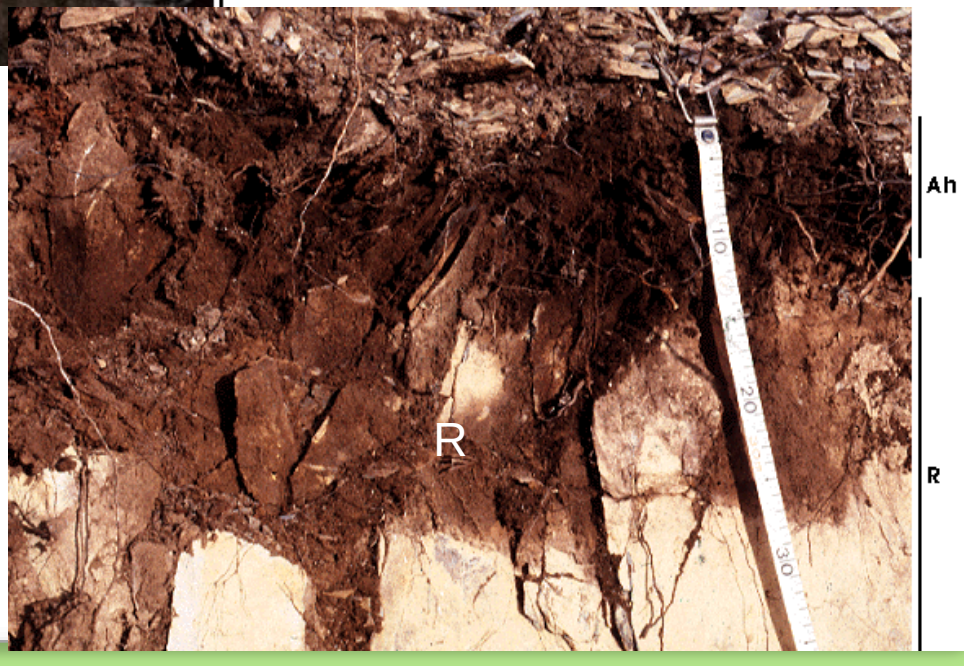
Horizontes C





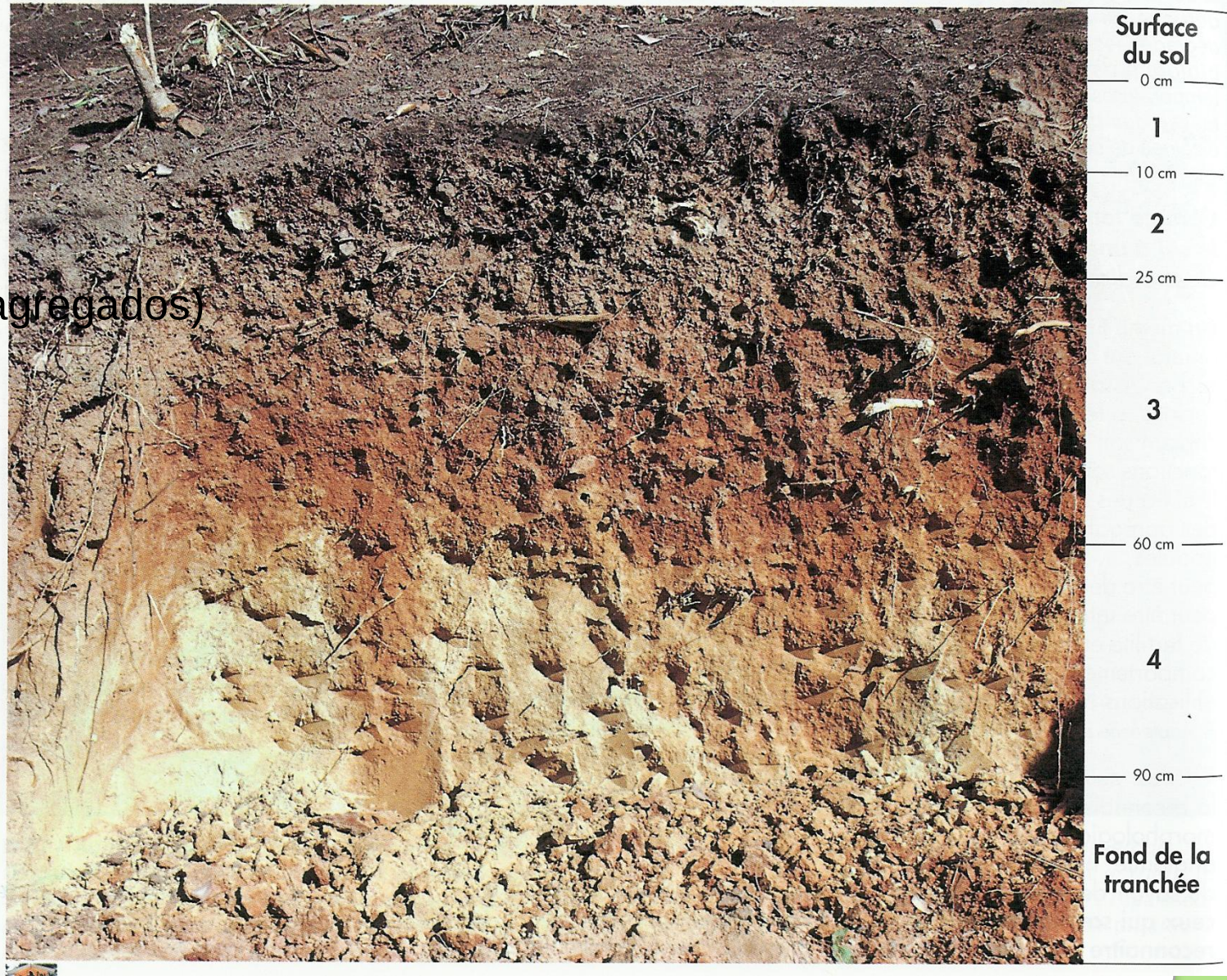
Horizontes R





Descripción de un perfil de suelo

- ✓Espesor
- ✓Color
- ✓Estructura (agregados)
- ✓Raíces
- ✓Textura
- ✓Etc.



CUADRO 85

Características subordinadas dentro los horizontes maestros

Sufijo	Descripción corta	Usado para
a	Material orgánico altamente descompuesto	Horizontes H y O
b	Horizonte genético enterrado	Horizontes minerales, no crioturbados
c	Concreciones o nódulos	Horizontes minerales
c	Tierra coprogenea	Horizontes L
d	Capa u horizonte denso (enraizamiento restringido)	Horizontes minerales, no con m
d	Tierra diatomea	Horizontes L
e	Material orgánico moderadamente descompuesto	Horizontes H y O
f	Suelo congelado	No en horizontes I y R
g	Condiciones estágnicas	Sin restricción
h	acumulación de materia orgánica	Horizontes minerales
i	Superficies de deslizamiento	Horizontes minerales
i	Materia orgánica ligeramente descompuesta	Horizontes H y O
j	Acumulación de Jarosita	Sin restricción
k	Acumulación de carbonatos pedogenéticos	Sin restricción
l	Franja capilar de moteados (gleyización)	Sin restricción
m	Fuerte cimentación o endurecimiento (pedogenético, masivo)	Horizontes minerales
m	Marga	Horizontes L
n	Acumulación pedogeneética de sodio intercambiable	Sin restricción
o	Acumulación residual de sesquióxidos (pedogenético)	Sin restricción
p	Labranza u otra acción humana	Sin restricción, E, B o C como Ap
q	Acumulación de sílice pedogenética	Sin restricción
r	Fuerte reducción	Sin restricción
s	Acumulación iluvial de sesquióxidos	Horizontes B
t	Acumulación iluvial de arcilla silicatada	Horizontes B y C
u	Materiales urbanos y otros antrópicos	Horizontes H, O, A, E, B y C
v	Ocurrencia de plintita	Sin restricción
w	Desarrollo de color o estructura	Horizontes B
x	Características fragipán	Sin restricción
y	Acumulación pedogenética de yeso	Sin restricción
z	Acumulación pedogenética de sales mas solubles que el yeso	Sin restricción
@	Evidencia de crioturbación	Sin restricción