

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

FACTORES FORMADORES DE SUELOS

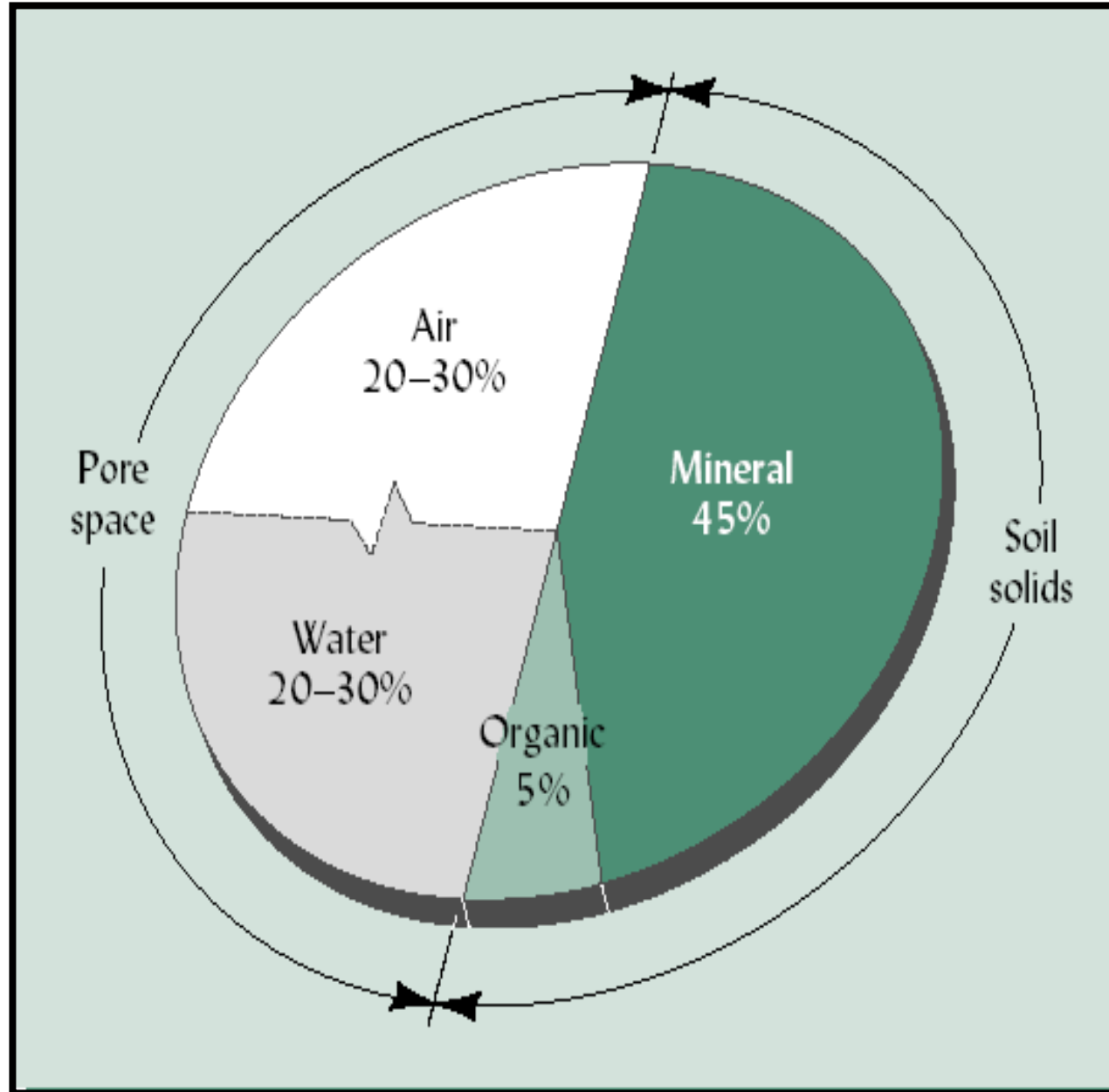
José Sastre

Salta, 2020

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



¿Cómo se forma el material original a partir del cual se genera el suelo?

•METEORIZACIÓN DE ROCAS Y MINERALES

•La meteorización destruye rocas y minerales, modifica o destruye sus características físicas y químicas y los agentes erosivos transportan los fragmentos finos y productos solubles.

•También sintetiza nuevos minerales de gran significado en suelos (arcillas y óxidos de Fe y Al).

- **Características de rocas y minerales**
- Las rocas se clasifican en **Igneas, Sedimentarias y Metamórficas.**
- Rocas ígneas **plutónicas** son **Granitos y Gabros.**
- Rocas ígneas **volcánicas** son **Riolitas y Basaltos**
- Las rocas ígneas se componen de minerales primarios como **Cuarzo, Muscovita, Feldespatos, Biotita, Augita y Hornblenda.**
- Los minerales en las rocas ígneas se forman y crecen aleatoriamente.
- Los minerales oscuros poseen Fe y Mg y se meteorizan más fácilmente. **Los minerales de color oscuro** en RI como **gabros y basaltos** se alteran más fácilmente que los **granitos y sienitas** que poseen otros minerales de colores claros.

- **Rocas sedimentarias:** resultado del transporte de otros depósitos anteriores colectados como sedimentos en una cuenca y eventualmente consolidados en rocas actuales.
- La arena cuarzosa meteorizada a partir de **granitos** y depositada en una playa de un mar prehistórico podrá transformarse en una roca sólida llamada **arenisca** y podrá estar cementada por CaCO_3 u FeO .
- Las **arcillas** se compactarán y formarán **lutitas**.
- Las rocas **sedimentarias están constituidas por clastos, matriz y cemento químico. Su composición mineral puede ser cualquiera.**
- La **resistencia a la meteorización** depende de los **minerales dominantes y del agente cementante.**
- Las **rocas sedimentarias** constituyen el 75% de las rocas de la corteza terrestre.
- Las **rocas Metamórficas** proceden de otras rocas por procesos metamórficos (cambios de presión y temperatura).
- Las **calizas y lutitas pueden ser metamorfizadas**, transformadas en **pizarras** y estas a su vez en **filitas y esquistos** con mica recristalizada durante el proceso de metamorfismo.

Arenisca



Conglomerado y **BRECHA**





Clasificación de rocas de Gerasimov

Macizas cristalinas	Igneas
	Metamórficas
Sedimentarias	Consolidadas: con cemento químico. Conglomerados, Areniscas, Arcilitas.
	No consolidadas o sedimentos. Loess, terrazas fluviales, depósitos lacustres.

Serie de estabilidad de Jackson y Sherman (1969)

Con respecto a la serie de Bowen, se cambia la posición del Cuarzo.

En la porción inferior hay minerales secundarios.

Mineral	Suelos
<i>índice de intemperización de partículas minerales primarios y secundarios del tamaño arcilla</i>	
Yeso, Calcita, Hornblenda, Biotita y Albita. Cuarzo.	Juveniles o de regiones áridas
Illita, Montmorillonita y Vermiculita	Maduros o de regiones templadas y fértiles
Caolinita, Gibsita y Hematita	Seniles o de regiones tropicales poco fértiles

- Las rocas se meteorizan por ***desintegración física y descomposición química***.
- En la **desintegración física** se rompen las partículas en tamaños cada vez más pequeños hasta alcanzar el diámetro de arena y limo.
- La meteorización química ***descompone los minerales químicamente y libera materiales más solubles y sintetiza nuevos minerales***.
- Durante el cambio químico, el tamaño de partícula continúa decreciendo y termina en solución en el agua de la meteorización.
- Las sustancias disueltas se **recombinan en minerales secundarios nuevos**.
- Los elementos podrán ser lixiviados del perfil en el agua de drenaje o **podrán ser tomados por las raíces de las plantas**.

Resistencia decreciente a la meteorización bajo condiciones comunes en regiones templadas húmedas

Minerales primarios

Minerales secundarios

Más resistentes

Cuarzo

SiO₂

Goetita

Hematita

Gibbsita

Arcillas

Alúminosilicatos

Ortoclasa

KAlSi₃O₈

Albita

NaAlSi₃O₈

Anortita

CaAl₂Si₂O₈

Olivino

MgFeSiO₄

Dolomita

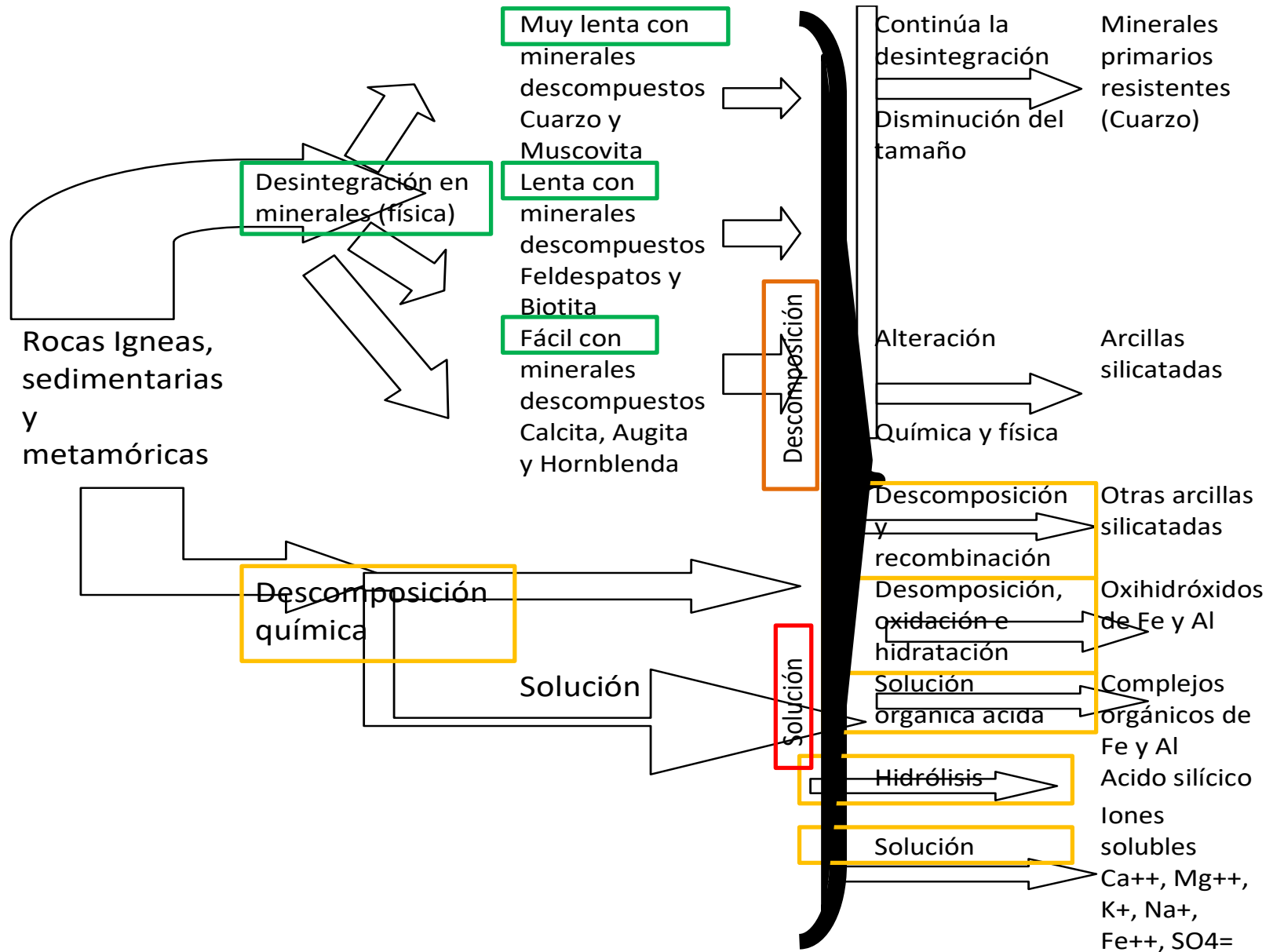
Calcita

Yeso

Menos resistentes



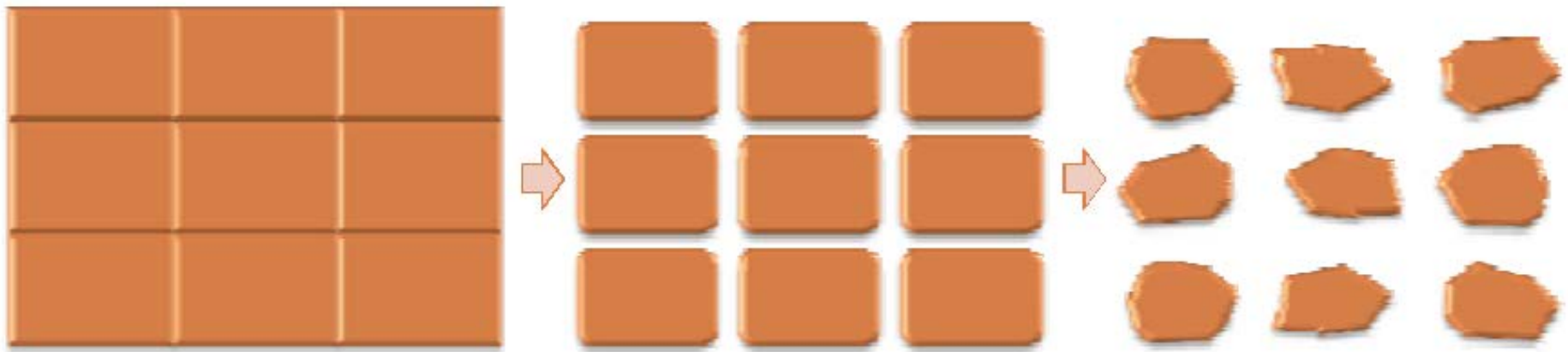
Meteorización en condiciones climáticas moderadamente ácidas en regiones templadas húmedas



- En la **figura** de la diapositiva anterior (derecha) se pueden separar tres grupos de minerales en **suelos meteorizados**.
- ▶ **1** Minerales primarios muy resistentes como **cuarzo**.
- ▶ **2** Productos muy resistentes que incluyen **arcillas de óxidos de Fe y Al**.
- ▶ **3** **Arcillas silicatadas**.
- En suelos altamente meteorizados de regiones subtropicales y tropicales húmedas, predominan **óxidos de Fe y Al** y **arcillas silicatadas** de razón Si/Al baja.

Meteorización Física (Desintegración)

- **Temperatura**
- Las **rocas** expuestas al calentamiento por la luz solar **durante el día y enfriamiento durante la noche**, experimentan **expansión y contracción** alternada de minerales.
- Como algunos minerales se expanden más que otros, los **cambios en temperatura establecen estrés** diferencial que causa **rotura de roca**.
- Ya que la **porción externa de la roca está más caliente** o **fría que la interior**, se meteorizan por **exfoliación** (separación de capas externas) (**Figura diapositiva siguiente**).
- Este proceso puede ser acelerado si se forma **hielo en las superficies de las grietas**. Cuando el agua se congela, se expande con fuerza de 1.465 Mg/m^2 , y desintegra grandes masas de rocas (**Figura diapositiva siguiente**) y **desaloja granos minerales de fragmentos más pequeños**.

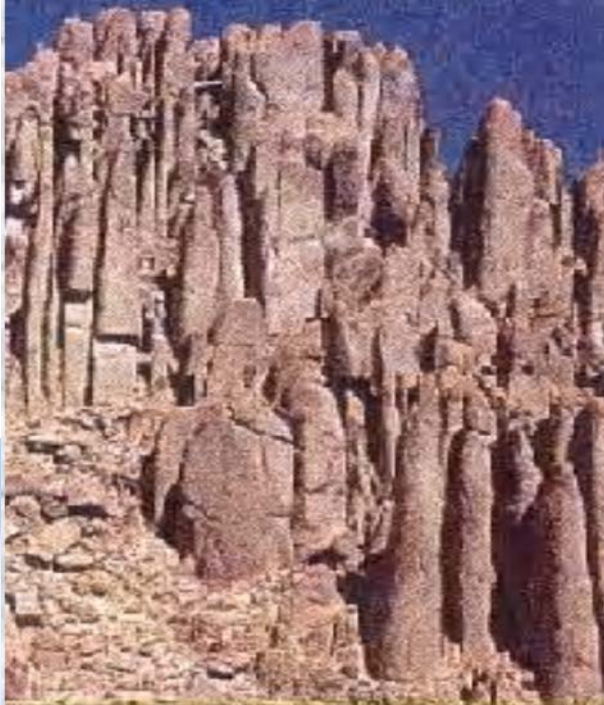


Descamación y gelifracción

Termoclastia



Meteorización catafilar, formación de lajas y expansión térmica



**Meteorización
formación de
lajas y actividad
biológica**



•Abrasión por agua, hielo y viento

- Cuando el agua está cargada con sedimentos, posee un poder de **desgaste** importante (Figura diapositiva siguiente), como está demostrado por **gargantas, bordes de terrazas y cárcavas en valles**.
- La redondez de rocas** de *lechos de ríos* y **granos de arena** de las *dunas* es suficiente evidencia de la **abrasión** que acompaña el movimiento del **agua y viento**.
- El **hielo** produce un trabajo de abrasión parecido (glaciares).

•Plantas y animales

- Las **raíces de las plantas** entran en las grietas de rocas y **producen palanca, lo que resulta en su disgregación**.
- Los animales excavadores también ayudan a desintegrar las rocas de algún modo.
- Estas influencias son de poca importancia en la producción de **material parental** comparada con los **efectos físicos drásticos del agua, hielo, viento y cambios en temperatura**.

Redondez de rocas de lechos de ríos



Garganta del diablo, erosión por abrasión



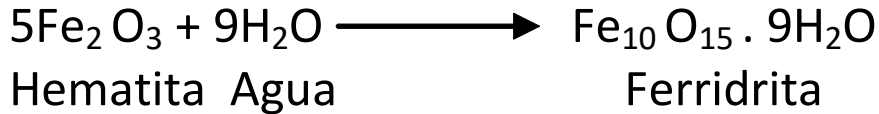


- Meteorización **biogeoquímica**
- La meteorización física se acentúa en ambientes muy fríos o muy secos y las reacciones químicas son intensas con clima cálido y húmedo.
- Ambos tipos de meteorización ocurren juntos y cada uno acelera el otro.
- La **abrasión física disminuye el tamaño de las partículas**, incrementa su **SUPERFICIE ESPECÍFICA** y las hace más susceptibles a reacciones químicas rápidas.
- La **meteorización química** se produce por **agentes atmosféricos como el agua y el oxígeno**, y por **agentes biológicos** como los **ácidos** producidos por metabolismo de **microbios** y **raíces de las plantas**.
- Meteorización **biogeoquímica**.
- Los minerales primarios **micas y feldspatos** se transforman en **secundarios arcillas** y **carbonatos** por los agentes que actúan juntos y liberan nutrientes elementales para las plantas en forma **soluble**.
- Hay que destacar la importancia del agua en los seis tipos básicos de reacciones de meteorización química.

Hidratación

Las moléculas de agua intactas se unen a un mineral por **hidratación**.

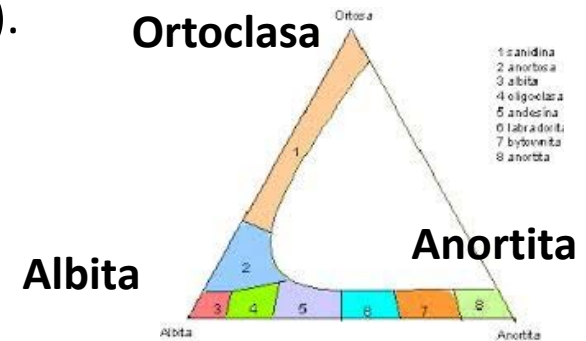
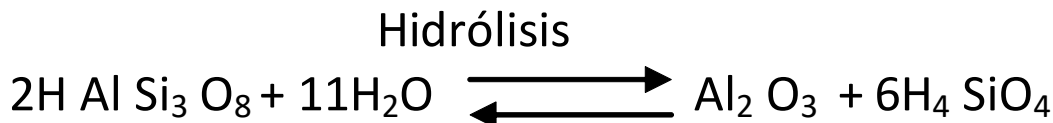
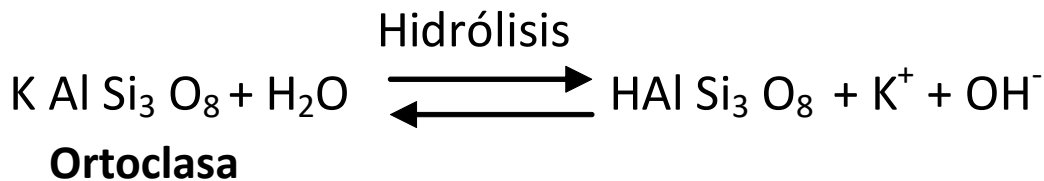
Hidratación



Reacciones de hidratación son productos comunes como óxidos hidratados de Fe y Al (Ej: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Hidrólisis

En las reacciones de hidrólisis, las moléculas de agua se separan en los componentes hidrógeno y oxidrilo. El hidrógeno siempre reemplaza un catión de la estructura mineral. Acción del agua en el Microclino (feldespato de K).



El potasio liberado es soluble y sujeto a adsorción por coloides del suelo, tomado por las plantas y removido lentamente en el agua de drenaje. El ácido silícico H_4SiO_4 es soluble. Puede ser removido en el agua de drenaje, o se podrá recombinar con otros compuestos para formar minerales secundarios como arcillas silicatadas.

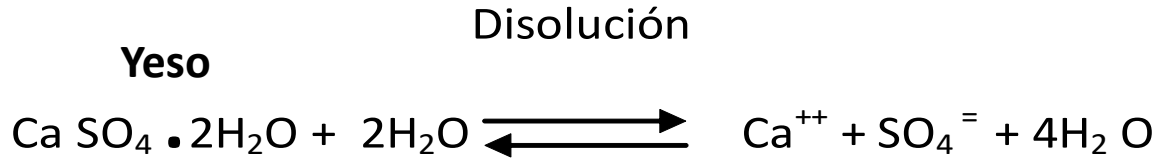
Arcillas por hidrólisis



Disolución

El agua es capaz de disolver muchos minerales hidratando los cationes y aniones hasta que se transforman disociándose uno del otro y se rodean por moléculas de agua.

Ej: yeso disuelto en agua.

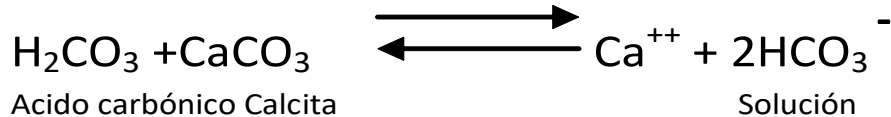


Reacciones ácidas (Carbonatación)

Los ácidos aceleran la meteorización e incrementan la actividad de hidrogeniones en agua. Cuando se disuelve el CO2 en agua (CO2 producto de respiración de microorganismos y raíces), el H2CO3 (ácido carbónico) producido acelera la disolución química de la calcita en calizas y margas.



Carbonatación



Los suelos también poseen otros ácidos más fuertes como ácido nítrico(HNO3), sulfúrico (H2SO4) y otros ácidos orgánicos. Los hidrogeniones están también asociados con las arcillas de los suelos. Cada una de estas fuentes de acidez está disponible para reaccionar con los minerales del suelo.

Disolución de calizas

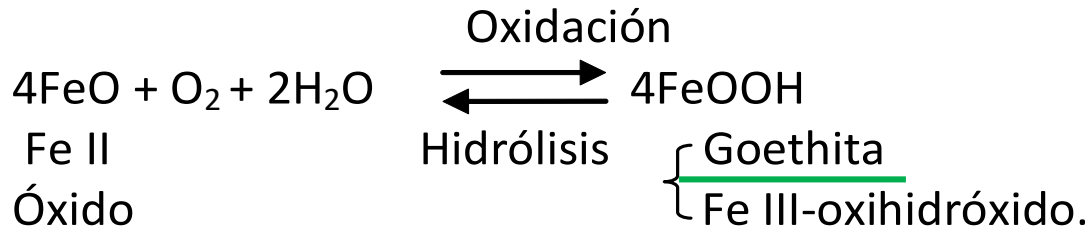
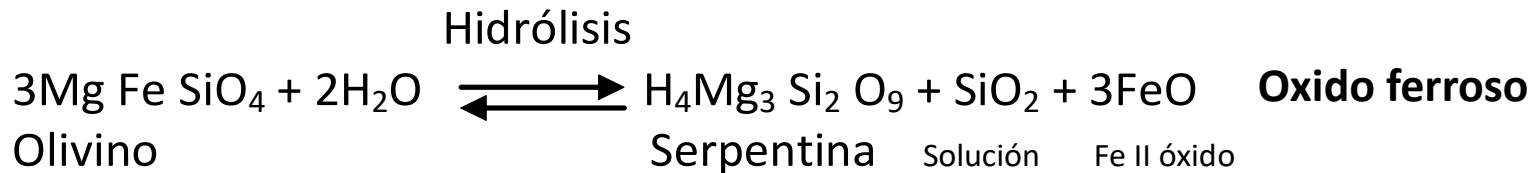


Oxidación-reducción

Los minerales que contienen Fe, Mn o azufre, son especialmente susceptibles de experimentar reacciones de óxido-reducción. El hierro se encuentra en minerales primarios en la forma divalente Fe(II o ferroso). Cuando las rocas con minerales ferrosos son expuestas al aire y agua durante la formación del suelo, el hierro es fácilmente oxidado (pierde un electrón) y se transforma en trivalente Fe (III o férrico).

Si el Fe se oxida de II a III, el cambio en valencia y radio iónico causa ajustes desestabilizantes en la estructura cristalina del mineral.

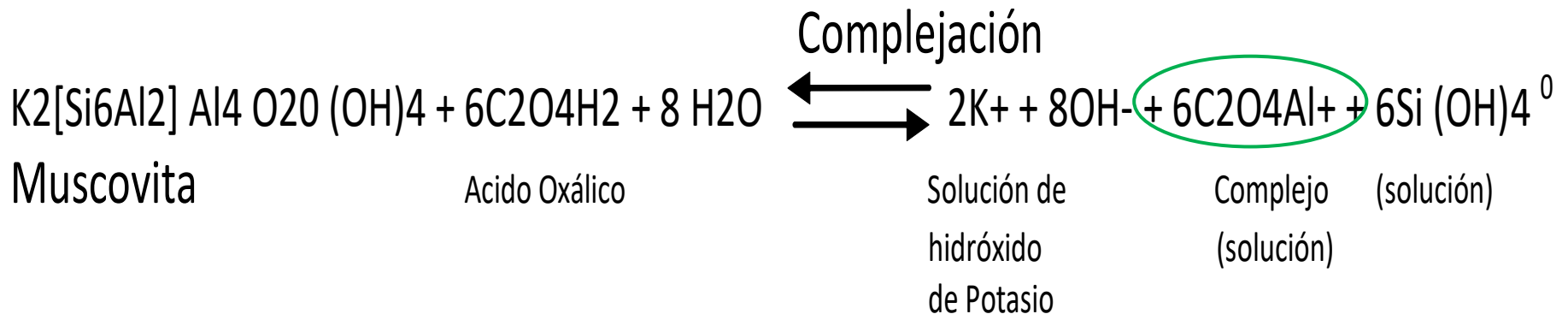
En otros casos el Fe II podrá ser liberado del mineral y casi simultáneamente oxidado a Fe III. La hidratación del Olivino libera óxido ferroso que podrá ser oxidado inmediatamente a oxihidróxido férrico (Goethita).



