

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

PROCESOS FORMADORES DE SUELOS

Parte II

José Sastre

Salta, 2021

PROCESOS TIPOGÉNICOS DE FORMACIÓN DE SUELOS

- GENERAN UN DETERMINADO TIPO DE SUELO: (PODSOLIZACIÓN, GLEIZACIÓN, ENTRE OTROS).
- DAN LUGAR A LOS HORIZONTES DIAGNÓSTICOS.

CALCIFICACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN

- **Movimiento o migración** de **carbonato de Ca o Mg** de un horizonte a otro. **A partir de roca caliza.**
- En **regiones de clima árido y semiárido** donde la **evapotranspiración** supera a la **precipitación** y el lixiviado es mínimo, se **acumula carbonato cálcico en todo el perfil.**
- **Las lluvias estacionales llegan a humedecer hasta un metro y medio del suelo**, y el **agua evapotranspira en superficie durante la época seca.**
- **El agua de lluvia disuelve CO_2** (por respiración de las raíces de plantas), se enriquece en iones **bicarbonato** y favorece la disolución del CaCO_3 .
- En la porción inferior del perfil, **la concentración de CO_2 disuelto disminuye** y no hay raíces que aporten CO_2 . Ello **provoca la precipitación y acumulación del carbonato en un endopedión cálcico**, normalmente en la **parte inferior de un horizonte B o en la superior de un C (= Bk o Ck).**

Material original roca Caliza. Mineral calcita



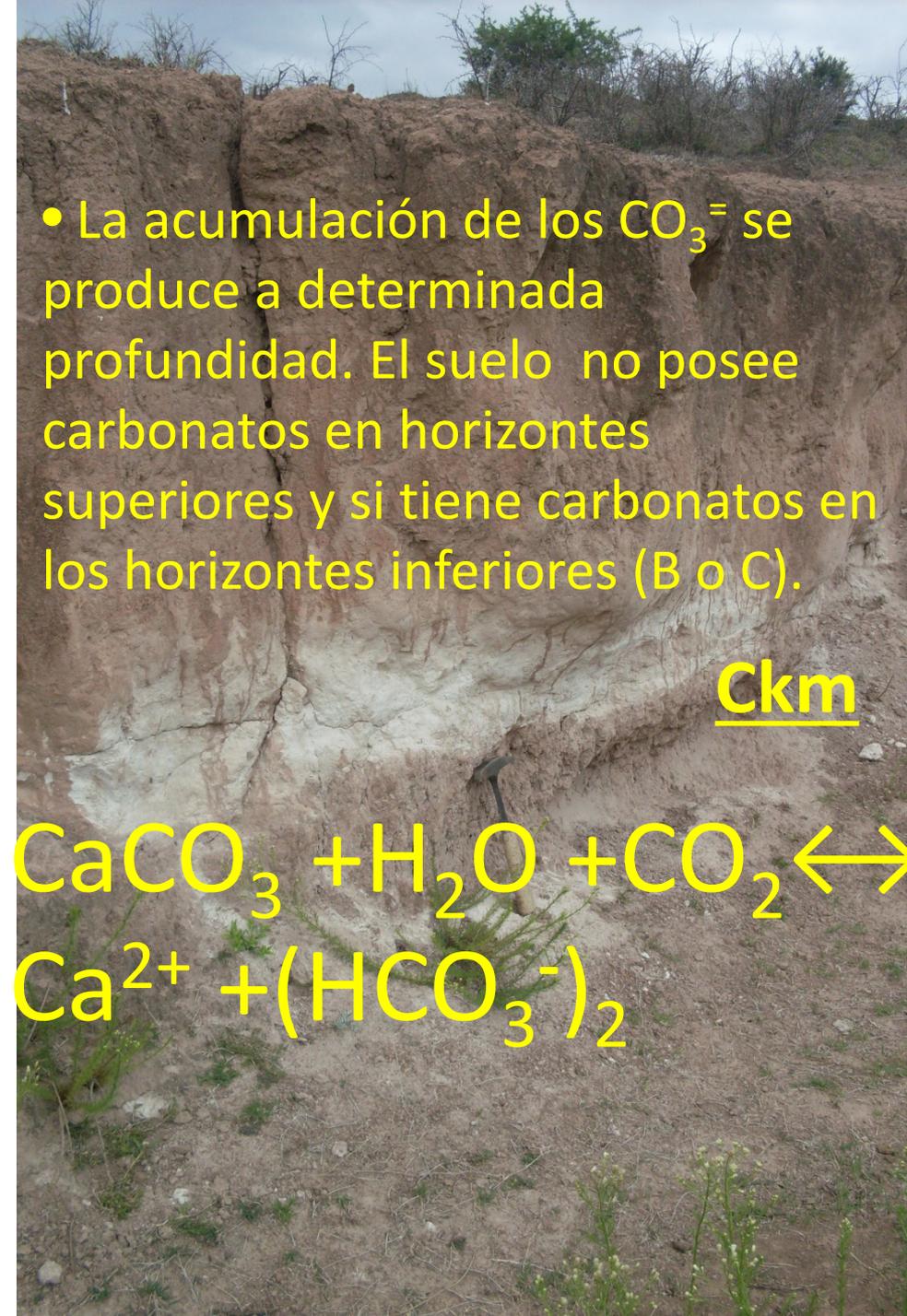
CALCIFICACIÓN:

TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN

- Precipitación de CaCO_3 al variar cualquier condición que rompa el equilibrio y la ecuación $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + (\text{HCO}_3^-)_2$ se desplaza a la izquierda.

- Por:

- **disolución del contenido de CO_2 en la solución del suelo,**
- **aumento de pH,**
- **aumento de la temperatura,**
- **disminución de la humedad por evapotranspiración, o**
- **causas físicas que impidan la circulación del agua a través del suelo.**

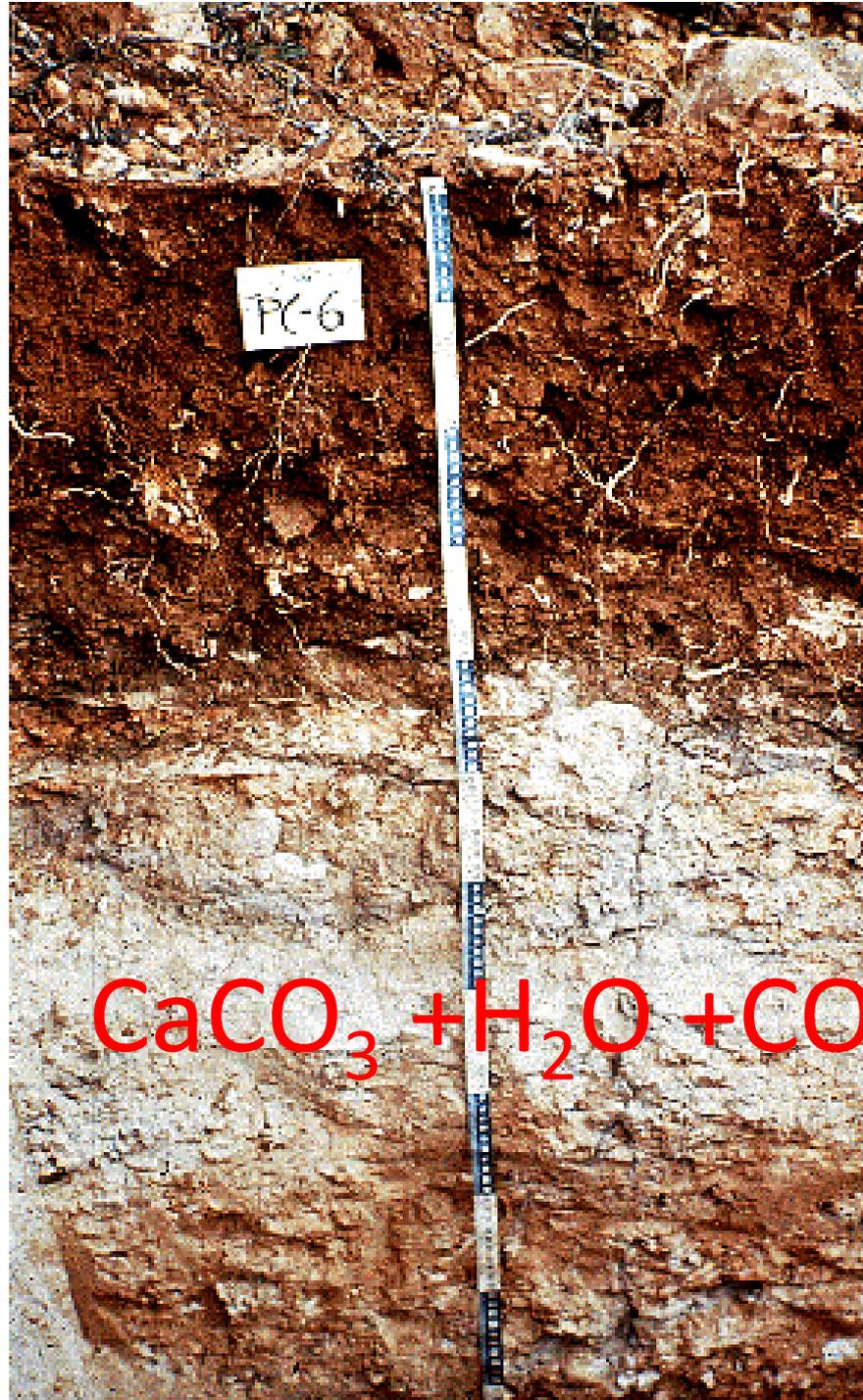


• Estas acumulaciones de carbonato cálcico pueden tener forma de concreciones, **nódulos**, rellenar grietas, depositarse alrededor de los clastos de la **fracción arena o mayor**, o como una **masa continua que cementa por completo el horizonte (endopedión petrocálcico = Bkm o Ckm)**.

• Hay migración de arcilla, acumulación de CO_3^- y vegetación de gramíneas que da humus tipo mull, lo que favorece la formación de **complejos húmico-arcillosos**.

• Interviene un **mecanismo biológico** con la formación de **$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CO}_3\text{H}^-)_2\text{Ca}^{++}$** .

• El **mecanismo físico** es el contraste de períodos de **humedad** y **sequedad**.



