

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**

PROCESOS FORMADORES DE SUELOS

Parte I

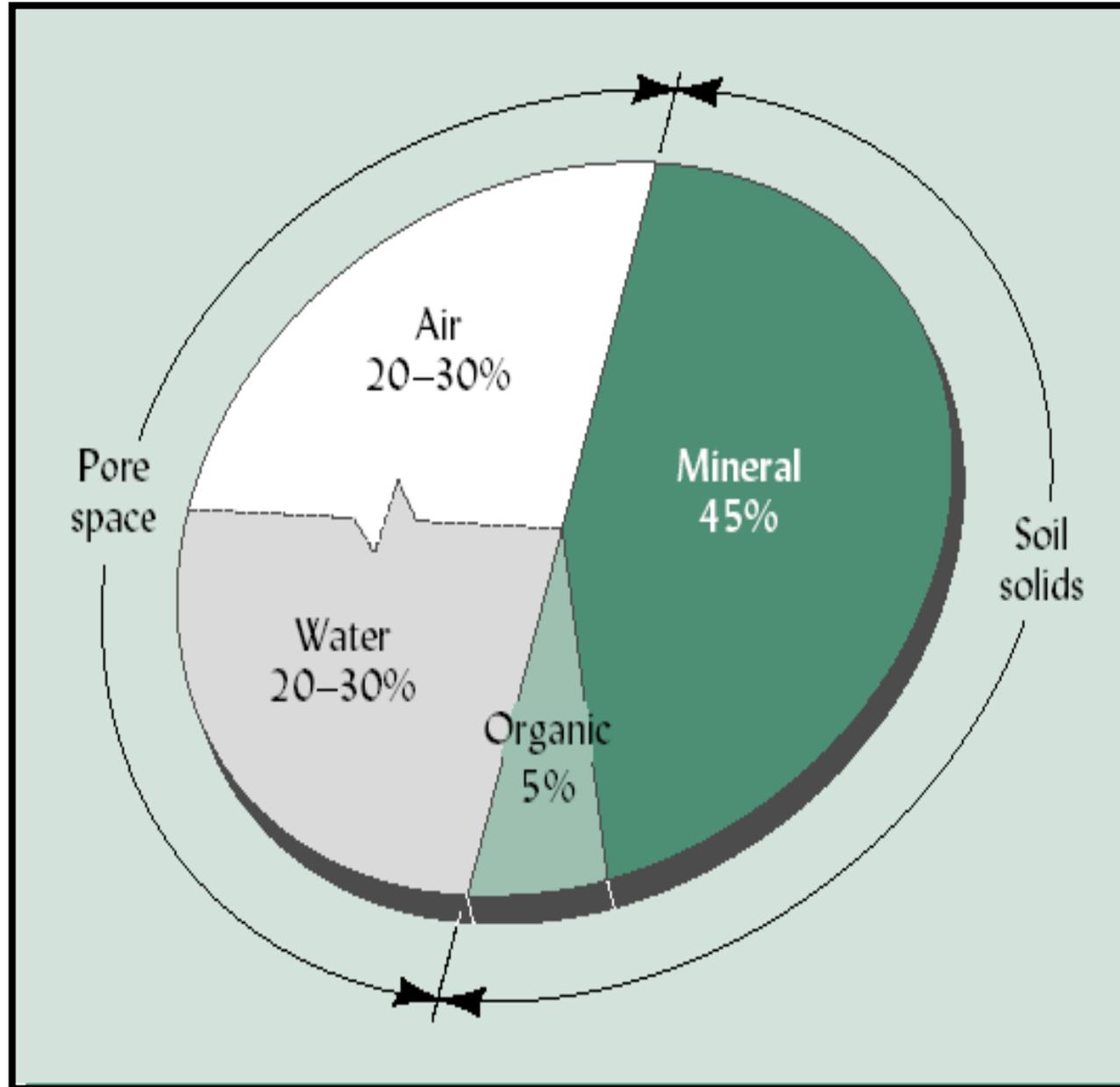
José Sastre

Salta, 2021

Suelo

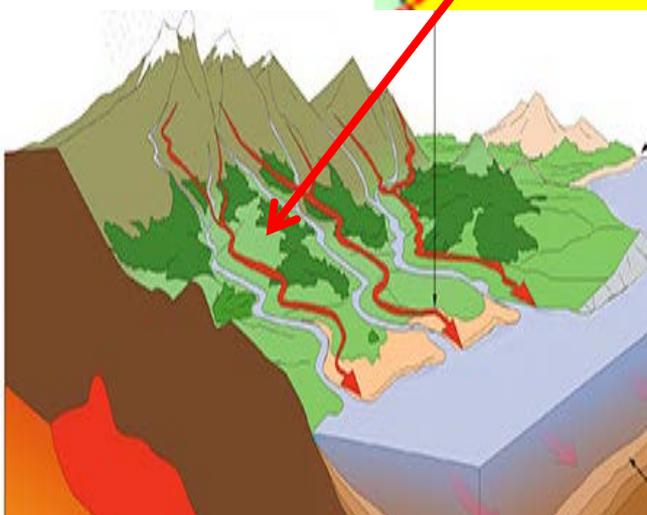
- Es un cuerpo natural que comprende a sólidos (**minerales** y **materia orgánica**), **líquidos** y **gases** que están en la superficie de la Tierra.
- Ocupa un espacio y se caracteriza por tener **horizontes o capas** que se distinguen del material original como resultado de la actuación de los **factores formadores** y **procesos pedogenéticos** y por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff 2010).

Suelo: sistema de tres fases



FACTORES FORMADORES DE SUELOS

Precipitación y Temperatura

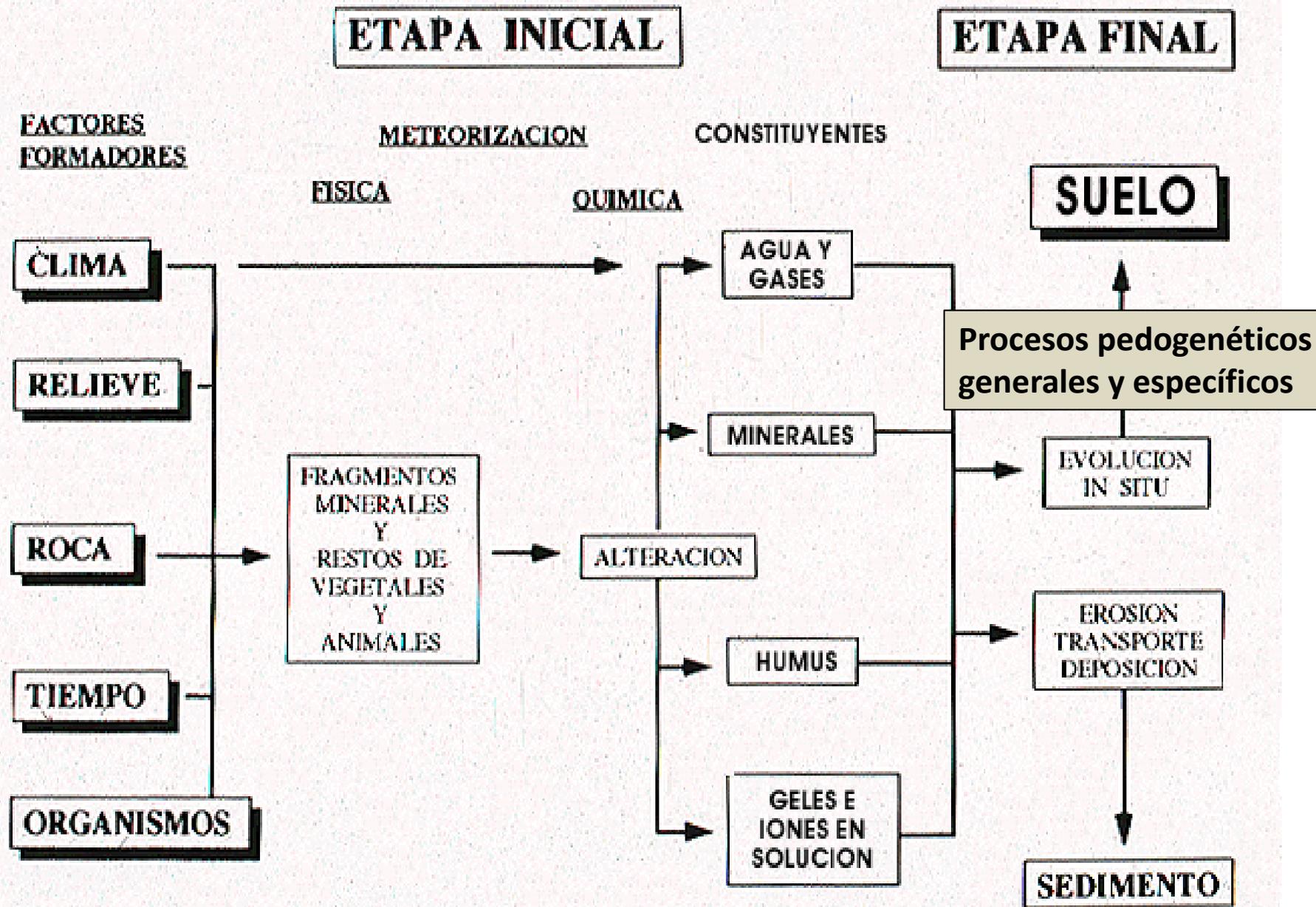


Tiempo

SUELO



Etapas de génesis de un suelo



PROCESOS DE FORMACION DEL SUELO

- **Los procesos de formación de suelos son:**
 - Un conjunto de mecanismos sencillos o complejos que dan lugar a la formación de los **horizontes** del **perfil del suelo** (cada uno con sus respectivas propiedades **físicas**, **químicas** y **biológicas** que los distinguen) y que le dan **identidad al suelo**.
 - Son los procesos químicos, físicos y físicoquímicos que caracterizarán específicamente un suelo determinado.
- **La importancia de conocer procesos pedogenéticos se debe al uso y manejo por el hombre (riego, drenaje, aplicación de ácidos para frutales, entre otros) y para conocer su evolución por los cambios en el ambiente (naturales o climáticos) y también en cartografía, clasificación y ordenamiento territorial de suelos.**

PROCESOS GENERALES DEFORMACION DEL SUELO

- La acumulación de **regolita** por **meteorización de rocas o transporte de sedimentos fluviales** preceden u ocurren simultáneamente con el **desarrollo de horizontes distintivos de un perfil del suelo.**
- Durante la **formación o génesis de un suelo** a partir de un material parental, **la regolita se somete a cambios profundos.**
- Estos cambios son provocados por variaciones en los **cuatro amplios procesos formadores de suelos** (Figura diapositiva siguiente).
- **Los cuatro MECANISMOS O PROCESOS DE FORMACIÓN DE SUELOS GENERALES, BÁSICOS O ELEMENTALES SON: adición, translocación, transformación, acumulación y pérdidas que ayudan a definir lo que distingue suelos de capas depositadas por procesos sedimentarios.** Ellos son responsables de la formación del suelo en todo tipo de ambientes.