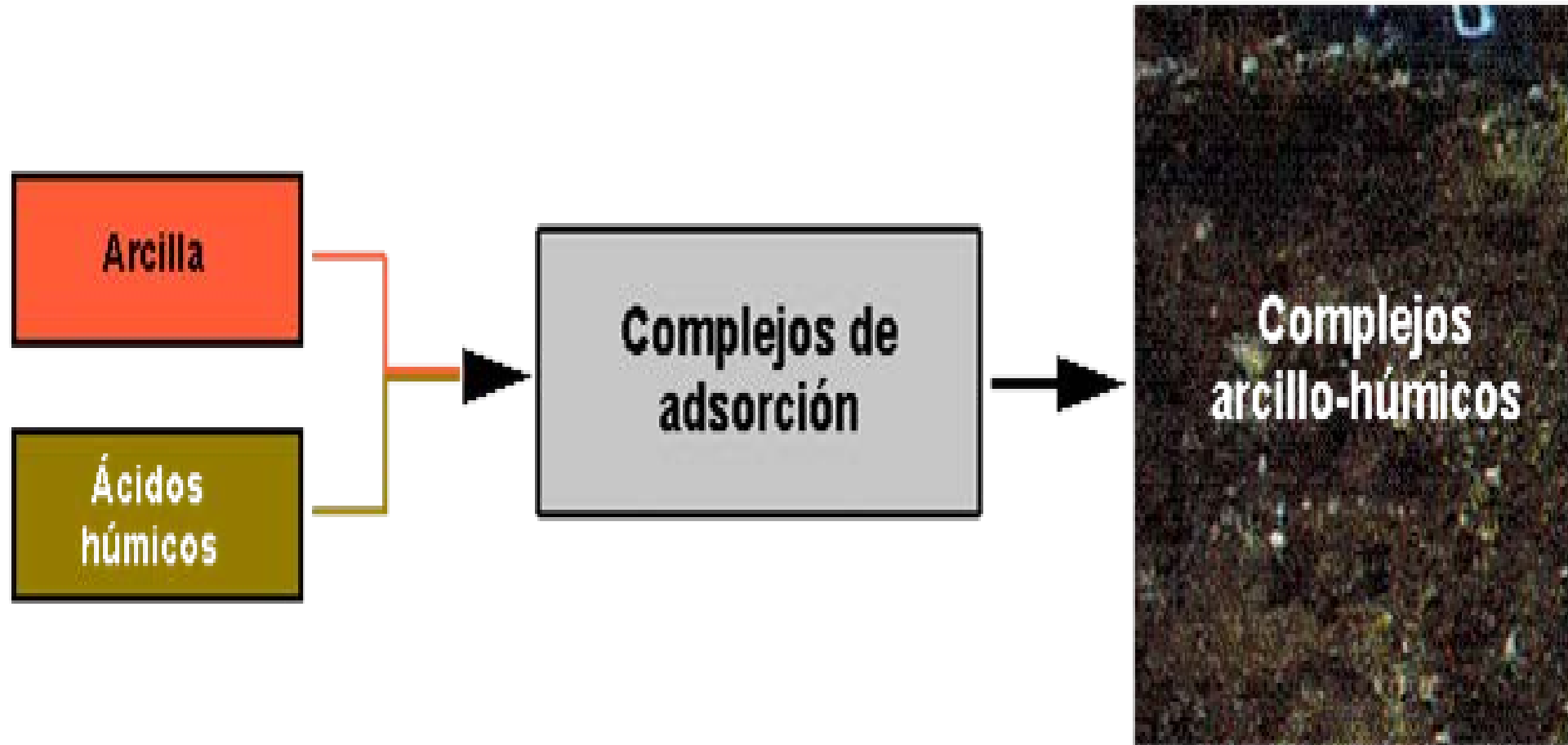
La oxidación o remoción de Fe durante la meteorización se hace visible por cambios en los colores de los minerales resultantes alterados

Complejación

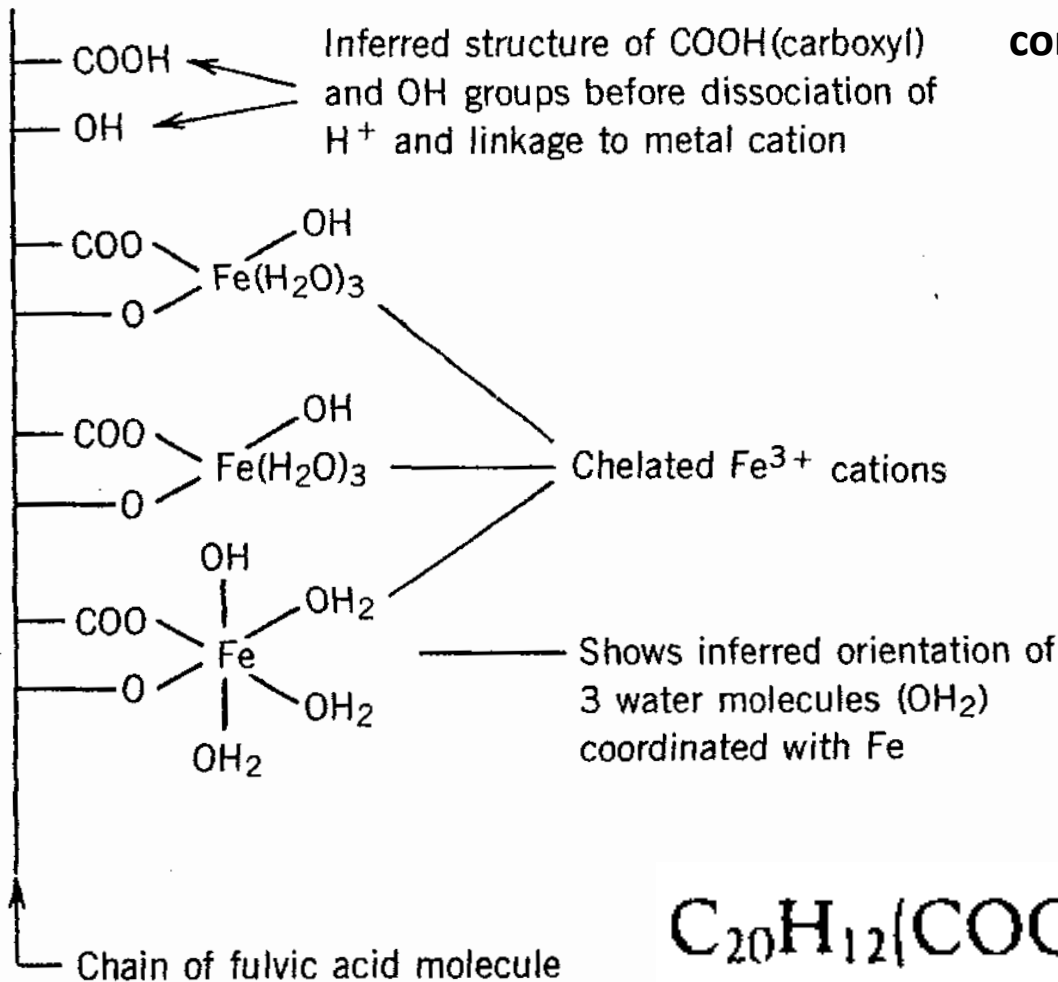
Los procesos biológicos del suelo producen ácidos orgánicos como oxálico, cítrico y tartárico y moléculas más grandes como moléculas de ácidos húmicos y fúlvicos. Sumada a la producción de hidrogeniones que ayudan a solubilizar Al y Si, también experimentan reacciones orgánicas con iones Al+++ retenidos dentro de la estructura de los minerales silicatados. De esta manera remueven el aluminio+++ del mineral, que está sujeto a posterior desintegración. El ácido oxálico forma un complejo soluble con Al de la muscovita. A medida que la reacción continúa hacia la derecha, destruye la estructura de la muscovita y libera iones disueltos de los nutrientes de las plantas (potasio).



Suelo como complejo orgánico-mineral



complejos organominerales o quelatos



- Diagrama de la estructura idealizada de una parte de una molécula de ácido fúlvico, C₂₀H₁₂ (COOH)₆ (OH)₅ (CO)₂, con tres iones Fe⁺⁺⁺ quelados, basado en la fórmula de ácido fúlvico y el diagrama estructural de Schnitzer (1969).

Ácidos orgánicos que forman complejos con los metales

- Grupos funcionales **carboxilo o hidroxilo** (entre otros), interactúan con iones metálicos, **aluminio, hierro, cobre, cinc, manganeso**, entre otros, mediante enlaces covalentes coordinados.
- Constituyen **complejos organometálicos**, componentes de la solución del suelo, y **los metales complejados son mucho más solubles y móviles** que cuando no forman complejos.
- **Incide favorablemente en la asimilabilidad de nutrientes vegetales (cobre, cinc, hierro, manganeso)**, y en la formación de **horizontes espódicos**, entre otros.

Diferencia entre complejo y quelato

- Todos los quelatos son, por definición, complejos.
- **Todos los complejos no son quelatos.**
- **Quelato: *el complejo en el que los ligandos pertenecen a la misma molécula o estructura molecular.***
- No todos los complejos cumplen esta condición.

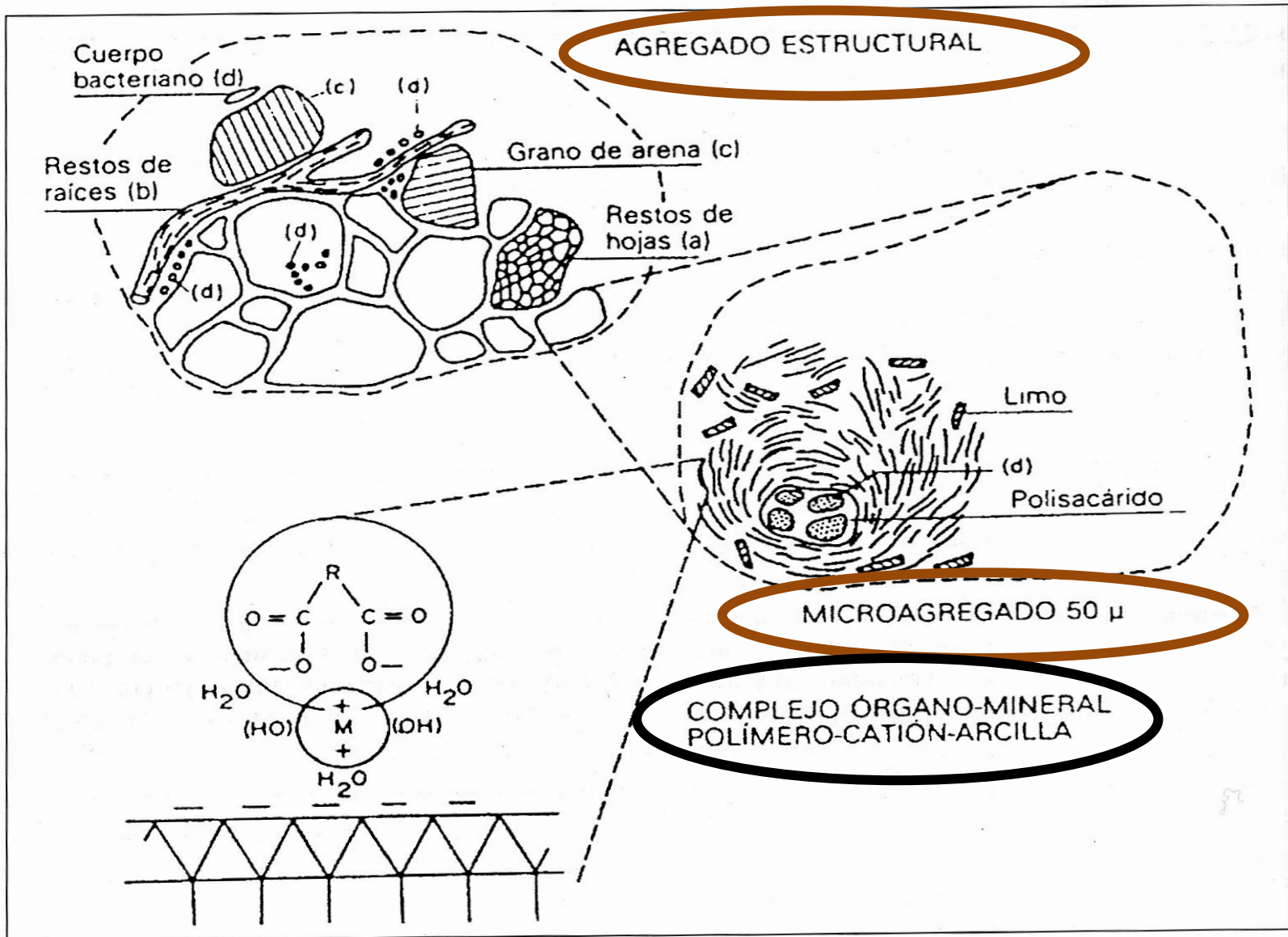
¿Qué son los complejos organominerales?

- Son resultado de interacción de **sustancias húmicas** con los **minerales de las fracciones finas del suelo** y promueven la estabilización de la materia orgánica.
- Comprenden la interacción de cualesquiera sustancias húmicas con: carbonatos, óxidos, minerales de arcilla, alofanas e imogolitas, entre otros.

¿Por qué los metales complejados son más solubles que en forma libre?

- La precipitación de los metales (**Fe, Al, Zn**, entre otros) **tiene lugar al sobrepasarse cierto valor de pH, reaccionan masivamente con el agua (hidrólisis)** y se forman **hidróxidos**, que son poco o muy poco solubles en agua y **tienden a precipitar**.
- **Si el metal está complejado por ligandos orgánicos**, éste evita la **reacción del metal con el agua**, lo que permite extender su **solubilidad**.
- La **descomposición del ligando** (si es orgánico) logra que el **metal precipite**.

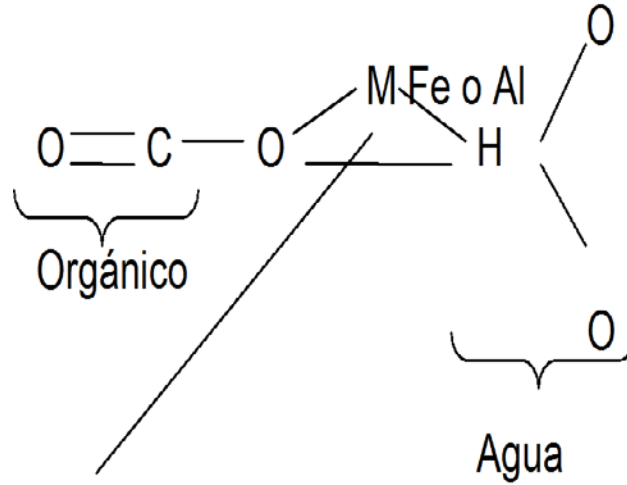
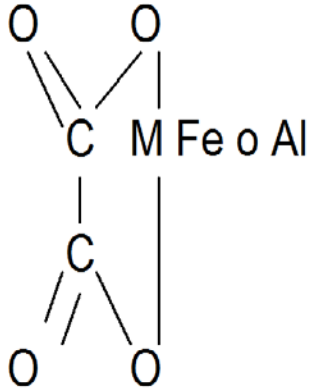
ESTRUCTURA DE LOS COMPLEJOS ÓRGANO-MINERALES Y FORMACIÓN DE LOS AGREGADOS DEL SUELO



En complejos Organominerales

De esfera externa: M es un metal

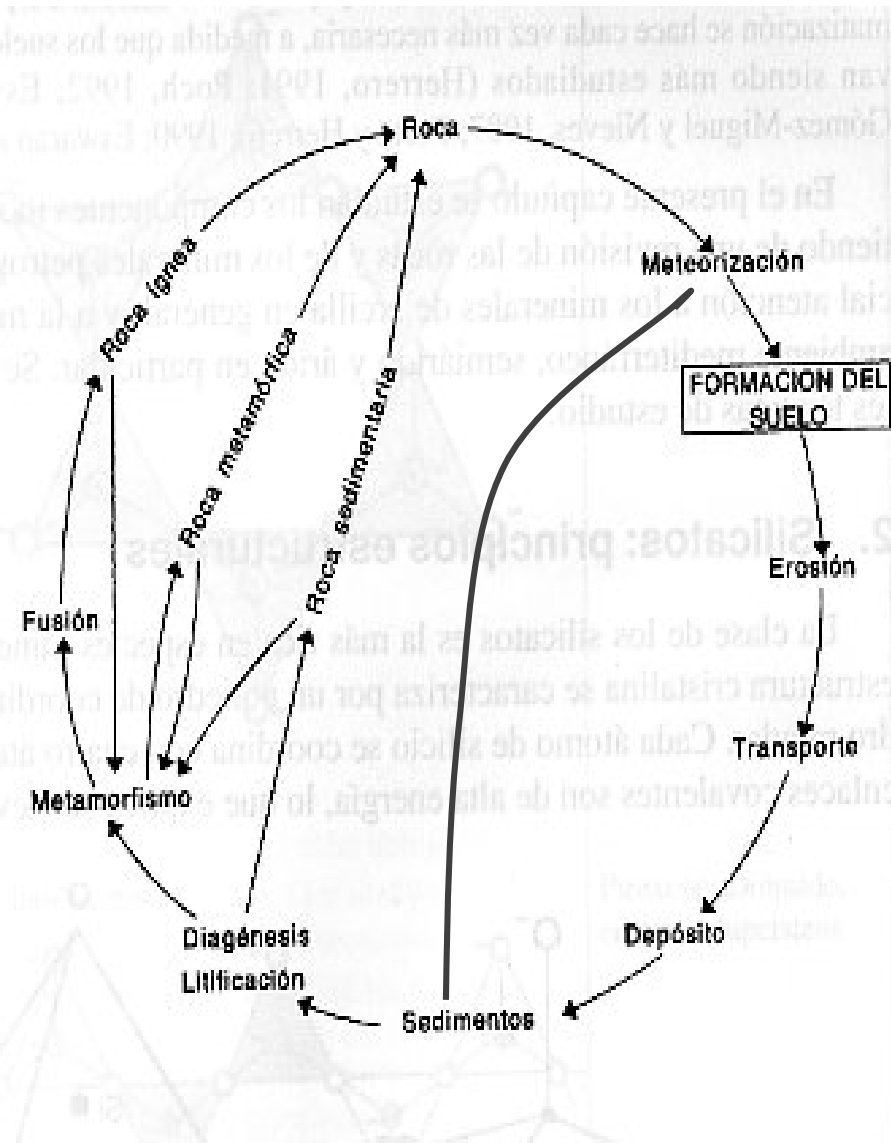
De esfera interna:



Es una forma soluble, inestable y fácil de perder el compuesto orgánico atrapado por el mineral.

- Los C y O forman parte de la **fracción orgánica** del suelo que se une con el **mineral**. La **podsolización** produce el horizonte **Espódico**. La parte mineral atrapa un metal y forma un **quelato** estable o poco soluble.
- El **quelato** protege nutrientes que se pueden lixiviar. Ej: Fe, Al.
- ¿Para qué sirven los **quelatos**?
- **Para mitigar la contaminación, ya que la fracción orgánica atrapa el contaminante en el suelo. Si el elemento está soluble, es tóxico.**
- Si queda como **quelato**, está retenido.
- **Horizonte Espódico.**

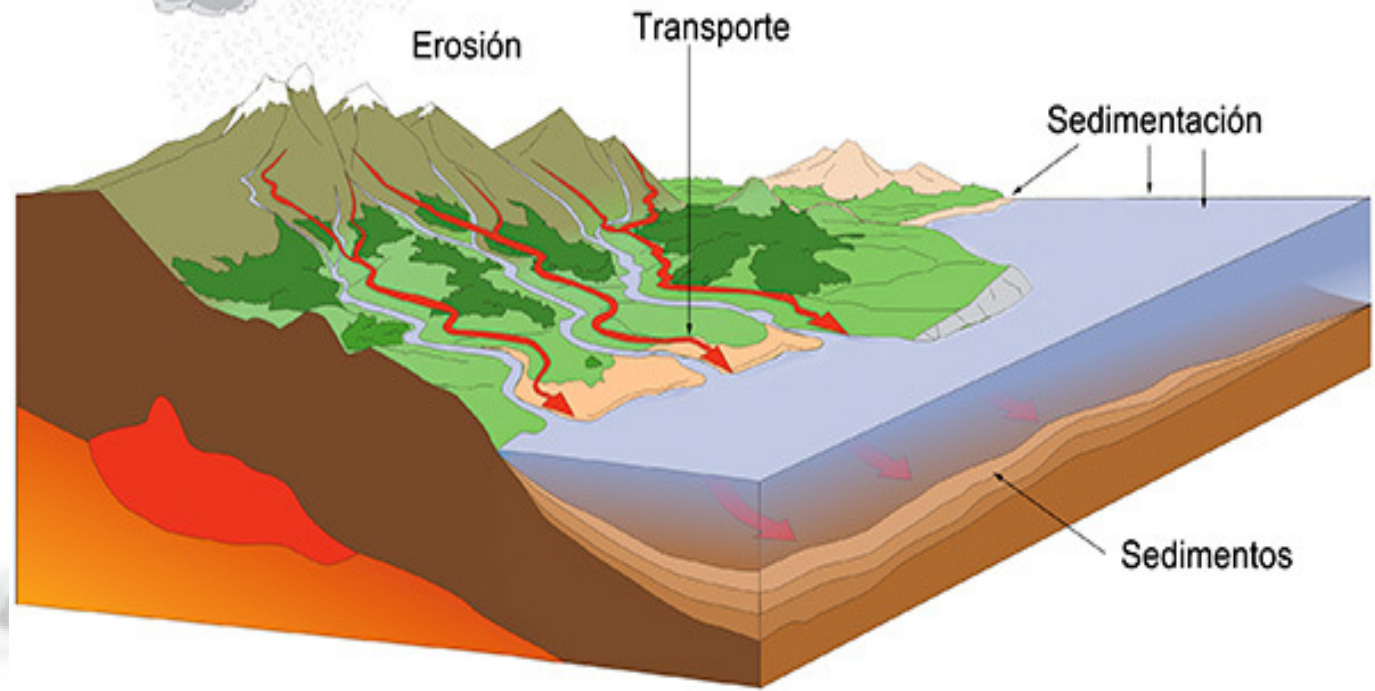
Ciclo de las rocas y el suelo



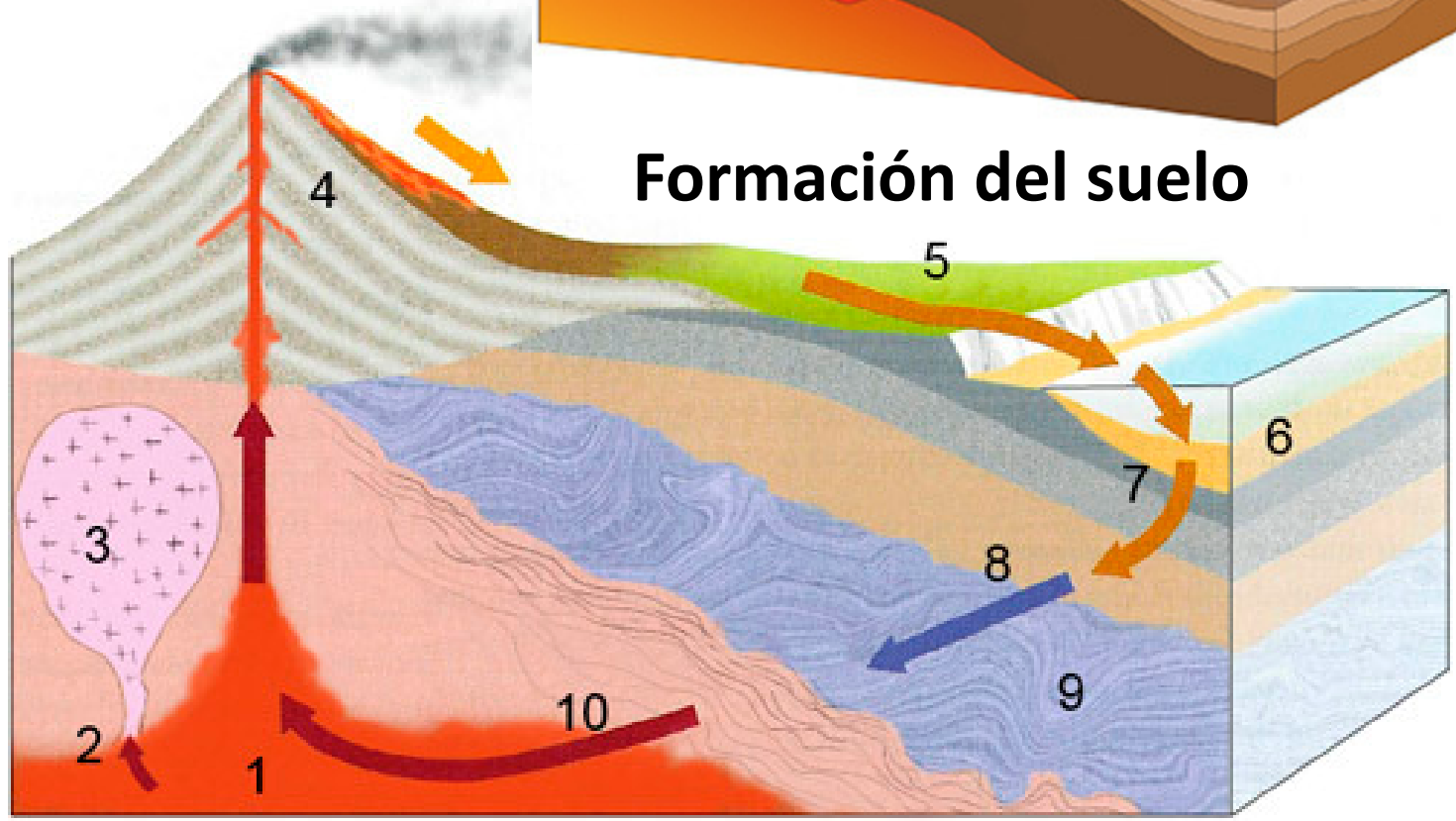
NOMENCLATURA DE HORIZONTES

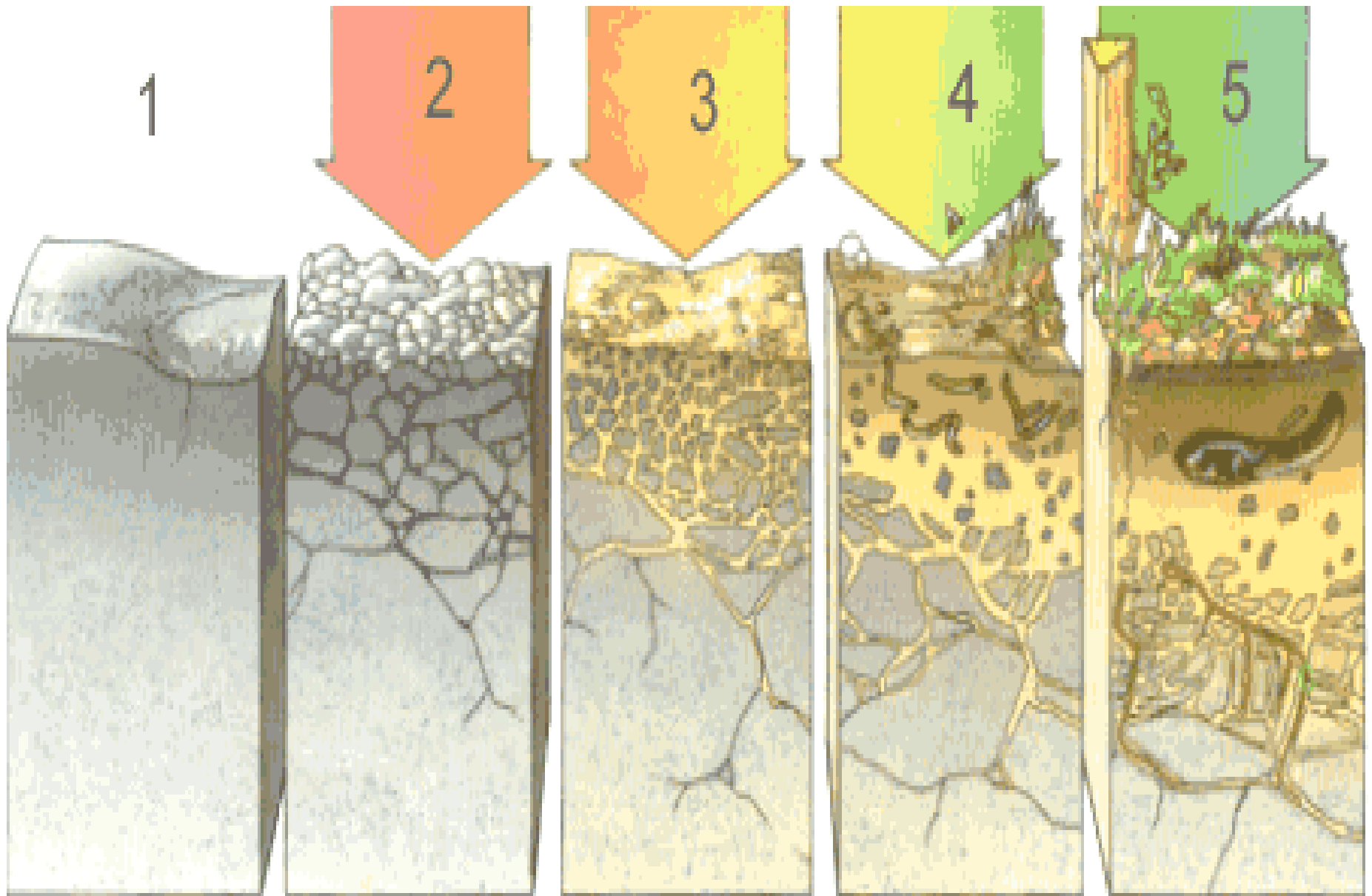


Formación del suelo



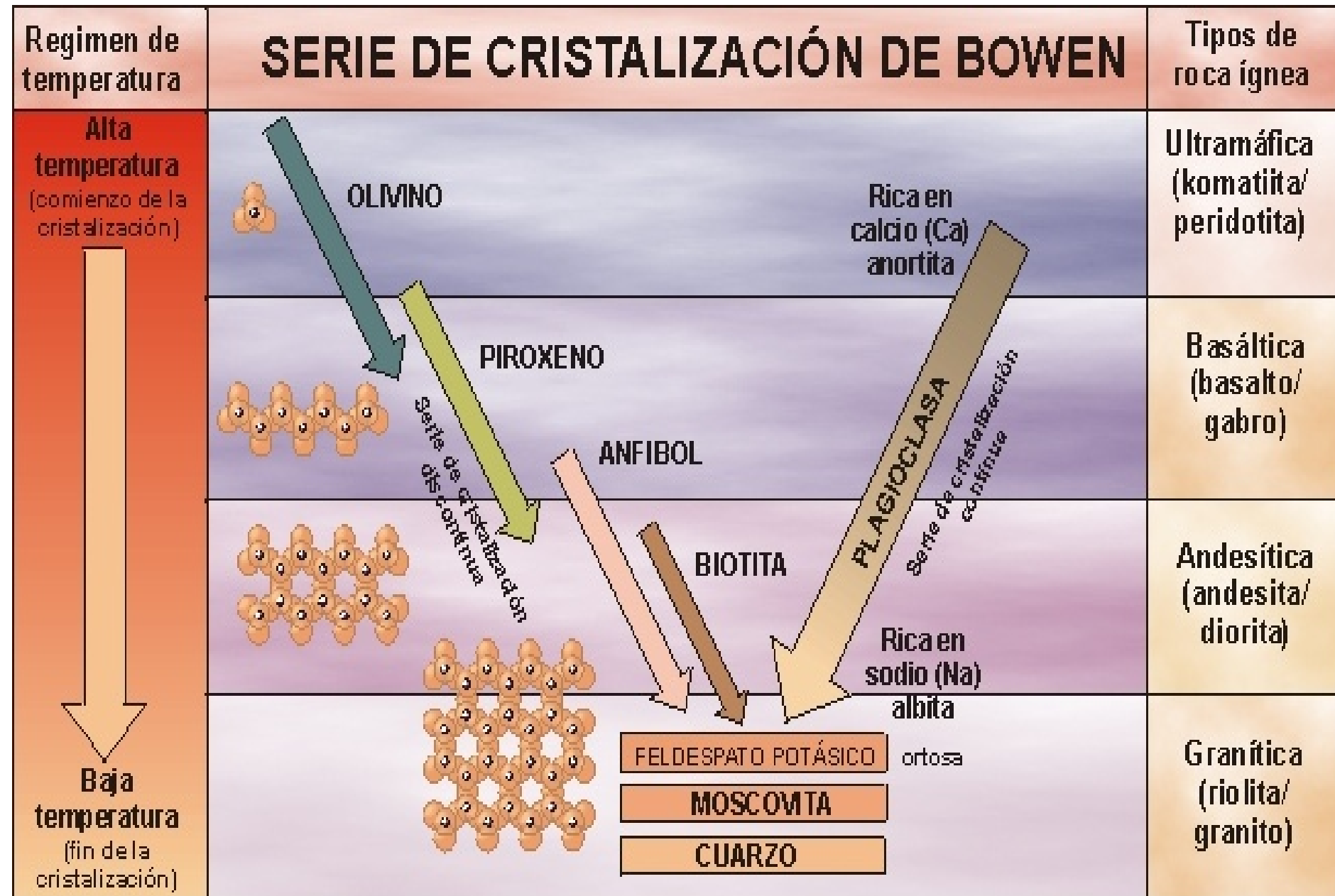
Formación del suelo





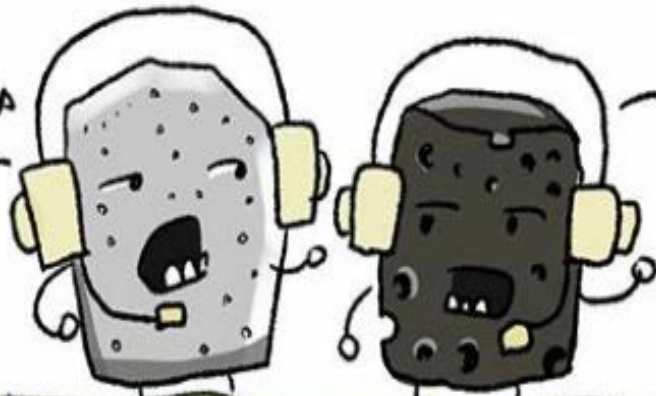
RESISTENCIA DE LOS MINERALES A LA ALTERACIÓN

Bowen , Goldich (1938). Fracciones tamaño del limo y arenas.