Ap

Bt

BCtk

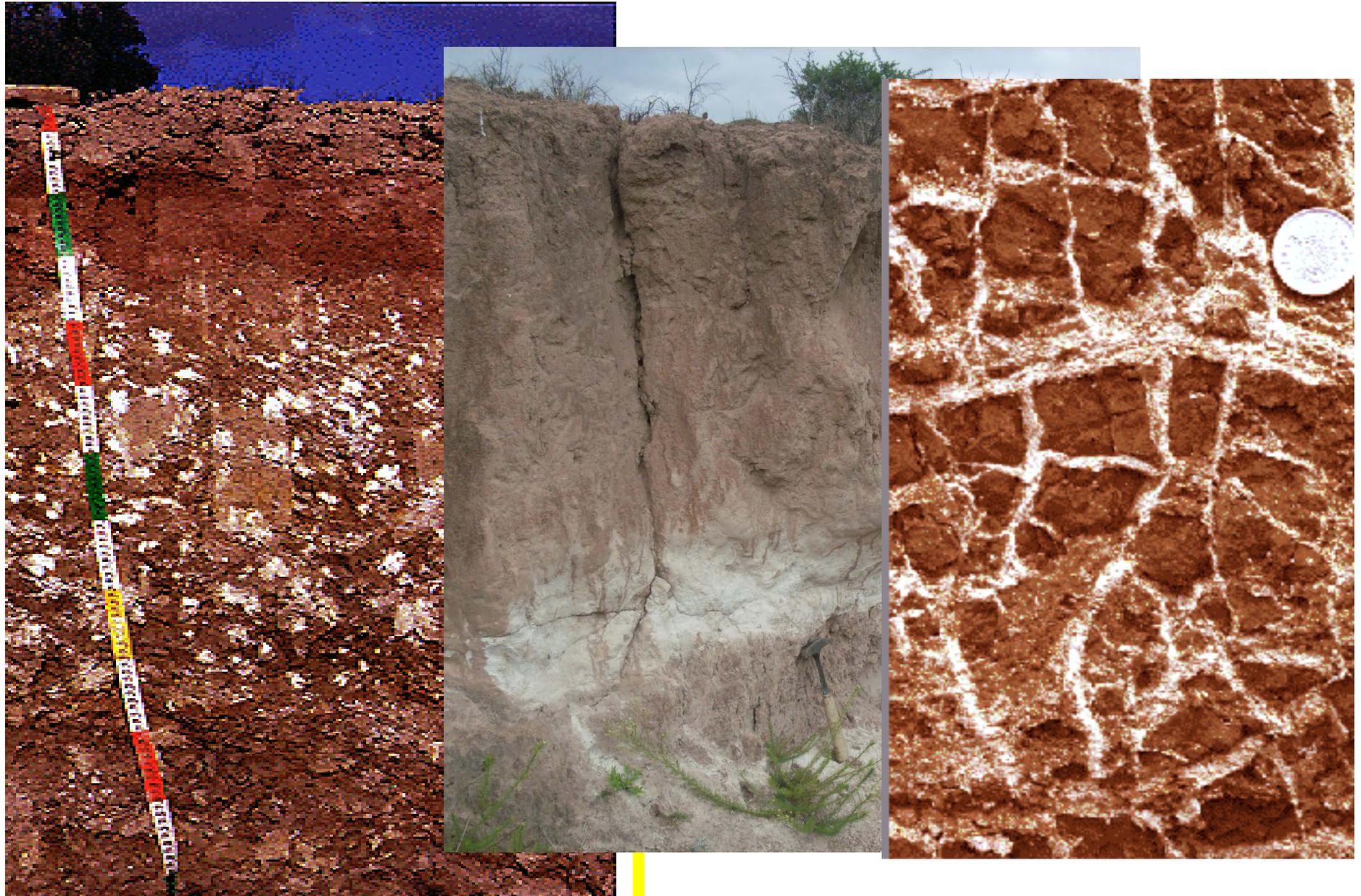
Ckm1

Ckm2

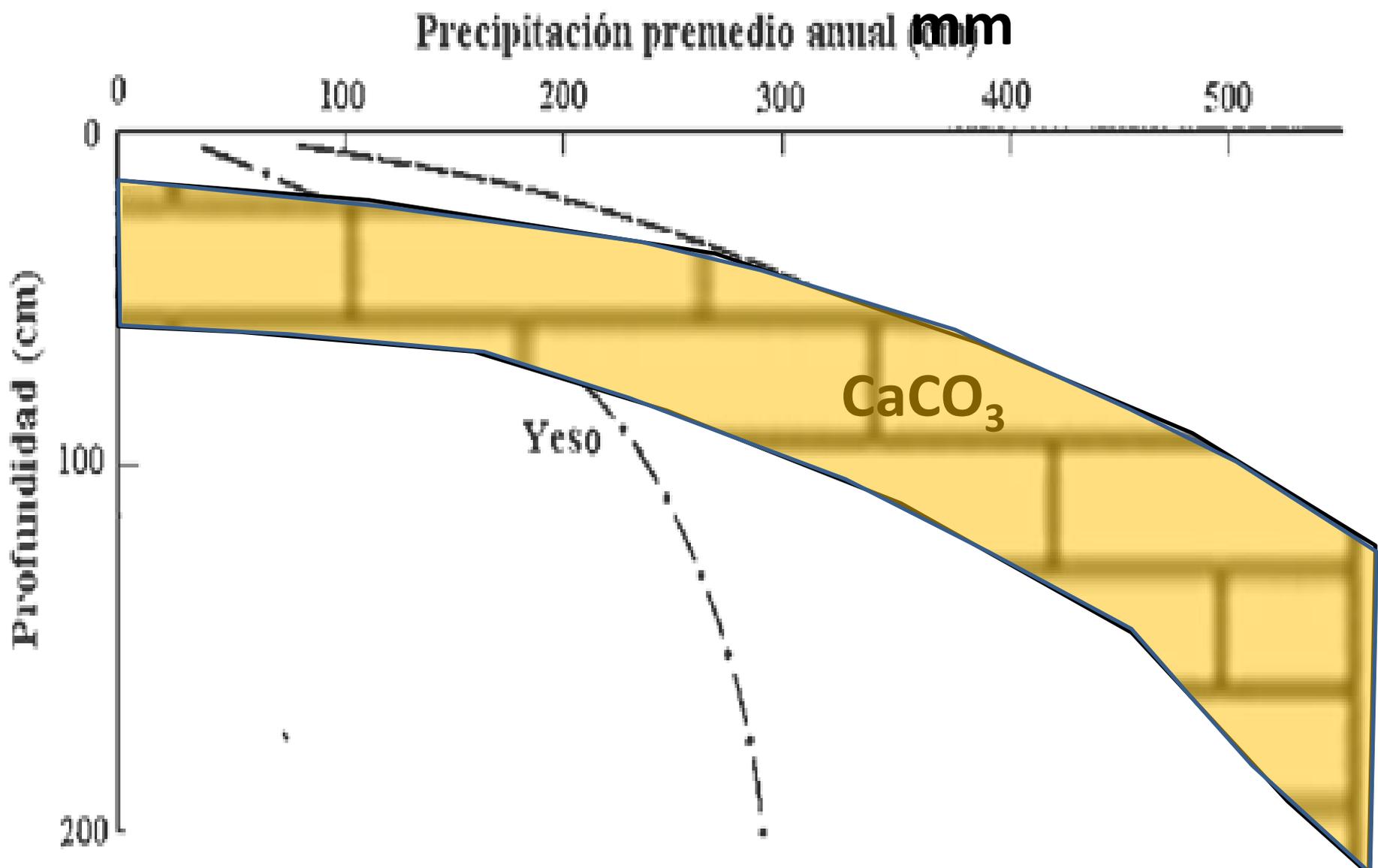
CALCIFICACIÓN: TRANSLOCACIÓN- MIGRACIÓN



CALCIFICACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN



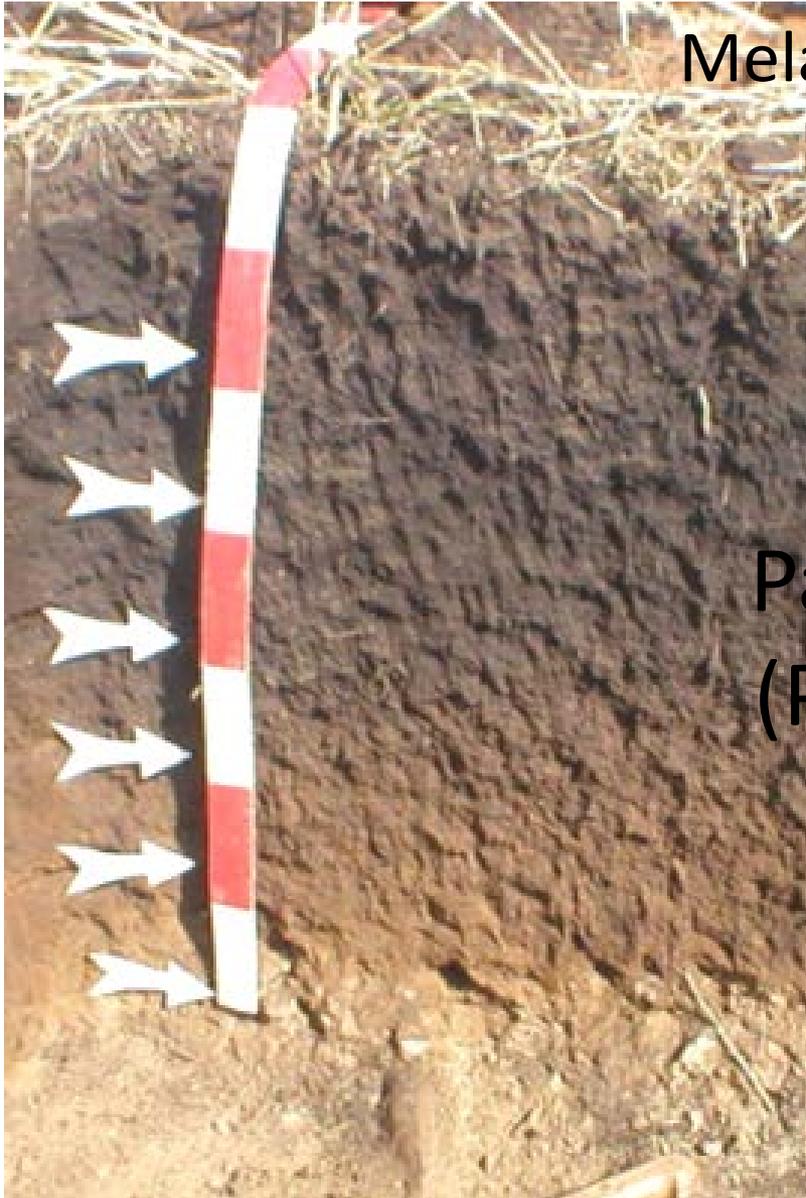
CALCIFICACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN



Suelos afectados por calcificación

- se agrupan en:
- **Calcid (Aridisoles)**
- o en los grandes grupos **Calci** – de **Inceptisoles (eg. Calcixerept), Molisoles (eg. Calcixerol), Vertisoles (eg. Calciustert)** .

Proceso de Melanización



Melanización + calcificación

Paleudol petrocálcico
(Pampa Interserrana)

INTA

SALINIZACIÓN, SOLONETIZACIÓN Y SOLOTIZACIÓN

- Procesos relacionados que dan lugar a **suelos con elevados contenidos en sales (salinización)** o **con arcillas sódicas (solonetización y solotización)**.
- En la clasificación WRB, estos suelos reciben los nombres de **Solonchak, Solonetz y Soloth** (o Solonetz solodizados) y de ahí los nombres de los procesos.
- En muchos casos **la salinización-solonetización-solotización** afectan a un mismo suelo en etapas sucesivas de su evolución.

SALINIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN ASCENDENTE Y DESCENDENTE

Suelo Ciénago-valle Calchaquí



SALINIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN ASCENDENTE Y DESCENDENTE

- Proceso de acumulación de sales **más solubles que el yeso en un suelo Cl^- , NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y $\text{CO}_3^{=}$** , de forma natural o antrópica por regadío.
- En **zonas bajas con mal drenaje a las que llegan aportes de sales.**
- El origen de las sales es diverso:
 - (1) meteorización de minerales presentes en el material parental, como las sales sulfatadas que se forman por oxidación de sulfuros (pirita);
 - (2) aportadas en pequeña cantidad por el agua de lluvia;
 - (3) procedentes de formaciones geológicas ricas en sales (rocas terciarias).

- Común en **climas áridos y semiáridos** donde la precipitación es insuficiente para eliminar las **sales solubles que cristalizan cerca de la superficie.**
- **La lluvia mueve las sales hacia el interior del perfil, y la evaporación subsiguiente provoca su ascenso capilar, redepositándolas en o cerca de la superficie.**
- Los suelos con costra salina de color blanco en superficie se llaman **Solonchak**.
- En **Soil Taxonomy: Acuisalid o Haplosalid, Salacuert, Salitorrert o Salustert poseen horizonte sálico.**
- **Los coloides están floculados por las sales, y el pH es aproximadamente neutro.**
- **Si la sal que se acumula es carbonato de sodio, el pH es mucho más alto y las arcillas pueden dispersarse.**

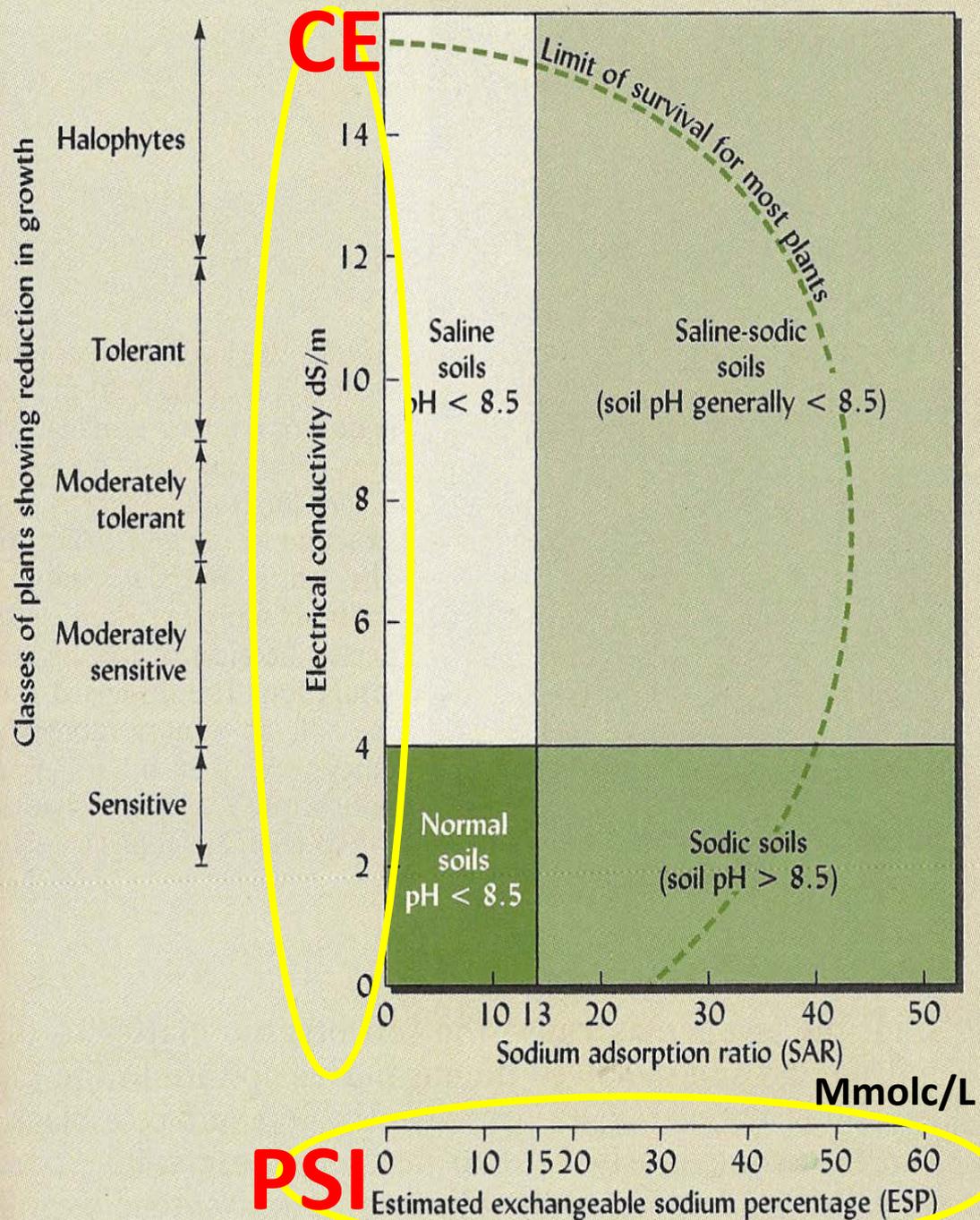
SALINIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN ASCENDENTE Y DESCENDENTE



Costra salina superficial suelo Ciénago, Valle Calchaquí

C. E. (mmhos/cm)	Clasificación
2-4	Ligeramente salino
4-8	Medianamente salino
8-16	Fuertemente salino
> 16	Extremadamente salino

PSI %	Suelo
< 15	No sódico
15-20	Ligeramente sódico
20-40	Moderadamente sódico
>40	Fuertemente sódico



Tomado de: Brady and Weil, 2008.

Suelo Rivadavia

Horizonte		A1	C1	C2	C3	C4sa	C5	
Profundidad		0-11	11-28	28-53	53-86	86-130	130-152	
pH (pasta Saturación)		7,60	8,20	8,60	8,90	8,80	8,60	
pH		0	0	0	0	0	0	
Resistencia Eléctrica		276	431	309	44	33	28	
Conductividad Eléctrica mmhos/cm (Extracto)		2,01	0,69	0,13	11,05	17,21	24,10	
CO ₃ Ca (%)		-	1,65	4,77	3,33	2,50	1,69	
MATERIA ORGANICA	Carbonato Orgánico %	2,81	0,82	0,31	0,15	0,10	0,08	
	Nitrógeno Total %	0,202	0,075	0,037	0	0	0	
	Relación C/N	13,9	10,9	8,4	0	0	0	
	Materia Orgánica %	0	0	0	0	0	0	
TEXTURA	Arcillo %	22,0	32,5	19,0	37,5	36,0	27,3	
	Limo %	56,0	53,5	61,8	46,5	47,8	56,2	
	Arena %	22,0	14,0	19,2	16,0	16,2	16,5	
	Textura (Clase)	FL	FaL	FL	FaL	FaL	FaL	
Capacidad de Intercambio Catiónico (m.e.q./100g)		24,5	21,8	21,8	23,4	22,1	21,5	
BASES DE INTERCAMBIO (m.e.q./100g.)	Calcio	20,6	0	0	0	0	0	
	Magnesio	4,5	5,3	0	0	0	0	
	Sodio	0,5	2,4	1,8	7,7	8,7	8,4	
	Potasio	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	1,0	
% Saturación		100	100	100	100	100	100	
SALES	CATIONES	Calcio Soluble	-	-	0,09	1,12	0,99	0,74
		Magnesio Soluble	-	-	0,06	0,41	0,35	0,38
		Sodio Soluble	-	-	0,41	7,64	10,36	11,47
		Potasio Soluble	-	-	0,02	0,04	0,03	0,02
SOLUBLES (m.e.q./100g.)	ANIONES	Carbonatos	0	0	0	0	0	0
		Bicarbonatos	0	0	0	0	0	0
		Cloruros	0	0	0,23	1,46	1,91	2,54
		Sulfatos	0	0	0,33	2,03	2,36	2,73
Fósforo Disponibles ppm		0	0	0	0	0	0	
P.S.I.		0	0	0	0	0	0	

SUELO RIVADAVIA (Ri)

A₁ 0 - 11 cm. Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/3) en húmedo. Franco limoso. Bloques subangulares, medios, moderados. Blando, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo. pH 7,6. Límite abrupto y suave.