PROCESOS FORMADORES

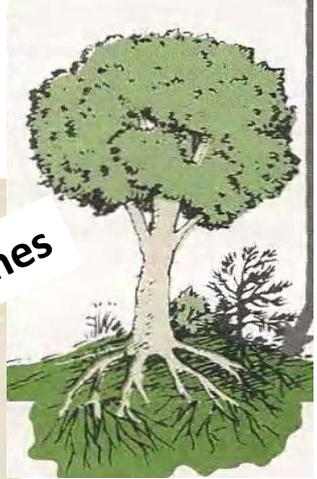
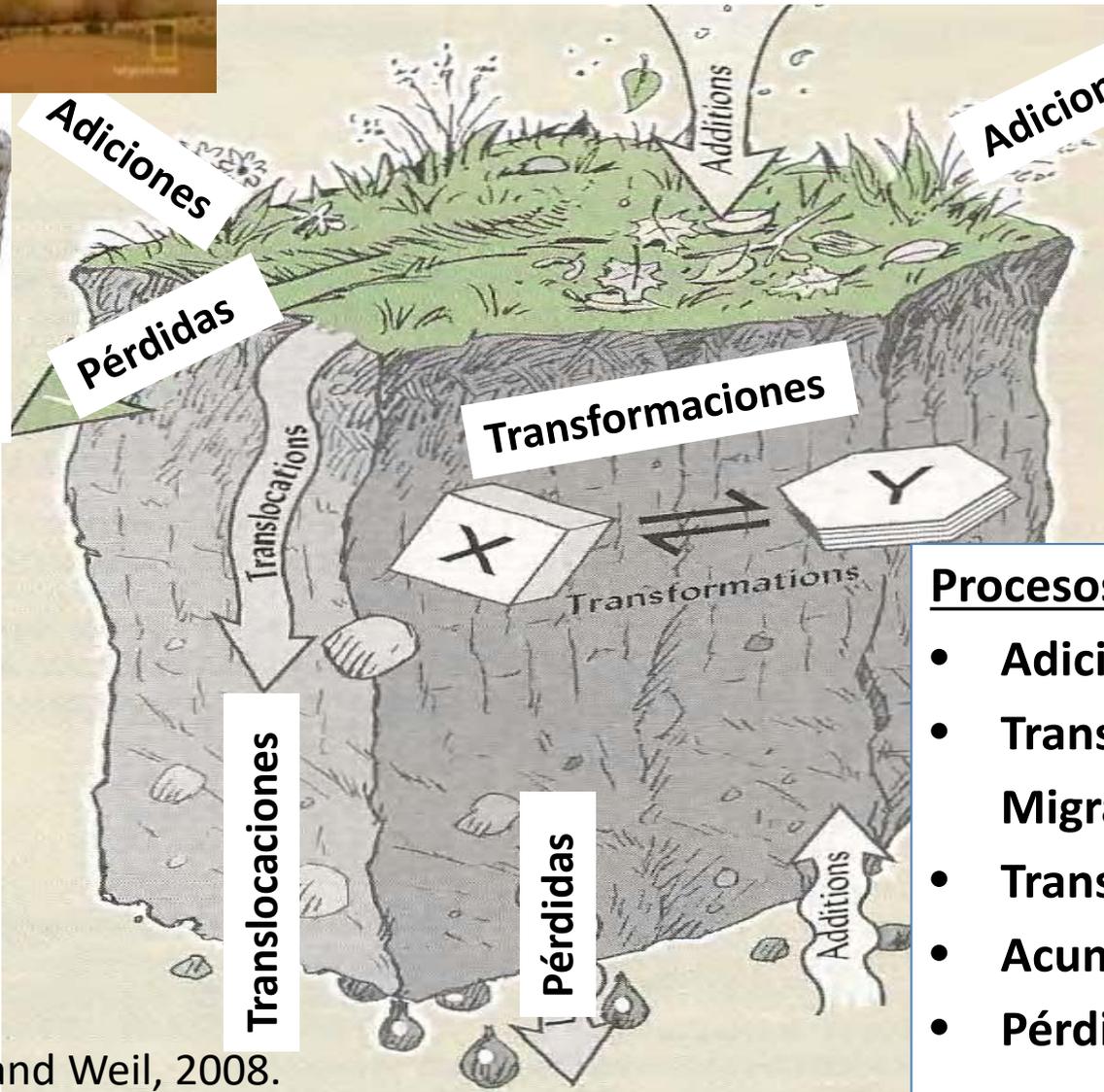
• GENERALES

- Adiciones
 - Translocaciones o Migraciones
 - Transformaciones
 - Acumulaciones
 - Pérdidas
- Los cambios de un suelo durante su génesis son función de las adiciones, exportaciones, transferencias y transformaciones de materiales en el sistema edáfico.
- $S = f$ (adiciones, exportaciones, transferencias y transformaciones).

• ESPECÍFICOS O TIPOGÉNICOS

- **Melanización**
- **Argiluviación**
- **Calcificación**
- **Salinización**
- **Solonetización**
- **Solotización**
- **Gleyzación-Pseudogley**
- **Argilopedoturbación-Vertisoles**
- Ferralitización
- Ferruginación
- Fersialitización
- Andolización
- Podsolización

PROCESOS GENERALES DE FORMACION DEL SUELO



Procesos generales

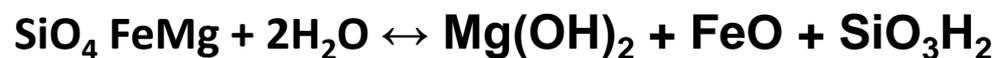
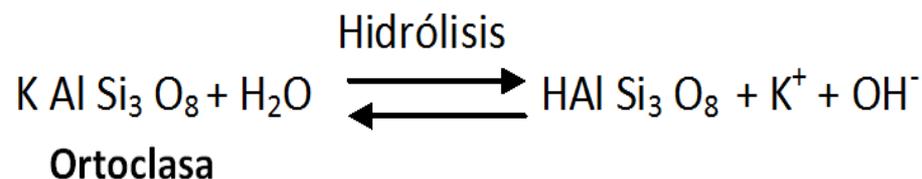
- Adiciones
- Translocaciones o Migraciones
- Transformaciones
- Acumulaciones
- Pérdidas

Adiciones al suelo

- Energía solar
- Agua
 - * En la superficie (infiltración)
 - * **A partir de una capa freática** (capilaridad)
 - * **Lateralmente** (escorrentía superficial y subterránea)
- Oxígeno
- **Materia orgánica**
- Sales disueltas en el agua
- Materiales provenientes de erosión

Translocaciones dentro del suelo

- Eluviación
- Iluviación
- Queluviación (hierro, aluminio y materia orgánica)
- Podsolización (formación de humus mor o moder).
- Translocación de caliza (lixiviación)
- Translocación de yeso
- Translocación de sílice
- Redistribución y acumulación de sales más solubles que el yeso (salinización).



Ráfagas del viento Zonda en Mendoza

04 de octubre de 2017



Transformaciones dentro del suelo

- Meteorización
- **Transformación de la materia orgánica**
- **Melanización**
- **Desarrollo de estructura**
- Pedoturbación.
 - * Bioturbación
 - * Argiloturbación (arcillas expandibles)
 - * Crioturbación
- Endurecimiento y cementación
- Desarrollo de rasgos hidromórficos
 - * Gleificación
 - * Ferrólisis
- Sodificación

Pérdidas a partir de la superficie del suelo

- Gases
- Agua (evaporación)
- Energía calórica
- Erosión del material superficial del suelo
- Anhídrido carbónico por mineralización de la materia orgánica

Pérdidas por la parte inferior del suelo

- Agua
- Lixiviación
 - * Sales solubles
 - * Yeso
 - * Carbonatos de calcio y magnesio
 - * Bases: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+
 - * Sílice y bases con acumulación relativa o absoluta de hierro y aluminio.
- Pérdida de material en suspensión (lavado)

PEDON

- Unidad mínima tridimensional de descripción y muestreo.
- Volumen arbitrario de suelo, considerado como el más pequeño que puede reconocerse como un suelo individual cuyas dimensiones laterales son suficientes para permitir el estudio de las formas de los horizontes y la variabilidad de otras propiedades.
- La superficie del pedón es poligonal y puede ser de 1 a 10 m², según la variabilidad del suelo.

POLIPEDON

- Conjunto o grupo de pedones similares y contiguos.
- El polipedón en Soil Taxonomy es una magnitud de clasificación, un cuerpo suelo, homogéneo a nivel SERIE y suficientemente grande como para exhibir todas las características consideradas en la descripción y clasificación de suelos.

Sistema suelo con translocación y acumulación de arcilla y CaCO_3



Modificado de: Brady and Weil, 2008.

ADICIONES

- SON ENTRADAS DE MATERIALES PROCEDENTES DE FUENTES EXTERIORES AL **PERFIL DEL SUELO** EN DESARROLLO.
- Un ejemplo es la **entrada de MO** de las **hojas caídas de árboles** y **raíces** en descomposición (con carbono que procede de la atmósfera). Cuando se descomponen quedan incorporadas al suelo como **Humus**.

Proceso de Adición de MO-MELANIZACIÓN

- Es un proceso químico y bioquímico por el que se incorpora MO al suelo con oscurecimiento de los horizontes.
- Primer paso que se da en el suelo y permite distinguir un horizonte del material original. **En sitios con precipitación y vegetación densa.**
- Se forman horizontes A de suelos (Mólico, Umbrico, Antrópico y Melánico).
- También se observa en horizontes B de la región pampeana por arrastre mecánico de la MO en suspensión o dispersa por Na.
- Recubren los prismas y se mezclan procesos de Melanización e ilmerización (iluviación de arcilla).



**Horizonte
orgánico en
superficie**

**Mezcla de
materia orgánica
y mineral en
horizonte
superficial A**



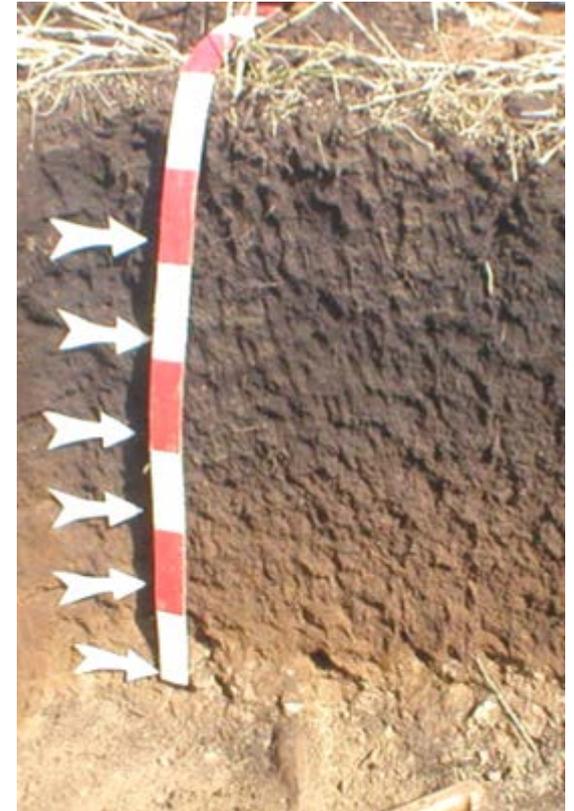
Melanización: proceso de adición de materia orgánica



Proceso de melanización

Melanización + calcificación

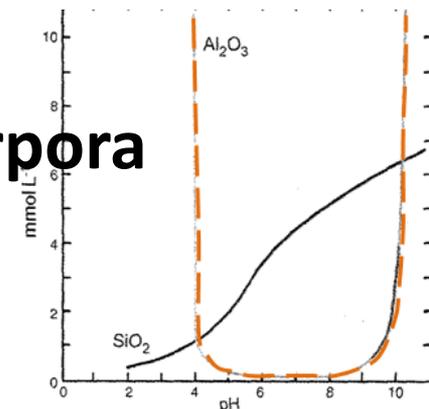
Melanización + vertisolización



Paleudol petrocálcico
(Pampa Interserrana)

Argiudol vértico
(Pampa Ondulada)

- Otra adición son las partículas de **Ceniza volcánica** y **polvo atmosférico** que caen en la superficie del suelo (transportadas por el viento).
- Otro ejemplo común en **regiones áridas** es la **adición de sales o sílice disuelto** en el **agua subterránea** y depositado cerca de la superficie del suelo cuando el nivel freático asciende y el agua se evapora. También las sales pueden ser transportadas **por los ríos**. Estas proceden de la disolución de rocas **calizas** y se transportan en solución. Otros aniones en solución **son HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^-**
- **Animales y seres humanos también pueden contribuir con adiciones como abono y fertilizantes.**
- **El agua de lluvia o riego** es el medio que incorpora elementos al suelo.
- **También se incorpora el O_2 de la atmósfera.**



Cenizas volcánicas: proceso de adición



Pampa Arenosa



Ceniza Volcán Quizapú
(Abril 1932). Carlos
Tejedor (Prov. Bs.As.)