CABINA DE COMENTARISTAS

Hoy nos acompaña como comentarista BASALTO, ¿QUÉ TE PARECE ESTA CARRERA DE BOWEN?



BUENAS TARDES GRANITO, LA VERDAD ES QUE MI CORREDOR FAVORITO ERA CUARZO, PERO NO LO VEO CON GANAS DE PRECIPITAR.

DXCIX CARRERA DE BOWEN

No se para si luego va el primero en alterarse...



S. SCHAMWELLS
M20

SOY DIVINO



Ms.

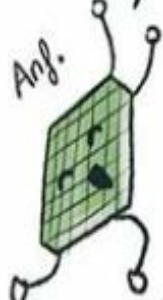
MIS SECCIONES BASALES OS DAN MIL VUELTAS

Bt.



WIIII

Ang.

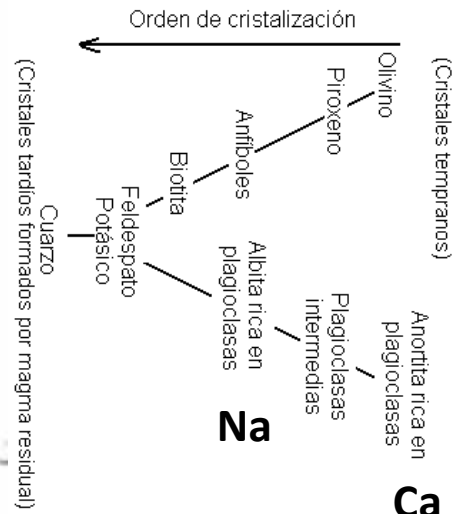
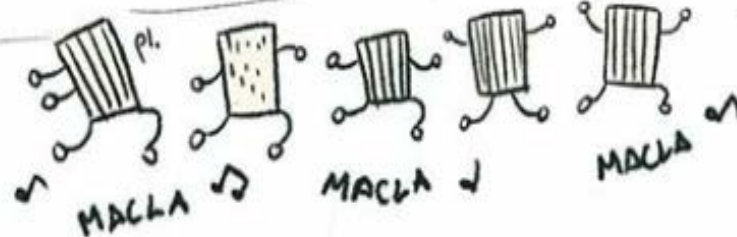


¡YO NO TE ACERQUES TANTO QUE LUEGO NOS CONFUNDEN

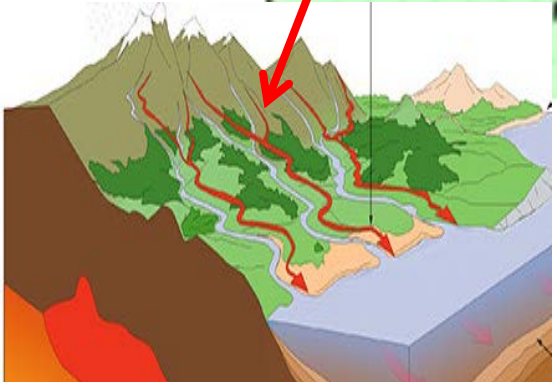
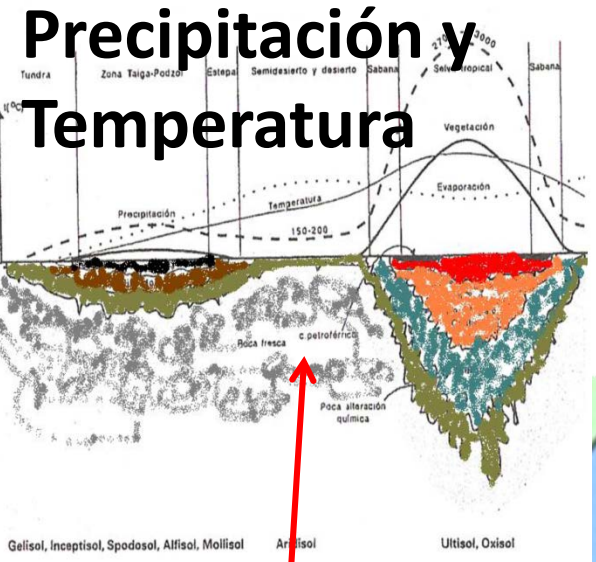
PX.



Divino



FACTORES FORMADORES DE SUELOS



Modificado de: Brady and Weil, 2008.

Factores formadores

- Dokuchaev entendió al suelo **como una formación orgánico-mineral**, resultado de acción combinada de los factores de formación.
 - **material parental (roca),**
 - **clima,**
 - **organismos vivos,**
 - **relieve y**
 - **tiempo.**
- Resultado de **transformación cuantitativa y cualitativa de la roca por acción de los factores de formación.**
- **Material original con arcillas coloidales.**
- **Humus producido por los microorganismos que habitan en el suelo.**
- Las **arcillas y el humus** dan origen a complejos **orgáno-minerales** muy activos, que interaccionan con **organismos**, el **agua** y **aire** de los **poros del suelo** (figura siguiente).

- El suelo es el producto de **rocas, clima y vegetación** y el resultado de la interacción puede modificarse cualitativa o cuantitativamente por **el tiempo, relieve y el hombre**.
- **UN FACTOR FORMADOR ES UN AGENTE, FUERZA, CONDICIÓN O COMBINACIÓN DE ELLOS, QUE AFECTA, HA AFECTADO O PUEDE INFLUIR EN EL MATERIAL ORIGINAL DEL SUELO, CON POTENCIAL PARA MODIFICARLO (BUOL 1991).**
- Los **factores formadores** se clasifican en **activos** y **pasivos** según su participación en la edafogénesis.
- **Factores activos: clima, biota y el hombre.** Actúan sobre otros componentes y controlan el tipo de proceso posible y su intensidad.
- **Factores pasivos: roca madre, relieve y tiempo.** Son aquellos sobre los que actúan otros factores.
- **Jenny considera al suelo como función de:**
$$S = f (Cl, RM, R, B, T....., H)$$
- **La Biota está representada por los organismos, flora y fauna.**
- Los suelos resultantes serán función del factor que varía.
- Cuando **el único factor que varía es la roca** y el resto permanece constante, se establece una secuencia de suelos que se denomina **litosecuencia**.
- También pueden establecerse **climosecuencia, biosecuencia, toposecuencia o cronosecuencia**.

Roca madre o **Material original**

- **Jenny (1941) material original** “el estado del **sistema suelo** en el **tiempo cero** de su **formación**”.
- Propiedades de los suelos características heredadas del **material original**:
 - cantidad y tipo de arcilla,
 - textura o granulometría y
 - características químicas de los suelos.

Rocas igneas

- **Ácidas:** suelos de granulometrías gruesas y aportan poca o ninguna fertilidad al suelo.
- **Básicas:** se descomponen fácilmente. Son ricas en bases y suelos de texturas finas (**arcillosos**). Se libera **Ca, Mg e Fe**.



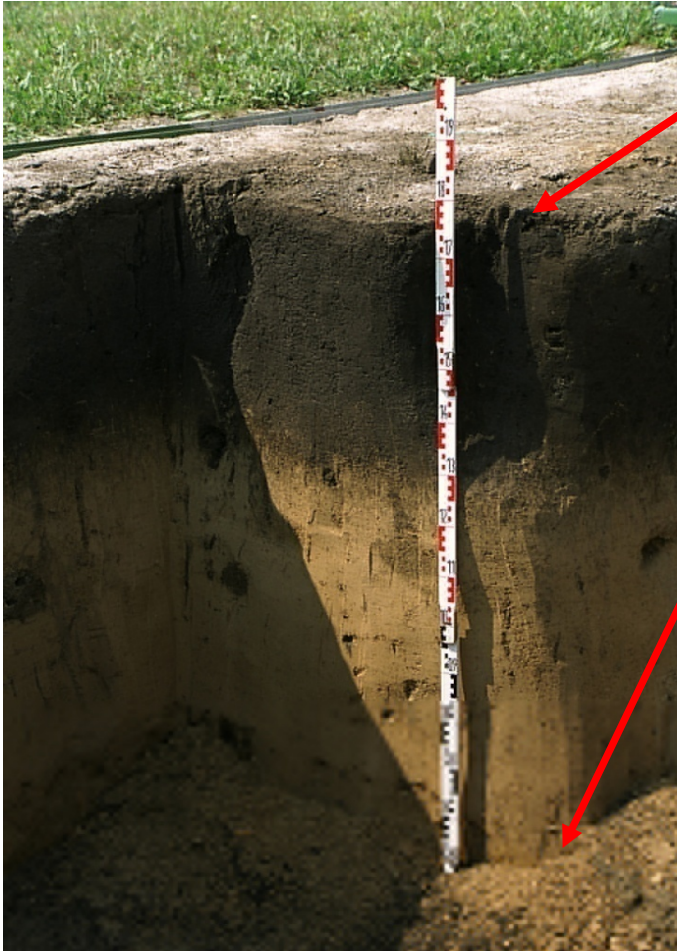
• Rocas Sedimentarias

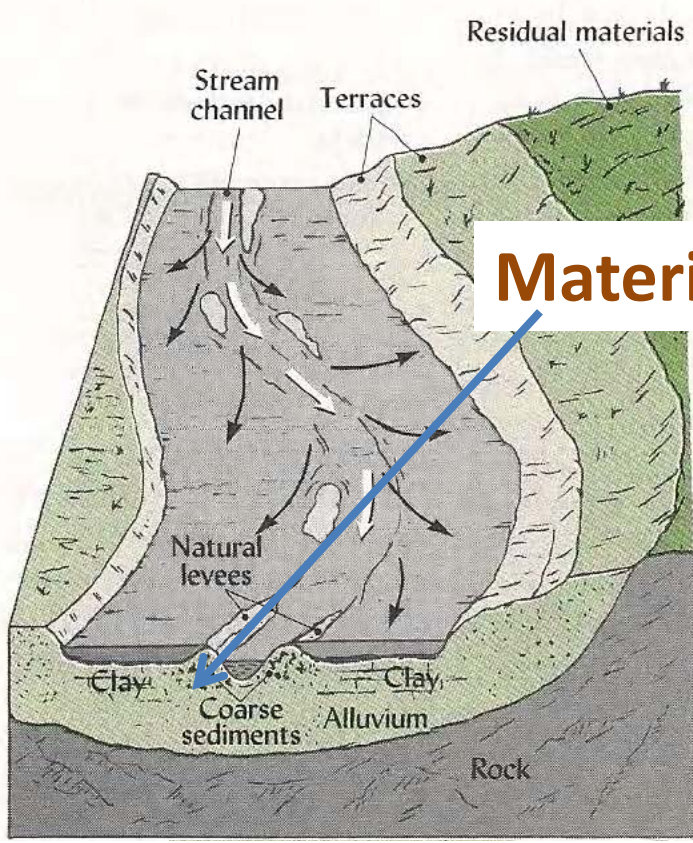
- Meteorización actúa sobre cementos de rocas. Material suelto (regolita).
- Transformación continúa en regolita con características heredadas de rocas de las que proviene:
 - **granulometría,**
 - **cantidad y tipos de coloides del suelo y**
 - **grado de saturación (porcentaje de cationes sorbidos a coloides).**
- **Sedimentarias no consolidadas**
- Granulometría del suelo muy similar al material original.
- Región Pampeana **loess** material original preponderante.

Material original

- Es el material a partir del cual se forma el suelo.
- El material original puede proceder de:
 - **sedimentos no consolidados** (sedimentos fluviales) o
 - **haberse meteorizado in situ.**
- Los suelos Mojotoro y San Lorenzo se formaron en material aluvial transportado.

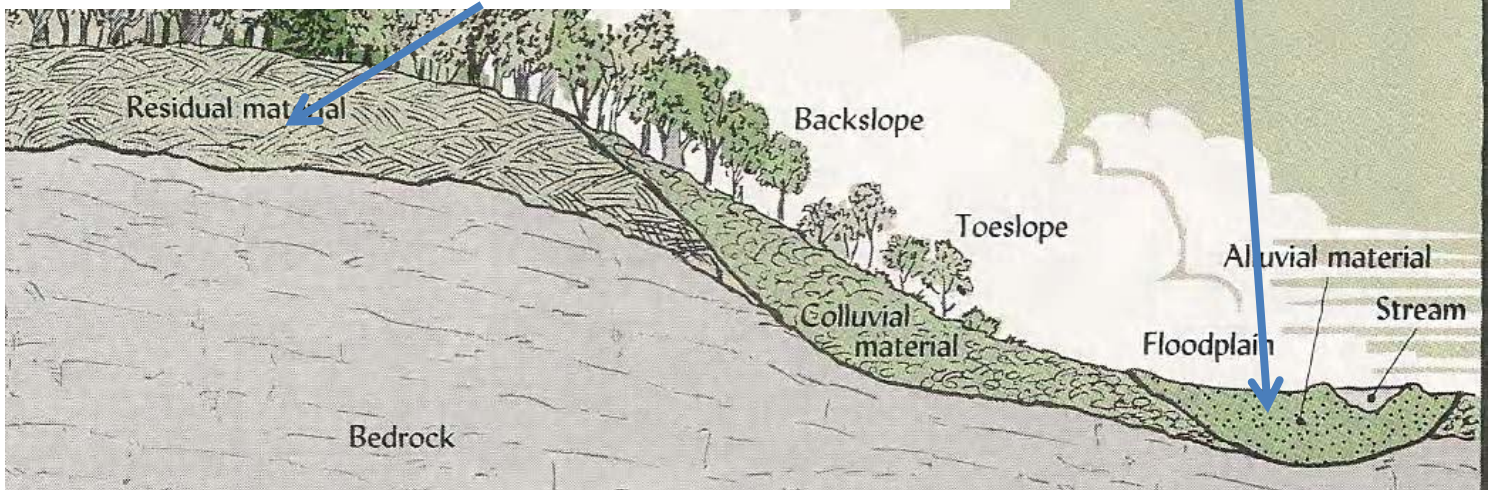
Rocas sedimentarias: Loess





Material aluvial transportado

Material residual meteorizado in situ



- Incidencia de la roca madre en el suelo:

- 1) **Composición mineral**

- 2) **Permeabilidad** (velocidad de desplazamiento del agua con poros saturados en agua)

- 3) **Granulometría**

- 4) **Color**

- 5) **Acidez**

- 6) **Fertilidad del suelo**

- **1) Roca da la mineralogía del suelo en función de la serie de Bowen.**

- Un basalto posee **anfíboles, piroxenos y feldespatos** que al meteorizarse producen suelos **finos o arcillosos**. También la edafización será más rápida.

- **2) Rocas impermeables** (que no poseen poros) pueden ser **lutitas o metamórficas**. El agua y aire no pueden infiltrarse en ellas.

- Las rocas sedimentarias son permeables (**Conglomerado, BRECHA o Arenisca**)

- El agua interviene en la destrucción de rocas por **meteorización, crioclastismo o haloclastismo**.

- **3) La granulometría de la roca madre da la textura del suelo.**

- **Textura se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que posee el suelo.**

- Un Basalto generará regolita con grano fino o textura arcillosa.
- Con suelos bien estructurados (organización de las partículas arena, limo y arcilla en agregados).
- Al alterarse una arenisca produce una textura gruesa y si poseen estructura (organización de las partículas arena, limo y arcilla) será gracias a la presencia de **materia orgánica**.
- 4) Roca madre y color del suelo.
- Suelos incipientes, poseen color muy parecido a la roca madre.
- 5) Los suelos ácidos son de climas muy húmedos.
- Abundante presencia de H⁺ en el suelo por la cantidad de agua.
- El suelo tendrá otro pH si la roca madre posee minerales ricos en bases.
- Si la roca madre es una caliza, regolita con abundante CaCO₃.
- 6) Fertilidad del suelo modificada por la roca madre.
- Las regolitas finas arcillosas son importantes porque retienen nutrientes para el suelo (coloides arcillosos).

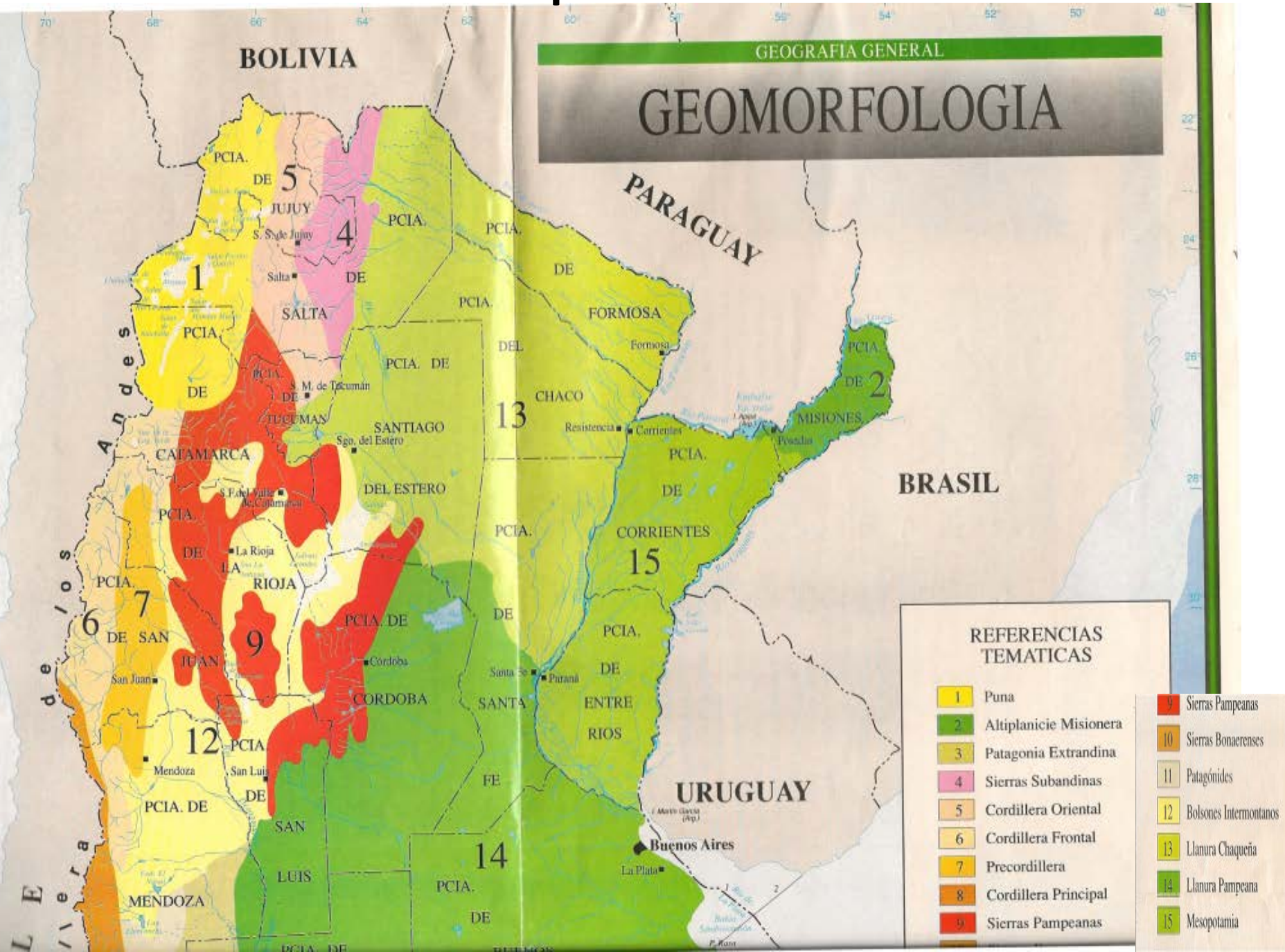


Roca madre y
color del suelo

Color del suelo



Material parental residual



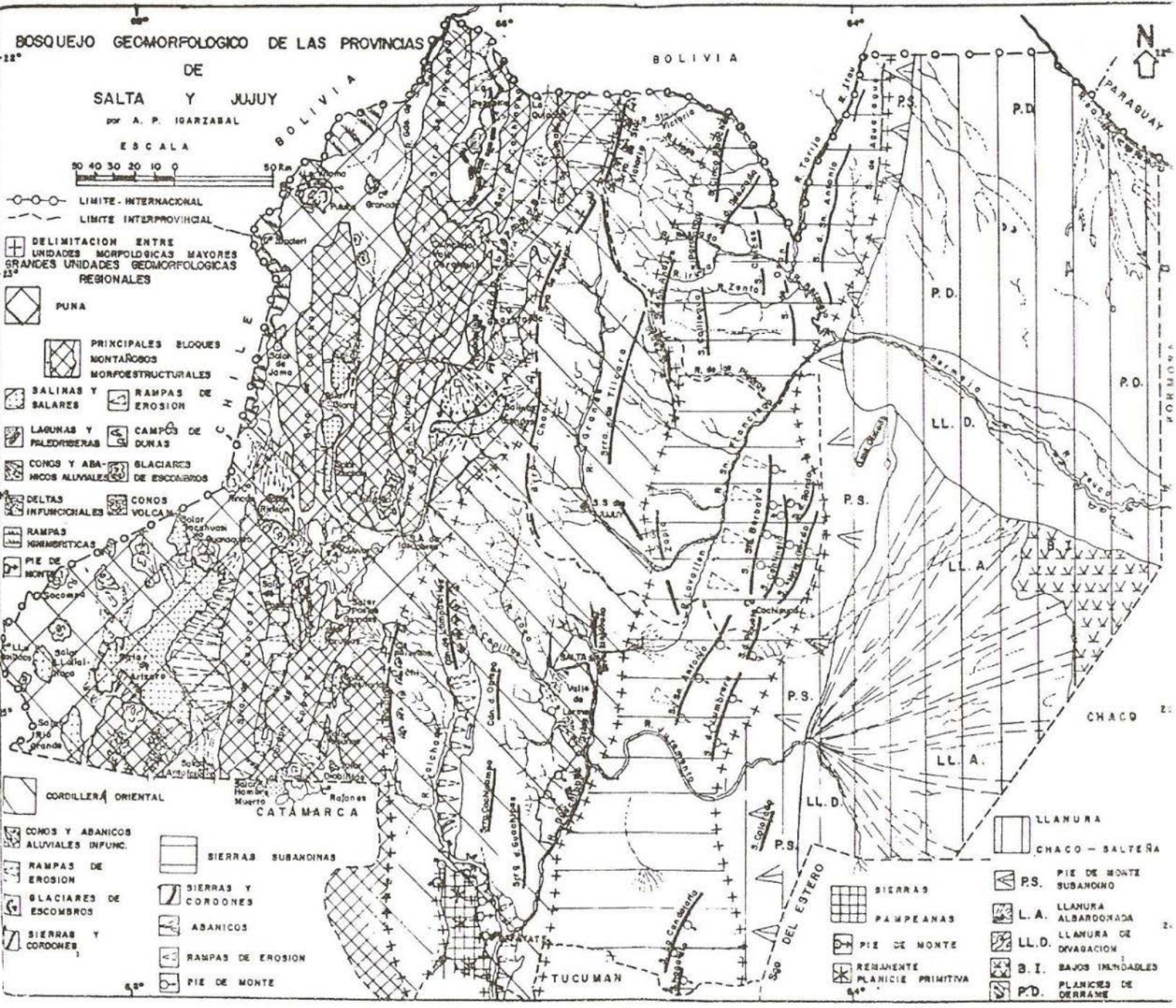
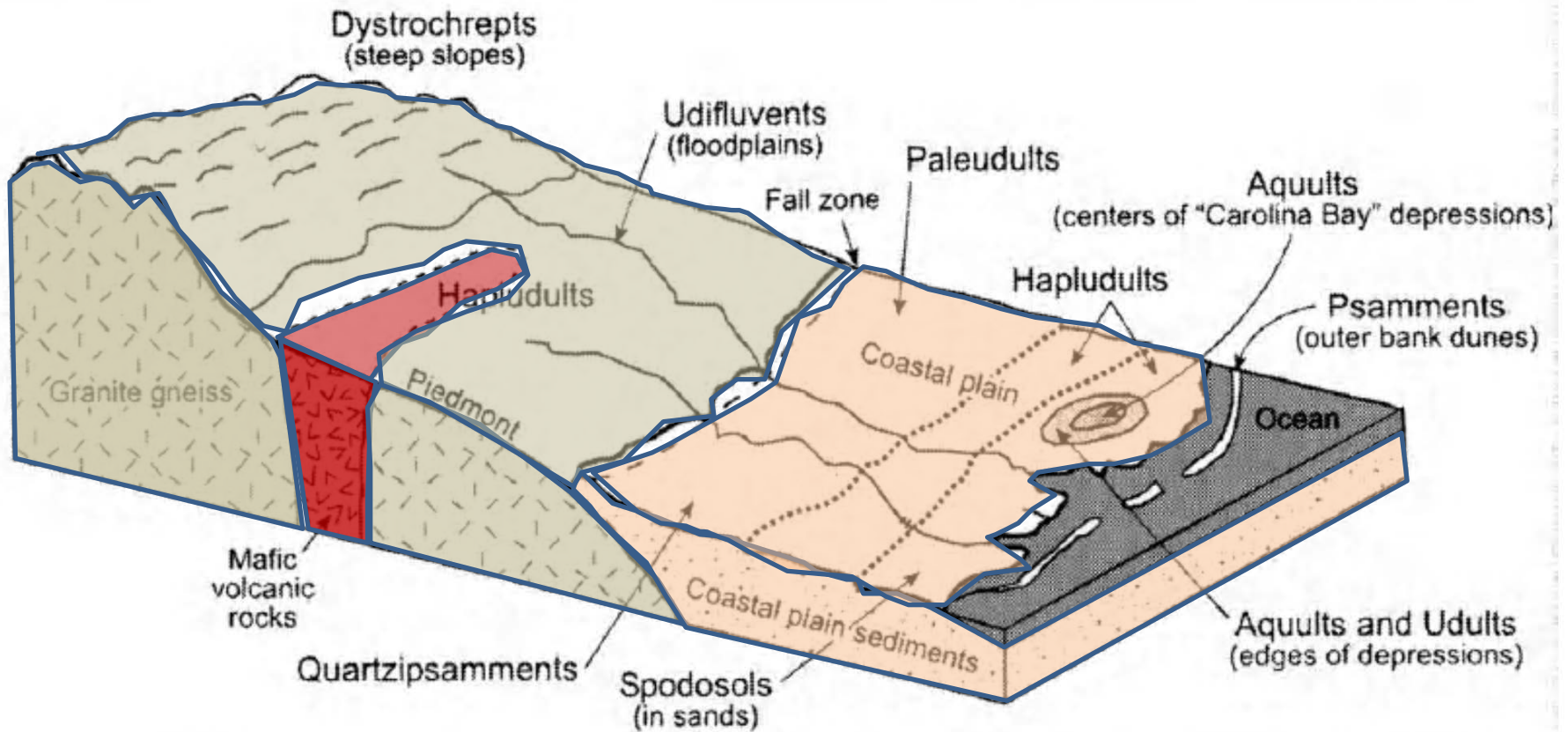



Figura 1. Mapa geomorfológico de las provincias Salta y Jujuy (Fuente: Igarzabal, 1991).