C₁ 11 - 28 cm. Pardo rojizo (5YR 4/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Franco arcillo limoso. Masivo. Duro, friable, plástico, adhesivo, pH 8,20. Límite abrupto y suave.

C₂ 28 - 53 cm. Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Franco limoso. Masivo. Duro, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo. pH 8,6. **Abundantes carbonatos**. Límite gradual y suave.

C₃ 53 - 86 cm. Rojo amarillento (5YR 4/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Franco arcillo limoso. Masivo. Muy duro, firme, plástico, adhesivo. pH 8,9, **Abundantes carbonatos**. Límite gradual y suave.

C_{4z} 86 - 130 cm. Pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Franco arcillo limoso. Masivo. Duro, friable, ligeramente plástico, adhesivo, pH 8,8. **Abundantes carbonatos**. Límite abrupto y suave.

C₅ 130 - 152 cm. Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y húmedo. Franco arcillo limoso. Masivo. Duro, firme, ligeramente plástico, no adhesivo. pH 8,6. **Abundante carbonato**.

Porcentaje de saturación con sodio PSI

CIC = 10 meq/100 gr

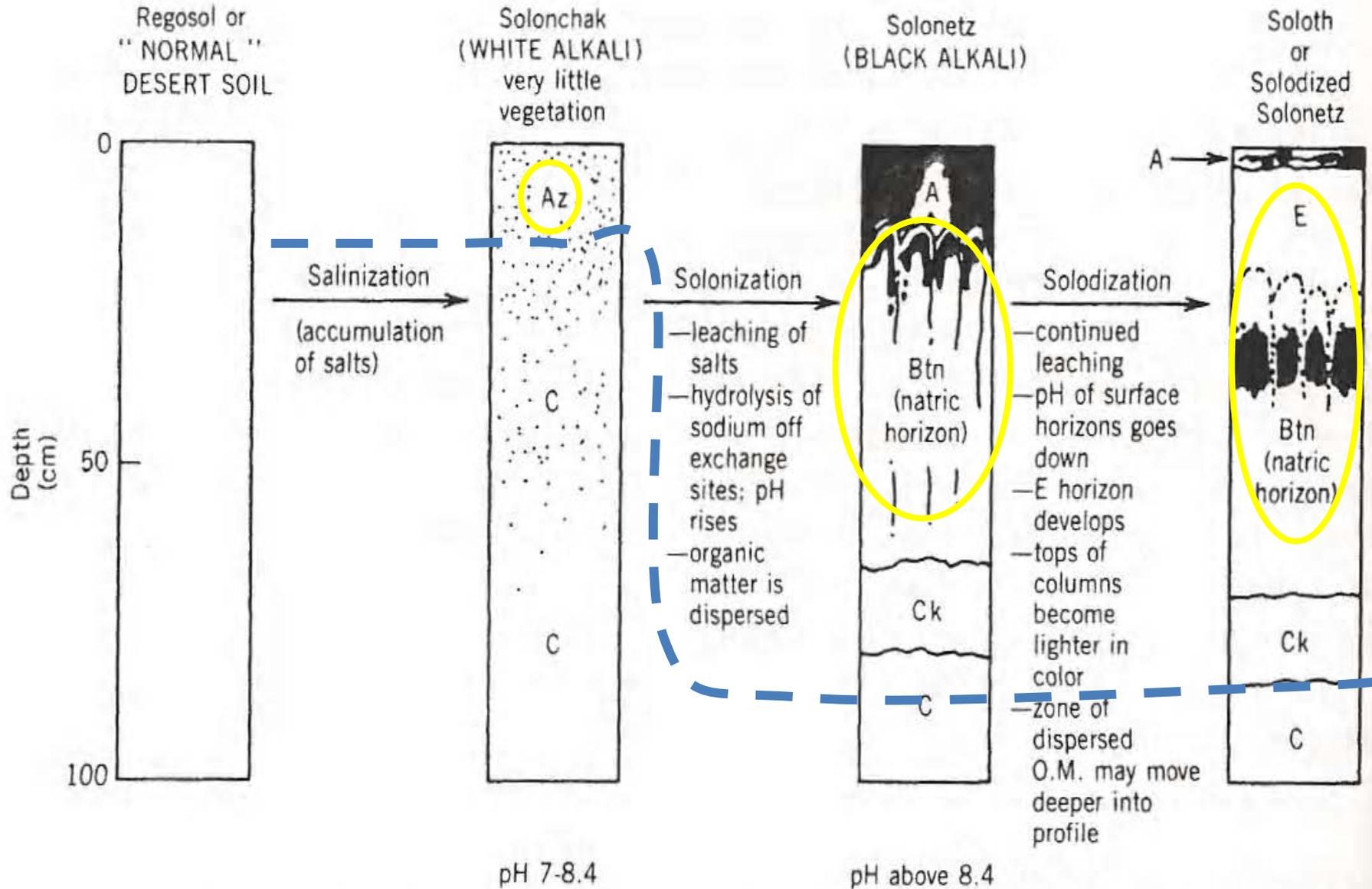
C	—	Na ⁺	60 % Suelo saturado con bases Na, Ca,
o	—	Na ⁺	
l	—	Na ⁺	
o	—	Na ⁺	
i	—	H ⁺	
d	—	H ⁺	
e	—	Ca ⁺⁺	
	—	H ⁺	
	—	H ⁺	

SALINIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-MIGRACIÓN ASCENDENTE Y DESCENDENTE

Acuisalid

Natrustalf

Natralbol



MUY BUENO

BUENO

REGULAR

BUENO

Loma

Soloth
or
Solodized
Solonetz



Argludol/
Hapludol (*)

Media loma

Solonetz
(BLACK ALKALI)



Natralbol/
Natracuol (*)

Bajo alcalino

Solonchak
WHITE ALKALI)
very little
vegetation



Natracualf (*)

Bajo

Argialbol/
Argiacuol (*)

Napa freática



Horizontes salinos y/o alcalinos

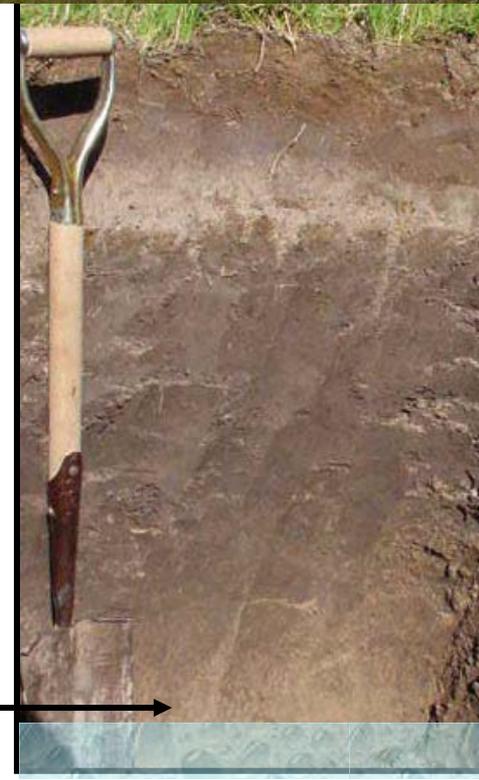


Horizontes sin alcalinidad ni salinidad

(*) Suelos.

Cubetas en Interfluvios de Pampa Ondulada

Procesos de Argiluvación e Hidromorfismo



Argialbol

Albacualf



SOLONETIZACIÓN-SOLONETZ



Ah
óxico

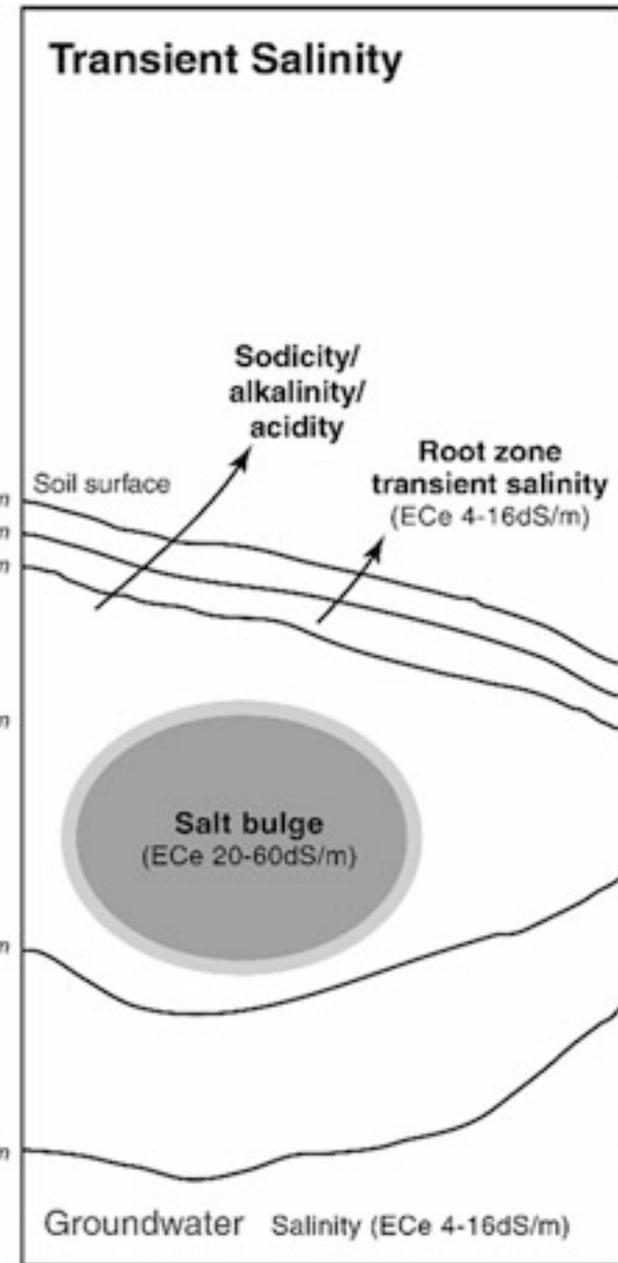
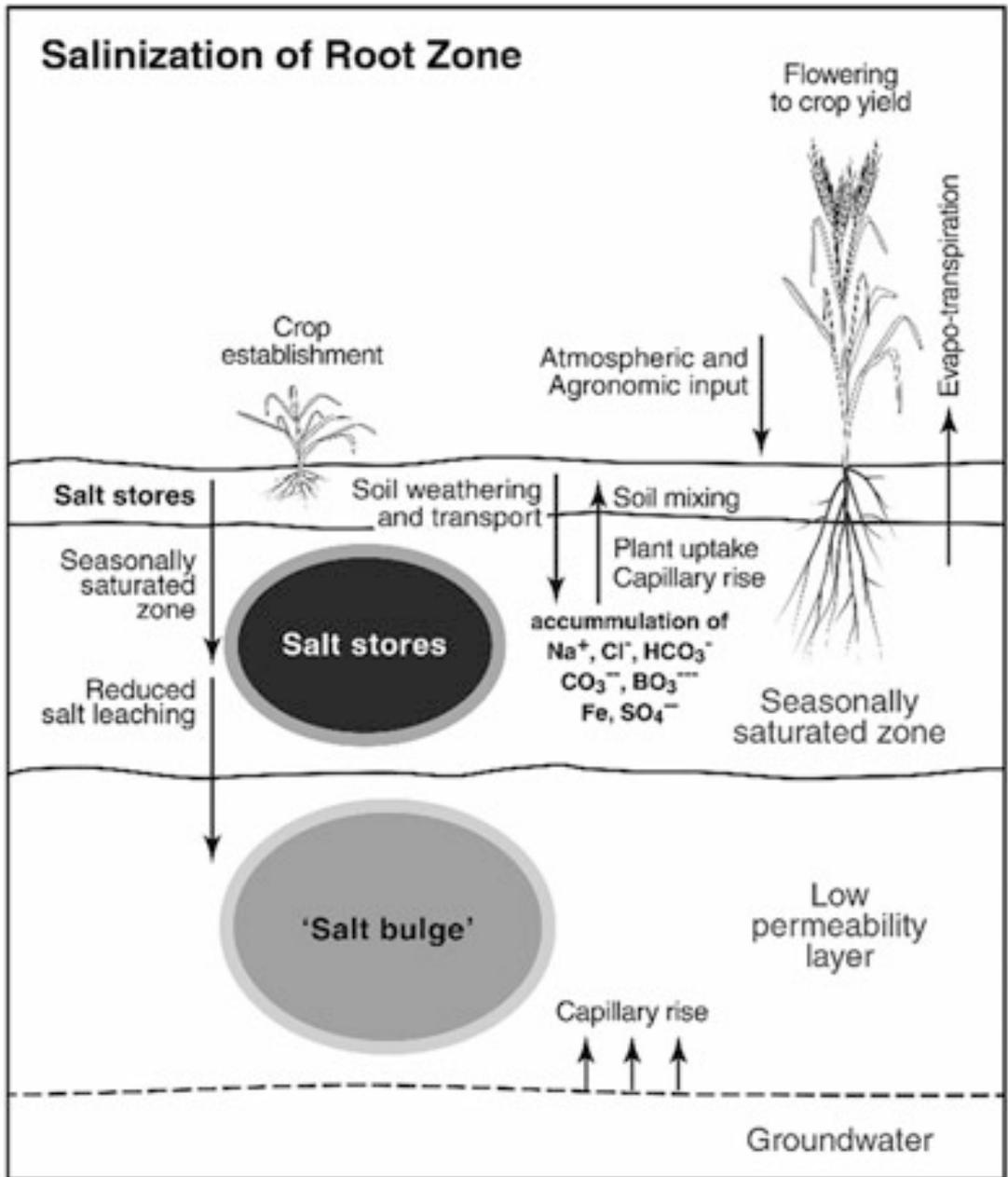
E

Btn
nátrico

C

Solonetz háplico

Figura. 15.3 (a) Acumulación de sal en la zona de las raíces y efectos sobre el crecimiento de las plantas y los procesos del suelo. (b) Desarrollo de salinidad transitoria (después de Rengasamy 2006)



SOLONETIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-TRANSFORMACION- MIGRACIÓN DESCENDENTE

–Formación de un suelo Solonetz en WRB.

– Suelos con gran grupo Natr. En *Soil Taxonomy*: Natracualf, Natrudalf, Natrustalf, Natrixeralf, Natrargid, Natridurid, Natralbol, Natracuol, Natrudol, Natrustol, Natrixerol, Natracuert.

– SIN HORIZONTE "E" O CON UN HORIZONTE "E" MÍNIMO, FORMADO POR LIXIVIADO DE SALES, Y UN HORIZONTE B CON EL COMPLEJO DE CAMBIO SATURADO PRINCIPALMENTE POR Na⁺ .

–El sodio hidroliza el complejo de cambio y este pasa a estar ocupado por hidrogeniones. **El sodio liberado a la solución se combina con grupos OH⁻ para dar NaOH**, lo que provoca un **pH muy alto (hasta de 10)**.