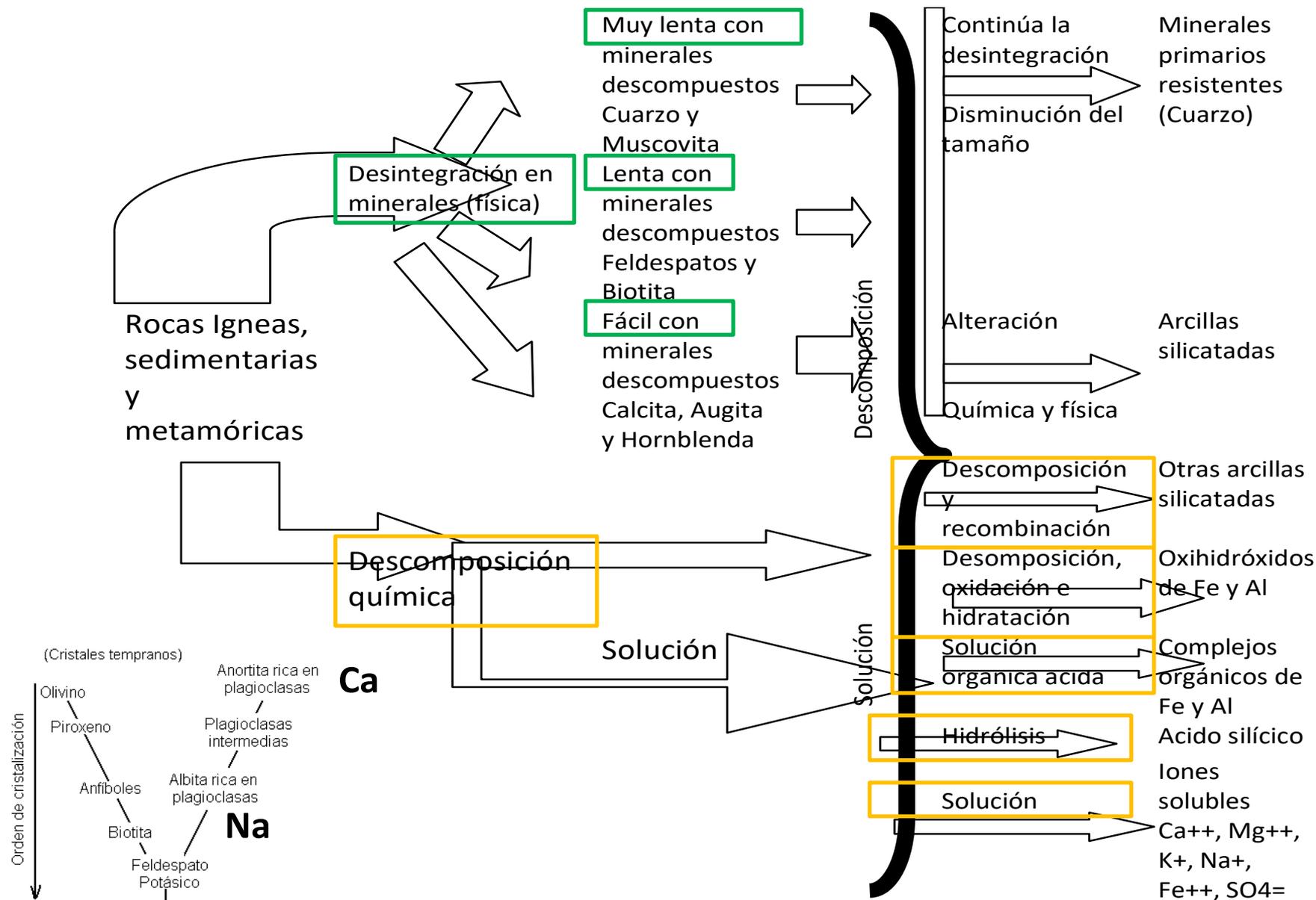


Hapludol tapto-árgico

TRANSFORMACIONES

- LOS **CONSTITUYENTES DEL SUELO** SE **MODIFICAN QUÍMICA O FÍSICAMENTE** O SON **DESTRUIDOS** Y SE **SINTETIZAN OTROS A PARTIR DE LOS MATERIALES PRECURSORES**.
- Meteorización de **minerales primarios**, algunos se desintegran y alteran para formar **arcillas silicatadas**.
- Los **minerales primarios** se descomponen y los **productos de la descomposición** se recombinan en **nuevos minerales** que incluyen **arcillas silicatadas y oxihidróxidos de Fe y Al** ([Figura diapositiva siguiente](#)).
- Descomposición de residuos orgánicos y síntesis de ácidos orgánicos, humus y otros productos.
- Cambio del tamaño de partículas del suelo (la meteorización física **disminuye el diámetro de las partículas** y las hace más pequeñas)
- **Agregación** de partículas minerales con **formación de estructuras**.
- Pérdida de la estructura por la presencia de Na en el suelo. En el cono del río Mojotoro hay Na en la superficie del perfil del suelo.
- Otra transformación se produce por **Hidromorfismo**.

Meteorización en condiciones climáticas moderadamente ácidas en regiones templadas húmedas



Modificado de: Brady and Weil, 2008.

Transformación minerales y materia orgánica del suelo

Sustancias formadoras	Suelo	
	Componente mineral	Componente orgánica
Procesos y neoformaciones		
Sustancias "primarias"	Materiales originales minerales	Organos aéreos y radiculares de plantas con hidratos de carbono, proteínas, lignina, entre otros.
Procesos de descomposición	Meteorización	Degradación
Procesos de formación	Neoformación de minerales	Humificación
Neoformaciones "secundarias"	Minerales de arcilla, óxidos, hidróxidos.	Compuestos húmicos

TRANSLOCACIONES

- MOVIMIENTO DE MATERIALES INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS LATERALMENTE DENTRO DE UN HORIZONTE O VERTICALMENTE DE UN HORIZONTE SUPERIOR HACIA OTRO INFERIOR O HACIA ARRIBA.
- El agua que percola hacia abajo por gravedad o ascendiendo capilarmente, es el agente de translocación más común.
- Los materiales que se mueven dentro del perfil incluyen:
 - partículas de arcilla fina dispersas,
 - sales disueltas y
 - sustancias orgánicas disueltas.
- También hay traslocaciones de materiales por organismos del suelo.
 - Incorporación de hojarasca orgánica superficial dentro de los horizontes A y B por lombrices.
 - Transporte de material de los horizontes B y C a la superficie por construcción de montículos por termitas y acciones de excavación y dispersión de roedores.

TRANSLOCACIONES

–Por lixiviación

- **Soluciones de sales: movimiento en disolución de los constituyentes solubles del suelo.**

–Por lavado

- Desplazamiento mecánico de coloides (**Arcilla y Materia orgánica**) **y cantidades menores de limo fino** hacia abajo de las grietas.

•Lixiviación

–Es la **eluviación por disolución.**

–Implica la eliminación de **sales de todo el suelo o de un horizonte lixiviado.**

–Los **iones y compuestos se concentran en la solución del suelo** y forman nuevos **minerales de arcilla alúmino-silicatados y óxidos de hierro y aluminio** que precipitan donde las concentraciones de sílice son bajas. **Proceso que se da en Oxisoles y Ultisoles.**

–**En muchos suelos hay translocación de coloides** (arcillas muy finas, sesquióxidos, y humus).

–El Calcio se lixivias como bicarbonato soluble en suelos formados a partir de calizas y loess calcáreo. Los carbonatos precipitan donde termina el flujo de agua hacia abajo.

–**También se lixivian sales solubles de Na, Ca, Mg, Cl⁻ y SO₄⁻ en climas áridos.**

–La adsorción de **Mg, Na, K y Al₂O₃** en los **minerales arcillosos** del suelo y **Fe₂O₃** en **nódulos, concreciones y capas de hierro**, puede explicar la **baja movilidad de estos constituyentes.**

• Lavado

– La migración mecánica de pequeñas partículas de minerales desde los horizontes A a los B, produce horizontes B relativamente enriquecidos en arcilla, como en horizontes argílicos.

– Movimiento en **suspensión** de **arcilla y cantidades menores de limo fino** hacia abajo de las grietas, y otros huecos de los suelos.

–Se refleja:

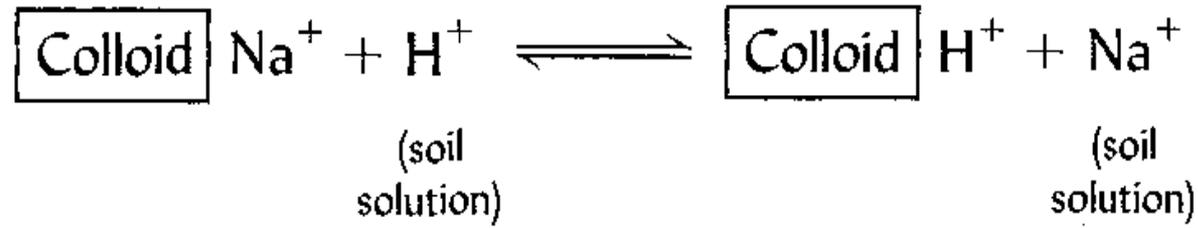
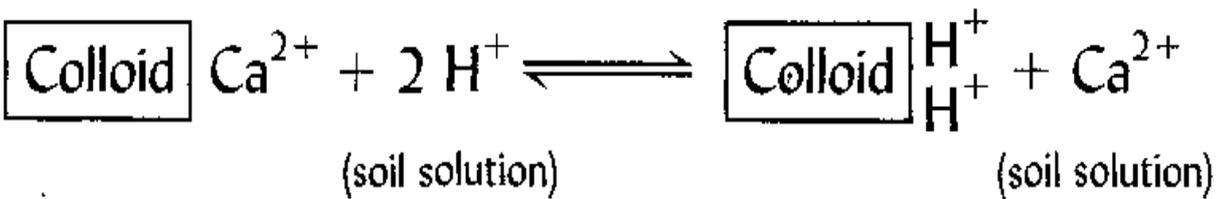
- *A*) en el agotamiento de la arcilla de los horizontes A;
- *B*) en el **enriquecimiento en arcilla de los horizontes B** en **contenido de arcilla**, con **relación con los C o A**; y
- *C*) en la **presencia de argilanes en los horizontes B**.

–La arcilla móvil que participa puede ser un producto de la intemperización en el **horizonte A** o de **origen eólico, agregada al suelo durante el desarrollo** (Buol y Hole, 1961).

Traslocaciones

- Donde la precipitación supera a la evapotranspiración, el **agua que percola** por un suelo hacia los niveles inferiores disuelve minerales que contienen **Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+** . Estos cationes son nutrientes para las plantas y son eliminados del suelo en climas húmedos. Sin embargo, **parte de ellos son adsorbidos por los coloides del suelo**, y forman parte del **complejo de cambio**. De esta forma están **disponibles para las plantas**.
- Los complejos que se forman entre la materia orgánica del suelo y las arcillas favorecen la adsorción de cationes y mejoran la fertilidad de los suelos en climas húmedos.
- El lixiviado contribuye a la formación del horizonte B cámbico (Bw), con el aporte de **cationes que luego son usados para la neoformación de arcillas**.
- Si la eliminación de bases (cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) es importante, se produce la acidificación del horizonte B, que también contribuye a la formación de un horizonte Bw.

- Acidificación:** al no haber en el suelo bases de intercambio el pH se transforma en ácido por la presencia de H^+ en la solución y adsorbidos a los coloides. Se produce en climas **tropicales húmedos**.