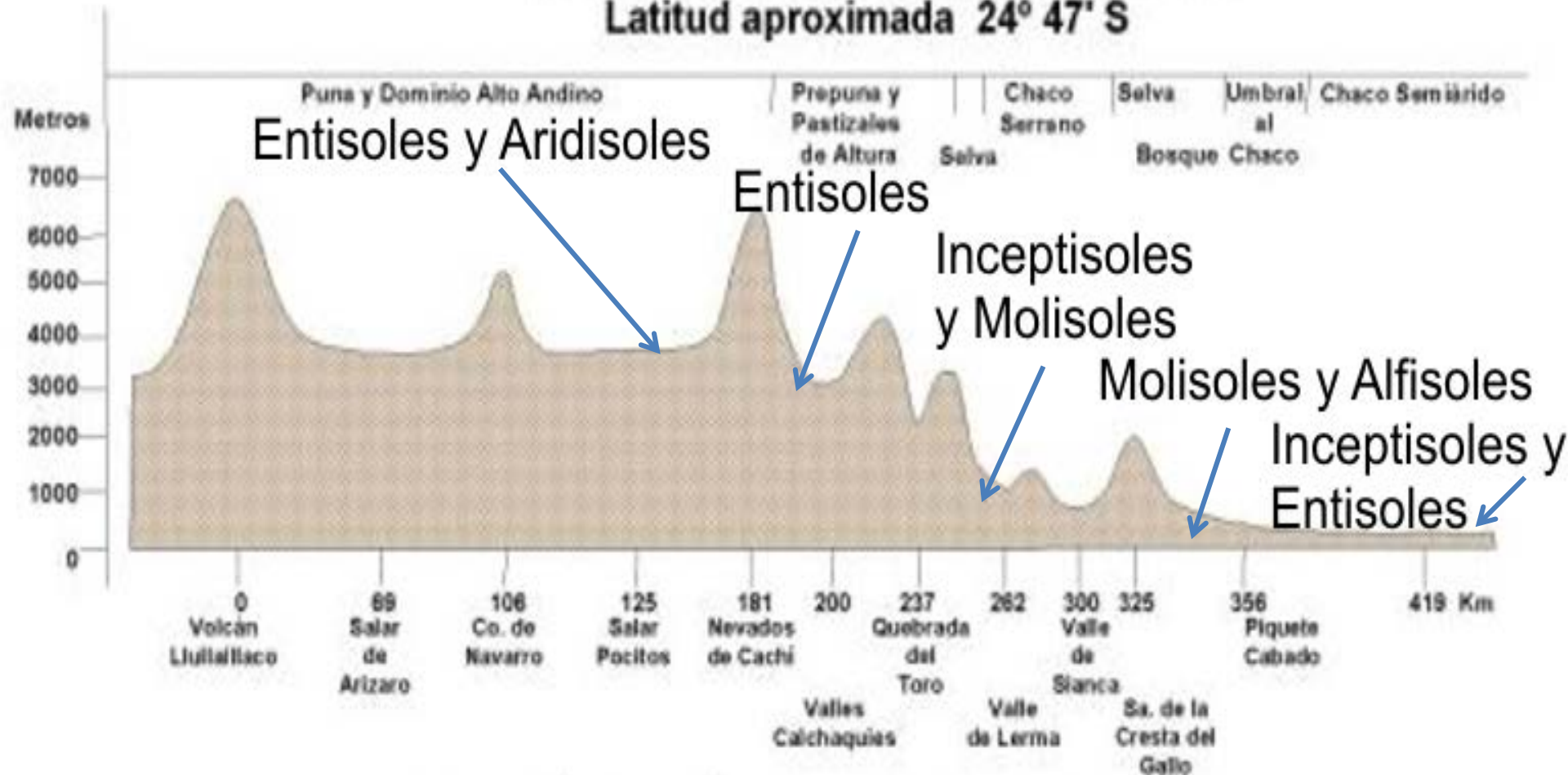
Litosecuencia



Roca	Ubicación geográfica	Clima	Suelo
Gabro	Misiones	Tropical	Ultisol
	Pampa húmeda	Templado húmedo	Alfisol
	Misiones	Tropical	Ultisol
Basalto	Pampa húmeda	Templado húmedo	Alfisol

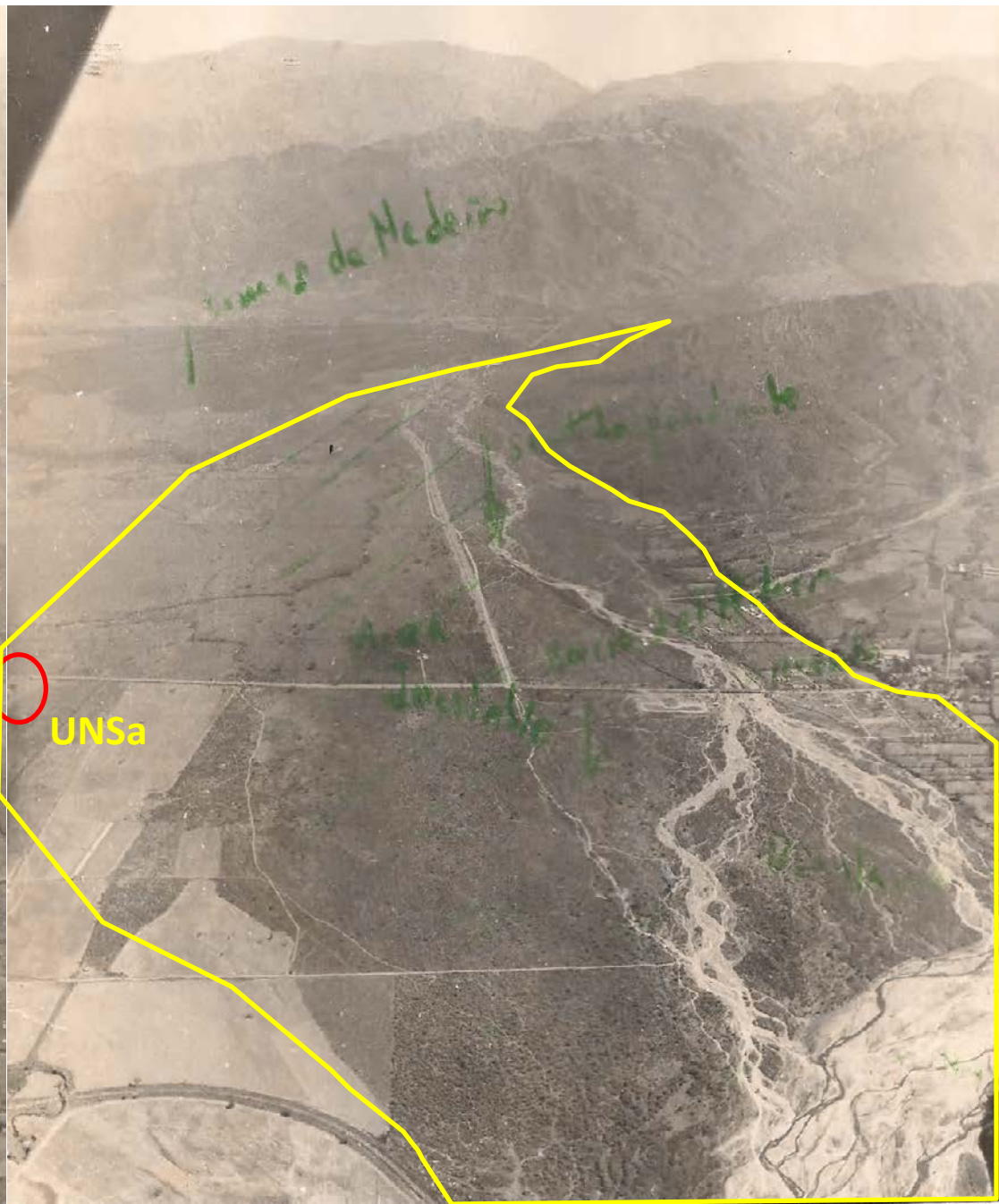
Climosecuancia en transecata Puna-valles intermontanos-Umbral al chaco-Llanura Cahqueña

PERFIL TOPOGRÁFICO Dirección O - E
Latitud aproximada 24° 47' S



Elaboración : Fernández, D. y Failde, V. 2005

Fotografías aéreas zona UNSa



Ubicación TP factores formadores cerro Los Profesionales



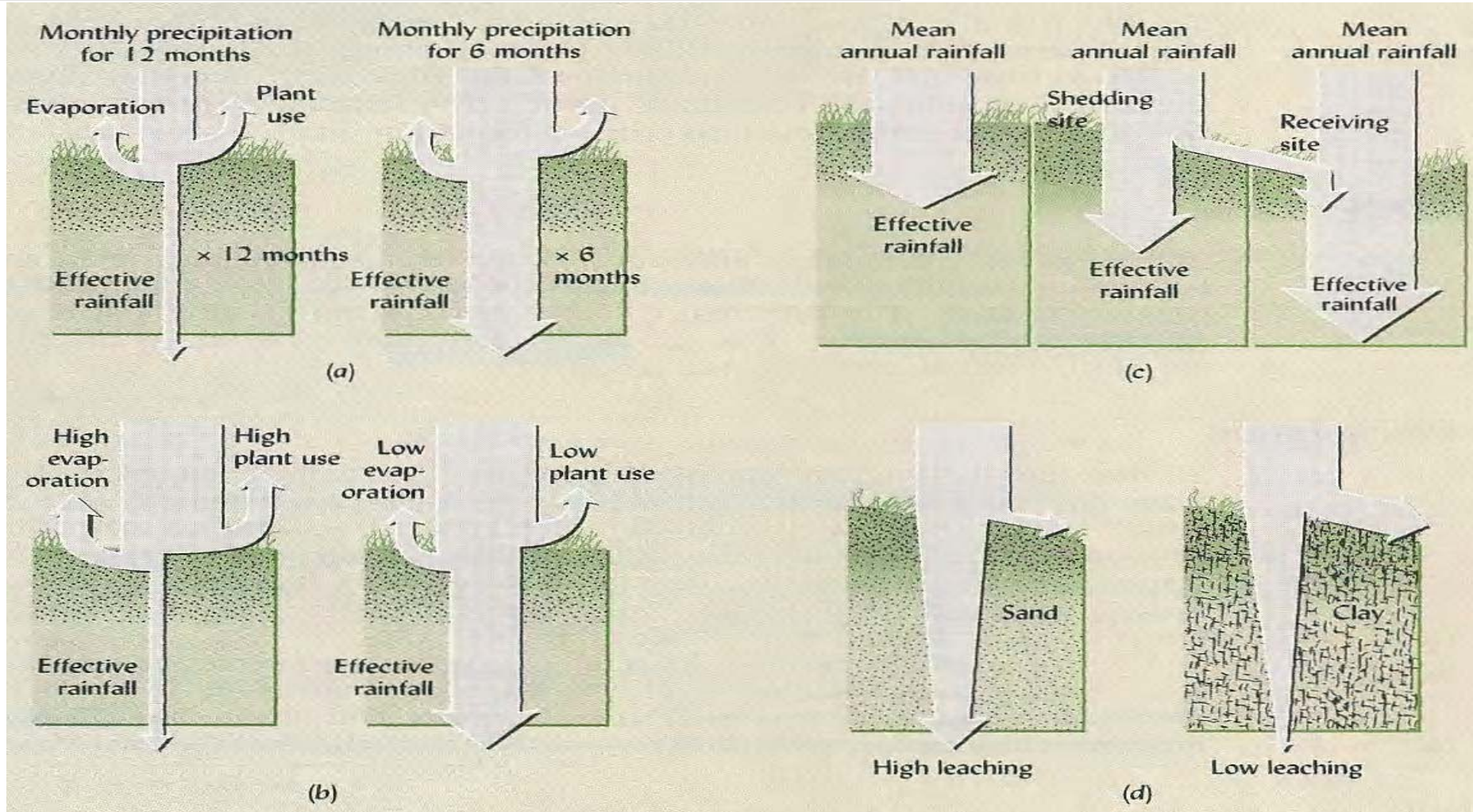
Clima

- Conjunto de procesos de **descomposición** de la regolita.
- Efecto por acción de las **precipitaciones** y la **temperatura**.
- **Produce meteorización de las rocas y descomposición de la materia orgánica.**
- La alteración será más activa cuanto **más elevadas sean la precipitación y temperatura.**
- Los **climas** cambian con el tiempo aún dentro del ciclo de formación de algunos suelos.

Precipitación

- Cuando ocurre una precipitación, no toda el agua entra al suelo.
- Parte de ella **se pierde por evaporación, transpiración de las plantas o escurrimiento.**
- **El agua que entra al suelo y su movimiento es la que determina la diferenciación de horizontes y ciertas propiedades.**

- Con aumento de precipitaciones, mayor lavado de sales solubles y poco solubles como **los sulfatos y carbonatos** y son arrastrados a mayor profundidad.
- Aumenta la **acidez** por mayor **concentración de los iones hidrógeno**.
- El contenido de **arcilla** aumenta con lluvias.
- Efecto del aumento de las precipitaciones, **incremento en la vegetación**: **mayor aporte de materia orgánica y nitrógeno a los suelos**.



PRECIPITACION EFECTIVA PARA LA FORMACIÓN DEL SUELO

- El agua entra al perfil y participa de la **meteorización**, percola a su través y transloca productos solubles.
- ▶ 1. **Región con precipitación anual de 600 mm (valle de Lerma).**
- ▶ 2. **Penetración del agua en el suelo:**
 - **Estaciones contrastadas: Distribución estacional de la precipitación.** 600 mm distribuidos 50 mm cada mes, produce **menos lixiviación o translocación** que proporción de 100 mm por mes **durante una estación lluviosa de 6 meses.**
 - **Temperatura y evaporación.** 600 mm de precipitación lixivian y desarrollan más el perfil en **un clima fresco** que en **uno cálido.**
 - **Contraste clima fresco con cálido.** Lluvia concentrada en un verano suave (sur de la Pampa) es más efectiva en **lixiviado** que lluvia **concentrada en un verano cálido (Chaco Salteño).**
 - **Topografía.** **Relieves a nivel o cóncavos** poseen más percolación e infiltración **que sitios con pendiente empinada.** **Mayor drenaje climático en relieves a nivel comparados con relieve en pendiente.**
 - **Permeabilidad.** **Perfil arenoso grueso** infiltra agua y lixivian más que **perfil denso e impermeable de granulometría arcillosa.**
- El perfil arenoso posee **más drenaje climático** y el desarrollo de suelo es más rápido.

Temperatura

- Ley de Vant' Hoff: cada 10° centígrados de aumento de temperatura duplica la velocidad de reacciones químicas.
- Descomposición de Materia Orgánica con **velocidad variable por temperatura.**
- Suelos clima frío, mayor cantidad de materia orgánica que los de **climas cálido.**
- **Temperatura del agua**, ($> t^{\circ}$) disminuye la viscosidad y la tensión superficial, hay **más facilidad para la lixiviación.**
- **En zonas áridas, aumenta la salinidad por falta de lixiviación.**
- Aumentos de temperatura **alteran mineralogía** y **color de suelos.**
- Suelos de **climas fríos** poseen **coloración oscura.**
- Suelos de zonas intermedias **colores pardos.**
- **Clima cálido** tonalidades **rojizas o amarillentas.**
- **Temperatura y precipitación** influyen en el lavado en bases de los suelos y arcillas.

• Duchaufour denomina **drenaje climático**= *pluviometría - evapotranspiración*

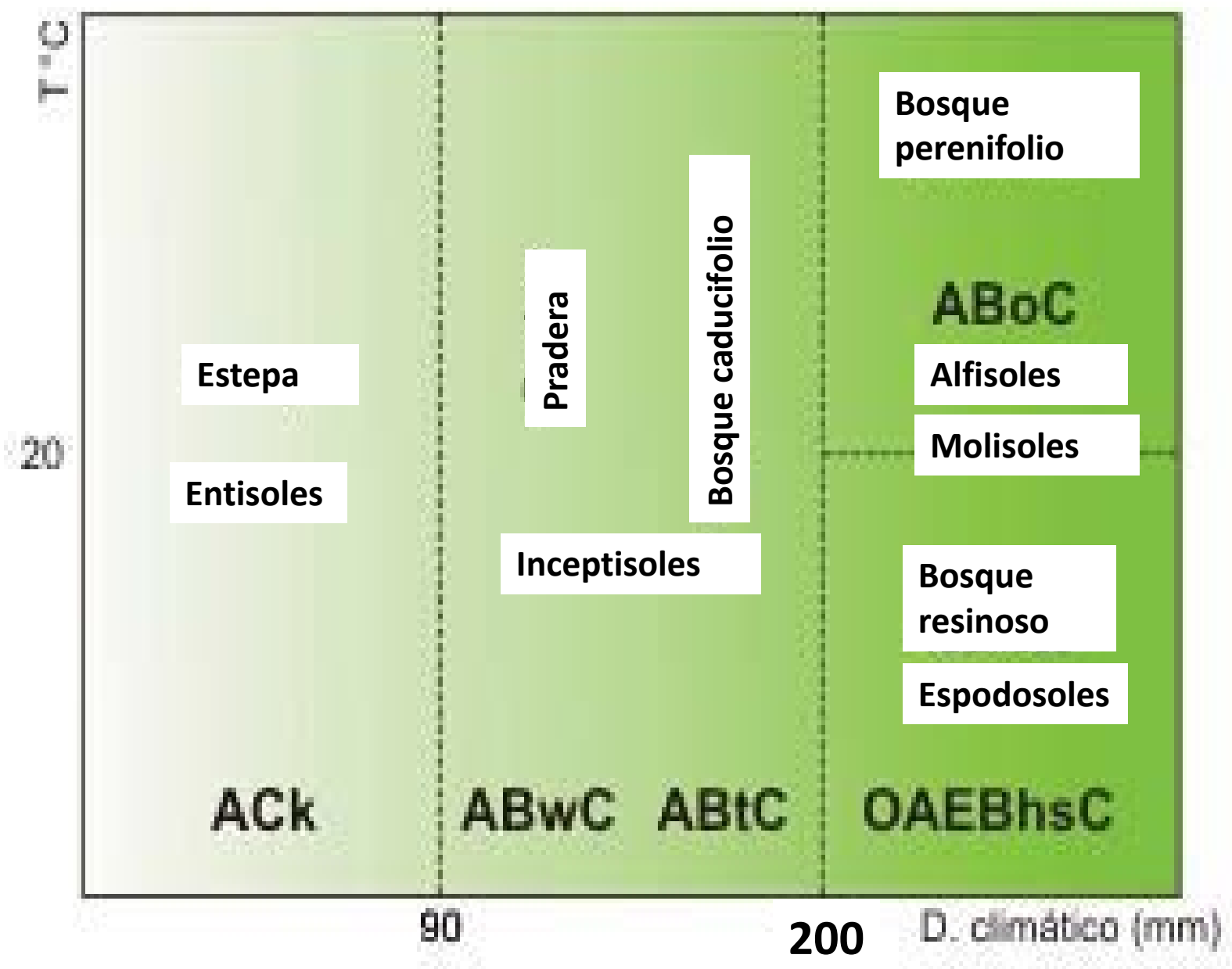
• $D = P - E$ donde:

• D= drenaje climático

• P = precipitaciones

• E= evapotranspiración

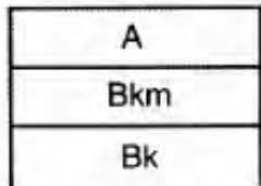
HENIN Y AUBERT (1945), LAVADO DE COLOIDES CONSIDERABLE PARA DRENAJE > 200 mm.



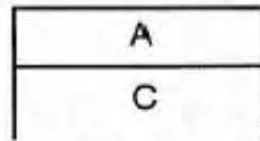
ZONA SEMIÁRIDA

Matorral xerófilo

Vegetación escasa

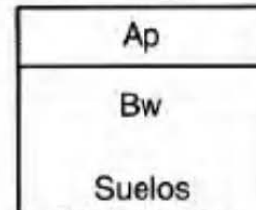


Paleorthid (1992)



Xerorthent

Halófilas

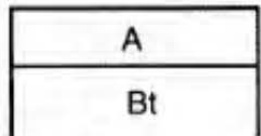


Suelos afectados por salinidad

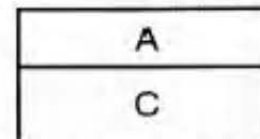
Inceptisol

ZONA TEMPLADA-HÚMEDA

Bosque

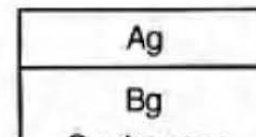


Udalf



Udorthent

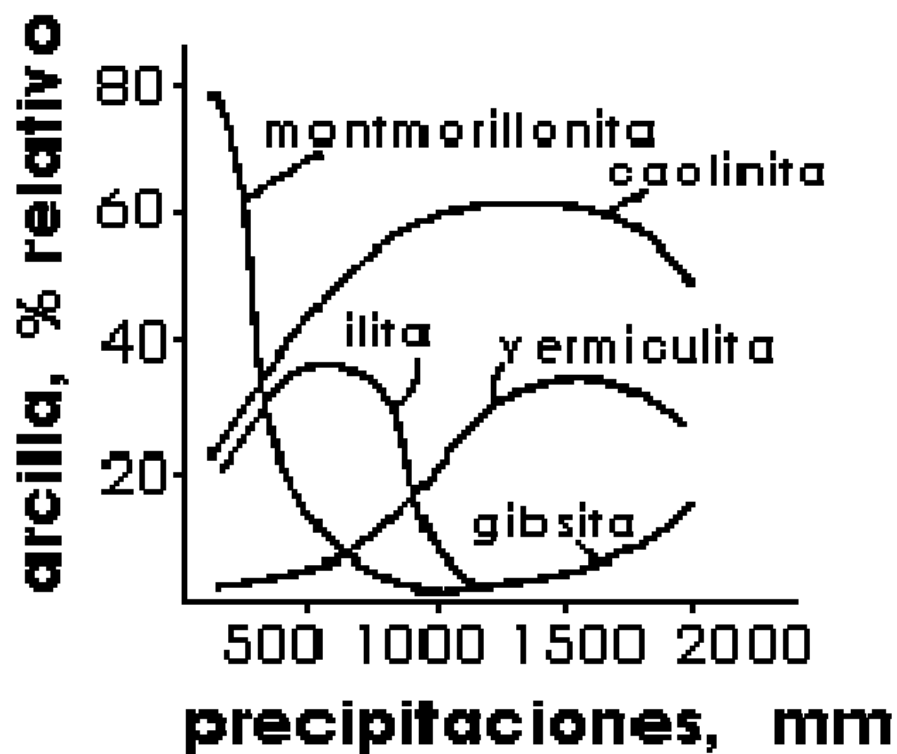
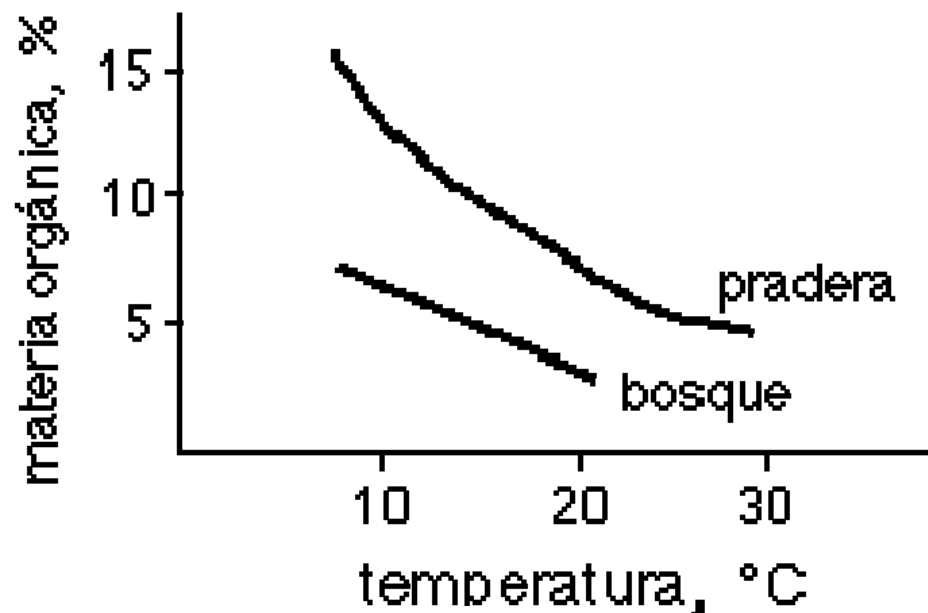
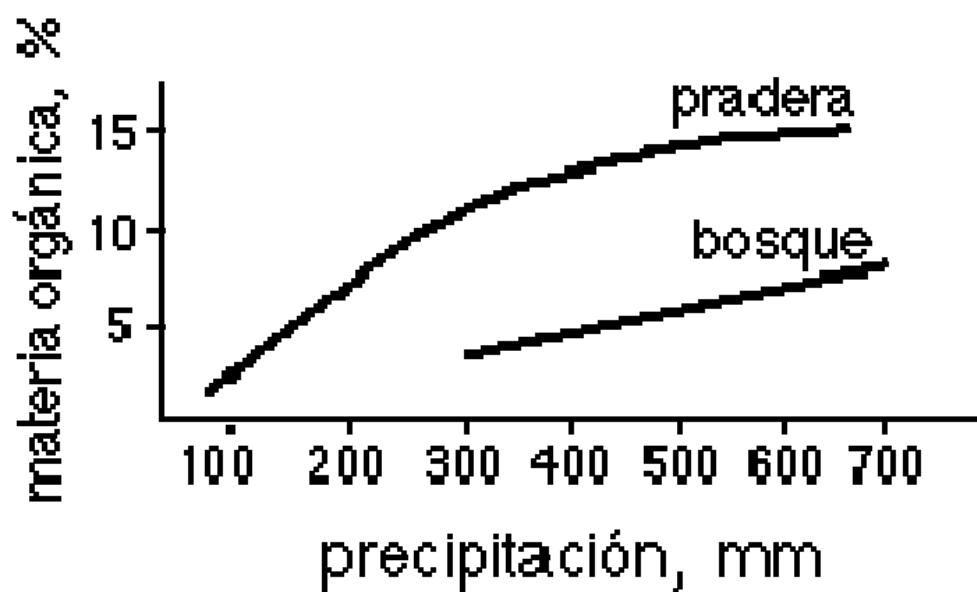
Hidrófilas

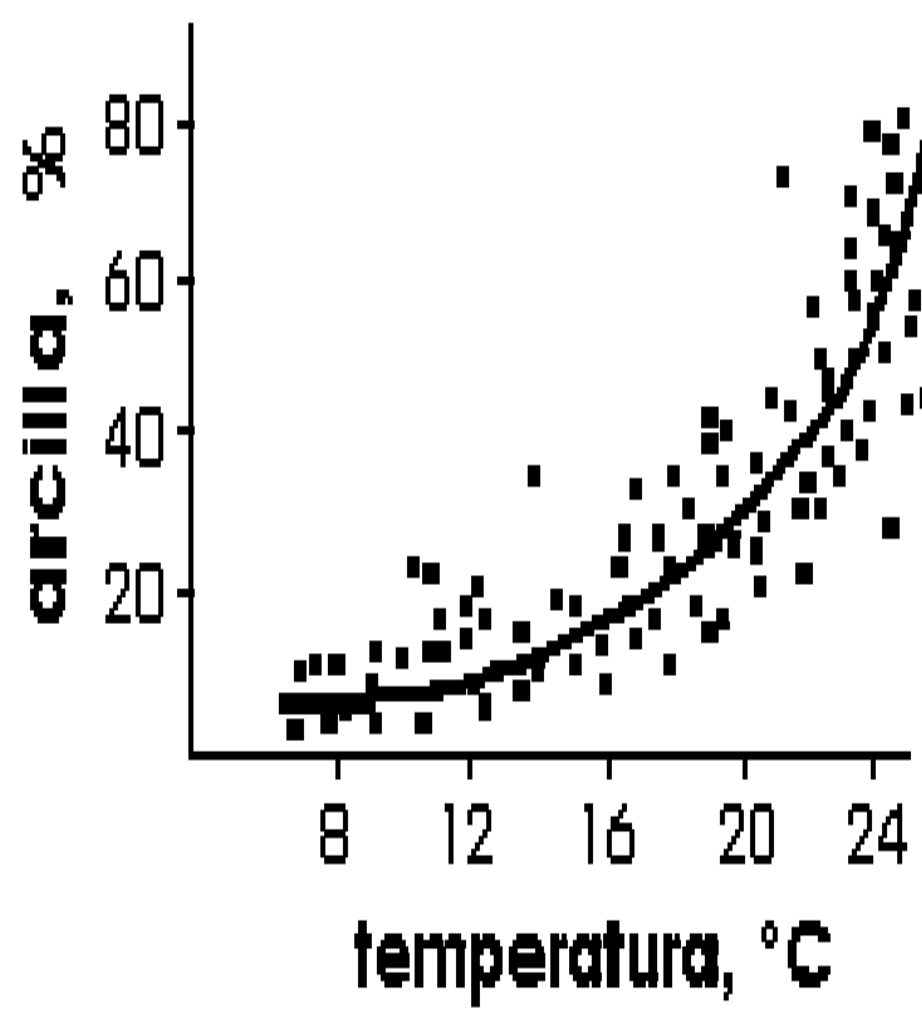
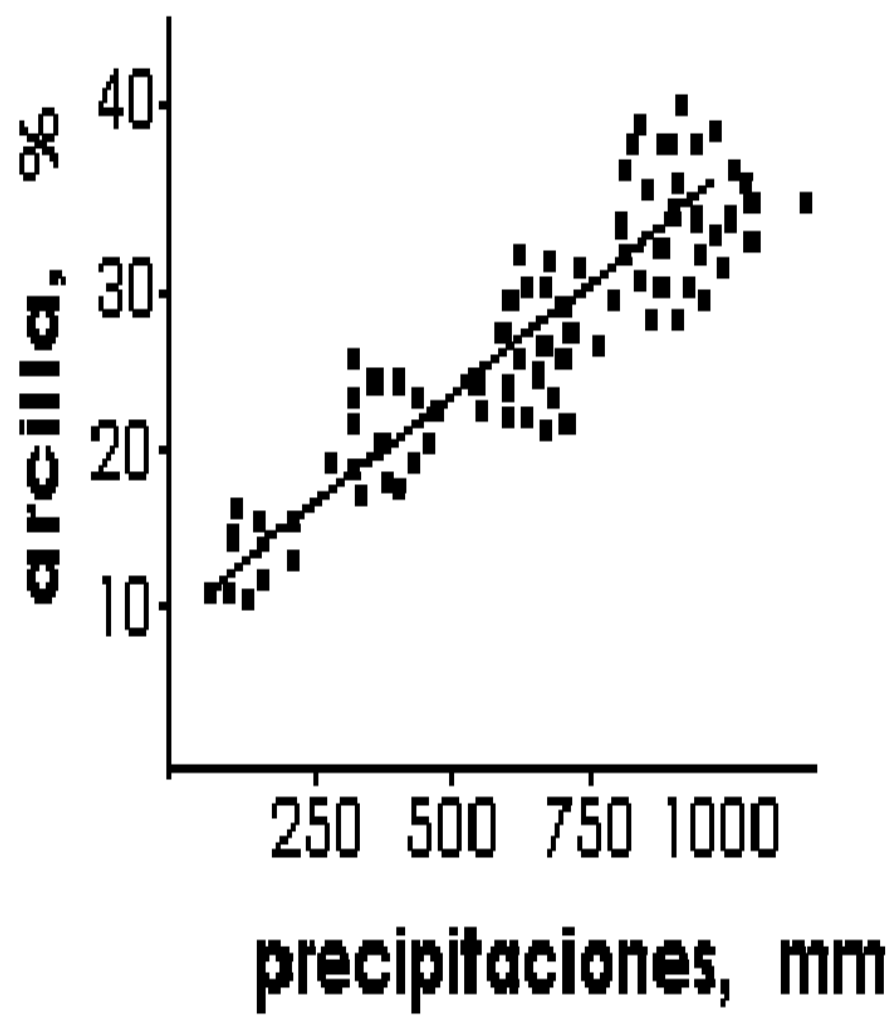