– Coloide Na⁺ + H₂O → Coloide H⁺ + NaOH,

El coloide es la micela en la que se produce la adsorción-desorción de sodio.

- ESTE ELEVADO pH HACE QUE LAS ARCILLAS Y LA MATERIA ORGÁNICA SE DISPERSEN Y SE DESPLACEN POR **ELUVIACIÓN** HACIA HORIZONTES INFERIORES EN FORMA DE COMPLEJOS ARCILLA-MATERIA ORGÁNICA.
- MÁS ABAJO SE PRODUCE LA ILUVIACIÓN EN EL HORIZONTE B. ESTE HORIZONTE CONTENDRÁ ARCILLAS ILUVIADAS CON EL COMPLEJO DE CAMBIO OCUPADO POR SODIO (ENDOPEDIÓN NÁTRICO = Btn).
- El B nátrico tiene elevado porcentaje de arcilla, estructura columnar y > 15% de su capacidad de cambio ocupada por sodio en los primeros 40 cm del suelo.

Suelo Algarrobal, salino-sódico, valle de Sianca



Suelo Algarrobal

A1 0-24 cm. Pardo amarillento oscuro (10YR $\frac{3}{4}$) en húmedo. Franco. Masivo. Suelto, Friable, muy ligeramente plástico, no adhesivo. **Extremadamente alcalino. Abundantes carbonatos.** Límite gradual y suave.

C1 24-92 cm. Pardo a pardo amarillento (10YR 5/3,5) en húmedo. Franco. Masivo. Ligeramente duro, Friable, muy ligeramente plástico, no adhesivo. **Extremadamente alcalino. Abundantes carbonatos.** Presencia de láminas de mica.

Horizonte	A1	C1	
Profundidad	0-24	24-92	
PH en pasta	9,3	10	
pH			
Resistencia eléctrica	160	240	
Conductividad eléctrica mmhos/cm (extracto)			
Ca CO3 %	3,60	2,32	
Materia Orgánica	Carbono Orgánico %	0,48	0,13
	Nitrógeno Total %		
	Relación C/N		
	Materia Orgánica %	0,83	0,22
Textura	Arcilla %	11,4	9,4
	Limo %	48,4	47,6
	Arena %	40,2	43
	Textura (clase)	F	F
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g).			



Suelo salino-sódico El Carmen,
valle Calchaquí.



Suelo salino-sódico El Carmen, valle Calchaquí.

Ap 0 a 18 cm. Color pardo grisáceo en seco (2.5Y 5/2) y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (2.5Y 3/2). Franco. Estructura en bloques subangulares finos y débiles. Muy duro. Friable. No plástico, no adhesivo. pH 9. **Abundante carbonato en la masa.** Moteados de hierro, escasos, finos y difusos. Raíces abundantes. Límite abrupto y suave.

2C₁ 18 a 56 cm. Color pardo en seco (10YR 5/3) y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2). Arenosa fina. Masivo tendiendo a grano suelto. Blando. Friable. No Plástico. No adhesivo. pH 7. **Moderada presencia de carbonato en la masa.** Moteados de hierro, abundantes, gruesos y precisos. Abundantes raíces. Límite gradual y suave.

3C₂ 56 a 102 cm. Color pardo en seco (10YR 5/3) y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo. Franco. Grano suelto. Suelto. Friable. No plástico, no adhesivo. pH 6. Moteados de hierro, abundantes, gruesos y precisos. Abundantes raíces. Límite abrupto y suave.

4C₃ 102 a 135 cm. Color pardo grisáceo en seco (10YR 5/2) y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 4/2) en húmedo. Areno franco. Con cantos rodados aislados. Grano suelto. Suelto. No plástico, no adhesivo. pH 6.5. Moteados de hierro, abundantes, gruesos y precisos. Raíces escasas.

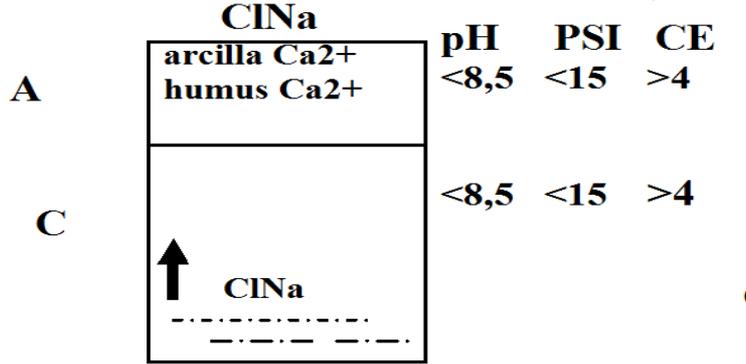
Horizonte	Ap	2C ₁
Profundidad	0-18	18-56
pH en pasta	9	7

SOLOTIZACIÓN: TRANSLOCACIÓN-TRANSFORMACION- MIGRACIÓN DESCENDENTE

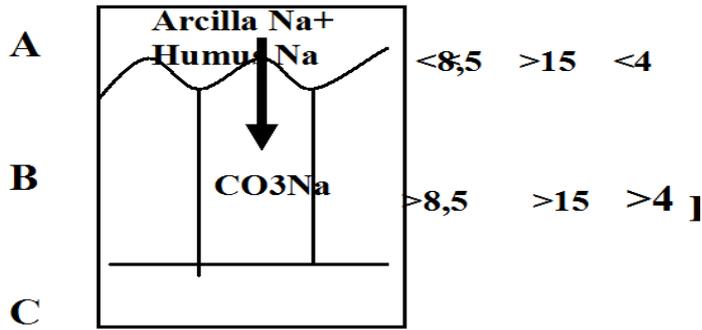
- SE ELIMINA COMPLETAMENTE EL SODIO DEL COMPLEJO DE CAMBIO COMO CONSECUENCIA DE UN PROLONGADO LIXIVIADO DE SALES.
- LOS IONES Na^+ SE LIXIVIAN, Y QUEDA LA SOLUCIÓN ENRIQUECIDA EN OH^- . ESTOS SE COMBINAN CON OTROS CATIONES, QUE MÁS TARDE SE UNEN A IONES H^+ PARA FORMAR ÁCIDOS, y DISMINUYEN EL PH DE FORMA CONSIDERABLE (ENTRE 6 Y 7).
- El suelo Solod (Soloth) o Solonetz solodizado en WRB y poseen elemento formador de gran grupo Natr o de subgrupo Nátrico (en *Soil Taxonomy*) y TIENEN HORIZONTES "A" Y "E" MEJOR DESARROLLADOS QUE LOS SOLONETZ.

- La zona con materia orgánica dispersa y arcilla se desplaza hacia partes más bajas del perfil por eluviación-iluviación.
- El cambio de un Solonetz salino a un Solod ácido puede iniciarse por un **cambio de clima** (aumento de las precipitaciones) **que permita eliminar el sodio del complejo de cambio.**
- También se puede producir **artificialmente por riego.**
- Si el proceso culmina, **se obtiene un suelo “normal”,** con la secuencia de horizontes A, AB, B y C, **estos dos últimos ni salinos ni sódicos.**

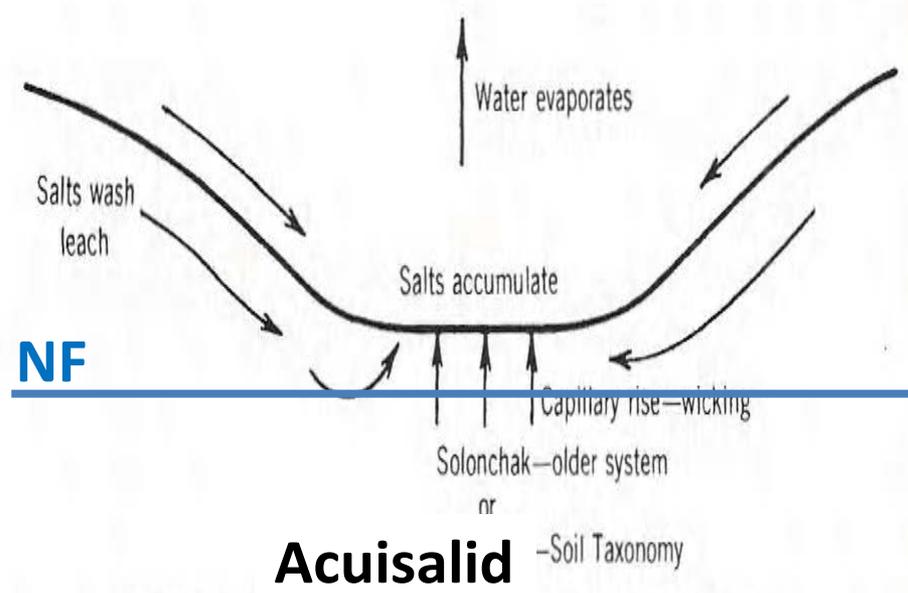
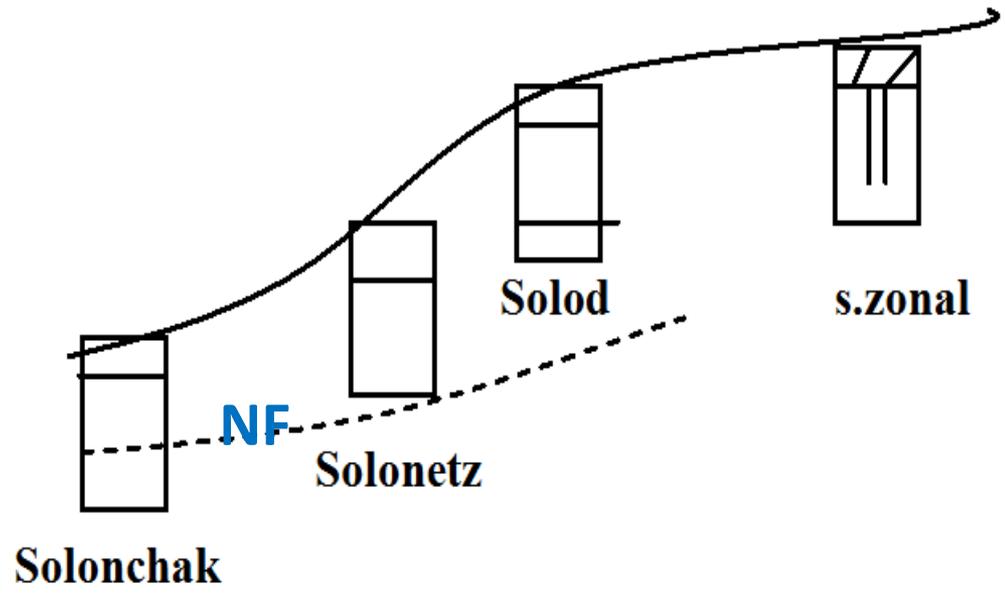
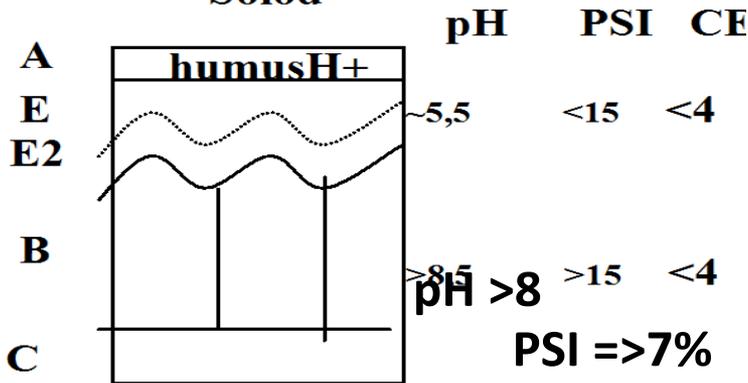
suelo salino (Solonchak) → s.



Suelo sódico (Solonetz) → s.



s. sódico degradado
Solod



Procesos de Sodificación e Hidromorfismo

Paisaje de Pampa Deprimida



Perfil de Natracualf



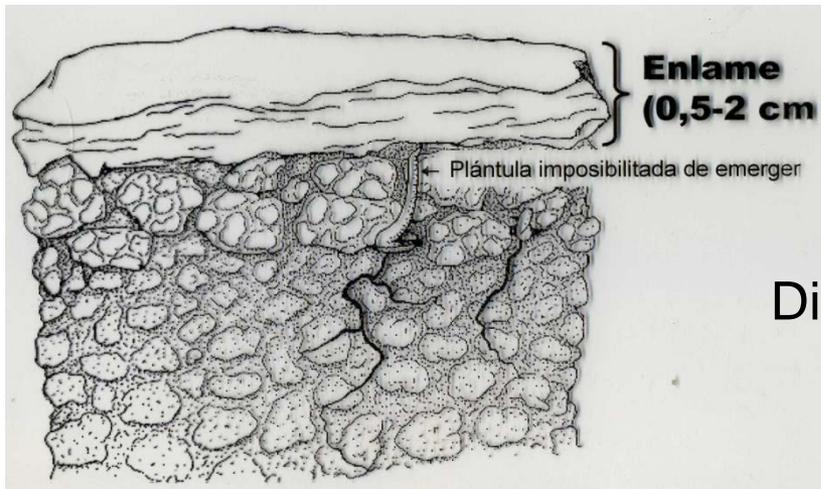
Encostramiento y vegetación en suelos sódicos



Humatos sódicos

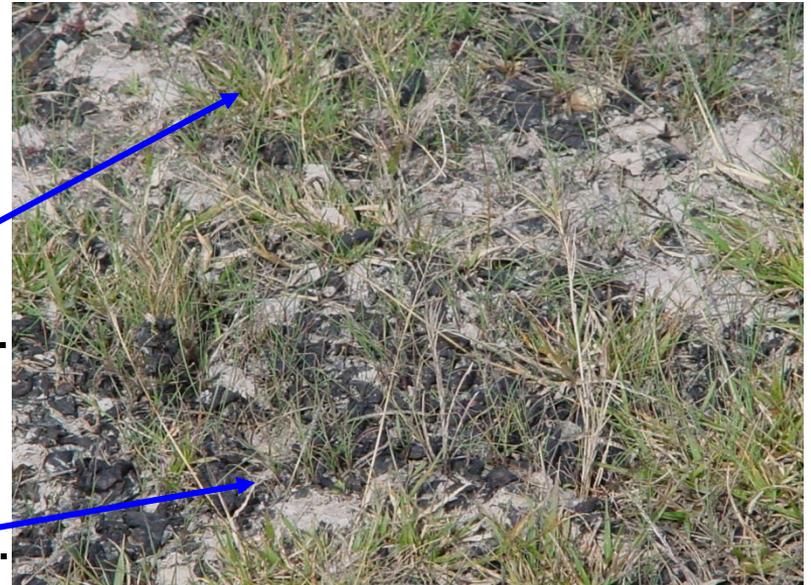


Encostramiento (enlame)



Distichlis sp.

Nostoc sp.