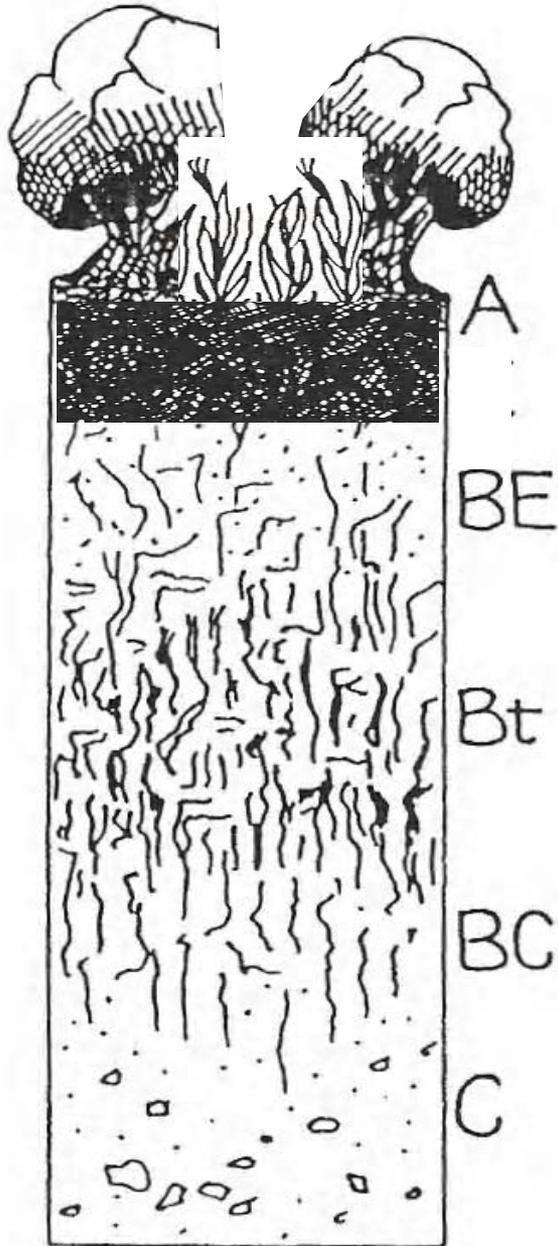
Translocación: Perfil de un

Argiudol con B_t

- Pradera con vegetación nativa de gramíneas.
- Horizonte A con alta saturación en bases Ca y Mg. **Epipedón Mólico (espeso y con abundante MO).**
- Podrá tener horizonte transicional AB o BA
- B_t = horizonte Argílico.
- Ck = Acumulación de carbonato de calcio secundario (calcita). (Concreciones blancas).
- Material original calcáreo.



Translocación: Perfil de un Argialbol con Bt

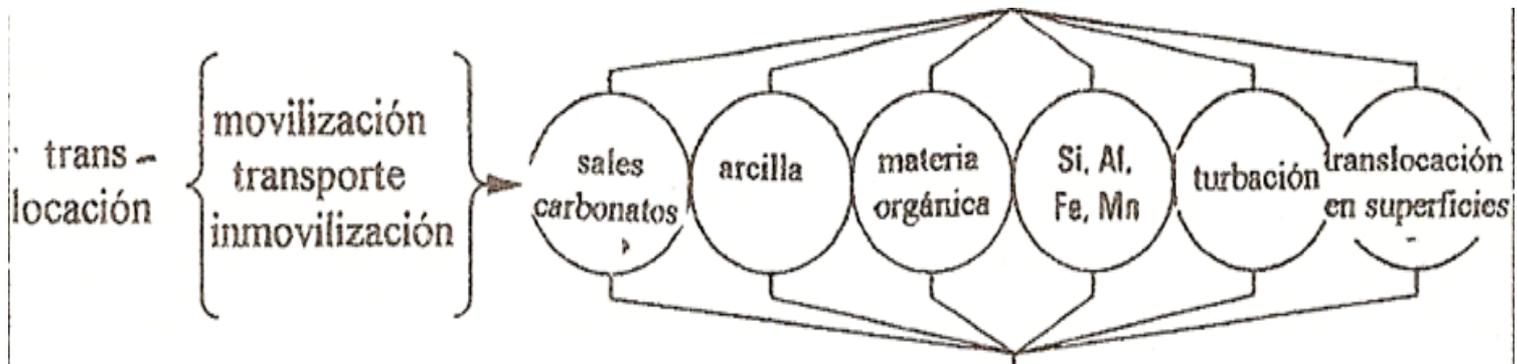


- Vegetación de bosque de hoja caduca y gramíneas en un sitio bien drenado. Los residuos vegetales en superficie pueden evitar escorrentía superficial y erosión y promover eluviación (pérdida de arcilla en A y E)-iluviación (ganancia de arcilla) en B_t.
- Horizonte A con alta saturación en bases. **Epipedón Mólico (espeso y con abundante cantidad de MO).**
- Podrá tener horizonte transicional BE
- **Bt= horizonte Argílico.**
- C= Material original.

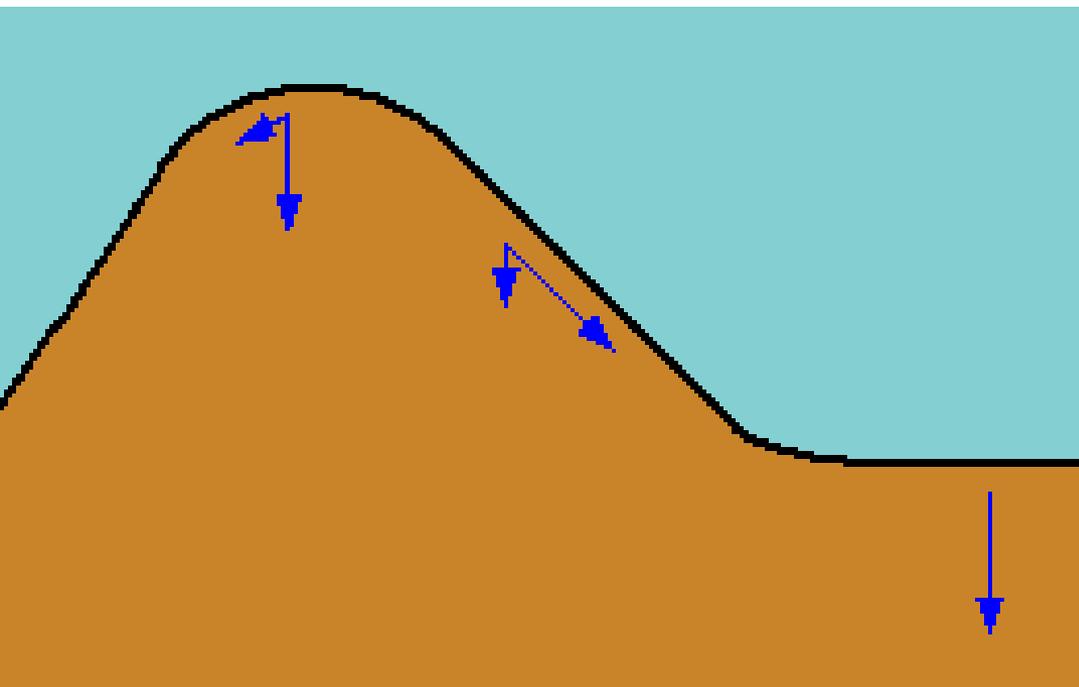
- **Factores que favorecen la migración:**
 - **Precipitaciones** en estaciones contrastadas.
 - **Textura o tamaño de partículas del suelo.**
 - **Estructura o forma de agregarse las partículas del suelo.**
 - **pH**
 - **Naturaleza del Humus.**
 - **Temperatura.**
- **Factores que favorecen la acumulación:**
 - **Potencial de óxido-reducción del suelo.**
 - **Textura o tamaño de partículas del suelo.**
 - **Raíces.**

CONDICIONES GENERALES DE MIGRACIÓN

1. Migración de sales y cationes
2. Migración de arcillas (ARGILUVIACIÓN):
3. Migración de óxidos
 - a. Hidróxidos de Fe y Al
 - b. Sílice
4. Migración de MO: Se da en dos circunstancias opuestas:
 - medio alcalino (humatos alcalinos).
 - medio muy ácido: compuestos aromáticos solubles, el humus migra como quelatos (complejos solubles o pseudosolubles) y se deposita en el horizonte B.



- La translocación se realiza por la acción del agua que se desplaza a través del suelo.
- El movimiento es vertical descendente, *pero en relieves montañosos el desplazamiento lateral u oblicuo adquiere importancia.*
- **En los ambientes áridos los movimientos verticales ascendentes son importantes.**

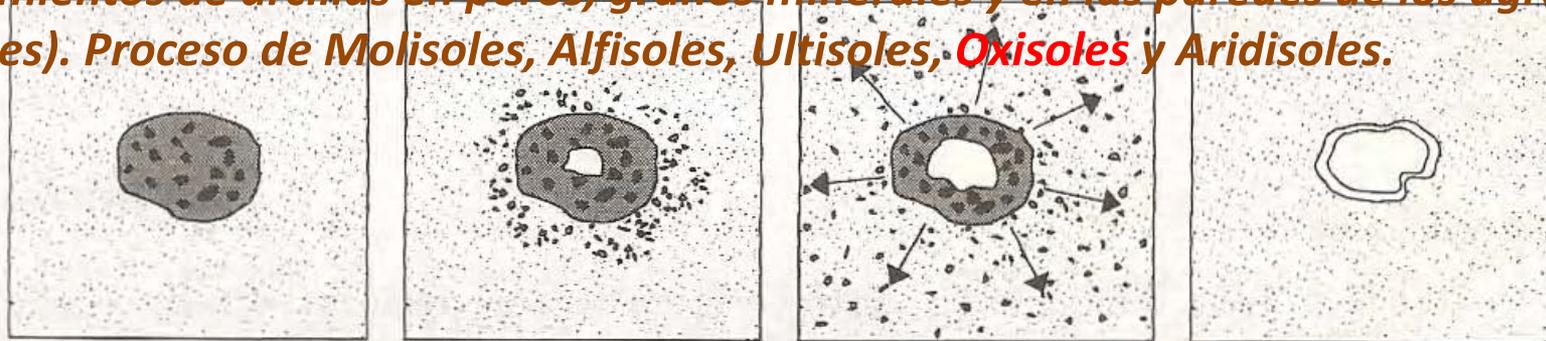


Procesos de translocación

clima árido

FORMAS DE ACUMULACIÓN

- **Acumulación de arcilla:** Proceso tipogénico: Argiluviación: translocación-migración en suspensión.
- LAS **ARCILLAS**, EL **HUMUS** Y OTROS COMPONENTES DEL SUELO FINAMENTE DISPERSOS SE PUEDEN **MOVER COMO UNA SUSPENSIÓN COLOIDAL** DESDE LOS **HORIZONTES SUPERIORES (ELUVIALES)** HACIA LOS **INFERIORES (ILUVIALES)**, DONDE SON **REDEPOSITADOS**.
- ELUVIACIÓN O PÉRDIDA O EXPORTACIÓN.
- ILUVIACIÓN O GANANCIA O IMPORTACIÓN DE ARCILLAS.
- La eluviación de arcillas se produce en áreas con **periodos alterantes húmedos** y **secos**. Después de una lluvia, el material en suspensión eliminado del horizonte A se deposita en las **caras de los agregados** y en la **porosidad de un horizonte subsuperficial**.
- La **argiluviación** es la responsable de la formación de los horizontes **B argílicos**. Se trata de un horizonte **B enriquecido en arcillas** redepositadas a partir de una suspensión coloidal descendente (**horizonte Bt**). Son característicos de estos horizontes los *clay skins* o **recubrimientos de arcillas en poros, granos minerales y en las paredes de los agregados (Barnices)**. **Proceso de Molisoles, Alfisoles, Ultisoles, Oxisoles y Aridisoles.**