Suelos con exceso de agua

Inceptisol

Efecto del clima sobre una toposecuencia





INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMATICOS EN ILUVIACIÓN

a. Clima: es el que más influye a nivel general, pero dentro de una zona climática influyen los factores locales

$P = ETP + D + \Delta r$ D: drenaje; Δr : variación reserva agua retenida

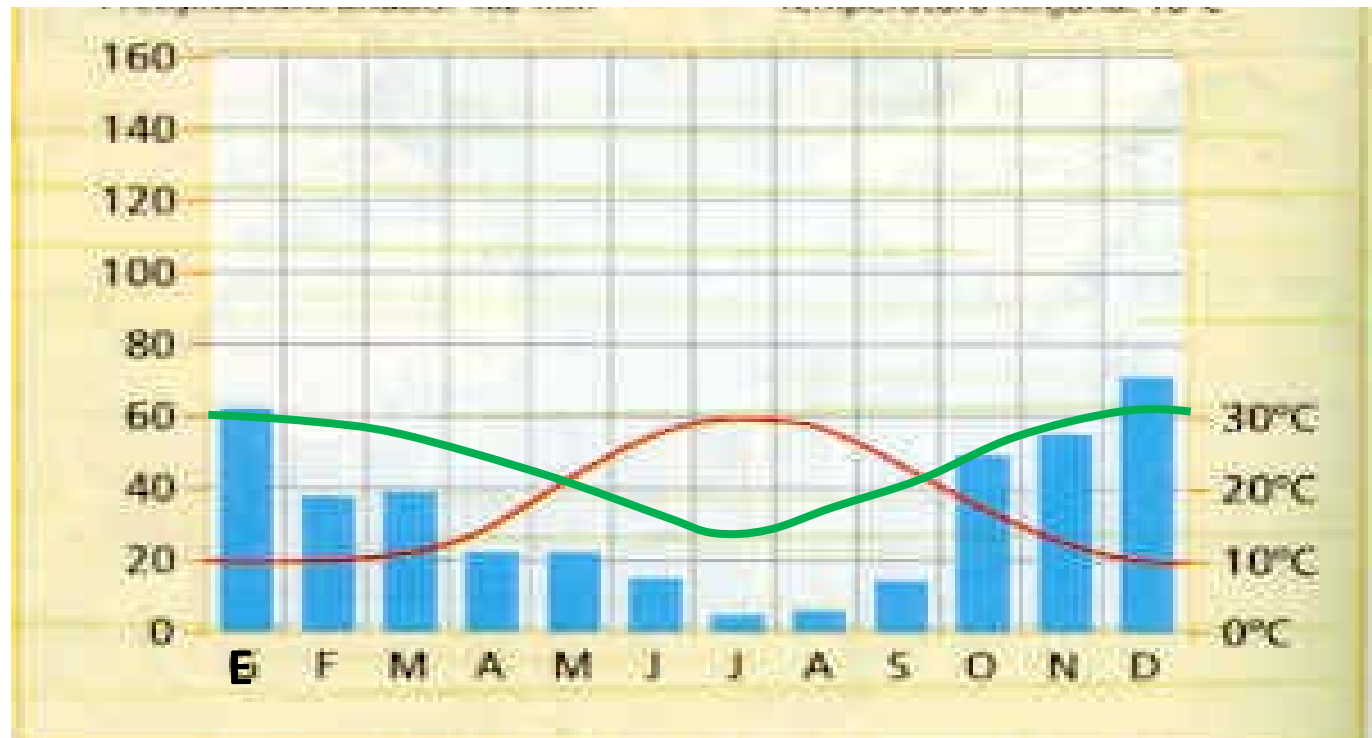
La distribución de las lluvias durante el año influye mucho

CLIMA MEDITERRANEO

Precipitación media anual 400 mm. Temperatura media anual 18 °C.

Hemisferio sur

Hemisferio Norte



Climosecuencia

Clima árido con evaporación elevada



Clima Semiárido



Pradera con clima subhúmedo

Humus Mull

Pradera con clima húmedo



Humus Moder

Coníferas húmedo evaporación baja



Humus Mor

Erosión en cárcavas



capa

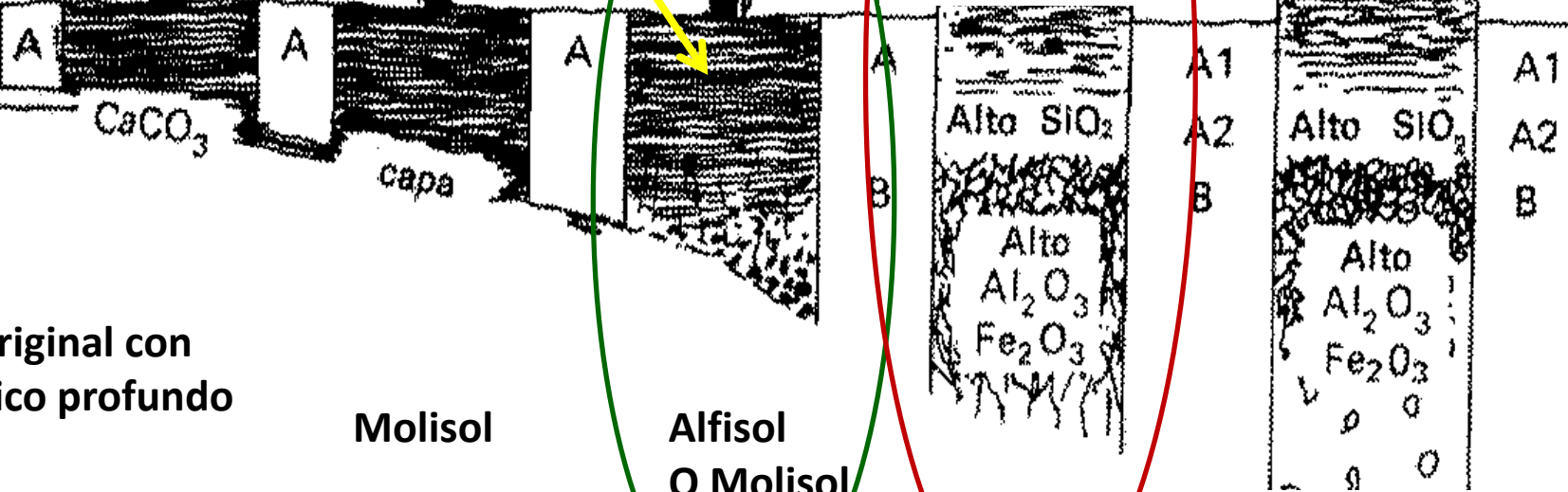
Material original con nivel freático profundo

Molisol

Alfisol O Molisol

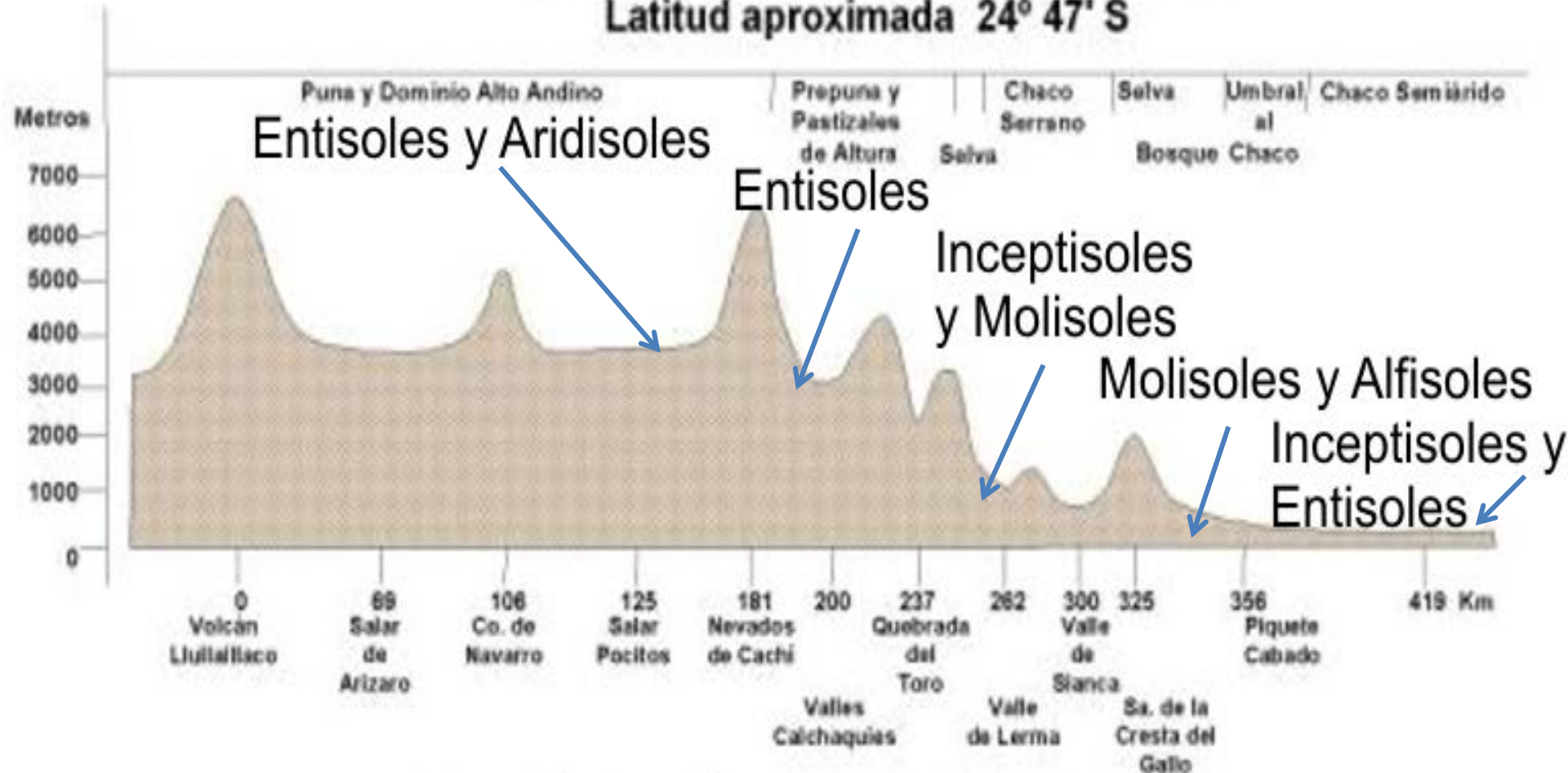
Oxisol o Ultisol

Espodosol



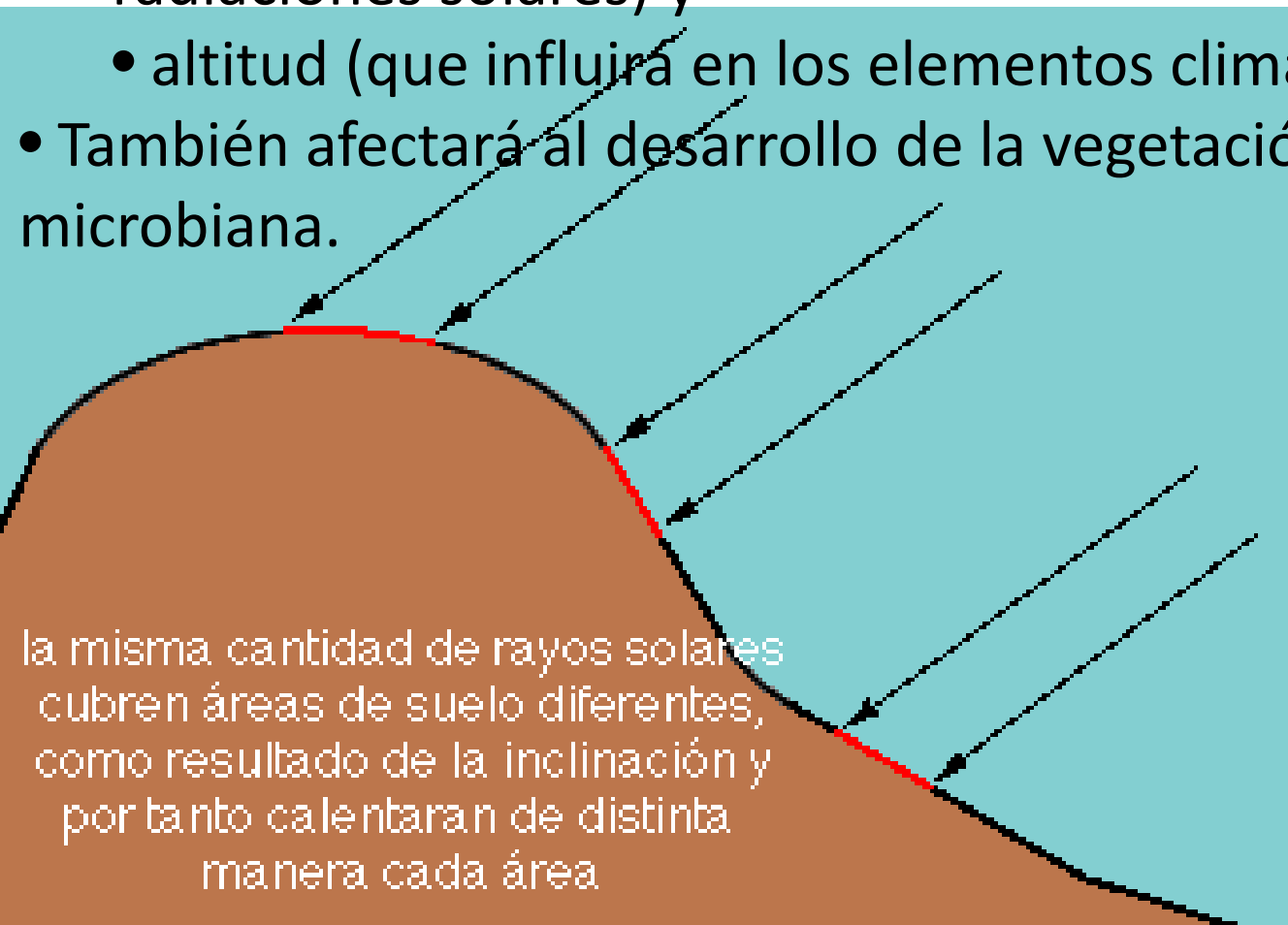
Climosecuencia en transecta Puna-valles intermontanos-umbral al chaco-llanura Chaqueña

PERFIL TOPOGRÁFICO Dirección O - E
Latitud aproximada 24° 47' S



Elaboración : Fernández, D. y Failde, V. 2005

- El relieve también modifica las características del clima edáfico al influir en la temperatura y en la humedad en función de:
 - inclinación (influirá en la intensidad calorífica de las radiaciones recibidas),
 - orientación (que regulará el tiempo de incidencia de las radiaciones solares) y
 - altitud (que influirá en los elementos climáticos generales).
- También afectará al desarrollo de la vegetación y la actividad microbiana.



Microclima

la misma cantidad de rayos solares cubren áreas de suelo diferentes, como resultado de la inclinación y por tanto calentaran de distinta manera cada área

Biota u Organismos

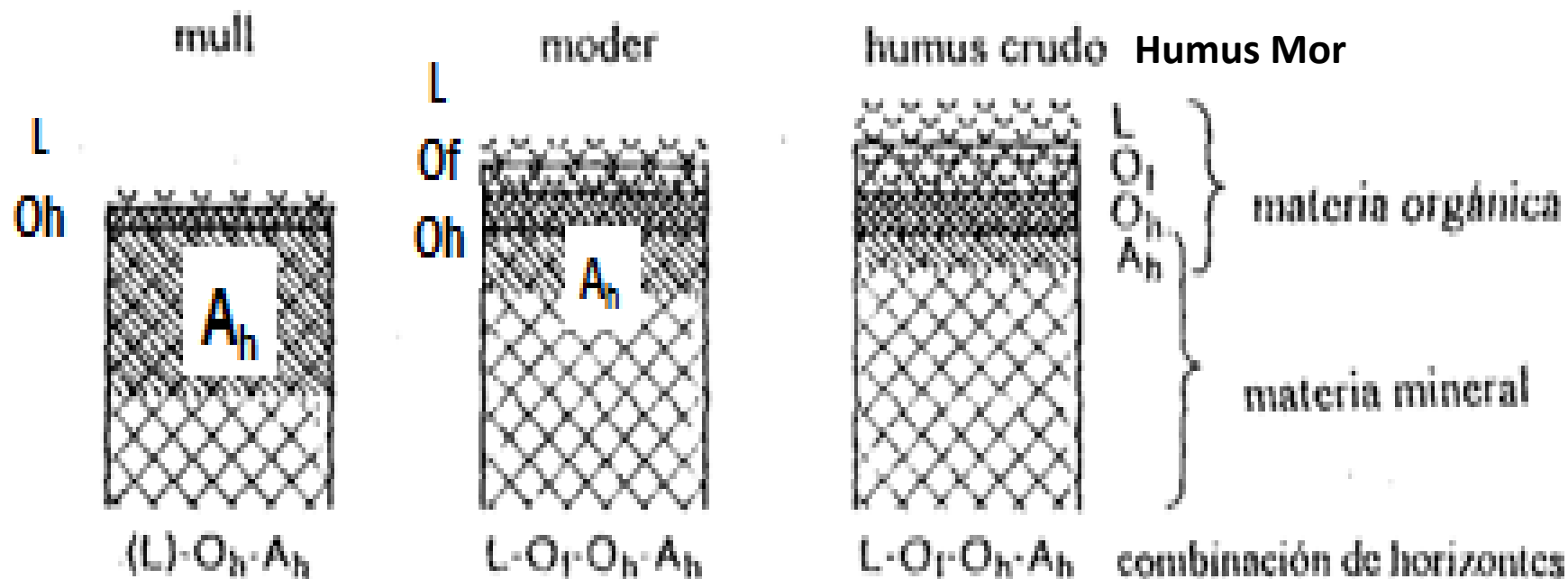
- Comunidad biótica: **vegetación natural, cultivos, población microbiana y micro y meso fauna** habita sobre la superficie e interior del suelo.
- **Clima** ejerce influencia **directa** en suelos, e **indirecta** a través de la **vegetación**.
- Evolución del suelo:
- A) **FAVORECE EL MICROCLIMA**: diferencia entre:
 - **bosque** proporciona al **ambiente** **sombra y humedad**. Sin ello hay **insolación**.
 - **Pradera**: la **temperatura del suelo** es **mayor** y en consecuencia es **menor la humedad ambiental**.
- B) **PROFUNDIDAD DE ENRAIZAMIENTO**:
 - **Profundización de las raíces** mayor en **árboles** y favorece **lixiviación y lavado de los elementos coloidales**. Se atenúa por **follaje**.
 - La **vegetación herbácea** posee **raíces superficiales** que provocan **menos lavado**.
 - La **gran masa radicular** produce abundante incorporación de **materia orgánica** con **horizontes húmicos (A)** de mayor espesor que en el **bosque**.

•C) NATURALEZA DEL HUMUS QUE SE ORIGINA:

- La **vegetación** al **descomponerse** y **reorganizarse** da origen al **humus del suelo**.
- **Humus** agente de edafogénesis, incorpora restos distintos y favorece el desarrollo de **microflora y microfauna**.
- **HUMUS TIPO MULL. VEGETACIÓN HERBÁCEA, LEGUMINOSAS** ricas en **nitrógeno** comparada con otras familias y se descomponen rápidamente.
- **HUMUS TIPO MODER. VEGETACIÓN ARBÓREA** produce restos de **hojas caducas** que se descomponen más fácilmente que perennes.
- **HUMUS ÁCIDO (TIPO MOR). VEGETACIÓN RESINOSA (CONÍFERAS)** agresiva (**meteoriza minerales primarios**).

•D) *PROTECCIÓN EFICAZ CONTRA EROSIÓN:*

- EL **BOSQUE** PROTEGE MEJOR EL SUELO CONTRA **LA EROSIÓN** QUE **LA PRADERA** Y LA **ESTEPA**.
- Suelos desnudos son expuestos a erosión.
- En el bosque **suelos edafológicamente más evolucionados** (**acompañados por elevada precipitación**).
- Suelos desnudos fuertemente **expuestos a la erosión**.

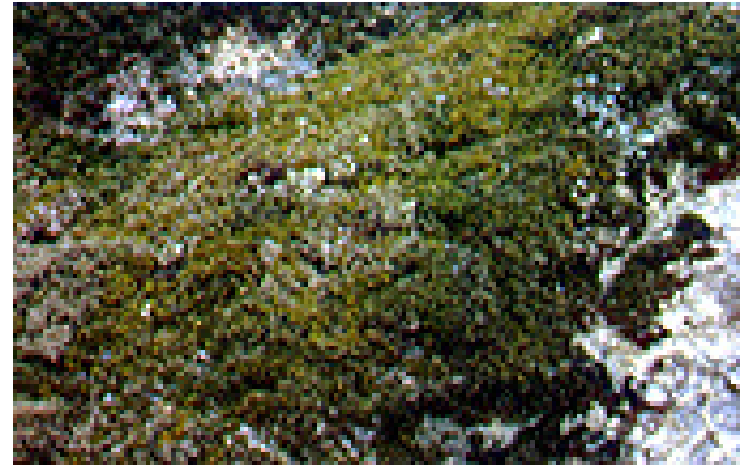


- Oi=L = hojarasca, principalmente material orgánico sin descomponer (L del inglés litter)
- Oe= Of= horizonte orgánico con "fermentación", es decir con materia orgánica parcialmente descompuesta.
- Oa= Oh= horizonte orgánico con 'humificación', es decir con materia orgánica principalmente descompuesta.
- "Ah" suelo mineral superficial con compuestos húmicos mezclados.

Biota



lombrices

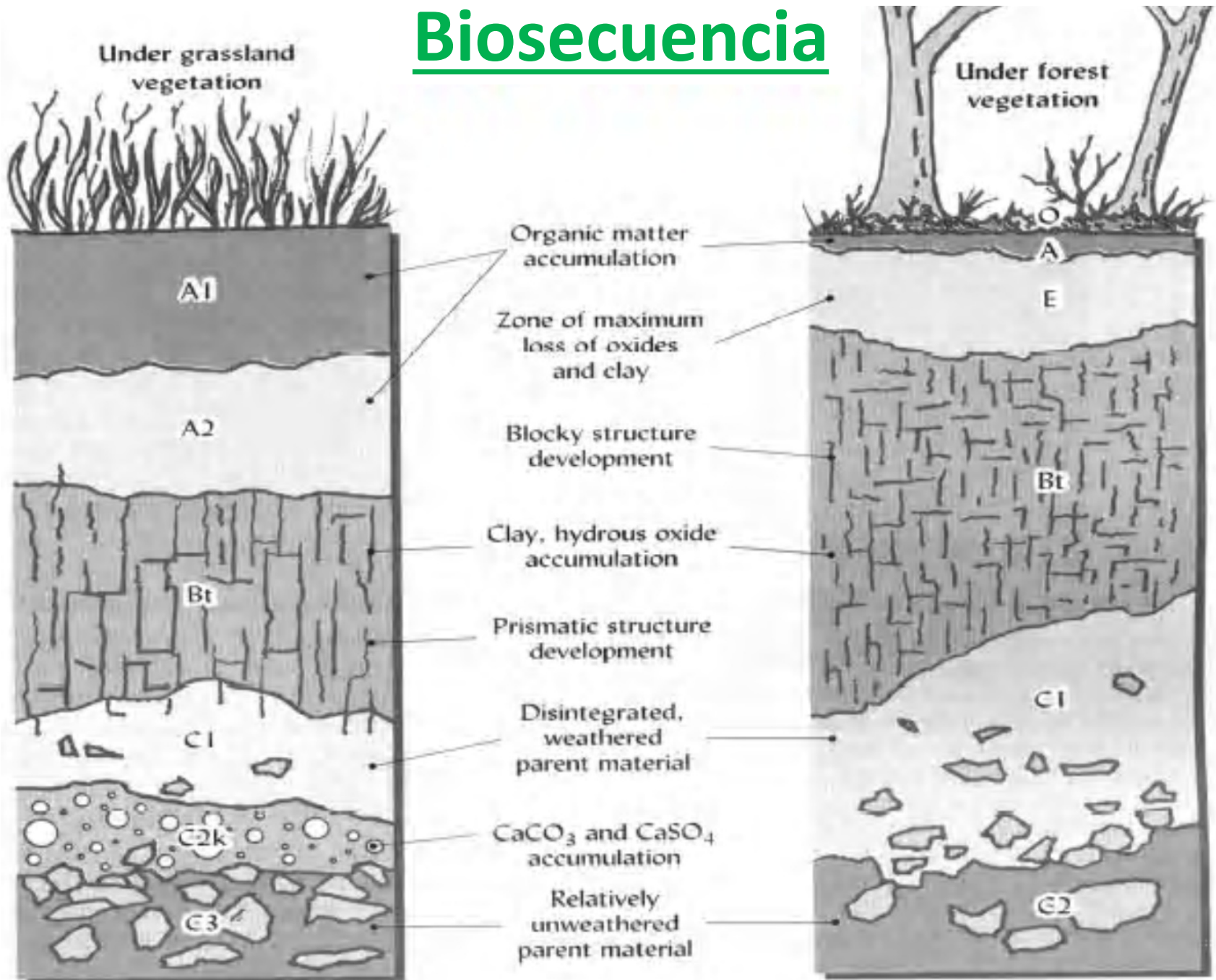


líquenes



Vegetación arbórea

Biosecuencia



Cationes reciclados por árboles

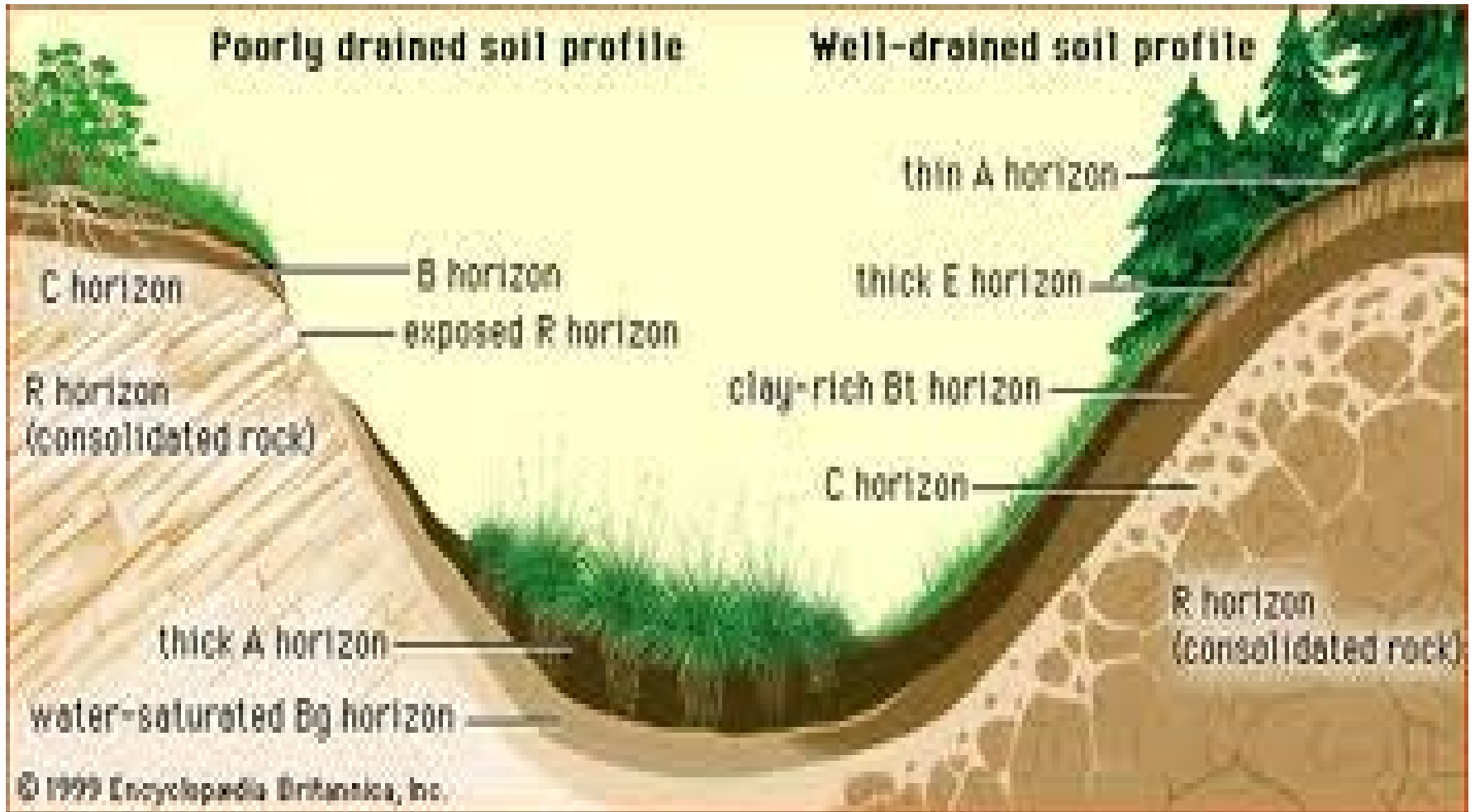
- Diferencias entre vegetación de gramíneas y forestal, y entre especies diferentes de árboles.
- Hojarasca que cae de **árboles de coníferas (pinos, abetos y piceas)** reciclarán pequeñas cantidades de **Ca, Mg y K** comparadas la reciclada de MO de **árboles deciduos o perennes (álamos, hayas, robles, arces)** que suben y almacenan mayores cantidades de cationes.
- Las raíces de coníferas llevan a superficie menos Ca, Mg y K de los minerales meteorizados en profundidad en el perfil y las bases se pierden por lixiviado.
- **Mayor acidez de los suelos en los horizontes superficiales con vegetación de coníferas** que **debajo de los árboles de hojas deciduas o perennes.**
- Los restos resinosos y ácidos de coníferas resisten descomposición y desalientan las lombrices, con espesos horizontes “O” con capas de material fíbrico (no descompuesto) y sáprico (descompuesto).
- Hojas de árboles deciduos se parten rápidamente y forman un piso de selva más fino con menor diferencia entre capas y con más MO mezclada en el horizonte A.