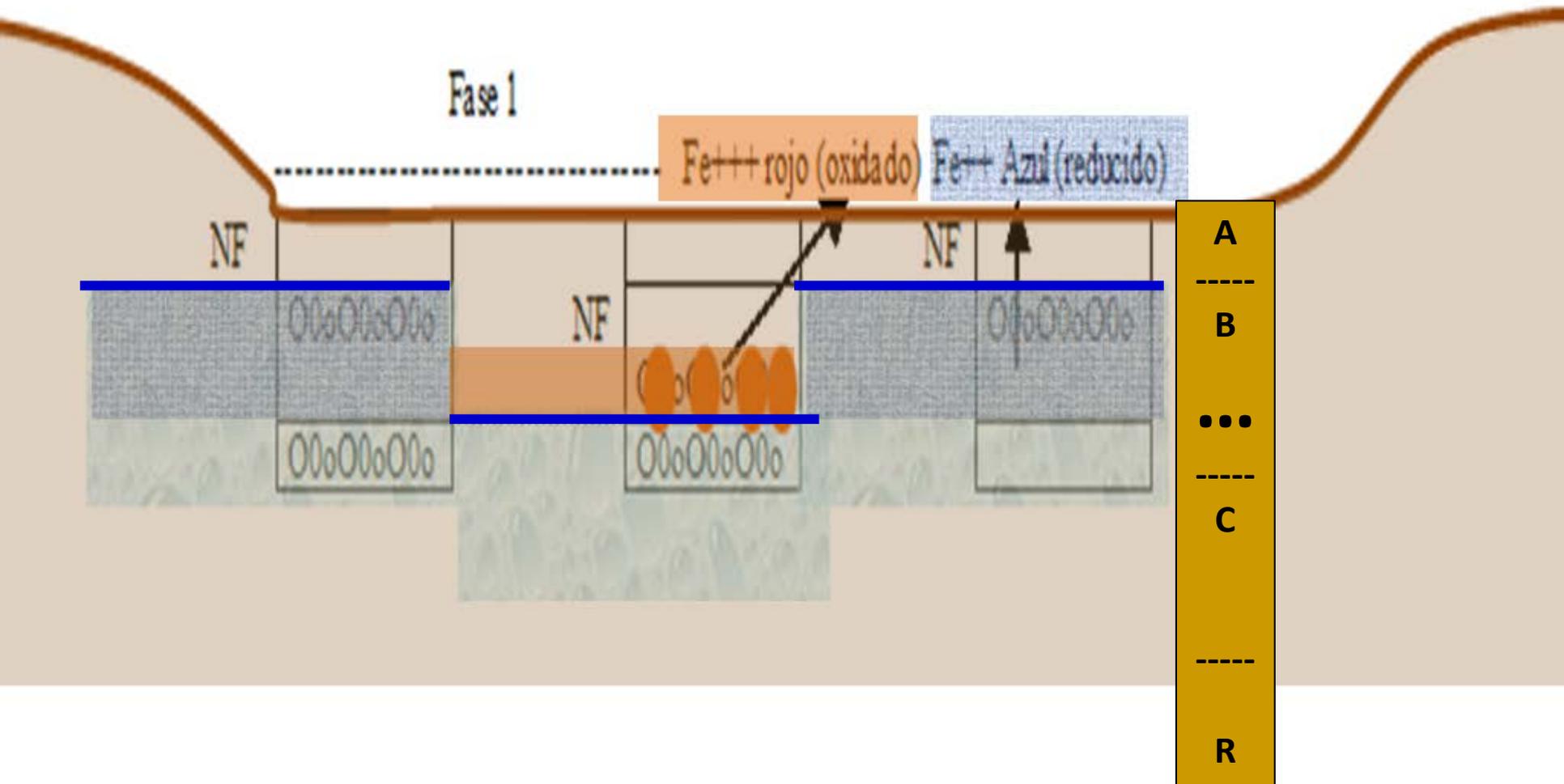


SUELOS HIDROMÓRFICOS-TRANSFORMACIÓN- MIGRACIÓN ASCENDENTE: GLEYZACIÓN

- Suelos con colores **verdosos y grises** por movilización de **hierro en forma reducida** asociada al **hidromorfismo** y **moteados por concentración de Fe oxidado donde hay O_2** .
- Ocorre en **suelos saturados todo o gran parte del año**, lo que provoca **condiciones anaerobias**. Es común en suelos con mal drenaje.
- **EL Fe^{2+} ES MUCHO MÁS SOLUBLE QUE EL Fe^{3+} Y SE LIXIVIA CON FACILIDAD. EL Fe^{3+} CAMBIA EL COLOR ROJIZO A GRIS, O GRIS VERDOSO (DE CROMA MUY BAJO) POR EL PROCESO DE REDUCCIÓN.**

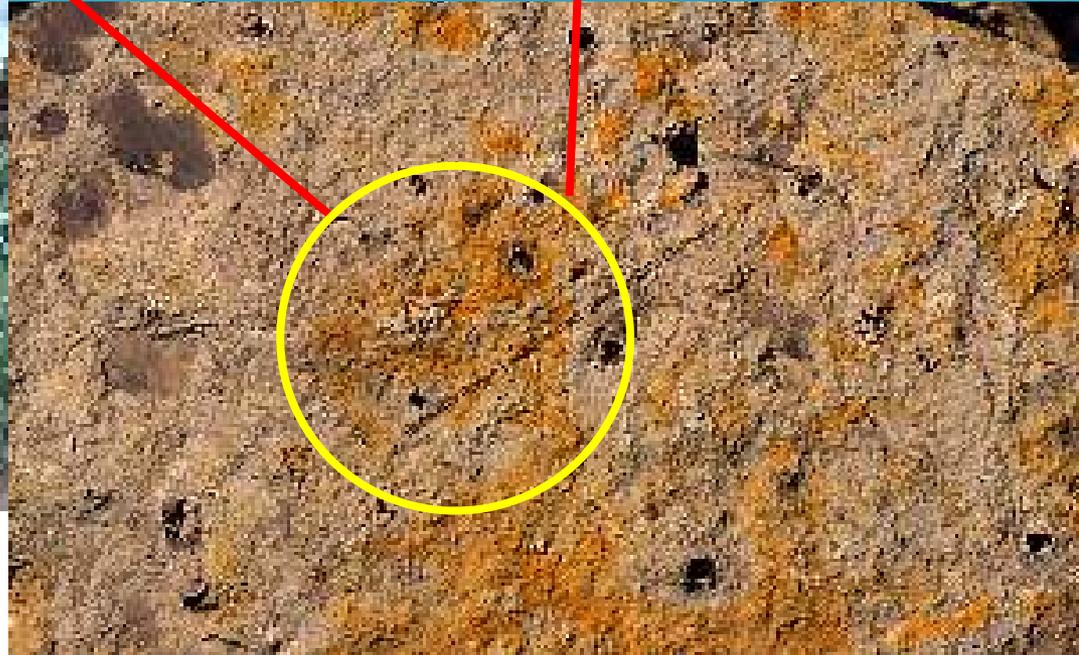
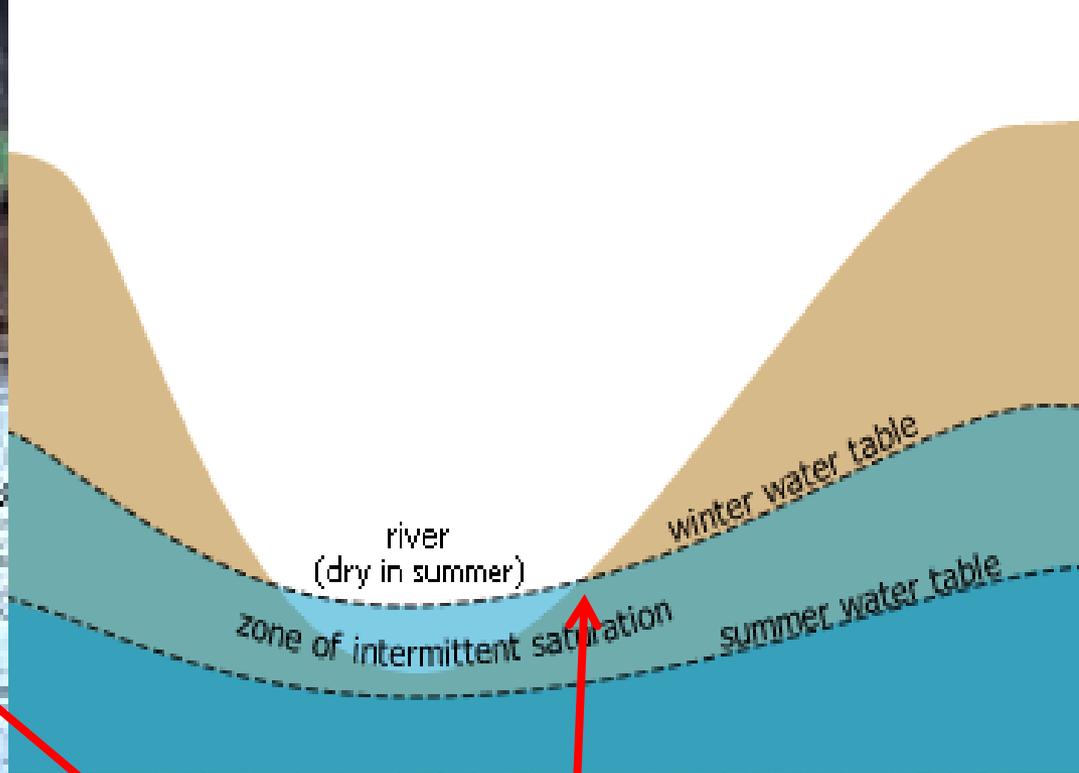
- Dos tipos de suelos afectados por hidromorfismo: los **SUELOS GLEY** Y LOS **SEUDO-GLEY**. Los primeros están saturados por agua subterránea de un **acuífero libre** que afecta a todo el perfil edáfico y los segundos **están saturados en superficie por agua de lluvia o escorrentía (en un acuífero colgado)**. Estos últimos suelen tener moteados ya que no todo el hierro ha sido **reducido a Fe²⁺**.
- Los suelos **SEUDO-GLEY** se forman donde existe un **horizonte subsuperficial que impide la infiltración de agua**, como un **Bt** o un **contacto petroférico (Bv)**.
- Los suelos gley verdaderos sólo se forman cuando el **nivel freático de un acuífero libre está en superficie**. Estos suelos **son de color gris**.
- Debido a las condiciones anaerobias, la descomposición de la materia orgánica es mínima, lo que puede dar lugar a suelos orgánicos (o de turberas).