Poros llenos de agua

Vaciado

Poros vacíos con
revestimiento de arcilla

MACROPORO Y SUSPENSION DE ARCILLAS

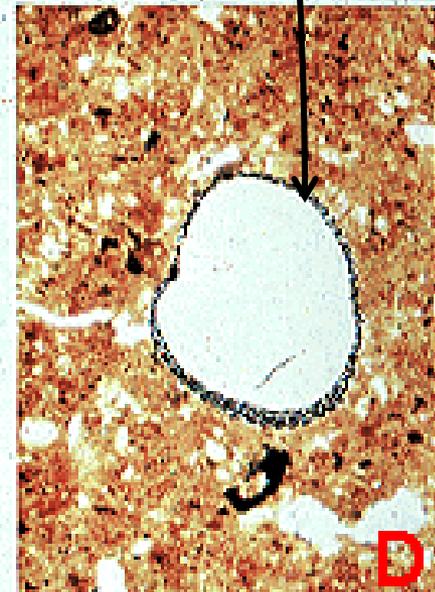
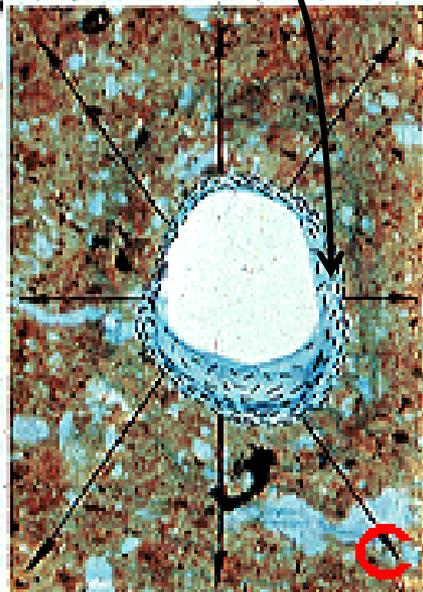
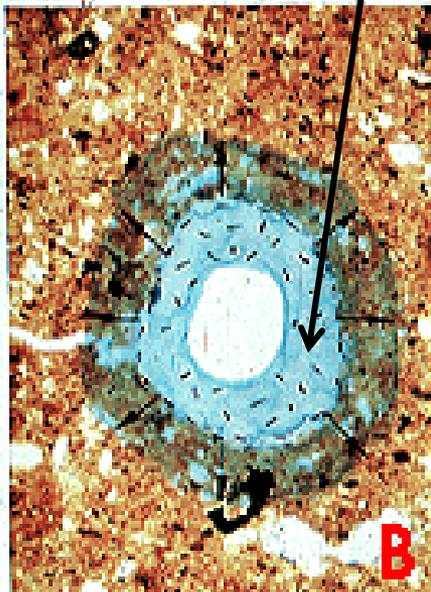
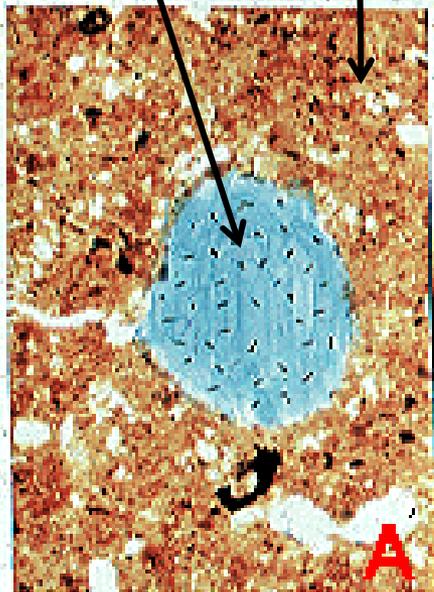
Matriz del suelo

Macroporo lleno de suspensión de agua con partículas de arcilla.

Siguiente estación sin lluvia.
El macroporo se seca y el agua con partículas de arcilla se transforma en una película que reviste el poro (agua retenida por la matriz del suelo)

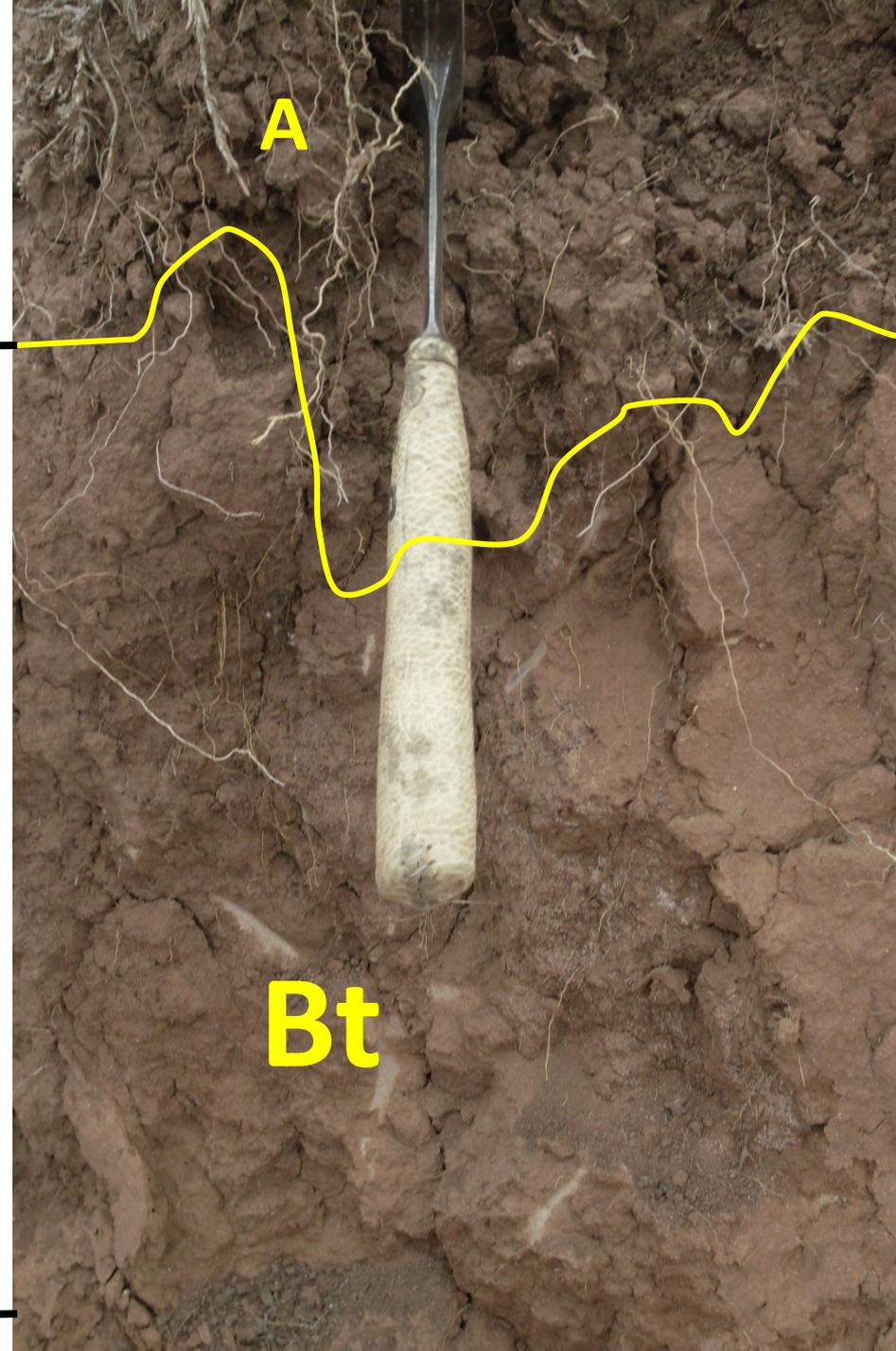
En la estación sin lluvia continúa el vaciado del macroporo. Los meso y microporos toman el agua. ¿Qué ocurre con las partículas de arcilla en suspensión? Se acercan y adhieren a las paredes del poro.

Cuando el macroporo se seca totalmente, las partículas de arcilla revisten su parte interna.

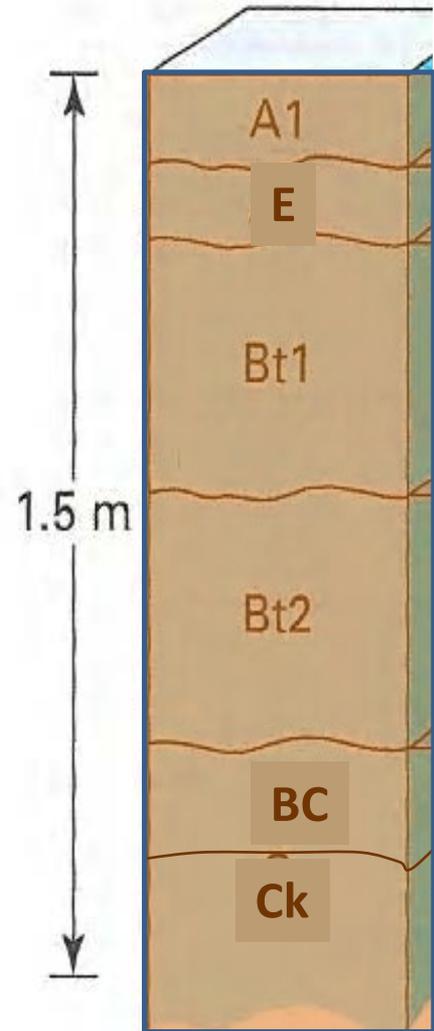




**Hotizonte Bt
o Argílico de
un Alfisol**



Translocación: Alfisol con horizontes Bt



- Bosques de hojas caducas en un sitio bien drenado. La **remoción del agua de los horizontes profundos** por evapotranspiración promueve los **procesos de eluviación - illuviación**. La capa de hojarasca prevendrá el escurrimiento y erosión y promoverán la eluviación.
- La **arcilla se eluvia** desde los horizontes superficiales para producir el **horizonte E lixiviado**. Los horizontes subyacentes muestran características de **iluviación** como **barnices en las caras de los pedos o estructuras**.
- La **arcilla se eluvia y forma un horizonte Bt**. Los **barnices típicos están en las caras de las estructuras del horizonte Bt** e incluso en **el horizonte BC. Horizontes Argílico, Kándico o Nátrico**.
- Bajo condiciones ideales, el horizonte o capa C está constituido por carbonato de calcio con moderado contenido de arcilla como un loess. **El carbonato debió ser lixiviado antes de que el movimiento de la arcilla tuviera lugar. El Ca^{2+} en los horizontes inferiores promoverá la iluviación por floculación de la arcilla.**

Procesos de Melanización y Argiluviación

Arcilla

25 %



A

Bt

BC

Mat. Org.

5,0 %

Nitrógeno

0,30 %

Fósforo

20 ppm

1,0 %

0,03 %

3 ppm

0,3 %

0,01 %

1 ppm

45 %

30 %

PROCESO FORMADOR

TRANSLOCACION

- **ARGILUVIACION**

- Se refiere a la **Iluviación** de arcilla que se mueve en suspensión (se dispersa) y migra en el perfil del suelo.

- **Eluviación**

- **Iluviación**

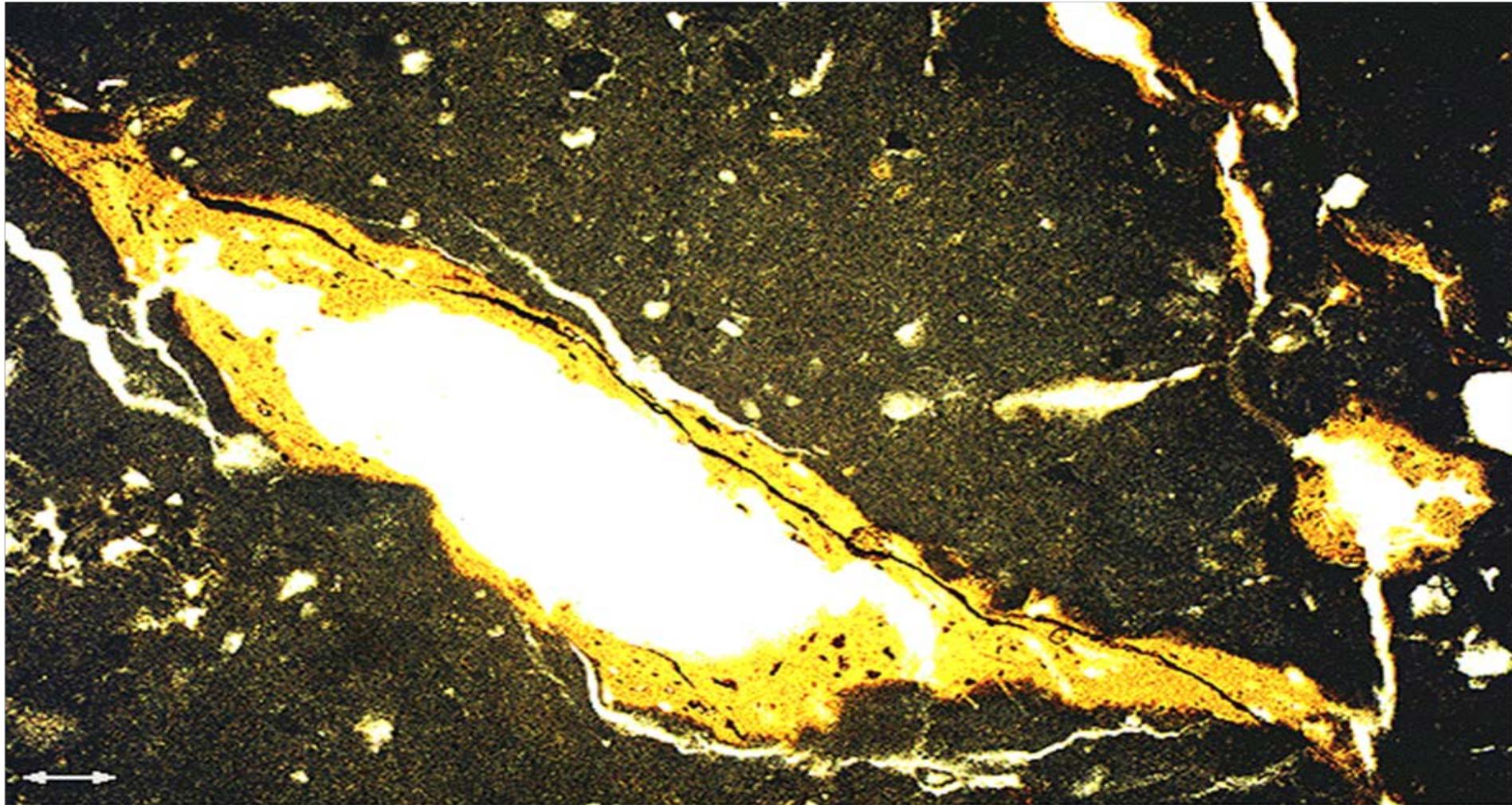
- Es necesario que en la zona exista un clima estacional contrastante con:

- un **período de humedad** y
 - otro con **estación seca**

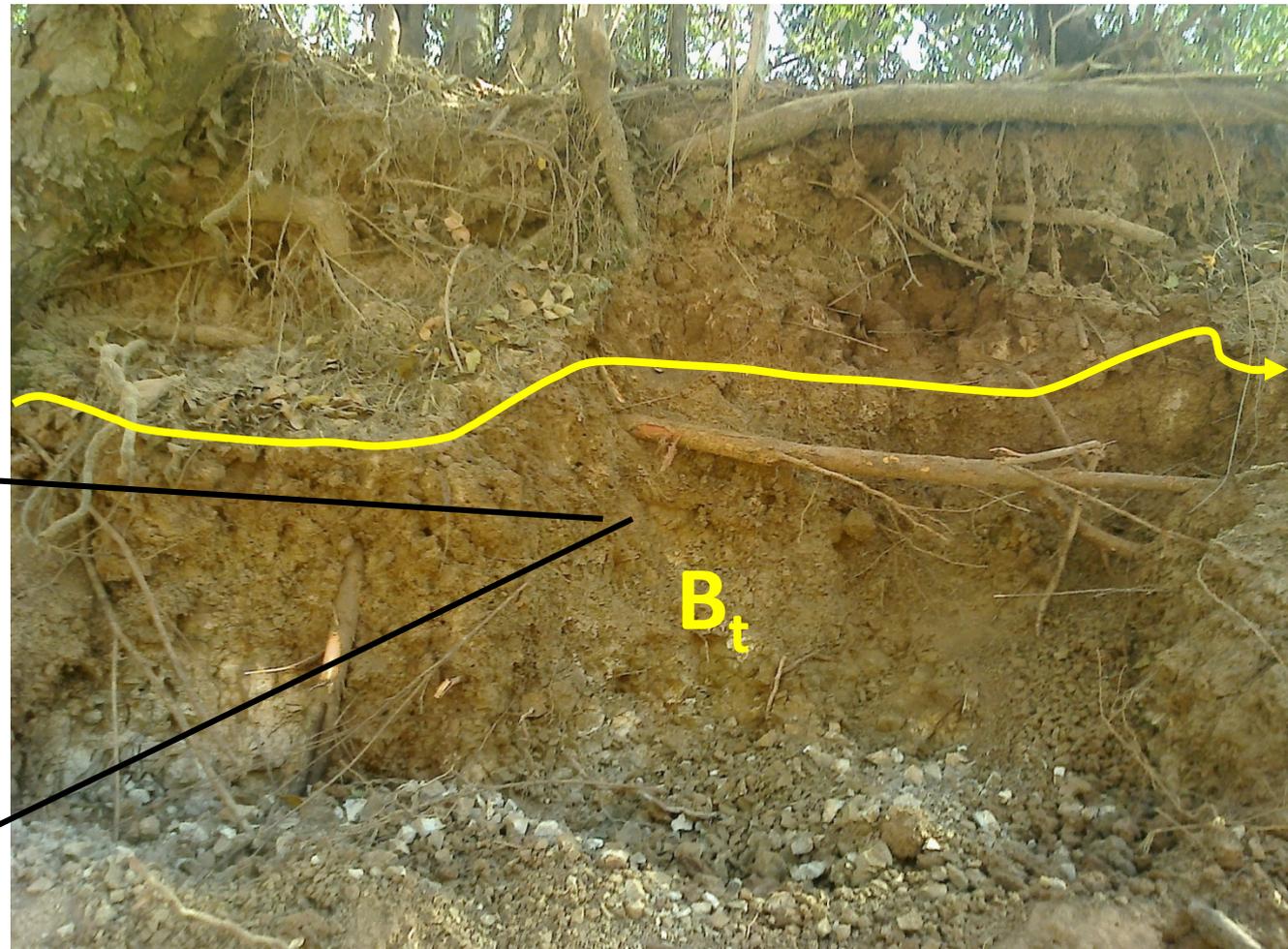
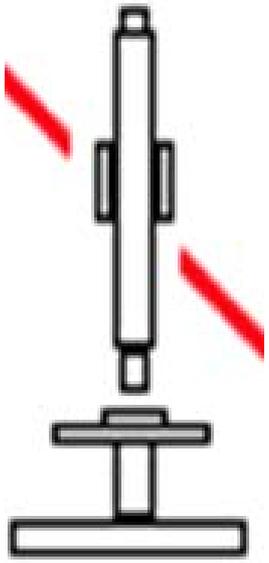
- La eluviación y la iluviación da origen a los horizontes iluviales Bt, Btn, Bh, Bhs, Bs, y al horizonte eluvial E.

MICROFOTOGRAFIA DE UN PORO CON REVESTIMIENTO DE ARCILLAS

- En la microfotografía, el color blanco representa el macroporo del suelo.
- El color amarillo es la arcilla. El color gris es CaCO_3 .
- La arcilla tapiza la pared del poro.



- En la siguiente estación húmeda **se repite el proceso**.
- El microporo se vacía de agua y las partículas de arcilla quedan en sus paredes.
- Con sucesivas películas, el poro queda cubierto con **barnices de arcilla**.
- **Perfil de suelo.**



REVESTIMIENTOS DE ARCILLA BARNICES



superficie brillante

matriz del suelo con revestimientos de arcilla

superficie mate

matriz del suelo normal, sin revestimientos de arcilla

CONDICIONES GENERALES DE ILUVIACIÓN

CAUSAS DE FORMACIÓN DE HORIZONTES DE ACUMULACIÓN

a. Causas físicas: el límite de penetración del agua de lluvia corresponde al nivel de mayor densidad de raíces.

b. Causas biológicas: la MO de los complejos pseudo-solubles es biodegradada por acción microbiana durante su migración.

c. Causas químicas:

- Presencia de iones Ca^{2+}
- Presencia de ciertos complejos anfóteros.
- El Fe^{2+} migra y precipita por oxidación.

•**Eflorescencias:** son depósitos cristalinos de sales diseminadas en la superficie o perfil del suelo. Están compuestas por electrolitos (cloruros o sulfatos, NaCl , CaCl_2 , CaSO_4). Se producen cuando el agua se evapora y cristalizan las sales.



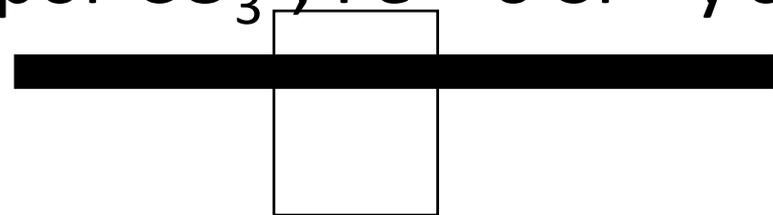
•**Micelios:** los carbonatos o cloruros se depositan alrededor de las raíces cuando estas mueren. Color blanco.

•**Revestimientos o barnices:** fina película de un compuesto que se depositó en la cara de un agregado (**barnices o cutanes**). Si son de arcilla se denominan **clay-skin**. También pueden ser de **humus**, **humus + arcilla**, arcilla con algún compuesto metálico, humus con algún compuesto metálico, entre otros.

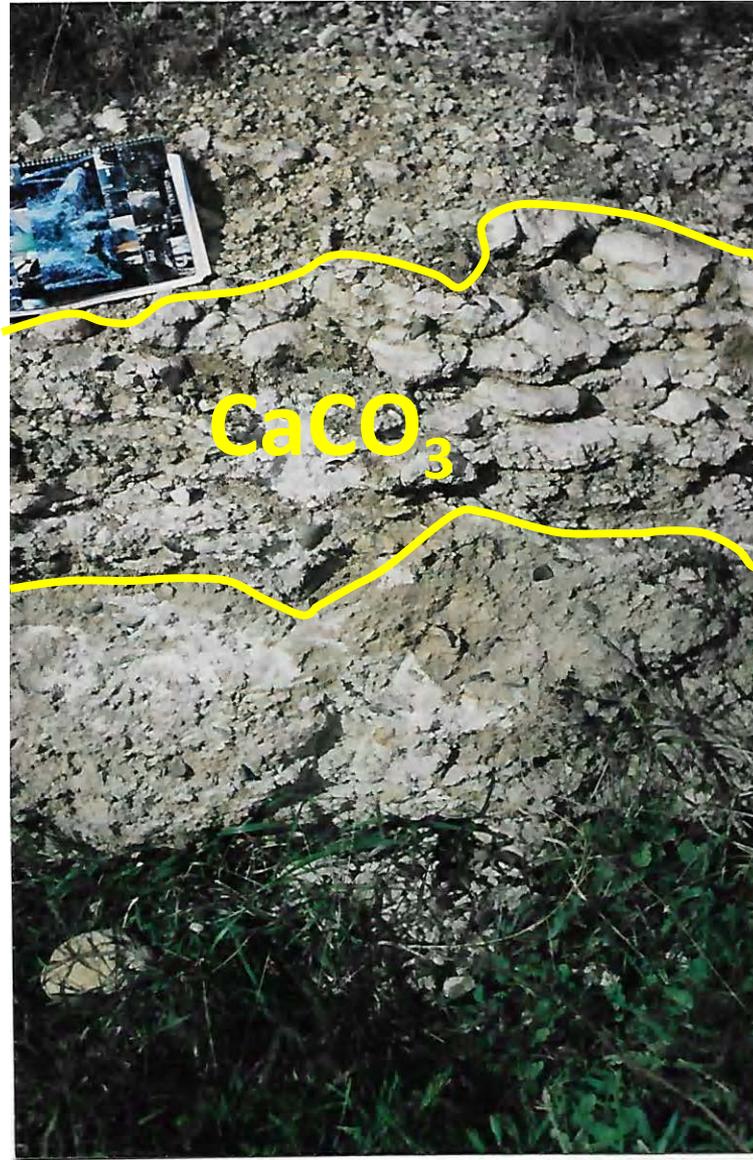
- **Costras:** pueden ser salinas de cloruros, sulfatos, carbonatos o mezclas de ellos. Se forman por **evaporación de agua**. Se acumulan por migración lateral. También puede ocurrir por variación del nivel freático. En el suelo **Alarrobal** las sales se depositaron en superficie y forman una película gruesa y continua. Ocurre en la **estación seca** y en **zonas hidromórficas**.