Relieve

• CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA SOBRE LA QUE SE DESARROLLA EL SUELO.

- Geomorfología; montañas, colinas, valles, llanuras, entre otros.
- Se relaciona con **pendiente**, parámetros:
 - **gradiente** (ángulo de la pendiente),
 - **longitud, forma** (cóncava, convexa o plana),
 - **disposición** (regular, irregular, o simétrica) y
 - **orientación norte-sur o este-oeste.**
- **Orientación** influye en **temperatura del suelo** y **crea microclimas.**
- **Hemisferio Sur, pendientes (o laderas) orientadas al Norte reciben más insolación que las orientadas al sur.**
- **Infiltración y la permeabilidad, drenaje interno** del suelo.
- **Mayor o menor cantidad de agua que drena internamente** en el perfil depende de la **pendiente.**
- Mayor **gradiente**, mayor **escurrimiento superficial**, **el agua no infiltra** y mayor **erosión** del horizonte A.
- **El agua que forma los suelos es la que se infiltra.**

Orientación de la pendiente



Relación entre posición topográfica, espesor del horizonte superficial y el contenido en materia orgánica de ladera en un clima subhúmedo templado

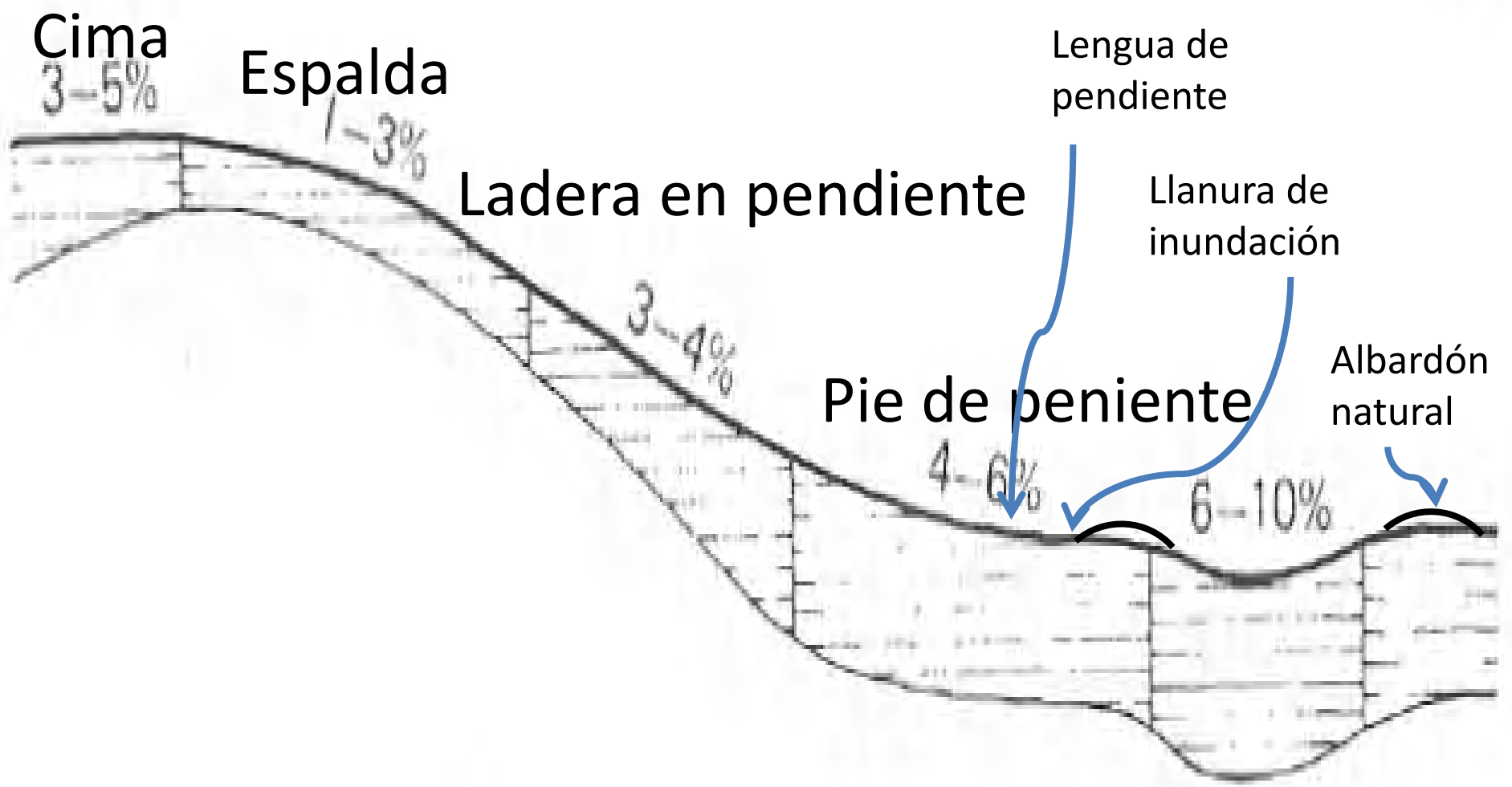
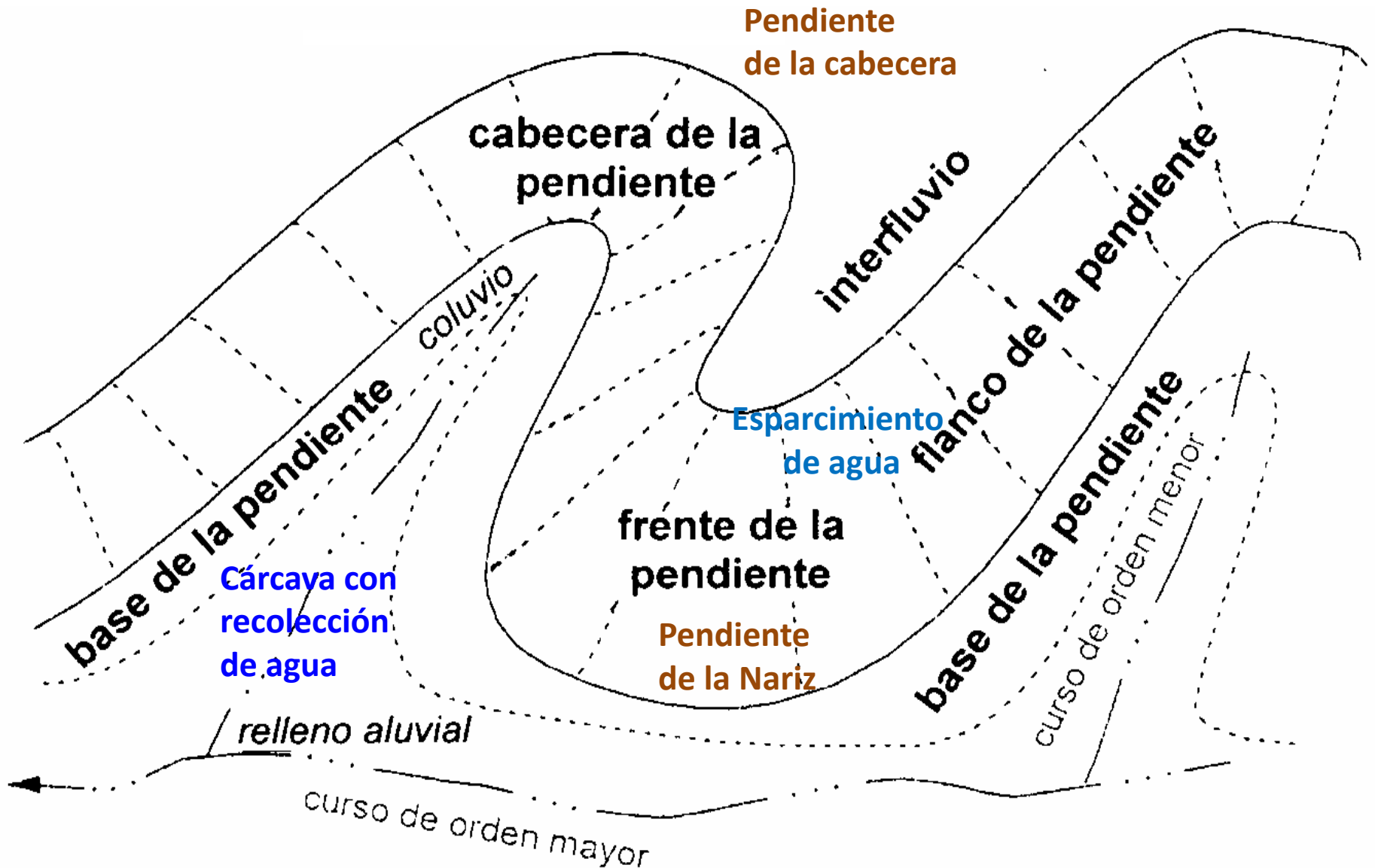


Diagrama de posiciones de ladera en pendiente



(PJS, 1996; adaptado de Ruhe, 1975)

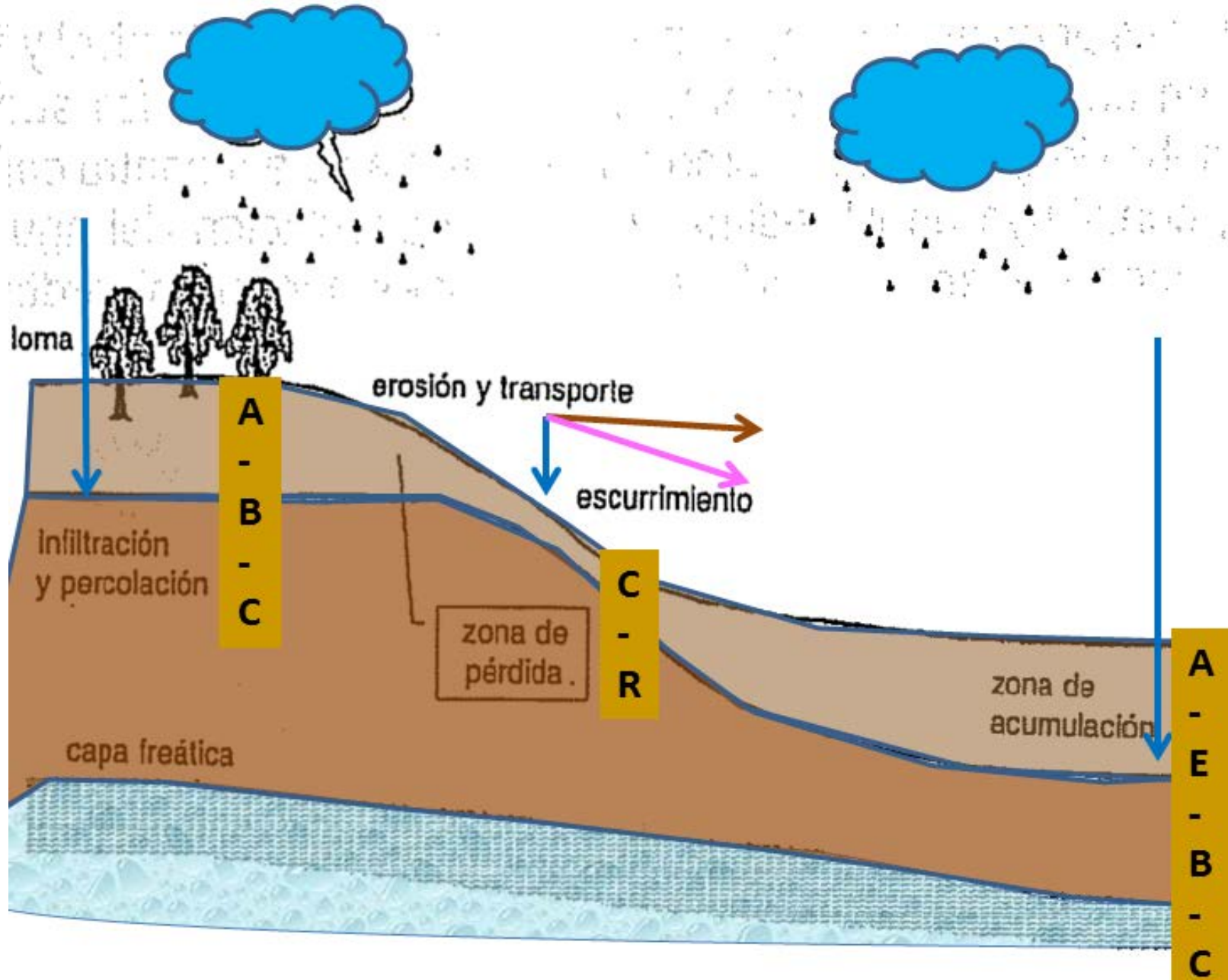
- **Relieve plano**, superficies estables, meteorización de perfiles profundos. Movimiento hacia **profundidad del perfil**.
- **Clima homogéneo** y **precipitaciones uniformes**, el agua de cada porción de pendiente será muy distinta.
- Suelos **ubicados en pendiente** no incorporarán el **agua de lluvia** y se pierde por **escurrimiento**.
- **EL AGUA QUE ACTÚA EN LA FORMACIÓN DE LOS SUELOS ES LA QUE ATRAVIESA EL PERFIL.**
- **Suelos de la zona baja** recibirán **además de la precipitación el agua que proviene de los suelos de media loma.**
- Hay **transporte superficial** de **partículas** con **subsuperficial** de **arcilla** y **carbonatos alcalinotérreos**.
- La parte **alta de loma** pierde material que gana la **parte baja**.
- El **relieve** determina **suelos normales, subdesarrollados e hiperdesarrollados** en **loma**, **media loma** y **bajo**.

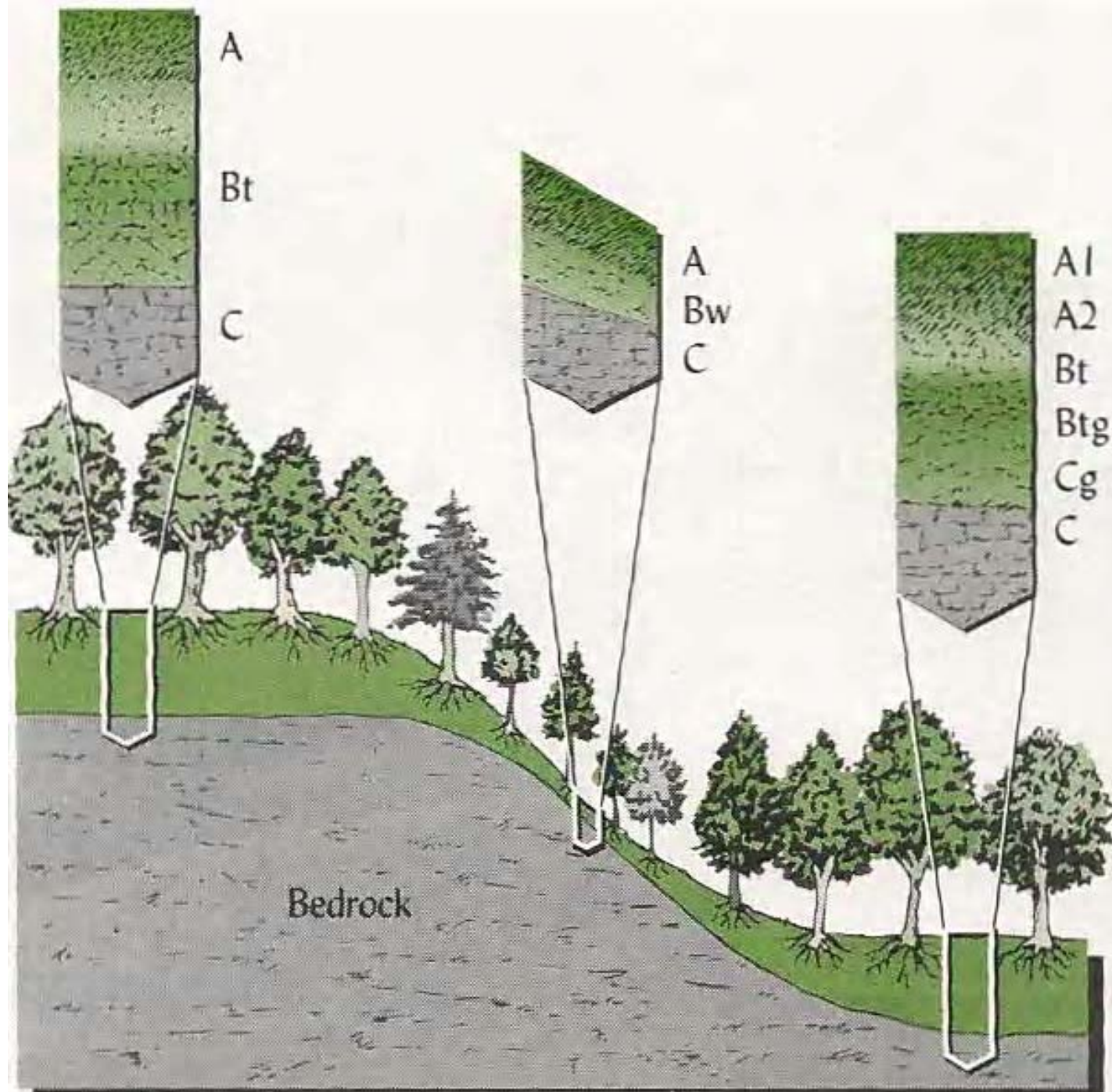
Relieve en la formación de suelos

→
Esgurrimiento
superficial

↓
Infiltración

↘
Erosión





Efecto de la capa freática sobre las propiedades de los suelos

- El **nivel freático** es la superficie del acuífero libre.
- Regiones húmedas, el **nivel freático** tiene **relieve similar al de la superficie**, pero más cercano **a ella en los bajos que en las lomas**.
- En zonas poco drenadas, las **pequeñas diferencias en la profundidad del nivel freático** ejercen acción importante en **evolución de suelos**, e influyen sobre el grado de **hidromorfismo**.
- Si el **nivel freático se encuentra cercano a la superficie**, constituye un impedimento para la circulación del agua en el perfil y no se dan las condiciones para un **hiperdesarrollo** (Figura siguiente).

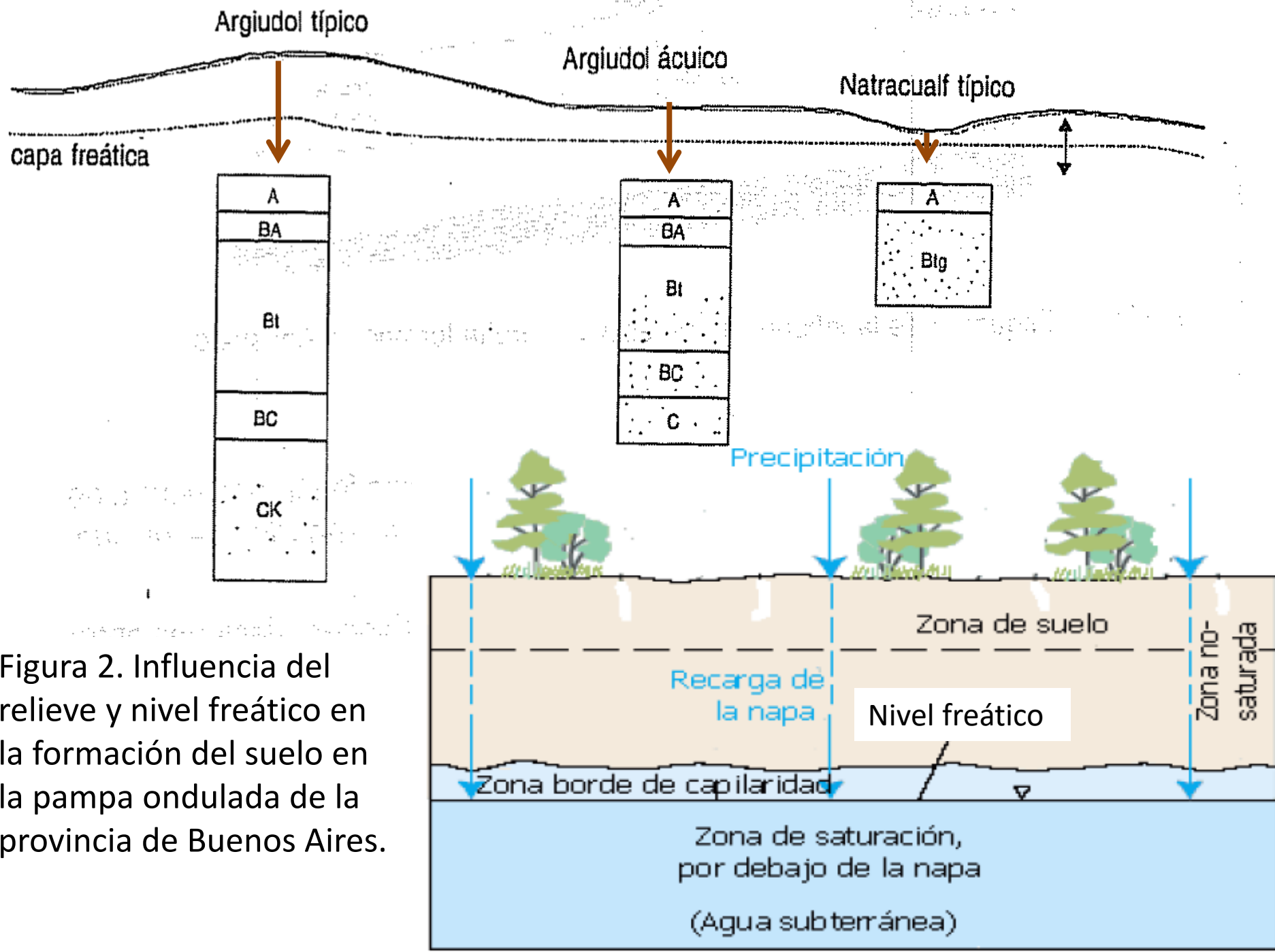


Figura 2. Influencia del relieve y nivel freático en la formación del suelo en la pampa ondulada de la provincia de Buenos Aires.

MUY BUENO

BUENO

REGULAR

BUENO

Loma

Media loma

Bajo alcalino

Bajo

Argludol/
Hapludol (*)

Natralbol/
Natracuol (*)

Natracualf (*)

Argialbol/
Argiacuol (*)

Napa freática



Horizontes salinos y/o alcalinos

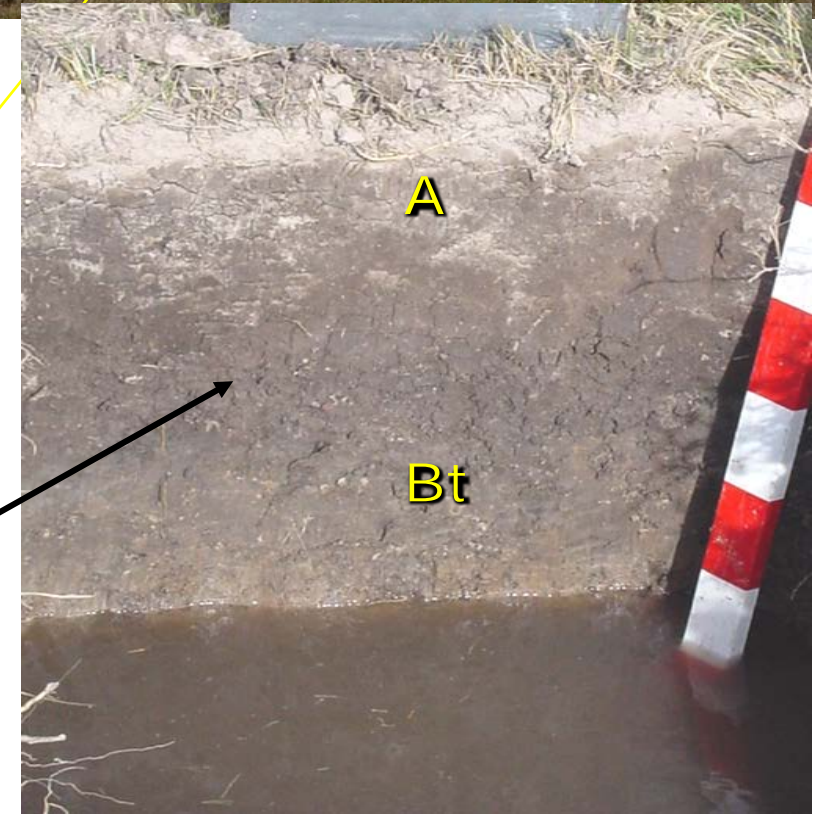


Horizontes sin alcalinidad ni salinidad

(*) Suelos.

Cubetas entre Interfluvios de Pampa Ondulada

Procesos de Argiluvación e Hidromorfismo



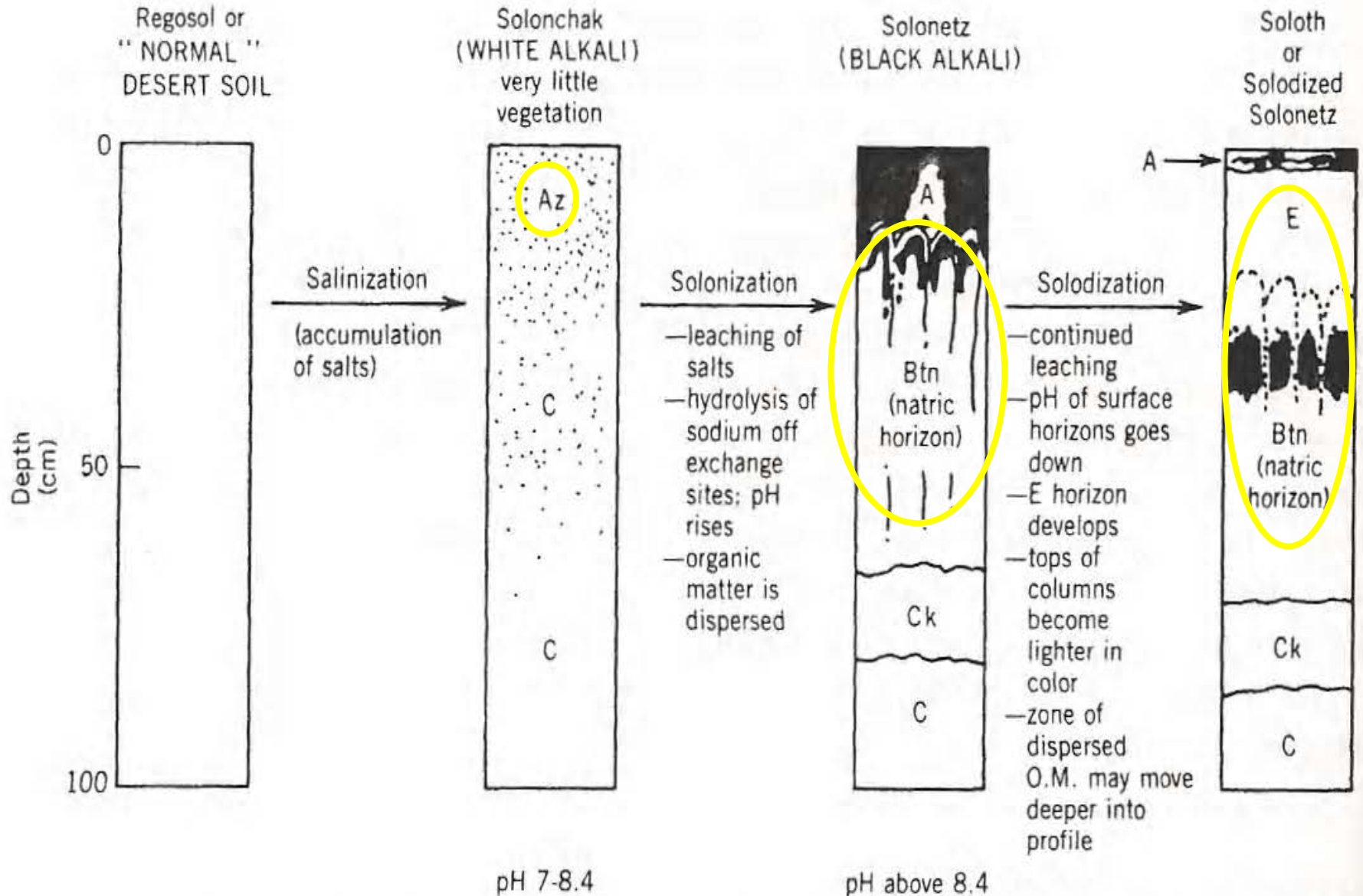
Acualf

SALINIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN ASCENDENTE Y DESCENDENTE

Acuisalid

Natracualf

Natralbol



- **Nivel freático asciende el perfil del suelo por capilaridad.**
- **El agua se evapora** y en superficie se depositan sales.
- **Inversión en el sentido de circulación del agua altera el grado de desarrollo del suelo y el bajo posee menor desarrollo que la loma.**
- **Zona alta** condiciones para el desarrollo de **suelos zonales** (**resultantes de las características climáticas del ambiente**).
- **Parte baja**, acción del nivel freático con condiciones para desarrollar **suelos intrazonales** (no corresponden a las condiciones bioclimáticas dominantes en el lugar), **hidro-halomórficos** por exceso de agua y sales.