SUELOS HIDROMÓRFICOS-TRANSFORMACIÓN- MIGRACIÓN ASCENDENTE: **GLEYZACIÓN**

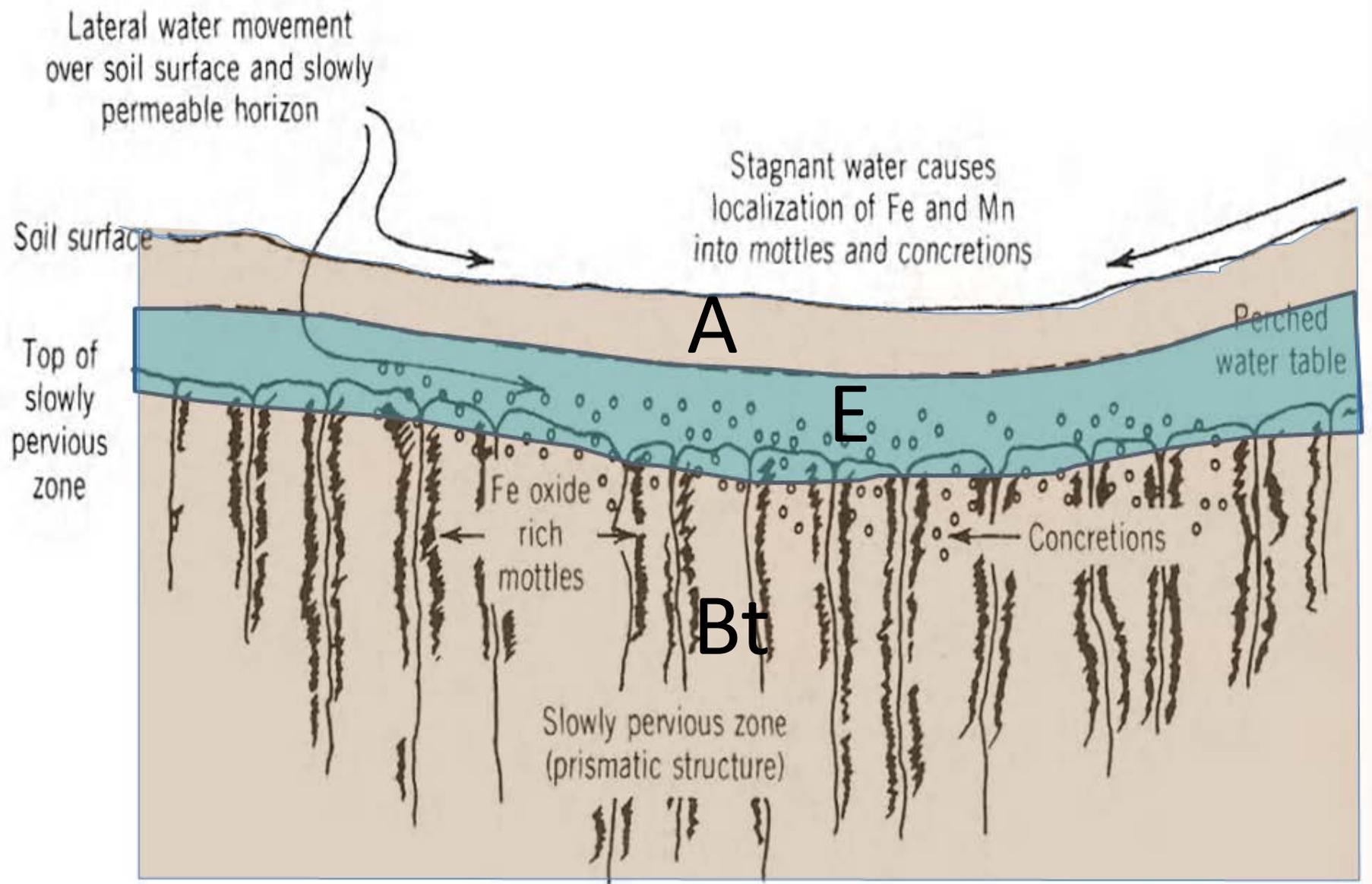


Suelo Madrejones-hidromorfismo

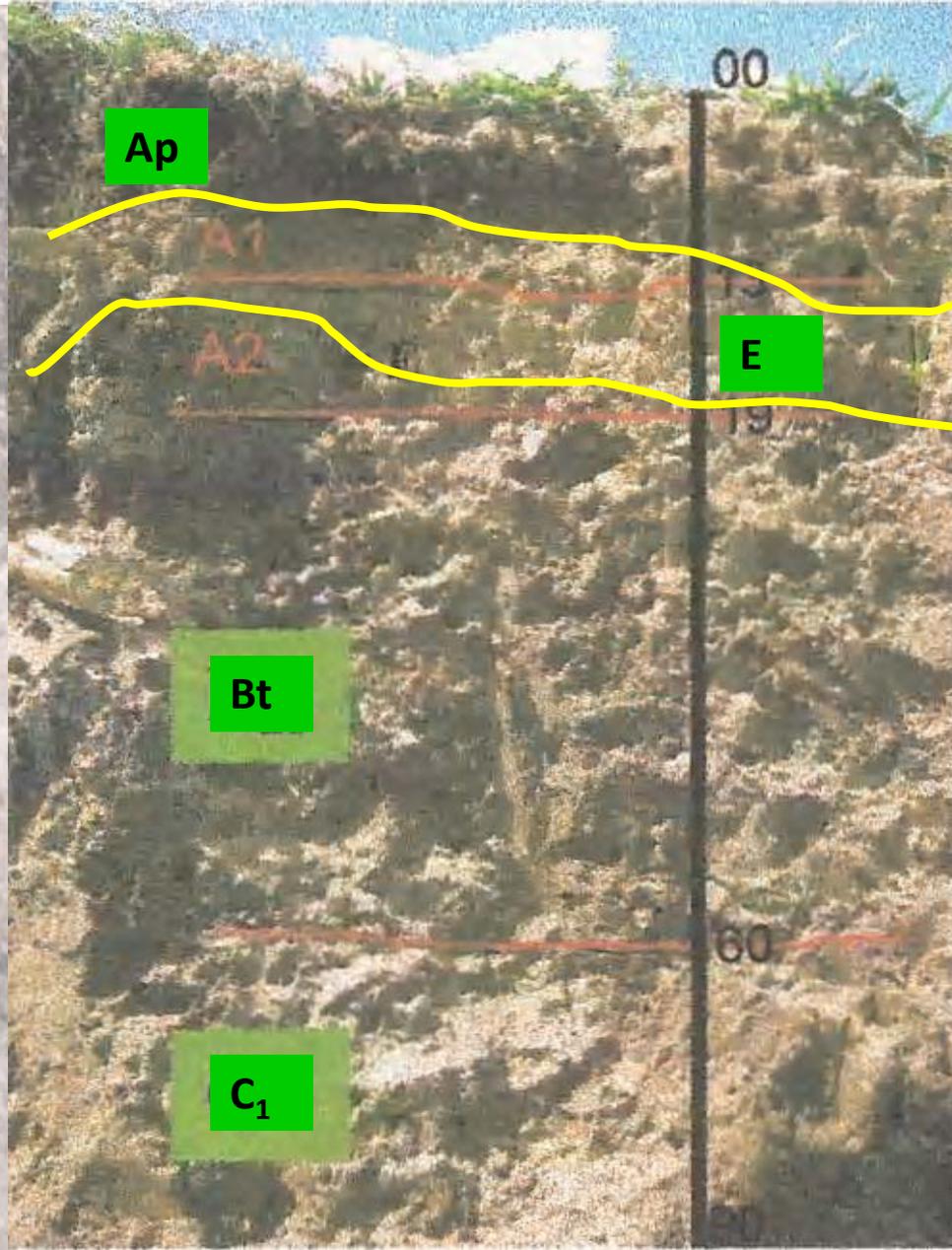
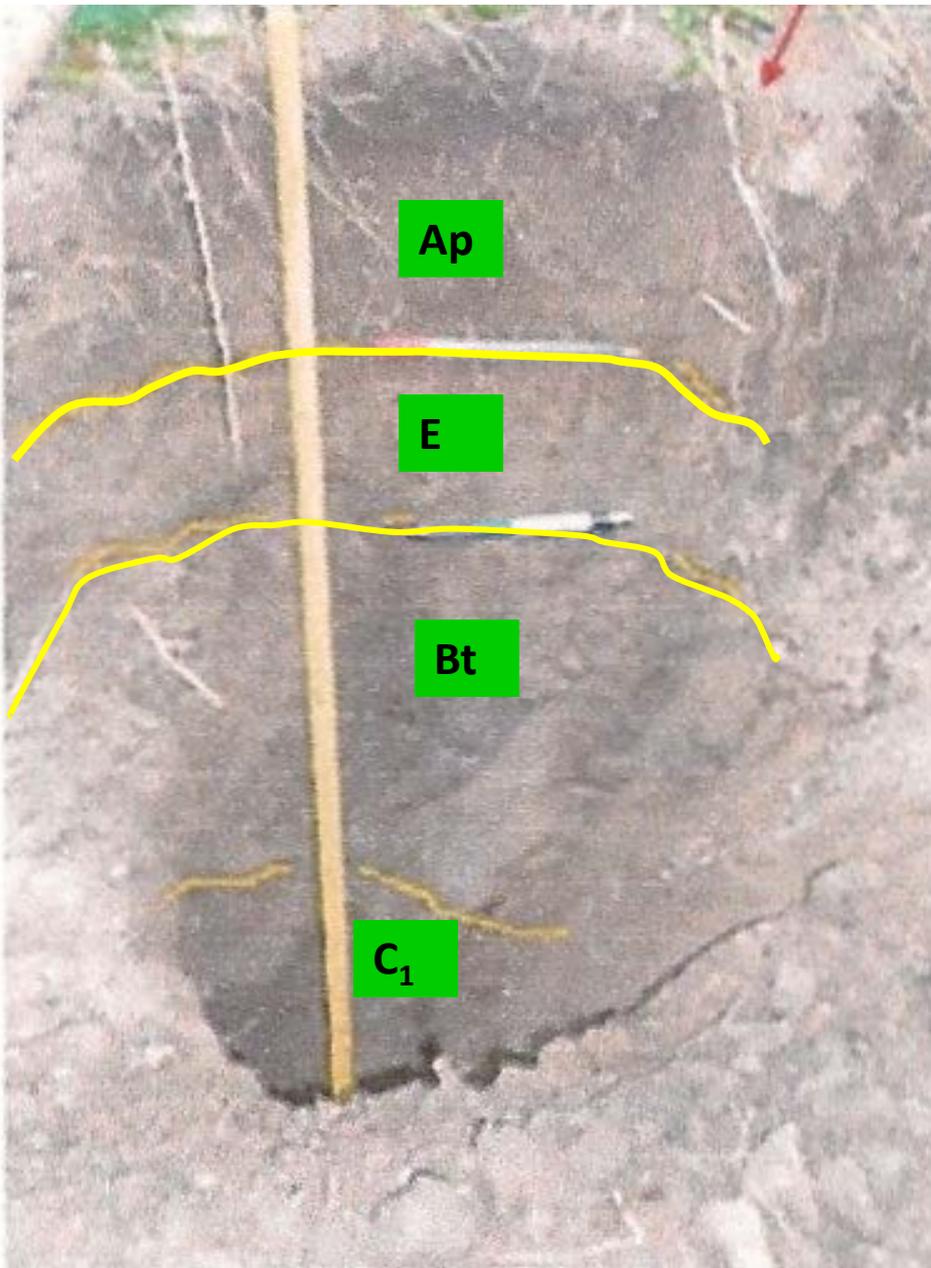




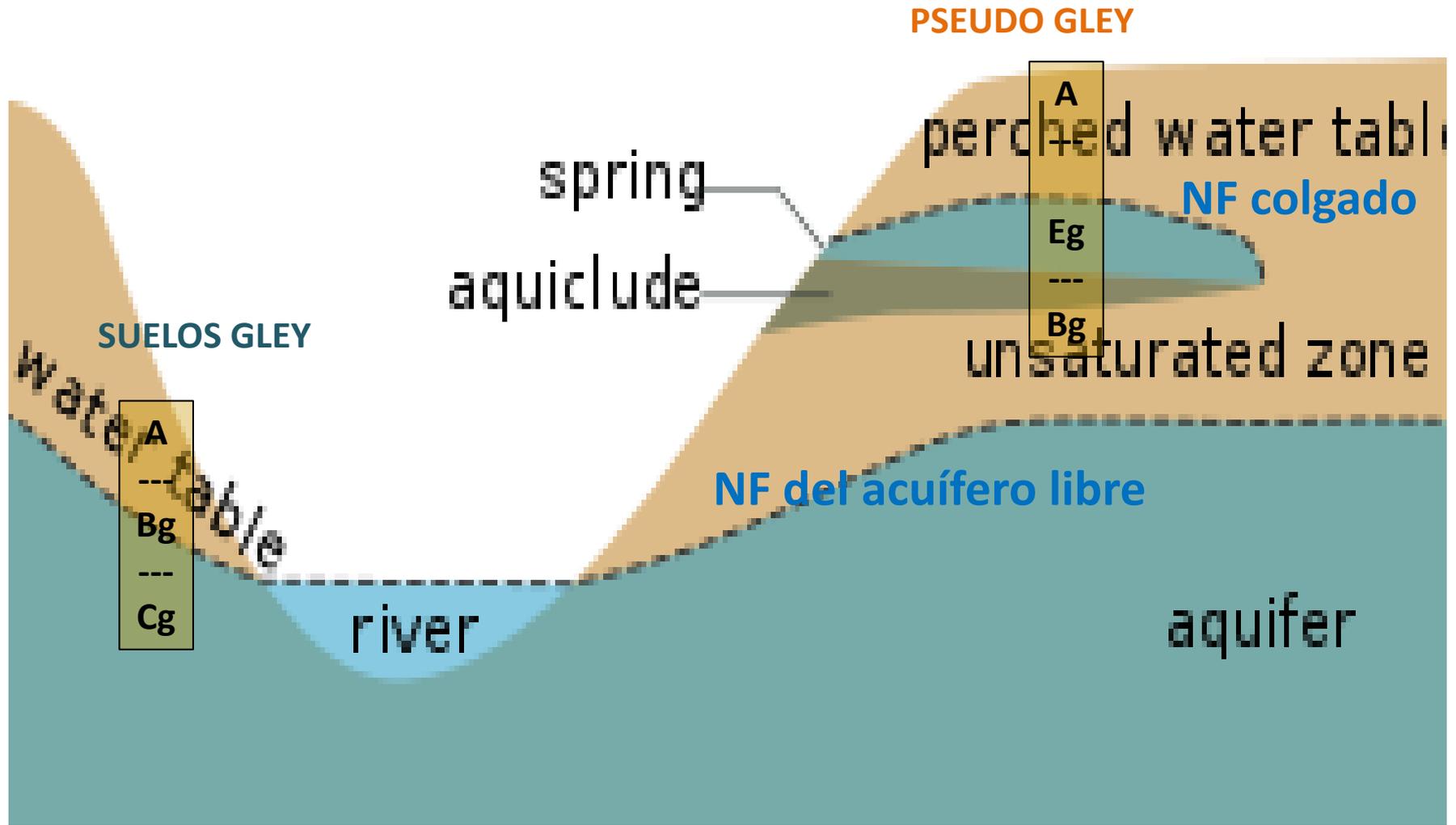
SUELOS HIDROMÓRFICOS-TRANSFORMACIÓN-MIGRACIÓN LATERAL: SUELOS PSEUDO GLEY



Suelo San Lorenzo, valle de Lerma



SUELOS HIDROMÓRFICOS-TRANSFORMACIÓN-MIGRACIÓN LATERAL: SUELOS GLEY Y PSEUDO GLEY





Archiv Boden-Landwirtschaft Umwelt Otto Ernst



**Horizontes C gley
verdosos y grises
por hierro
reducido asociado.**

**Suelo Ciénago,
valle Calchaquí.**

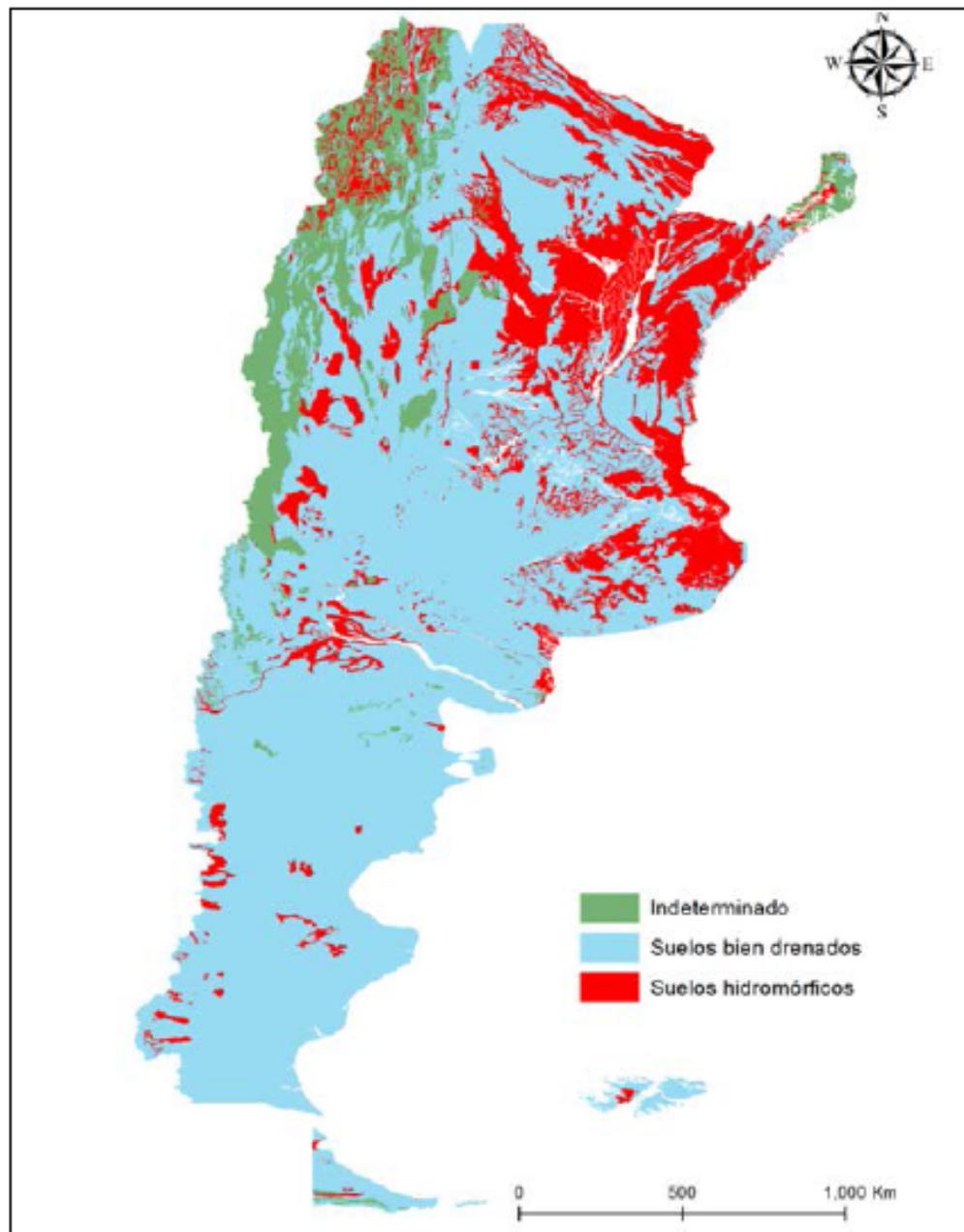
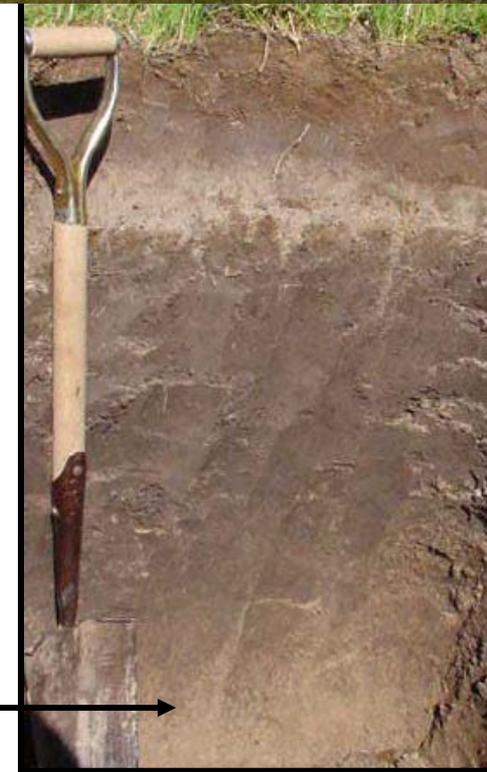


Figura 2. Mapa de suelos hidromórficos de la República Argentina (Tomado de Vázquez *et al.*, 2014).