- **Capas:** son niveles de cierto espesor en el interior del suelo formados por migración y acumulación y son de diferente composición. Pueden estar constituidas por $\text{CO}_3^{=}$, Fe^{+3} o Si^{+4} y se cementan o endurecen.



Capas de CaCO_3 en profundidad de un Entisol, valle de Lerma



- **Nódulos y concreciones:** Se producen por migración localizada de un compuesto que se deposita a partir de un centro (mineral resistente). Son óxidos de Fe, Mn, Al, entre otros. Los **moteados** son por **gleización**. Suelo **Ciénago**.



- **Ortstein:** (piedra ferruginosa) se forma como consecuencia del envejecimiento de un Espodosol que da lugar a un banco de hierro con oquedades (en los lugares con materia orgánica removida) y que está muy bien cementado. Finas capas de Fe en el horizonte B.

- **Alios:** es una capa continua que no posee hoquedades y es rico en Fe.



**Concreciones de Ca CO₃ en el suelo Saucelito,
Colonia Santa Rosa**



●**Panes:** son depósitos o acumulaciones de diferente naturaleza que forman **horizontes endurecidos**. Poseen diferentes características. El **nivel freático** produce **enriquecimiento de compuestos de Si**. Son típicos de la región Pampeana. Formados por **materiales volcánicos y bajo una cubierta de bosques**.

–**Clay pans:** depósito **enriquecido en arcilla**.

–**Fragipanes:** formación asociada a la **compactación del horizonte** por un peso agregado a la superficie del suelo (puede ser de origen natural, hielo glaciar situado encima de un horizonte permanentemente helado u horizonte compactado debajo de un horizonte helado en el período frío).

● Son frágiles y fácil de atravesar en húmedo.

● Poseen densidad aparente elevada, duros y compactos cuando están secos. Poseen conductividad hidráulica lenta y drenaje imperfecto.

–**Duripanes:** **horizonte subsuperficial endurecido** por Sílice cementada.

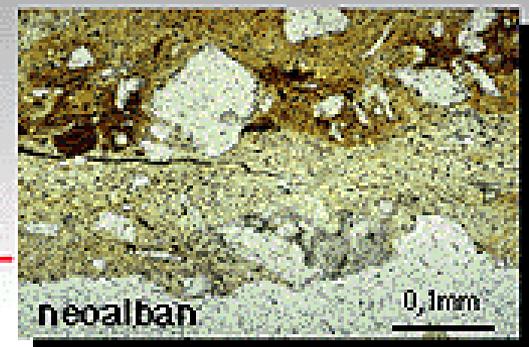
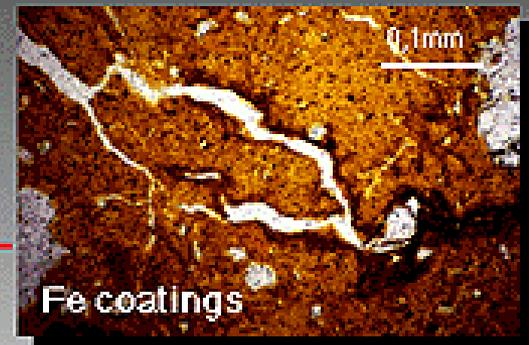
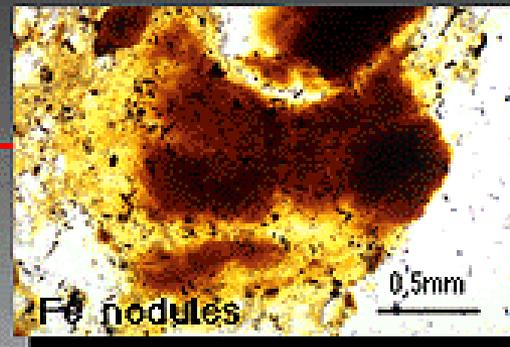
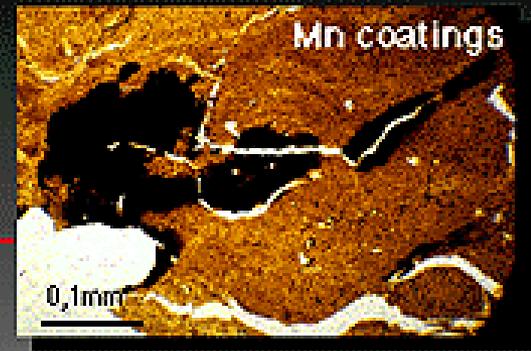
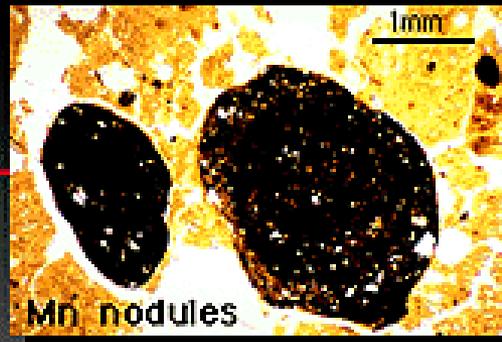
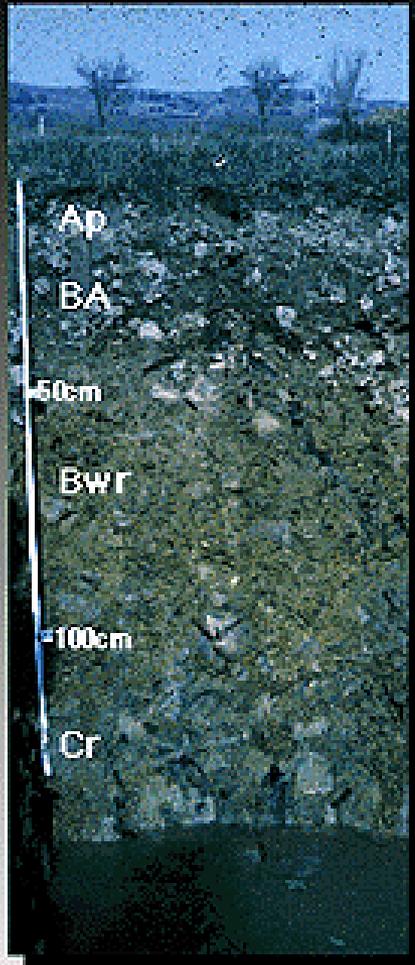
A veces posee otros cementos como carbonatos y óxidos de Fe.

No se deshace en agua.

Es muy duro y difícil de atravesar hasta con pala.



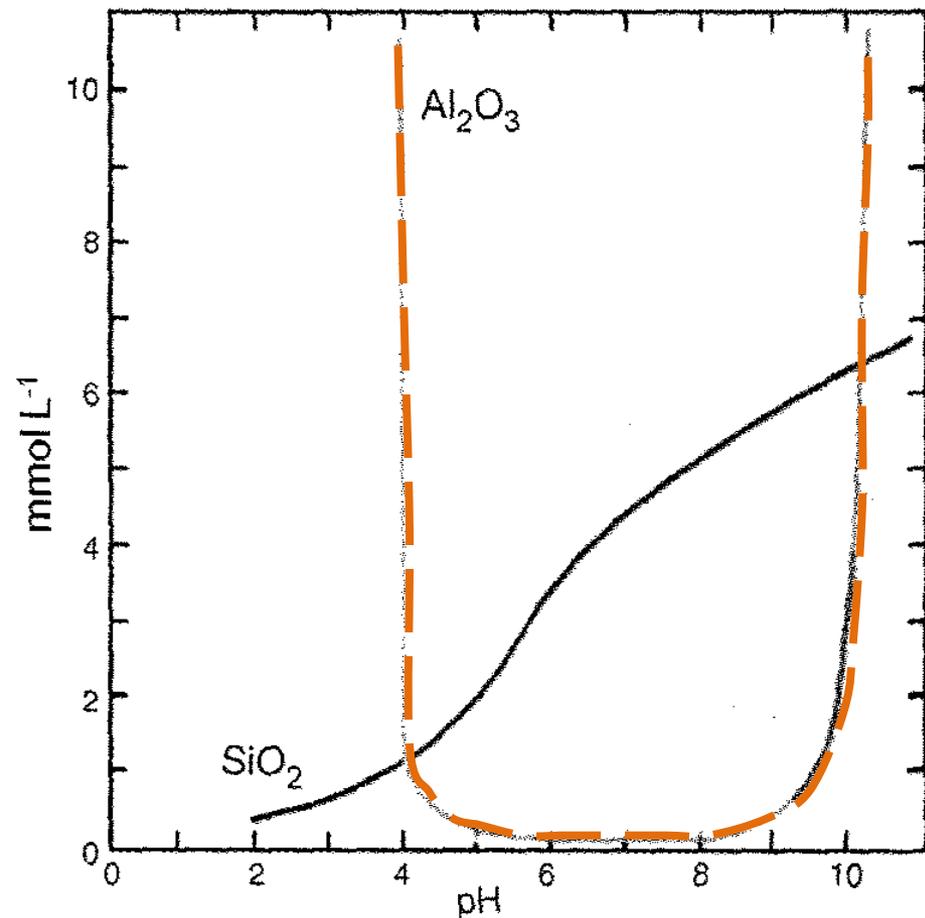




PÉRDIDAS

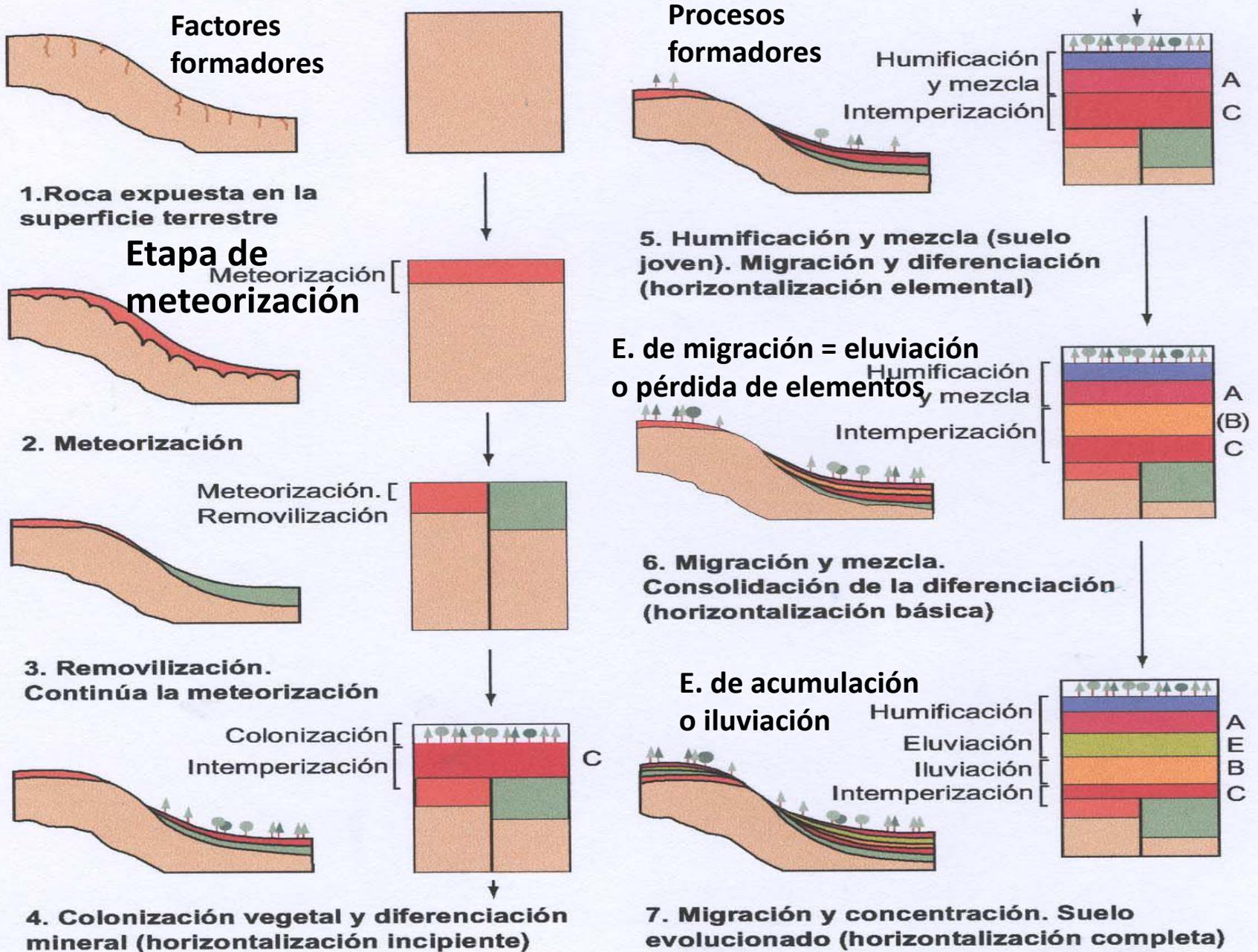
- LOS MATERIALES SE PIERDEN DEL PERFIL DEL SUELO POR:
 - LIXIVIADO HACIA EL AGUA SUBTERRÁNEA,
 - EROSIÓN DE LOS MATERIALES SUPERFICIALES,
 - LA EVAPORACIÓN Y EL USO POR LAS PLANTAS CAUSA PÉRDIDAS DE AGUA.
 - TAMBIÉN O_2 Y CO_2 .
 - EL LIXIVIADO Y EL DRENAJE CAUSAN LA PÉRDIDA DE AGUA, SUSTANCIAS DISUELTAS COMO SALES O SÍLICE METEORIZADO DE LOS MATERIALES PARENTALES O ÁCIDOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS POR MICROORGANISMOS O RAÍCES DE LAS PLANTAS.
 - La erosión con frecuencia remueve las partículas más finas (humus, arcilla y limo) y deja el horizonte superficial relativamente arenoso y menos rico en MO que la que poseía antes.
 - También la MO se pierde por descomposición microbiana.
 - El **pastaje por animales o las cosechas por seres humanos puede remover** grandes cantidades de MO y elementos nutrientes.
- Al describir un suelo preguntarse:
 - ¿Cuáles son los materiales que son adicionados a este suelo?
 - ¿Qué transformaciones y translocaciones tienen lugar en el perfil?
 - ¿Qué materiales son removidos? Y
 - ¿Cómo afectaron los procesos de este sitio el clima, los organismos, la topografía y el material parental a través del tiempo?