Toposecuencias y catenas de suelos

- **Relieve** único factor formador que varia y se mantienen **constantemente todos los otros**.
- Ubicación de los suelos en el relieve constituye **toposecuencia**.
- **Catena**: suelos que se diferencian por **variaciones en el relieve y drenaje**, relacionados con el **nivel freático**.
- Los suelos en una **catena** tienen propiedades que se asocian con su **posición en el paisaje** (figura siguiente).

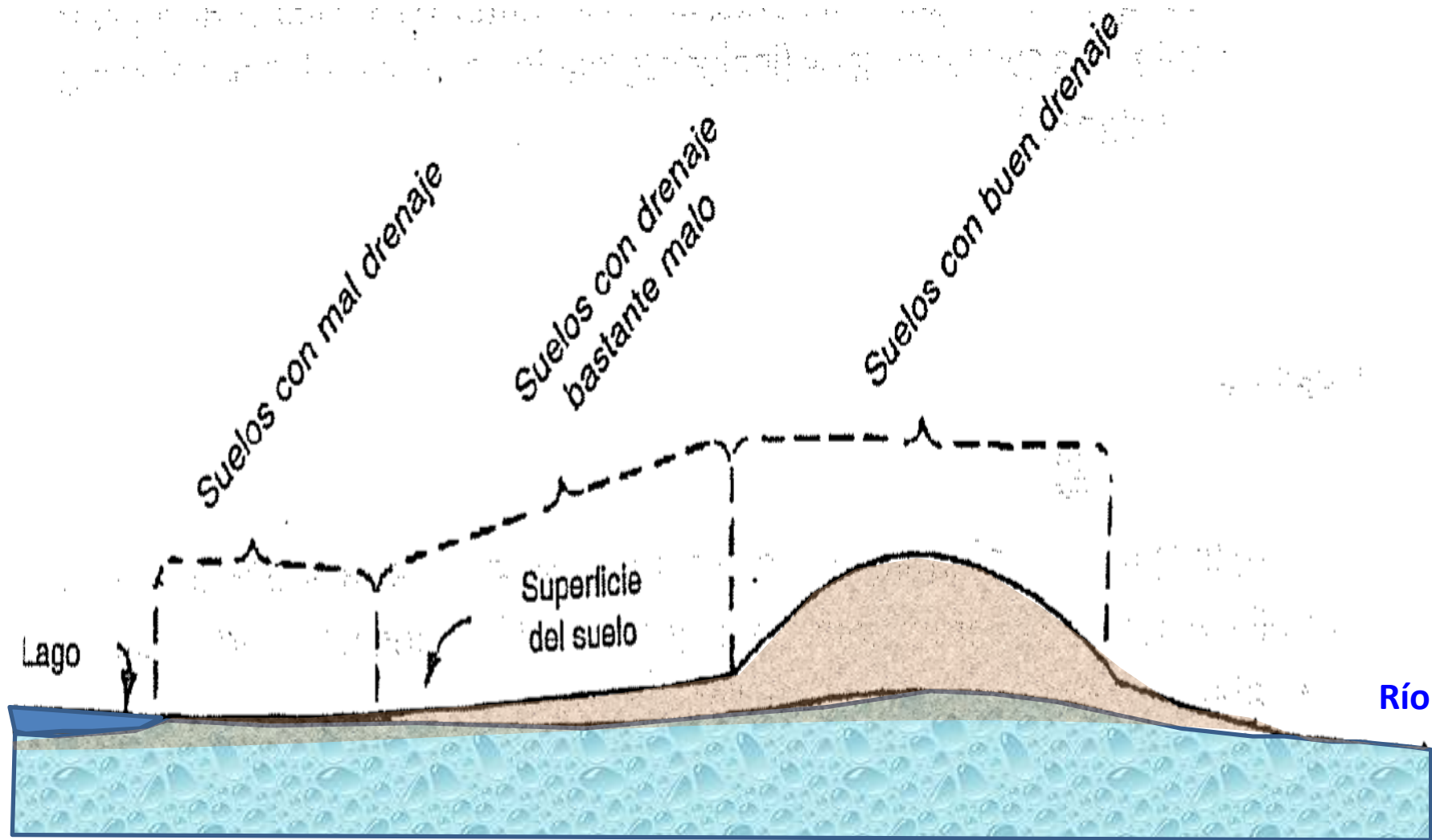
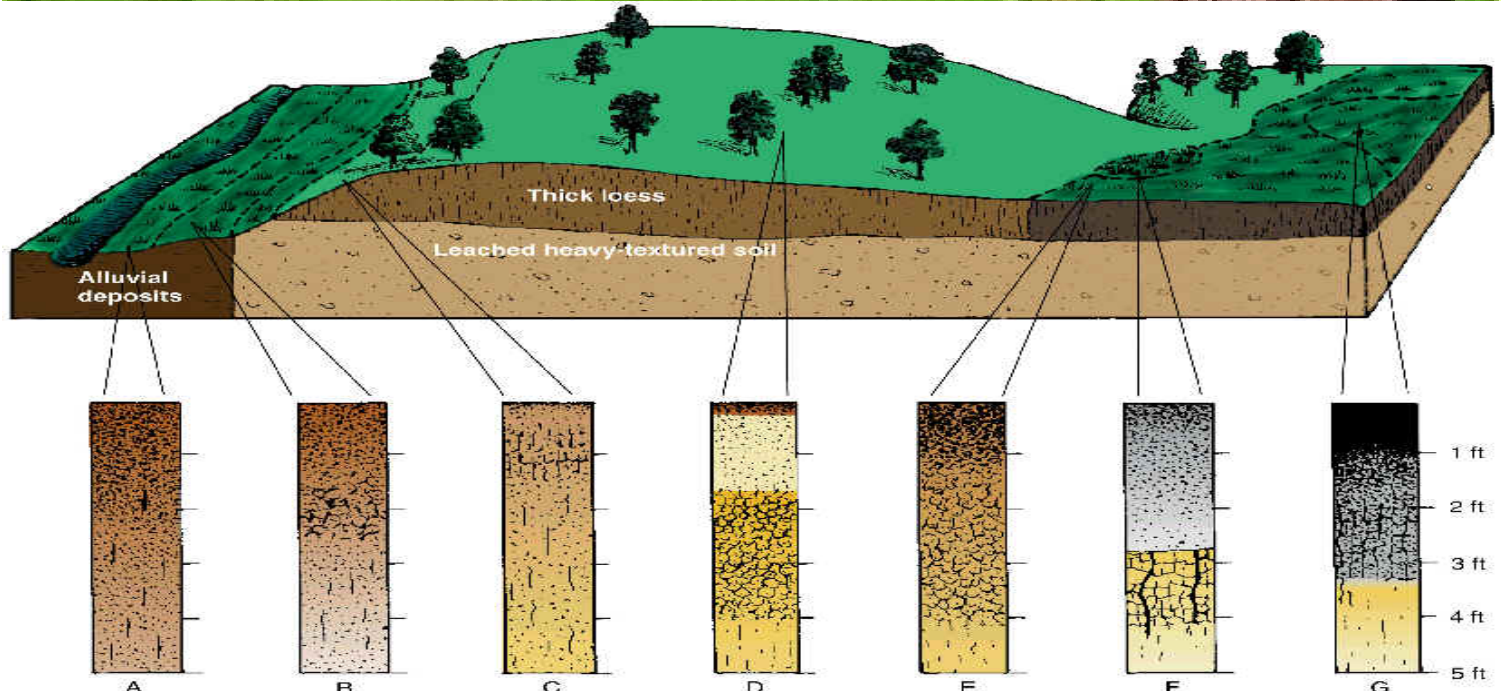
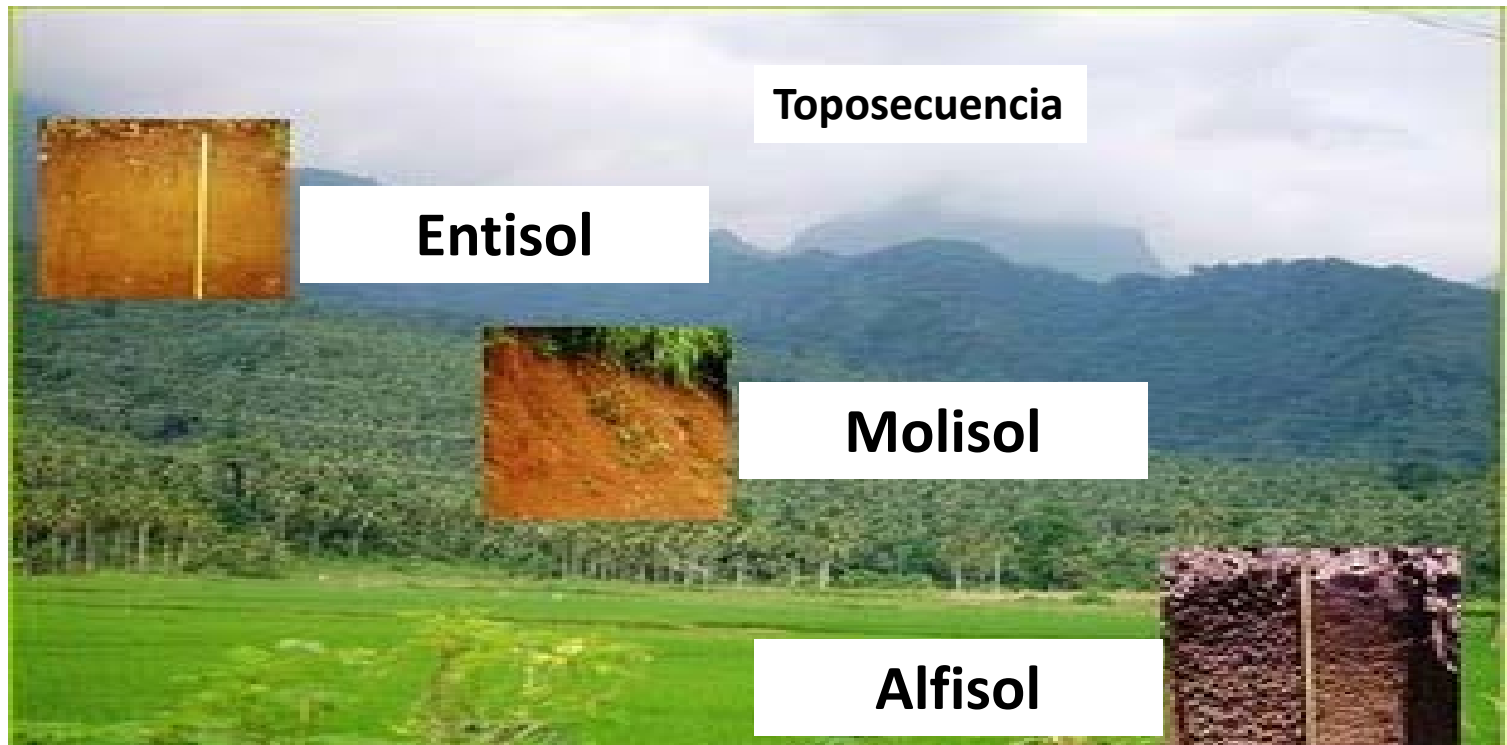
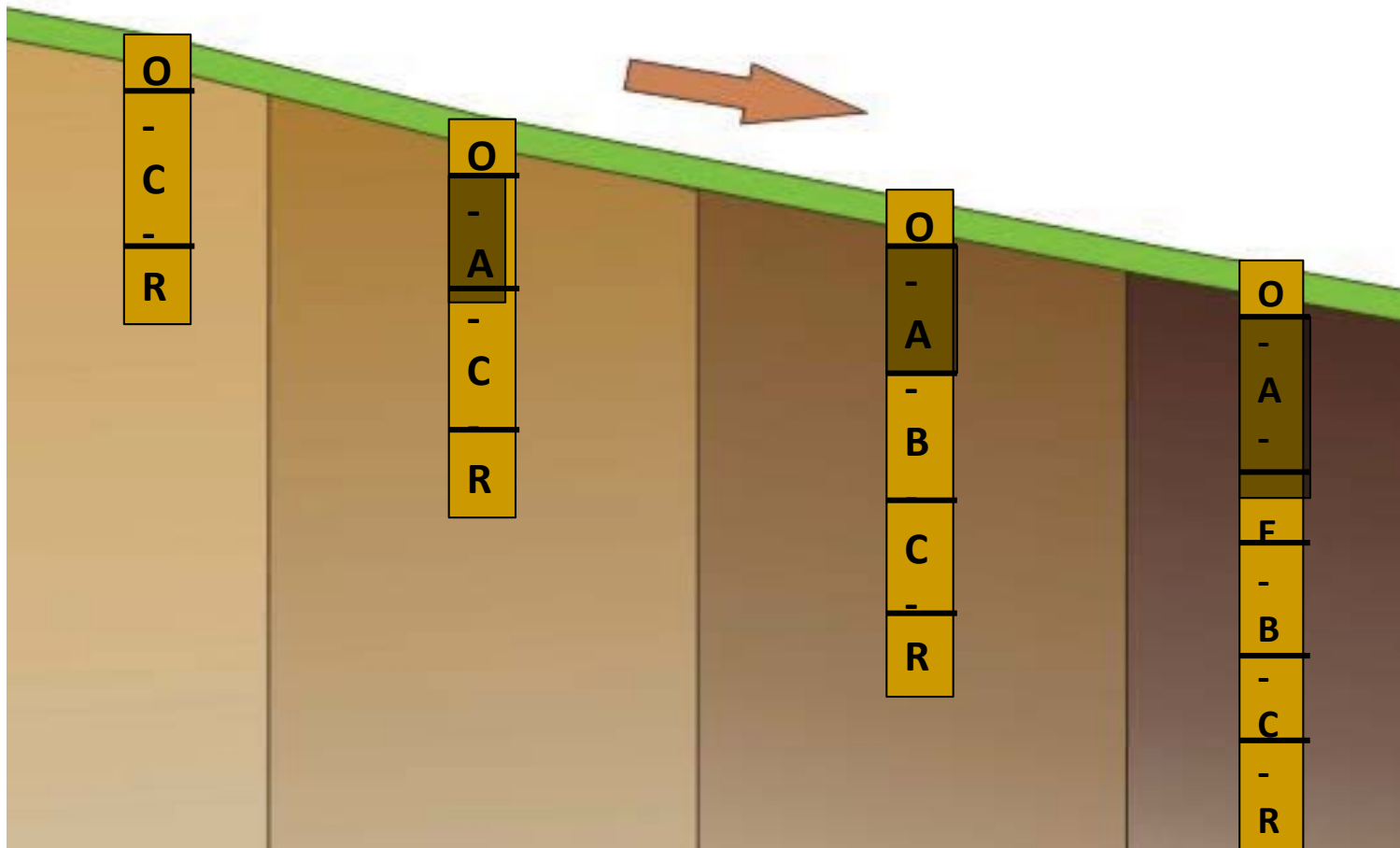


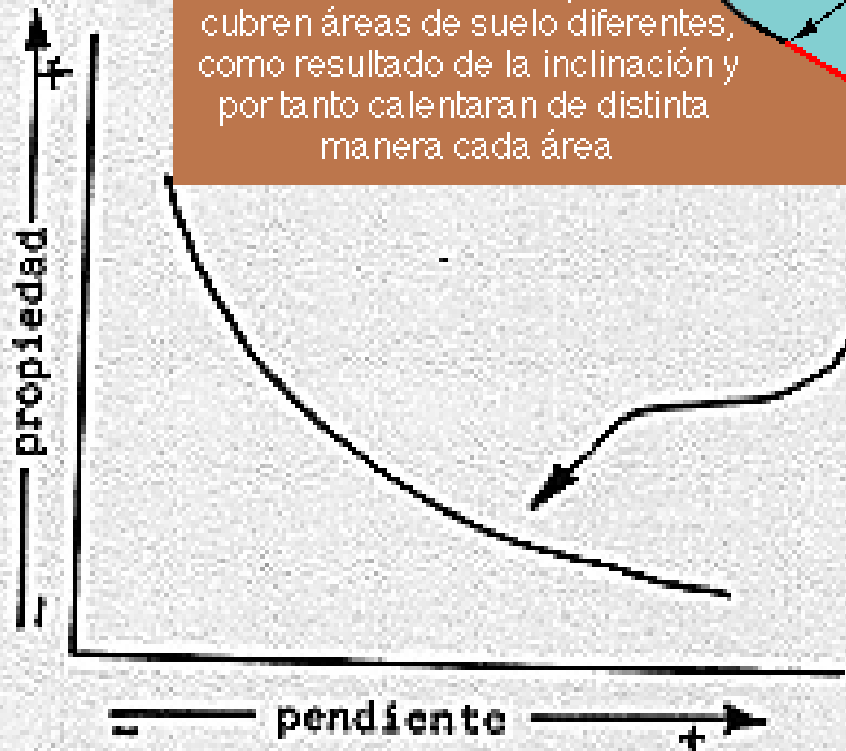
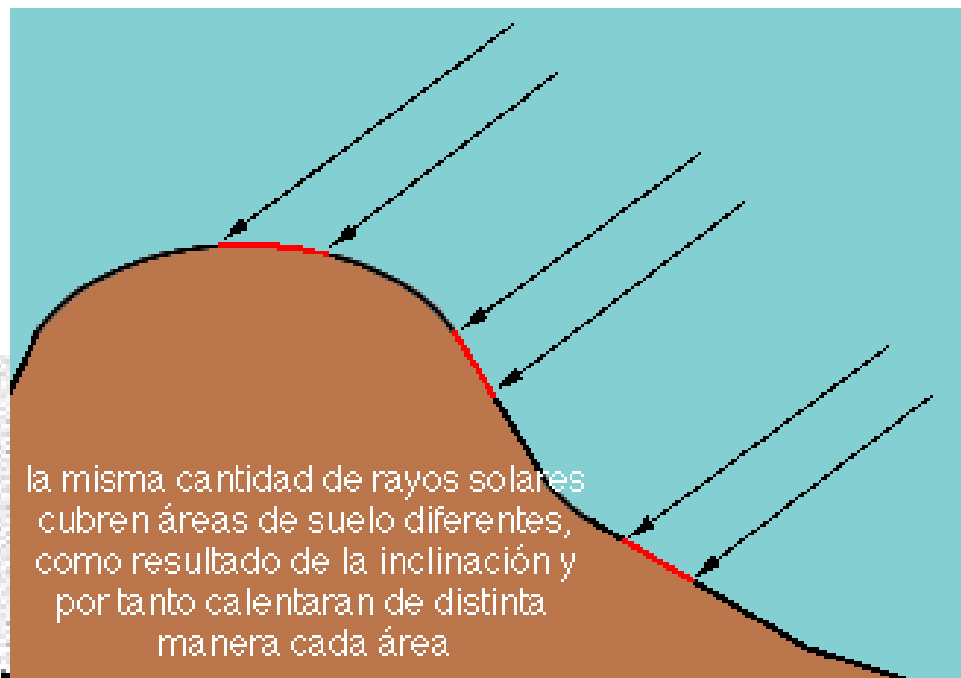
Figura 3: Esquema de relaciones de suelos en una catena asociados a su posición en el paisaje. Extraído y adaptado de Buol, 1991.



- Suelos similares según su ubicación en el relieve constituyen una **catena**.
- La catena constituye una toposecuencia y no toda toposecuencia constituye **una catena**.



Relaciones entre el relieve y las propiedades y constituyentes del suelo



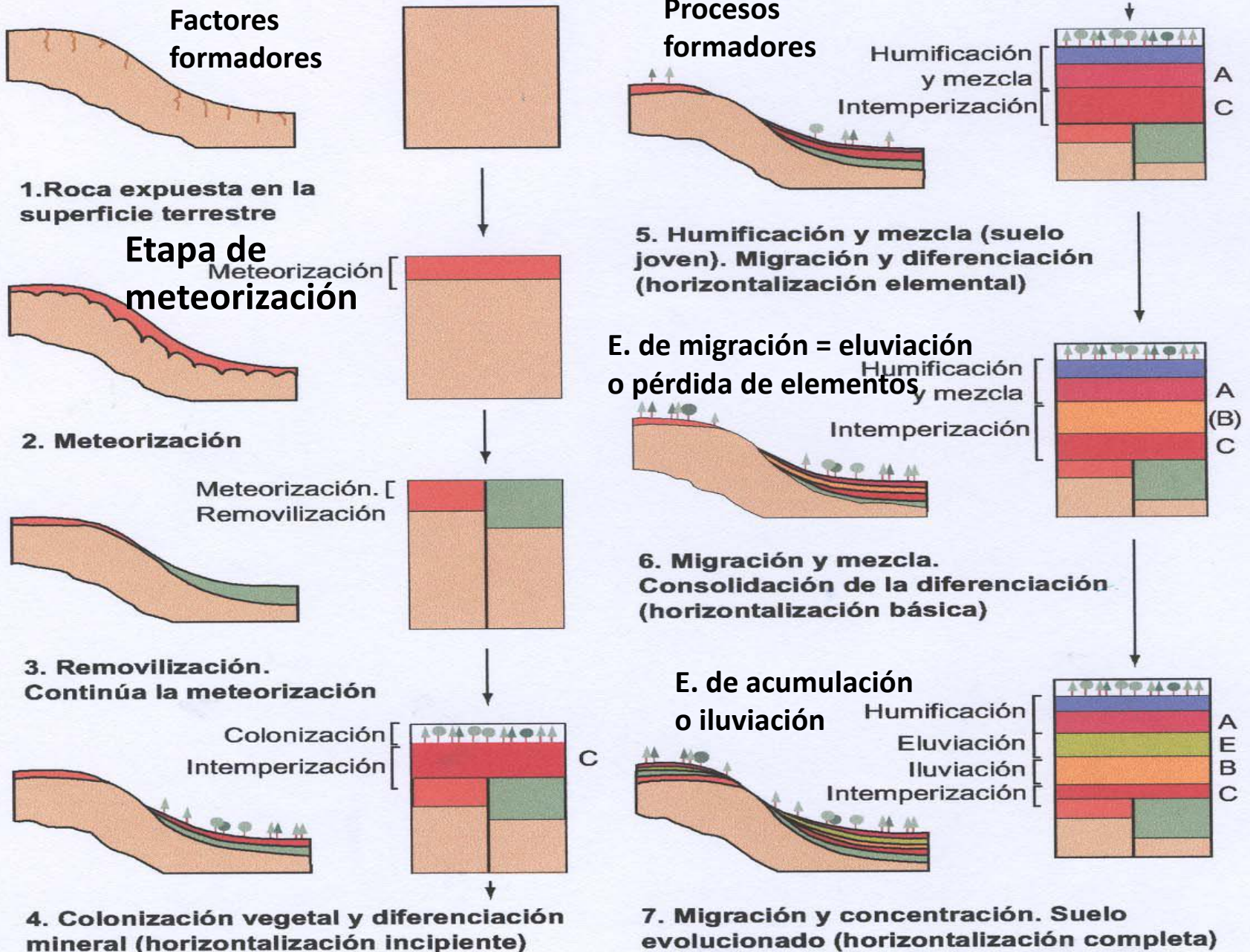
- espesor del solum
- % arcilla
- espesor hor. Bt
- % materia organica
- espesor hor. A
- % carbonatos y sales

Tiempo

- Formación del suelo: proceso largo y lento que requiere miles a millones de años.
- El tiempo desarrolla diferentes horizontes del perfil.
- Términos **juventud, madurez y senilidad** (Buol *et al.* 1991).
- Suelos **jóvenes** son **azonales**, inmaduros, incipientes y poseen **propiedades similares al material original**.
- Suelos **intrazonales** con escaso desarrollo, detenido por algún factor como **exceso de agua, sales o carbonatos**).
- Suelos **zonales** son **maduros**, han terminado su evolución y están en equilibrio con el ambiente.
- Suelo **maduro**, con perfil en equilibrio con **vegetación estable** y alcanzó su **“climax”**.
- Suelos **seniles con** acumulación de sesquióxidos y minerales arcillosos **alterados**.
- Bajo iguales **climas**, la **alteración de los materiales** depende de **duración de la meteorización**.
- En **climas diferentes**, depende de los **procesos que actúan**.
 - Un material original se altera **lentamente** en **climas templados**.
 - El mismo material, se altera **mucho más rápido** en **climas tropicales**.

1. Etapas de formación y desarrollo del suelo

De Pedraza et al., 1998.



- Suelo desarrollado en **material original meteorizado en clima cálido-húmedo**.
- **Primeros 100 años** se fijan **líquenes y musgos** en la roca a la intemperie y se acelera su meteorización y la acumulación de alteritas y materia orgánica.
- **EN CIENTOS DE AÑOS CON RAÍCES DE GRAMÍNEAS, MATAS Y ÁRBOLES PEQUEÑOS CON CAPA DESINTEGRADA Y SUELO**, ACUMULACIÓN DE MO Y FORMACIÓN DE **HORIZONTES A Y C.**
- Próximos **10.000 años** **bosques de árboles** y actividad de **pequeños organismos** transforman la **HOJARASCA SUPERFICIAL** EN UN HORIZONTE “O” DIFERENTE.
- El horizonte “A” se engrosa, se vuelve **oscuro en color** y desarrolla **estructura granular estable**.
- **Debajo del horizonte A**, zona de **color claro** por meteorización que solubiliza **óxidos de Fe y arcillas** removidos por agua y **ácidos orgánicos** que **traslocan** hacia abajo desde la **capa de hojarasca**.
- MATERIAL TRANSLOCADO **SE ACUMULA** EN CAPA PROFUNDA Y FORMA **HORIZONTE B**. El proceso acumula **arcilla silicatada** y **forma estructura en bloques** **Y el horizonte B se espesa y diferencia**.
- **Arcillas silicatadas** se alteran, el **sílice** es lixiviado hacia abajo y en el **horizonte B se forman nuevas arcillas con** menos sílice. Las **arcillas se mezclan o revisten con óxidos de Fe y Al**, que causa que **el horizonte B tome un color rojizo en hue**.