Cubetas en Interfluvios de Pampa Ondulada

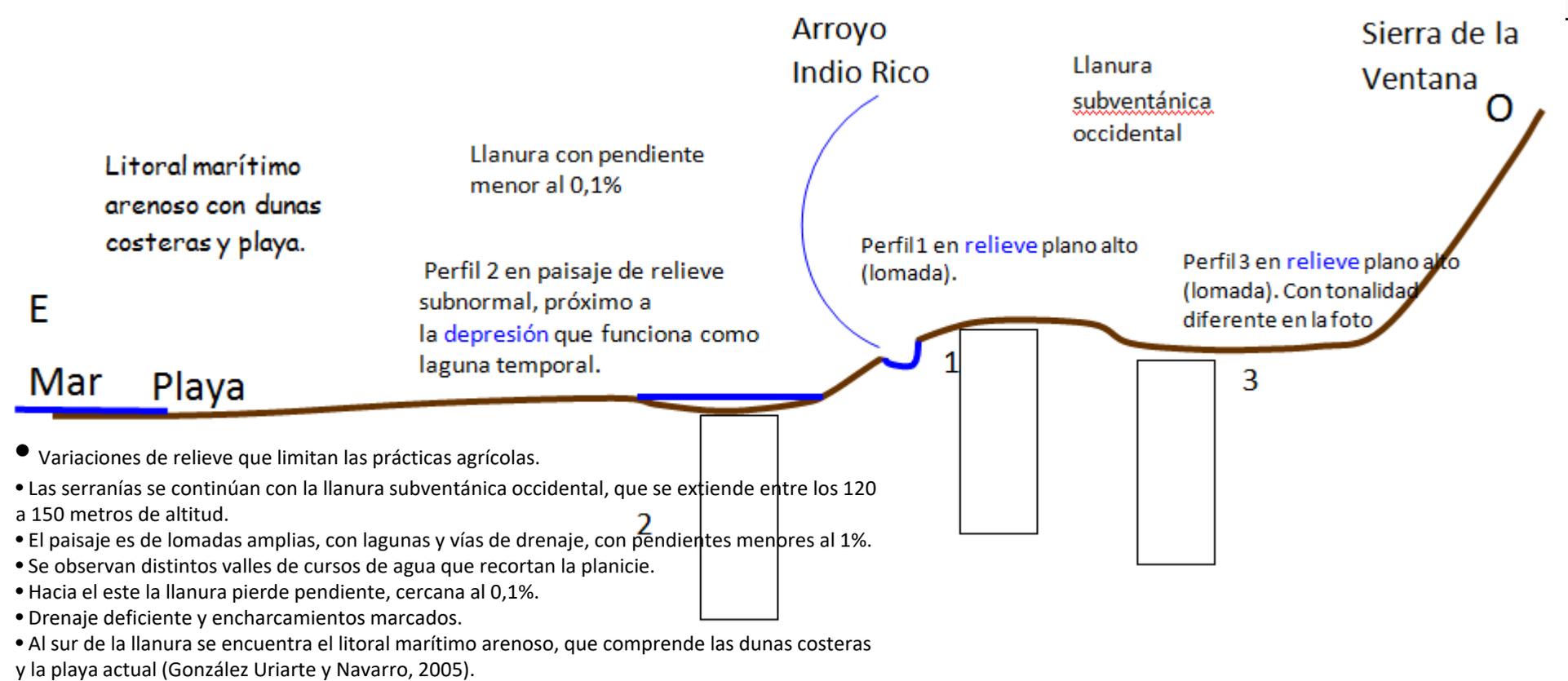
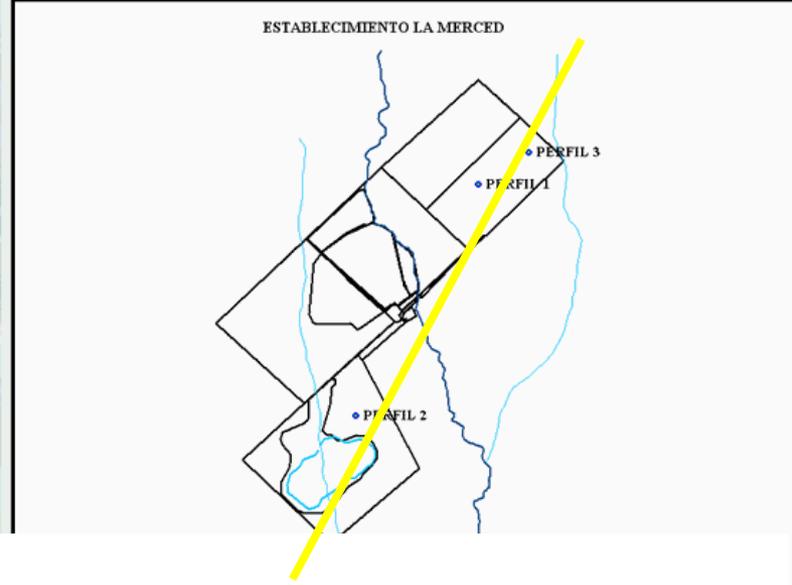
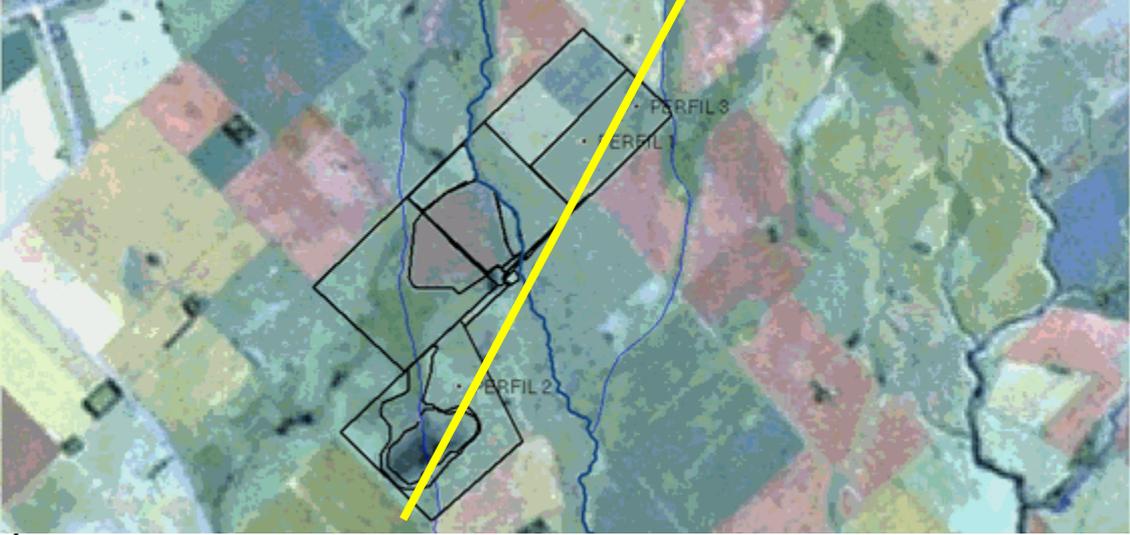
Procesos de Argiluvación e Hidromorfismo



Argialbol

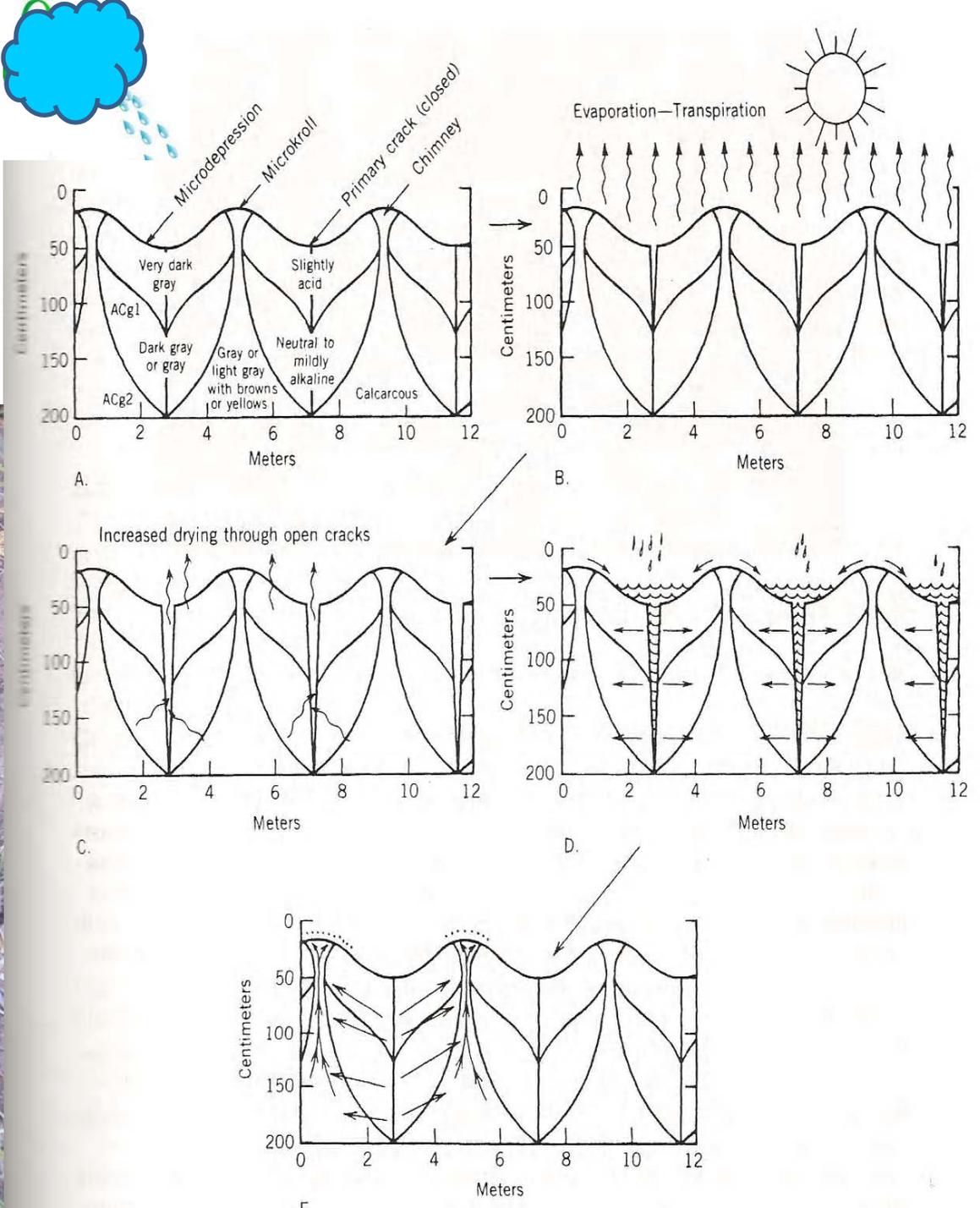
Albacualf





ARGILOPEDOTURBACIÓN- (HAPLOIDIZACIÓN)