- La movilidad de distintos componentes del suelo depende, entre otros factores, del potencial iónico (diagrama de Mason), del pH y del estado de óxido-reducción.
- En el caso del aluminio, se halla precipitado en forma de hidróxido de aluminio (gibbsita en caso de estar cristalizado) cuando el pH del medio se halla entre 5,5 y 8,5; mientras que la movilidad de la sílice, SiO_2 , aumenta con el pH, siendo máxima en condiciones alcalinas (Mason, 1966).



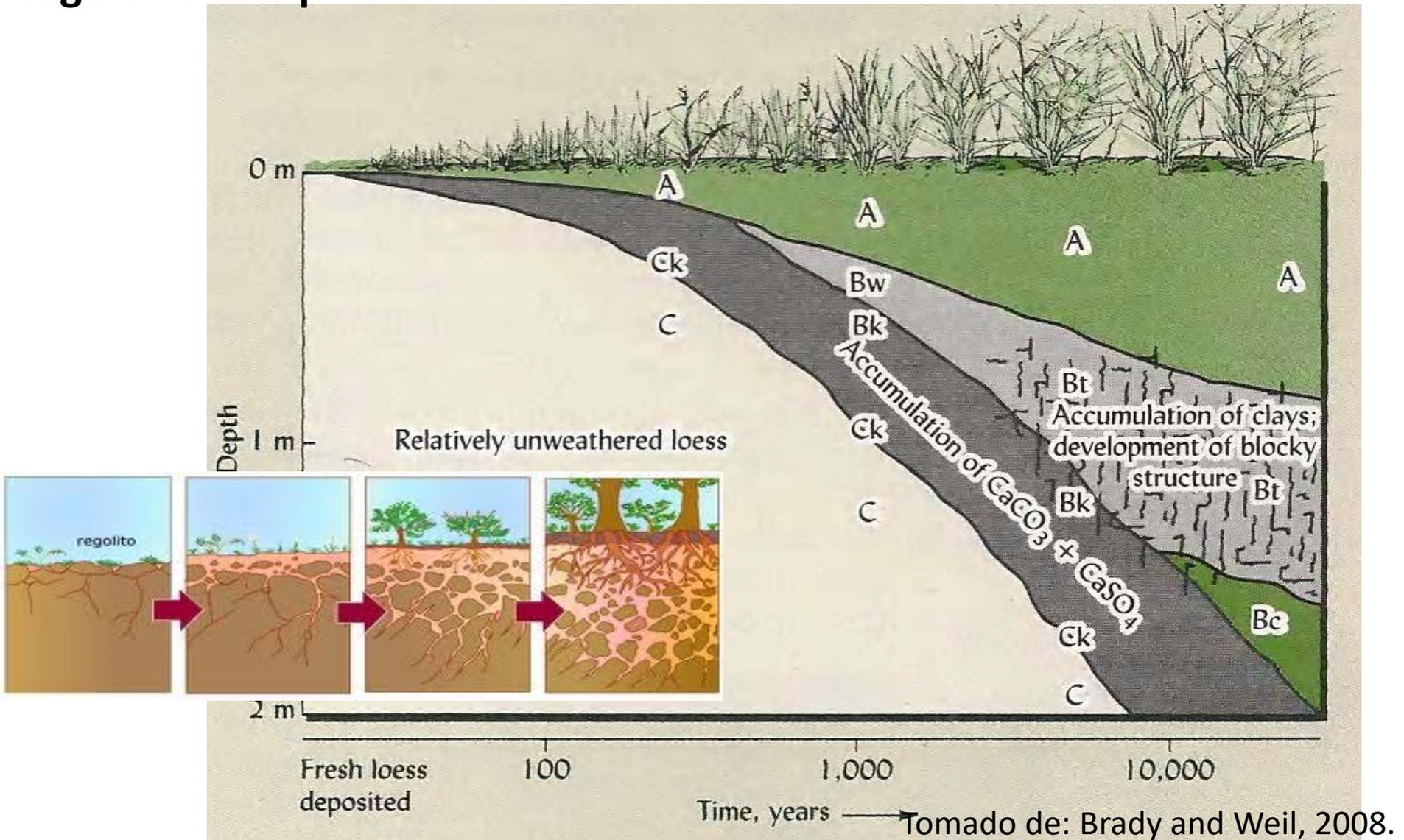
1. Etapas de formación y desarrollo del suelo

De Pedraza et al., 1998.



FORMACIÓN DEL SUELO

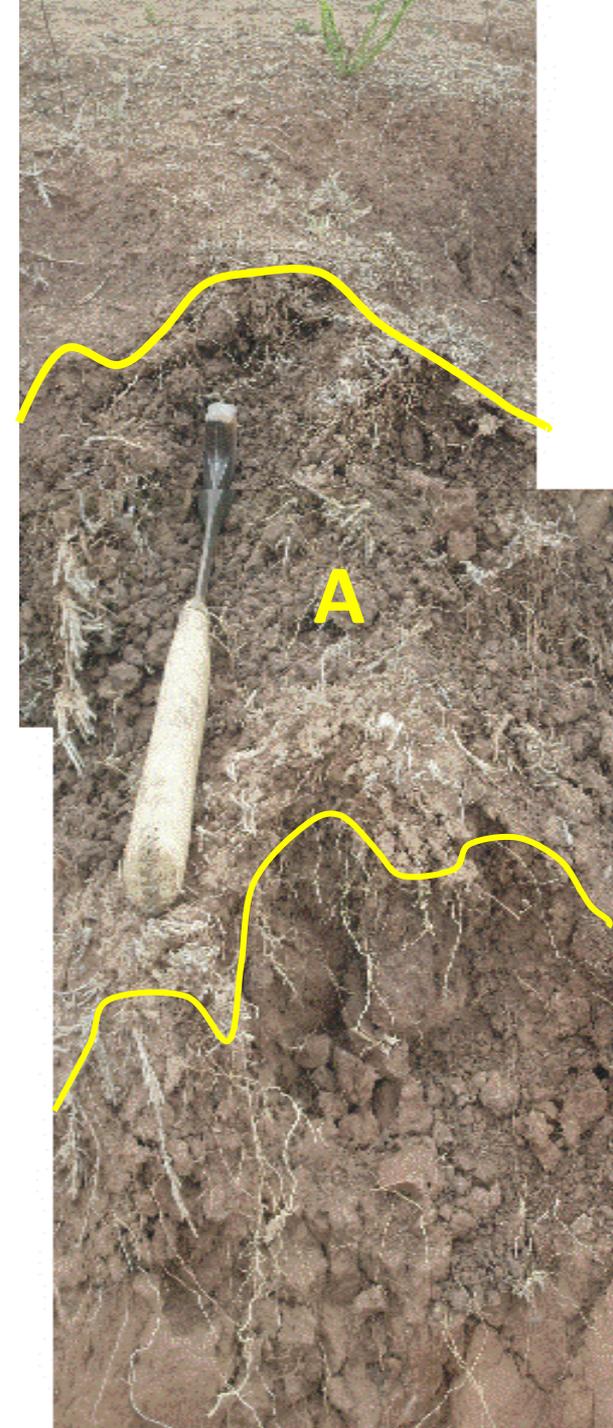
- Cambios que ocurren a medida que el suelo se desarrolla a partir de material parental de **loess calcáreo** uniforme en un **clima con vegetación de pasturas** .



- **Formación del suelo** comienza con plantas que **adicionan** desechos orgánicos y residuos de raíces dentro y en superficie del material parental.
- Los residuos se **transforman** por los organismos del suelo en humus y otras nuevas sustancias orgánicas.
- **Lombrices, hormigas y termitas también** acumulan restos orgánicos. Aceleran las **transformaciones** orgánicas y promueven la **translocación** de residuos de las plantas.

Desarrollo del horizonte A

- La mezcla rápida de material orgánico y mineral cercano a la superficie del suelo forma el Horizonte A.
- De color oscuro y con **propiedades físicas y químicas** diferentes del material parental.
- Las **partículas de suelo** se agrupan bajo la influencia de **sustancias orgánicas** para formar estructuras granulares, y diferencian esta capa del material **parental original**.



Formación del horizonte B

- El **ácido carbónico** y otros son llevados por **agua percolante** dentro del suelo, donde producen **meteorización**. Disuelven minerales (**transformación**) y **lixivian productos solubles** (**translocación**) desde horizontes superiores a inferiores donde precipitan.
- La **transformación y translocación** crean horizontes “**eluviales de pérdida**” superiores y **zonas iluviales** de acumulación inferiores.
- La solución del suelo posee **iones cargados positivamente** (cationes como Ca^{++}) e iones cargados **negativamente** (aniones como HCO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$) liberados por meteorización de **minerales y materia orgánica**.
- En **regiones semiáridas y áridas**, estos iones precipitados producen **horizontes con calcita (CaCO_3) o yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) denominados Bk o By** (Figura diapositiva anterior).
- Con el tiempo el horizonte superficial **lixiviado crece en espesor** y la zona de **acumulación de Ca se desplaza hacia abajo** a la profundidad de penetración del agua.
- Si alcanzan el **agua subterránea**, algunos de los materiales disueltos serán **removidos del perfil del suelo (pérdida)**, y la zona de acumulación se moverá **debajo del alcance de las raíces de las plantas**.
- Se formará así un **horizonte de transición**.



Bt



Bt



- Los **minerales arcillosos de neoformación** se acumulan en el horizonte B o se mueven hacia abajo **profundamente en el perfil**.
- A medida que la arcilla se mueve de un horizonte y se acumula en otro, las capas verticalmente adyacentes se transforman en diferentes una de la otra y se forma el horizonte Bt (**enriquecido en arcilla silicatada**).
- Cuando la arcilla acumulada en el horizonte Bt se seca y se agrieta periódicamente, se desarrollan **estructuras en bloques o prismática** (Figura diapositiva anterior).
- A medida que el suelo madura, los horizontes del perfil son más numerosos y se diferencian más entre ellos.

FIN parte I proc. formad.