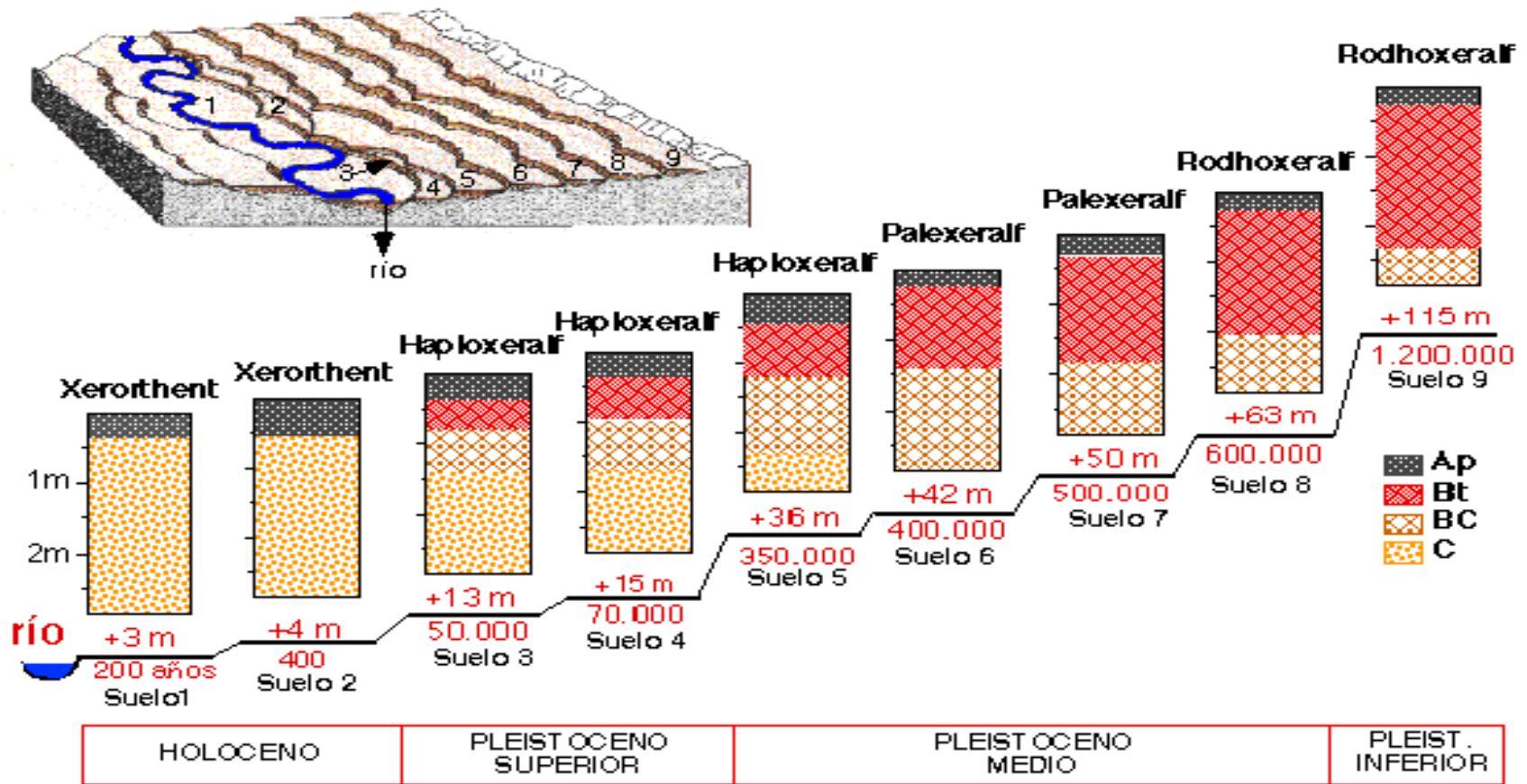
Edad del suelo

- **Distintos métodos para calcular aproximadamente la edad en un suelo:**
 - ▶ a.- **edad de los depósitos sobre los cuales se originan**, ejemplo: **morenas o de los limos eólicos**.
 - ▶ b.- **Análisis polínico y** etapas de la **evolución de la vegetación**, se conocen y están datadas las fases sucesivas de la evolución ligadas a las **fases climáticas del Cuaternario reciente**.
 - ▶ c.- **Vestigios prehistóricos** que permiten datar **suelos enterrados**, en función de la edad de los **depósitos más recientes que los recubren**.
 - ▶ d.- **Velocidad de un proceso físico-químico de meteorización** característico de un tipo de suelo. Se mide **durante un corto período** y a continuación los **caracteres analíticos del suelo se comparan con los de la roca madre**.
 - ▶ e.- Estudio del **C₁₄ radioactivo**, que permite datar la materia orgánica.
 - ▶ **Esodosoles** bien desarrollados datarían de **3.000 años**;
 - ▶ **Molisoles** (suelos de praderas) pueden formarse entre **2.000 y 10.000 años**;
 - ▶ **Oxisoles** (suelos lateríticos) demoran en llegar a su climax entre **10.000 a 50.000 años**.

Efectos del tiempo como factor formador de suelos

- **1.- Profundización** de los efectos de los **restantes factores**.
- **2.- Definida tendencia** al **aumento de la fracción arcilla**.
 - Como consecuencia, la **relación limo/arcilla baja**.
 - Se producen **pérdidas de sílice**, por lo que la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ disminuye.
- **3.- Con el tiempo, el color** que originalmente depende de la **roca madre**, tiende a **homogeneizarse**.

Cronosecuencia



Evolución del suelo en función de la edad, en una secuencia de terrazas fluviales escalonadas

- Cronosecuencia es un conjunto de suelos que comparten una comunidad de organismos comunes, clima, material parental y pendiente pero difieren con respecto al tiempo que los materiales han sido sujetos a meteorización y formación del perfil.
- Una cronosecuencia puede a veces encontrarse entre los suelos que forman terrazas fluviales de diferentes edades. Las terrazas más altas fueron expuestas por un tiempo más largo y las de posición más baja fueron recientemente expuestas a la erosión del río. Los suelos de la llanura aluvial (de inundación) actual son los más jóvenes y aún están sujetos a depósitos periódicos de material actual.

Cronosecuencia

Terrace level:

1
(Beach)

2

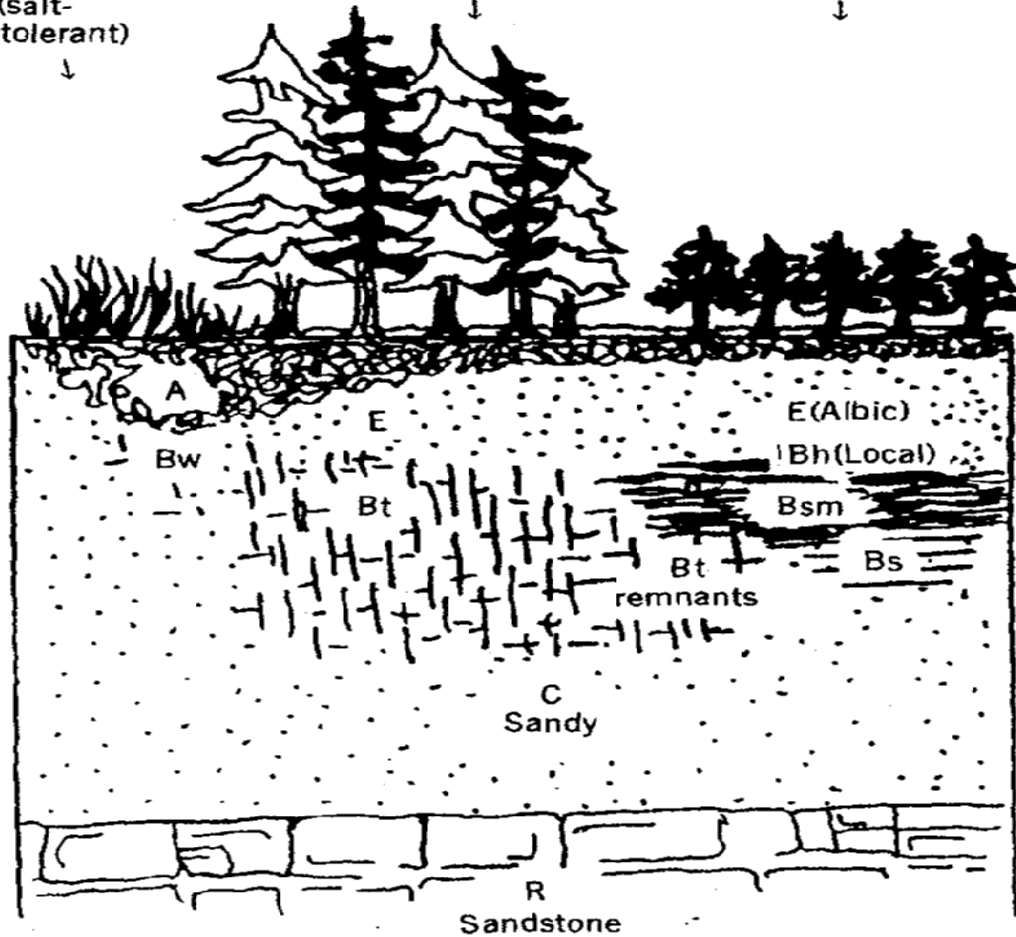
3,4,5

Vegetation:

Bunchgrasses,
peas, lilies
(salt-
tolerant)

Bishop pines
redwoods

Pygmy forest



← O Horizons

← Very acid,
pH ~ 3

← Ortstein;
causes perched
water above in
wet Seasons

← Presumed top
of wavecut
terrace

Depth
↓

Soils:

↑
Xeropsamment
becomes a
Pachic
Haploxeroll

↑
Haploxeralf
becomes
Haploxerult

↑
Typic
Sideraquod

Increasing time → → → →

Tiempo cero



Antes de la erupción



Erupción de **2011**

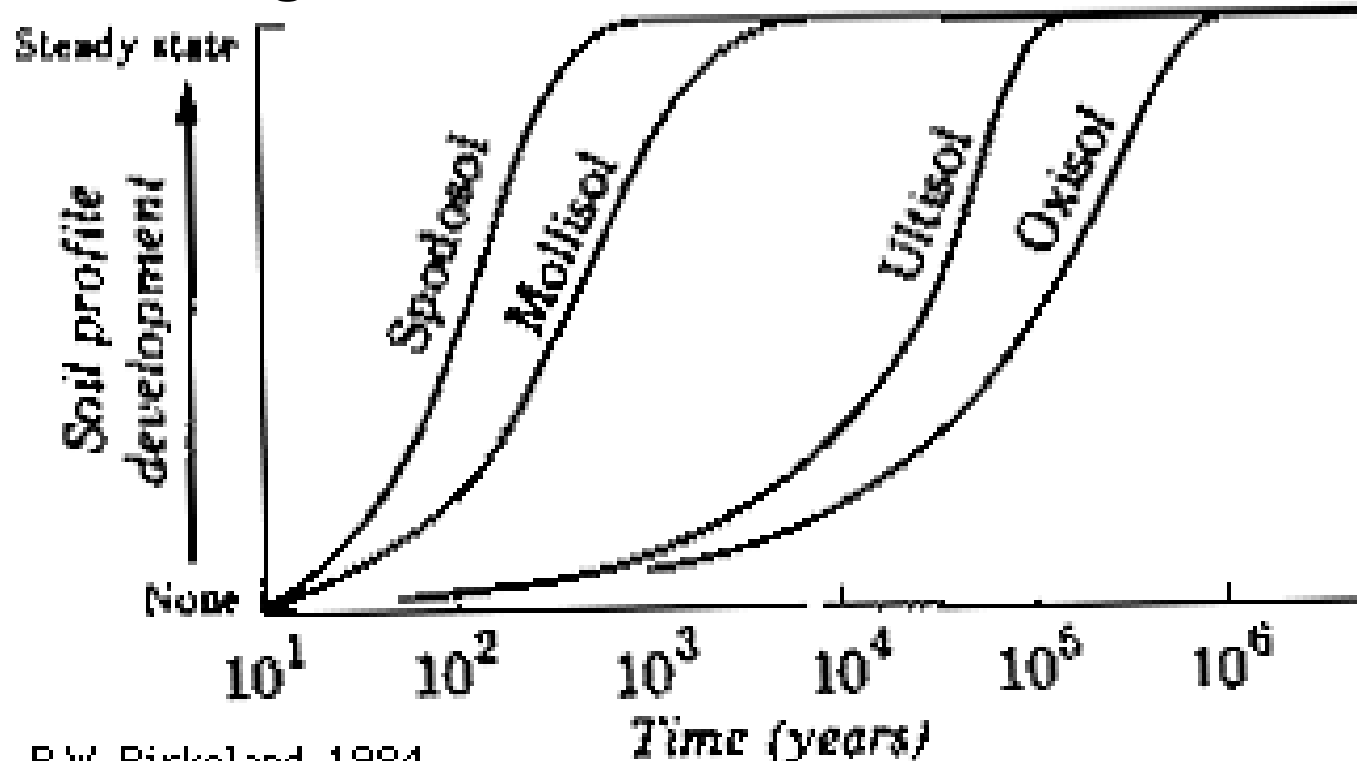


Después de la erupción
(sup. nueva + suelo enterrado)

Tasa de formación de los suelos

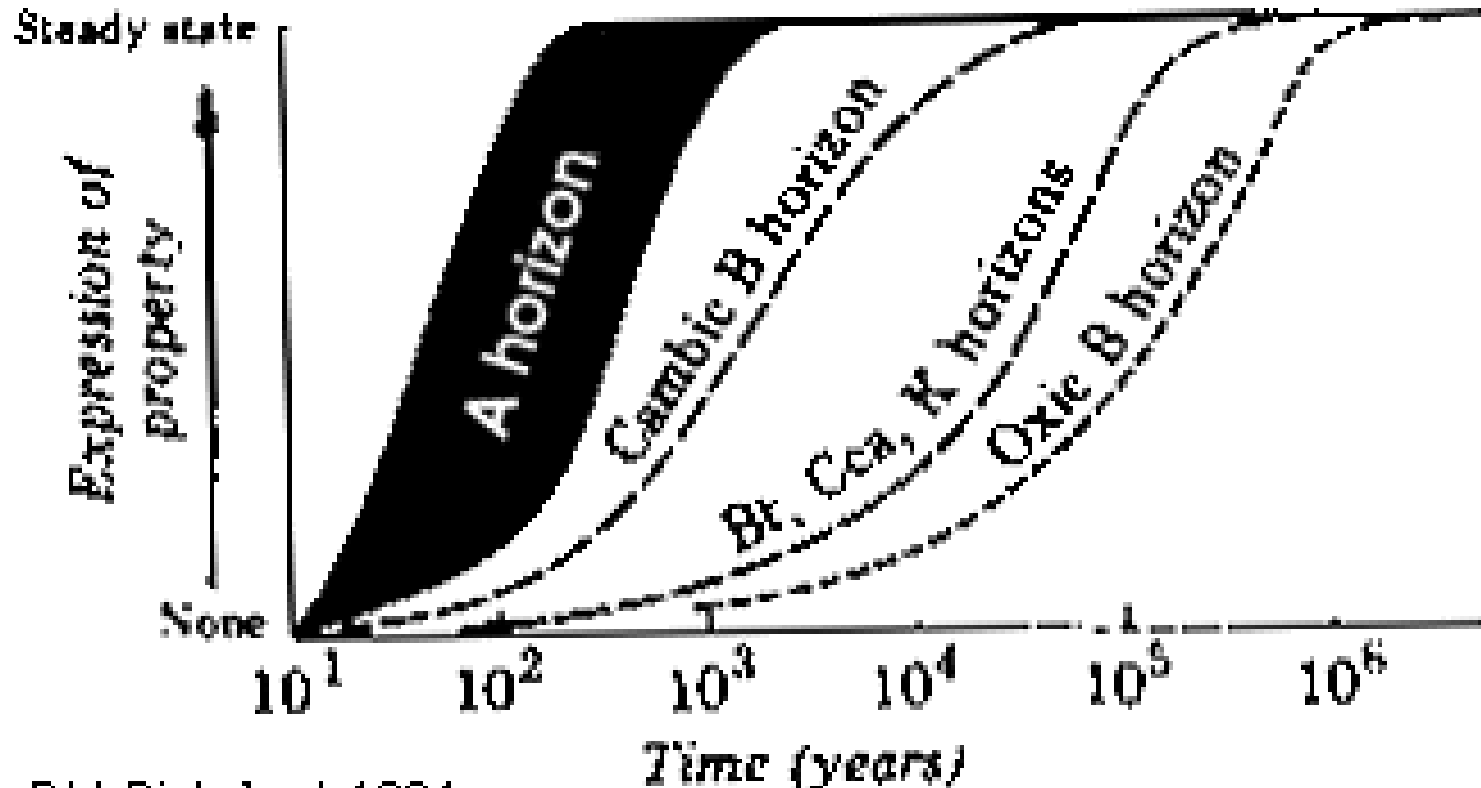
Suelo	Tiempo de formación
Tasa de formación muy rápida (e.g., sobre cenizas volcánicas y clima húmedo)	< 100 años
Tasa de formación muy lenta (e.g., sobre calizas duras y clima templado-frío)	< 1 cm cada 5000 años
Propiedades asociadas con el hidromorfismo	corto
Propiedades asociadas con la materia orgánica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

- Cuando todas las propiedades se encuentran en un estadio a partir del cual no experimentan variaciones con el tiempo, el suelo está en estado climax o estado estacionario.
- El tiempo necesario para alcanzar esta etapa de madurez varía con cada suelo, según los procesos que en su formación hayan tenido lugar .



P.W. Birkeland. 1984
Soils and Geomorphology
Oxford Univ. Press

- Algunas propiedades del suelo alcanzan rápidamente su equilibrio en sólo algunos cientos de años, como el contenido en **materia orgánica** y **el lavado de los carbonatos**.
- Otras son de desarrollo más lento, y requieren muchas decenas de miles de años (**translocación de arcilla**).
- Distintos horizontes que componen los suelos necesitan de tiempos muy diferentes para su formación (horizonte A es de rápida formación, y el horizonte óxico necesita hasta un millón de años para manifestarse totalmente).



P.W. Birkeland. 1984
Soils and Geomorphology
Oxford Univ. Press

TIEMPO

- En un suelo se desarrollan varios procesos edafogenéticos que actúan simultáneamente, pero frecuentemente de manera escalonada.
- Actúan en etapas sucesivas y el desarrollo de un determinado proceso prepara el terreno para la acción del siguiente.
- El suelo evoluciona progresivamente y en los estudios edafogenéticos de una región, se agrupan en secuencias evolutivas como en la figura de la diapositiva siguiente.
- Se idealiza una clásica secuencia evolutiva para suelos sobre un material original ácido.

TIEMPO

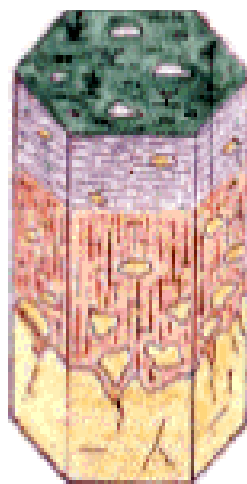
Regolita



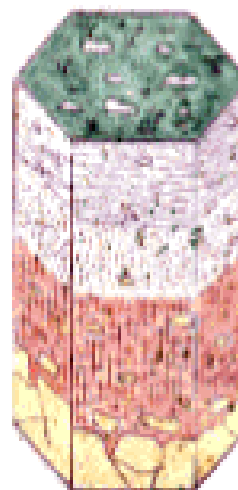
Entisol



Inceptisol



Ultisol



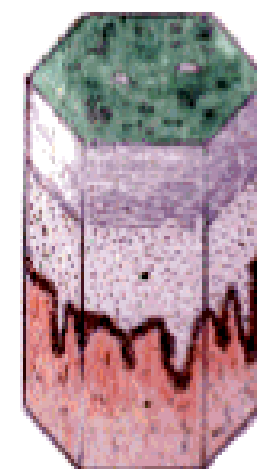
podzoluvisol estagnico



pseudogleyización

podzolización

podzol háplico



iluvación arcilla

ferrialitización

emparedamiento

humificación y melanización

Acción antrópica

- Avance de la agricultura y procesos evolutivos controlados por el hombre, dispone de un medio de acción sobre el suelo por sus modificaciones.
- **Influencia sobre vegetación** en un ecosistema forestal orienta la evolución del suelo en un sentido **regresivo o progresivo**, por acciones **destructivas del bosque** o con **acción racional**.
- En la evolución del suelo con **introducción de un cultivo**.
- Influencia del trabajo del suelo a profundidad constante, horizontes superiores se homogeneizan y el tipo de humus no se reconoce.
- El **horizonte superficial cultivado** se designa con las letras **Ap** y posee color **uniformemente marrón y límite inferior neto**.
- Además de la acción de **laboreo**, también modifica el ambiente por **riego, drenaje, uso de fertilizantes** y la aplicación de **enmiendas**.
- **Incrementan los procesos erosivos y destructivos**.
- Construcción de **caminos, vías férreas, que actúa a manera de diques de contención de las aguas** de escurrimiento, **intensifican los procesos halo-hidromórficos**.
- Ideas **conservacionistas** de 1928 con H.H. Benet en los Estados Unidos.
- Cualquier **alteración** producida en un ecosistema repercute sobre la globalidad.
- En los años 80 movimiento que apunta a la **agricultura sostenible**.
- Difiere de la **convencional** pues tiene en cuenta la **conservación del medio** o la conservación de los recursos naturales.

Factor Antrópico

- **Alteraciones o Modificaciones (Negativas)**
 - **Vegetación**
 - **Desmontes**
 - **Aprovechamientos Forestales**
 - **Sobrepastoreo**
 - **Cultivos**
 - **Riegos - Salinización**
 - **Erosión**
 - **Construcción de Caminos**
- **Alteraciones o Modificaciones (Positivas)**
 - **Manejo Sustentable de los Suelos**
 - **Sitematización**
 - **Fertilidad**
 - **Reforestación**

• **Alteraciones Negativas**

- El **sobrepastoreo** se produce por el ganado.
- La cantidad normal es una cabeza de vaca por hectárea para pastar.
- Si hay 50 vacas/ha, dejan desnudo el suelo y lo compactan por pisoteo.
- **No se infiltra el agua, escurre en superficie y erosiona.**
- Si el **riego** no se controla, se puede producir **salinización del suelo.**
- Se puede facilitar la erosión ya que en las pendientes el agua escurre rápidamente.

Alteraciones positivas: manejo en forma **racional y sustentable.**

- **Sistematizar el suelo** posterior al desmonte.
- El **agua de lluvia** queda en el sitio a través de obras de ingeniería y confección de canales de guardia.
- Con **actividad puramente extractiva, hay remoción de nutrientes (N, P y K) del suelo, baja la producción y se abandona el campo.**

Ejemplo: monocultivo de soja.

- **El productor debe hacer análisis de suelos con frecuencia y descubrir deficiencia en determinados nutrientes (N, P, K o MO).**

Interrelación entre factores

- Sólo el **tiempo** puede considerarse una **variable independiente**, ya que transcurre solo.
- Cada **factor formador** tiene importancia particular y ninguno puede ser considerado más importante que otro, si bien localmente un factor determinado puede ejercer una influencia preponderante sobre otros.
- **Influencia del relieve sobre otros factores formadores.**
 - El relieve influye notablemente sobre el clima y la vegetación
 - Esto ocurre donde estos dependen de la **altitud sobre el nivel del mar**.
 - La **temperatura disminuye** o asciende aproximadamente hasta 1°C por cada 100 m de altitud.
 - Debido al relieve, se puede **modificar la influencia de los materiales originales** y el **tiempo**, por los cambios que se producen debido al efecto de **la erosión y la posterior deposición**; a su vez, se modifica por **el clima**.
- El clima también actúa sobre otros factores.
 - Controla las rocas a través de la **meteorización** y del relieve por la erosión y deposición.
 - Su acción es directa sobre la **vegetación** y por creación de **microclimas** que varían con las condiciones de la **cubierta vegetal**.
- La **vegetación** es dependiente **del clima** y en menor medida de la **roca madre**, de la posición en el **paisaje** que puede condicionar el **drenaje** y del **tiempo**.
- El **hombre** y el **tiempo** actúan sobre todos los factores de formación.



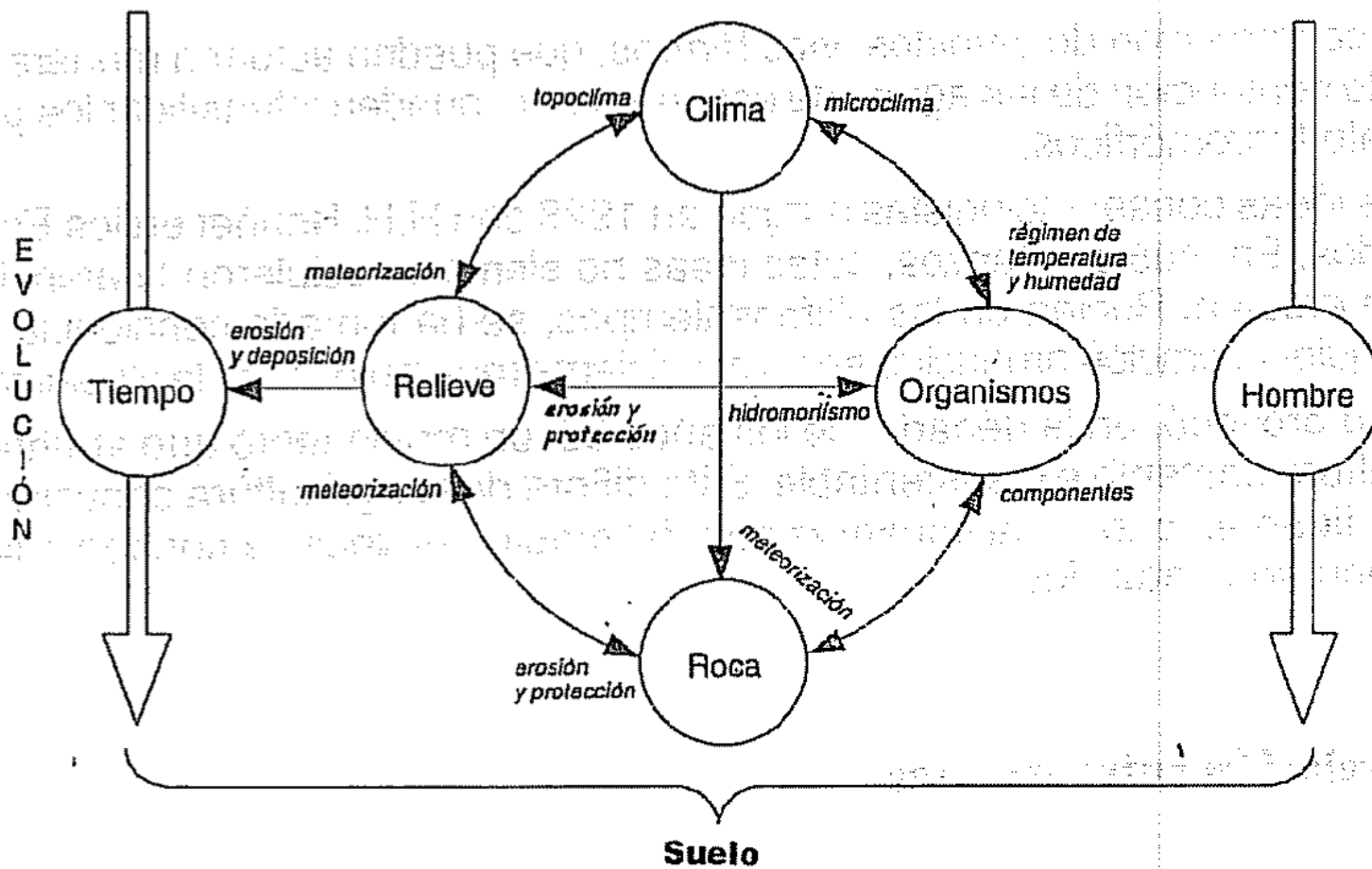


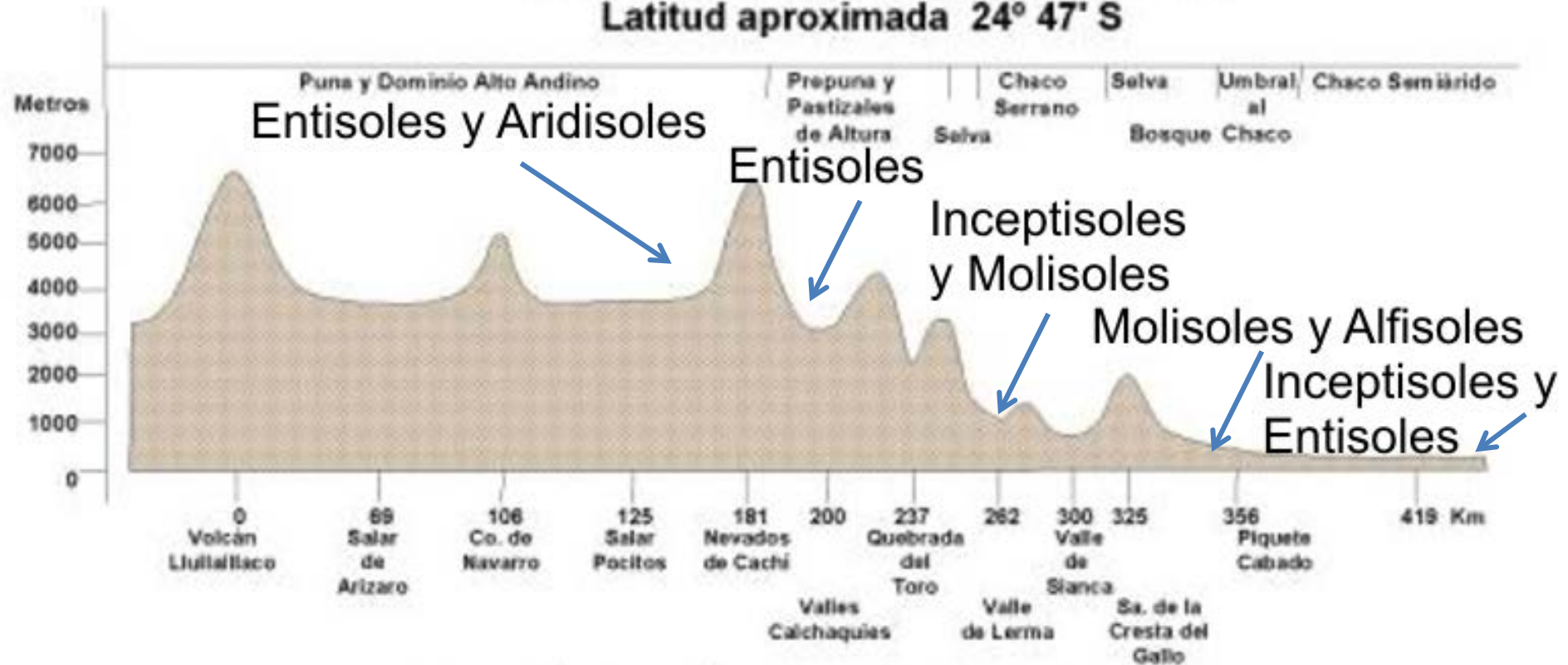
Figura 4: Relaciones entre los factores formadores.

Transecata Puna, valles intermontanos, Umbral al chaco y Llanura Cahqueña



Transecata Puna, valles intermontanos, Umbral al chaco y Llanura Cahqueña

PERFIL TOPOGRÁFICO Dirección O - E
Latitud aproximada 24° 47' S



Elaboración : Fernández, D. y Failde, V. 2005

Cárcavas



Erosión laminar y en surcos



Desmontes





Desmontes y cárcavas



Surcos



Desbajero con pasturas



Terrazas



Factores Positivos: Terrazas de Bancal ó Escalón



Factores Positivos: Terrazas de Bancal ó Escalón



Igarzábal, A.P., 1991. Morfología de las Provincias de Salta y Jujuy. Rev.del Inst. de Geol. y Min.
Nº 8. UNJu.

FIN