VERTISOLES: MIGRACIÓN EN MASA- ACUMULACIÓN- TRANSFORMACIÓN



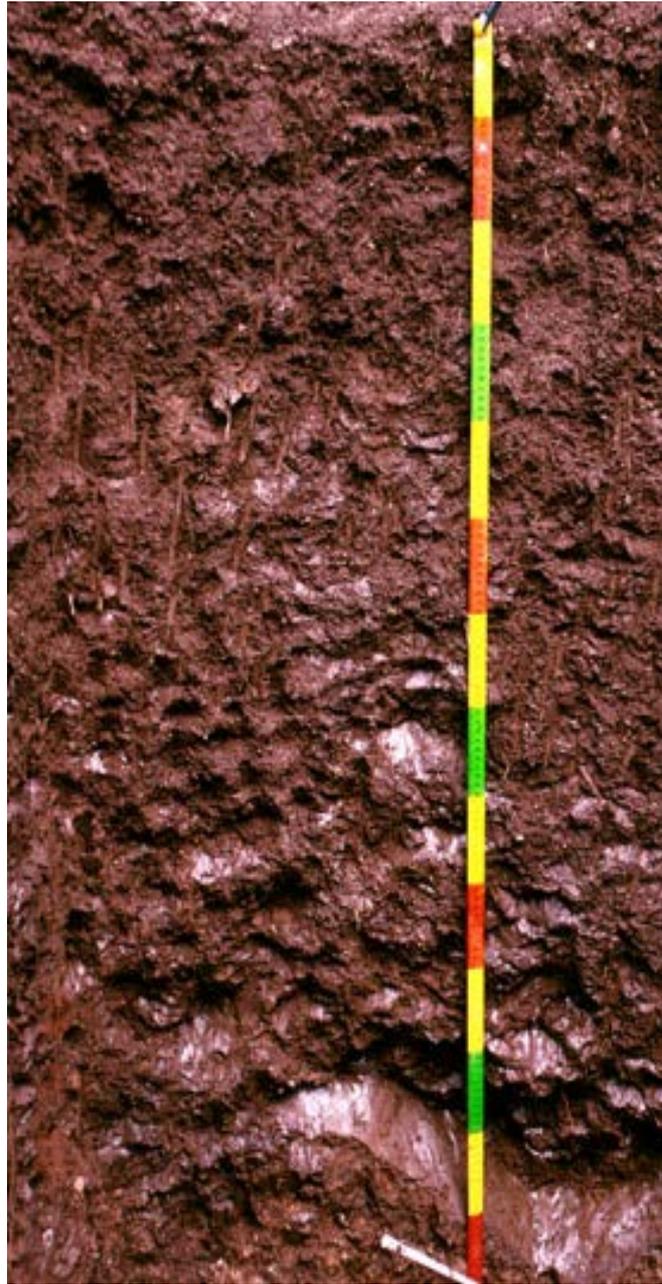
Suelo Saucelito, Colonia Santa Rosa



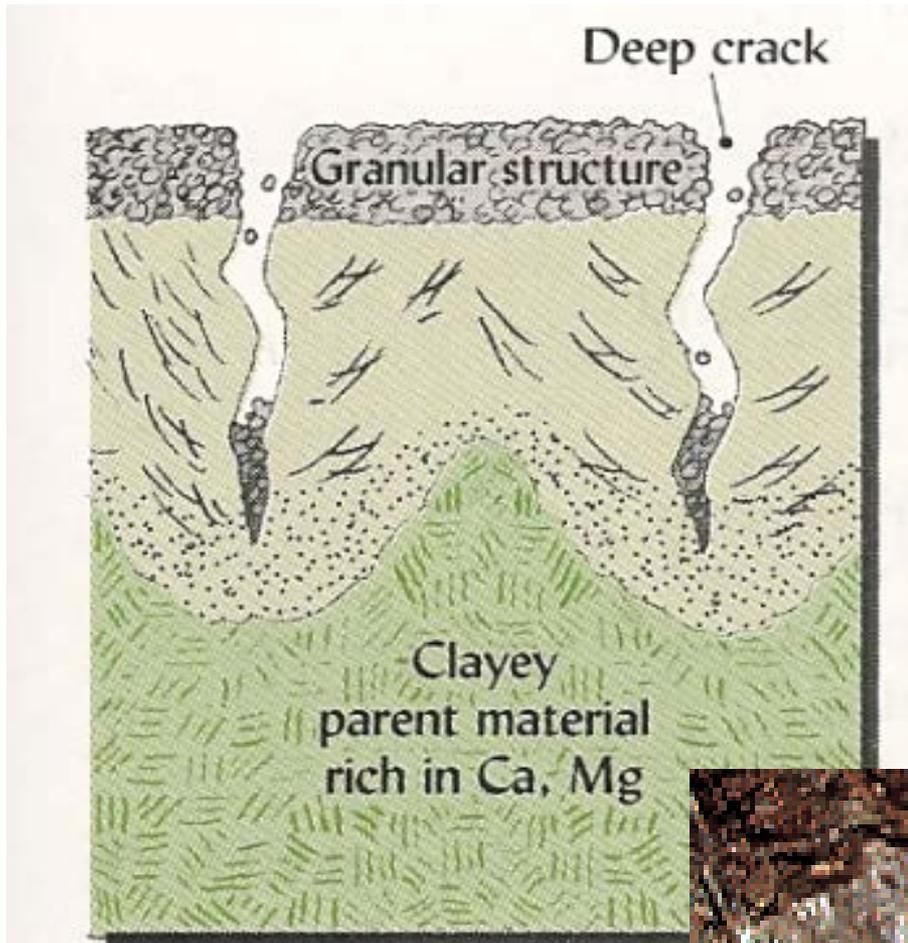
ARGILOPEDOTURBACIÓN, EDAFOPEDOTURBACIÓN, VERTISOLACIÓN o HAPLOIDIZACIÓN

- Proceso de migración en masa (translocación) de materiales referido a todos los materiales del suelo en conjunto.
- Provoca la mezcla de los materiales del suelo (al contrario que los anteriores que producían la diferenciación del perfil) y conduce a la formación de suelos muy homogéneos, sin cambios importantes de las propiedades y de los constituyentes con la profundidad.

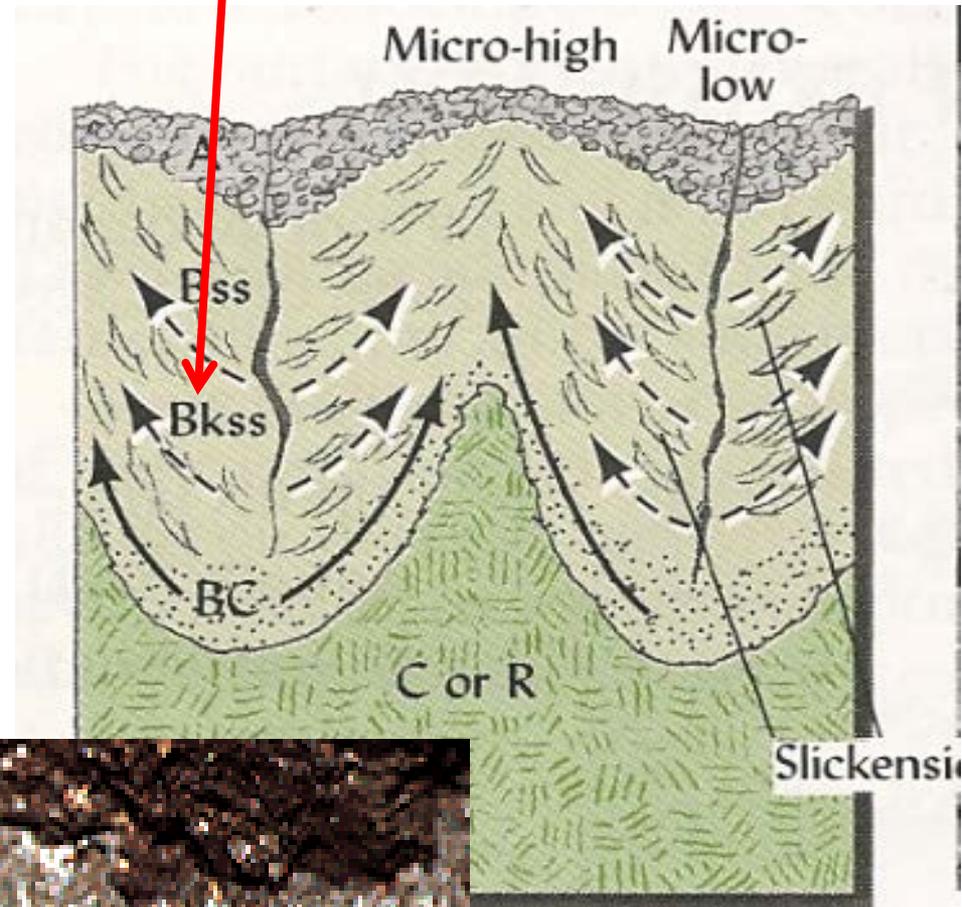
Paisaje de Gilgai



Estructuras en cuñas-horizontes subsuperficiales



(a)



(b)



Suelo Saucelito y paisaje



Suelo Saucelito y paisaje



Proceso de Melanización

Melanización + Vertisolización



Argiudol vértico
(Pampa Ondulada)

INTA

TRANSFORMACIÓN DE MINERALES: **FERRALITIZACIÓN**

- Formación de un suelo por pérdida neta de sílice, formación de caolinita y acumulación de óxidos, hidróxidos y oxi-hidróxidos de aluminio e hierro (principalmente hematita, goetita y gibsita).
- Da lugar a suelos Oxisoles.
- PROCESO EXCLUSIVO DE REGIONES TROPICALES HÚMEDAS CON PRECIPITACIONES DE HASTA 2.500 MM ANUALES.
- También se llama laterización, alitización o desilisificación.
- El hierro y aluminio son eliminados en disolución del horizonte superficial y precipitados en forma de óxidos en un horizonte inferior. El hierro forma moteados rojizos en el horizonte A (y el E si lo tiene).

- **EL HIERRO SE ACUMULA EN FORMA DE NÓDULOS EN EL HORIZONTE ILUVIAL B (ACUMULACIÓN CONCÉNTRICA) O DE LENTÍCULAS (ACUMULACIÓN LATERAL). LAS ACUMULACIONES DE HIERRO RECIBEN EL NOMBRE GENÉRICO DE "LATERITA". SI LA LATERITA ES POROSA Y VESICULAR SE LA DENOMINA PLINTITA (=Bv). CUANDO LA PLINTITA SE ENDURECE SE HABLA DE UN CONTACTO PETROFÉRICO, CORAZA PETROPLÍNTICA O DURICRUST (= Bvm).**

- **El depósito de los óxidos de Fe y Al forma un horizonte B óxico (= Bo).**

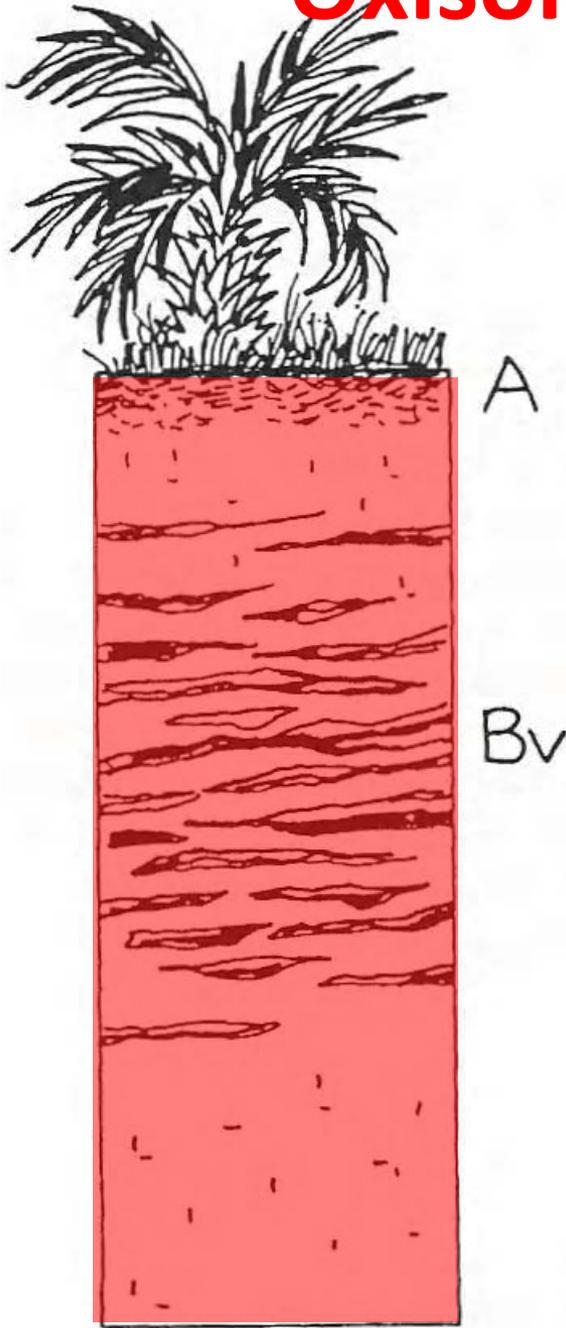
- Debajo del horizonte B, que puede tener 5 m de espesor, hay un horizonte **C formado por caolinita (=Cw) de hasta 30 m de potencia.**

Oxisoles



- **Bo= Horizonte óxico.**
- Se formaron minerales como Caolinita, Gibbsita, **Hematita, Goethita**, y Anatasa por transformaciones minerales complejas.
- **Colores rojos uniformes.**
- **Baja CIC por unidad de arcilla.**
- Basaltos o rocas máficas con altos contenidos en minerales meteorizables, favorecen la formación de **Oxisoles.**

Oxisoles, Ultisoles y Alfisoles



- **Bv= con arcillas (plintita) rojas con óxidos de Fe.**

- Se rompen con los dedos y también pueden haber piedras ferruginosas (no rompibles).

- **El Fe se acumula por adición lateral o redistribución dentro del perfil por el proceso de óxido-reducción.**

- El hte. B se llama **Bv** si hay plintita no endurecida. **Bvm** si existe roca ferruginosa endurecida.

Oxisoles



• FORMADOS POR EL PROCESO TRANSFORMACIÓN DE MINERALES **FERRALITIZACIÓN**

- La alteración de los minerales primarios también produce la liberación "in situ" de **sesquióxidos** que podrán impregnar el horizonte edáfico para diferenciarlo como el horizonte **Bw color**, o enriquecer residualmente el horizonte por migración selectiva de otros compuestos (SiO_2) y constituir el horizonte **Bo (horizonte óxido)**.

TRANSFORMACIONES DE MINERALES: **FERRUGINACIÓN**

- La alteración es menos intensa que en la **FERRALITIZACIÓN**, todavía subsisten minerales primarios (**ortosa, muscovita**) y las **pérdidas de sílice y bases son menos acusadas**.
- ***Son abundantes arcillas del tipo 1:1 (caolinita, halloysita) originadas por neo formación en cambio las tipo 2:1 no lo son.***
- No se forma gibbsita y los óxidos de hierro pueden estar **rubificados (con hierro, hematites)** o no, según que el clima sea más o menos contrastado.
- **Condiciones del medio:**
 - ESTE PROCESO CARACTERIZA LAS **ZONAS SUBTROPICALES HÚMEDAS** Y **TROPICALES CON UNA ESTACIÓN SECA**, CON REGÍMENES DE HUMEDAD PERCOLANTE ESTACIONALMENTE. **PRECIPITACIONES DE 1.000 mm ANUALES.**
 - LA VEGETACIÓN VARIA DESDE **BOSQUE MESÓFILO** A **SABANAS ARBUSTIVAS.**
 - El relieve varía de **normal a ligeramente ondulado.**
 - **LAS ROCAS BÁSICAS EXIGEN MUY BUENAS CONDICIONES DE DRENAJE.**

• PROCESOS

– Adiciones:

- Anual de **materia orgánica** que origina **mull** forestal ligeramente ácido, del ciclo biogeoquímico.

– TRANSFORMACIONES:

- **LA MATERIA ORGÁNICA SE MINERALIZA RÁPIDAMENTE.**
- **EL PROCESO DE ALTERACIÓN DE LOS MINERALES PRIMARIOS FORMA ARCILLAS 1:1 Y LA LIBERACIÓN DE ÓXIDOS DE HIERRO ES IMPORTANTE.**

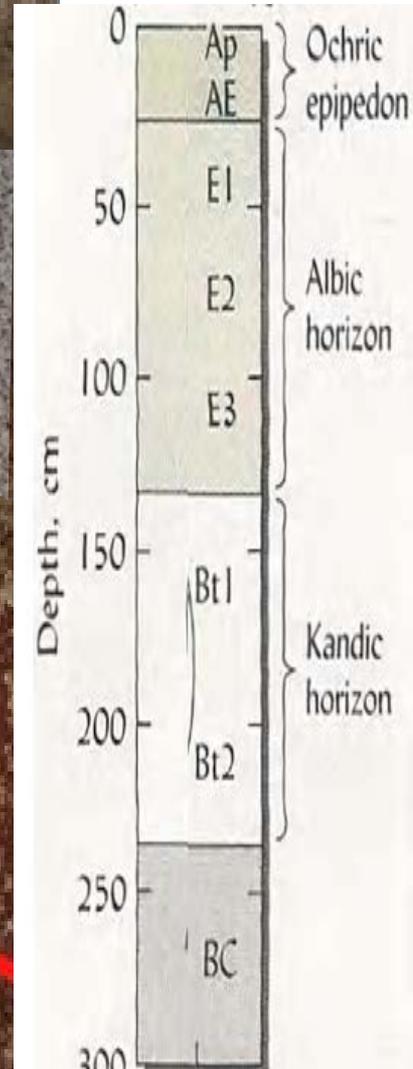
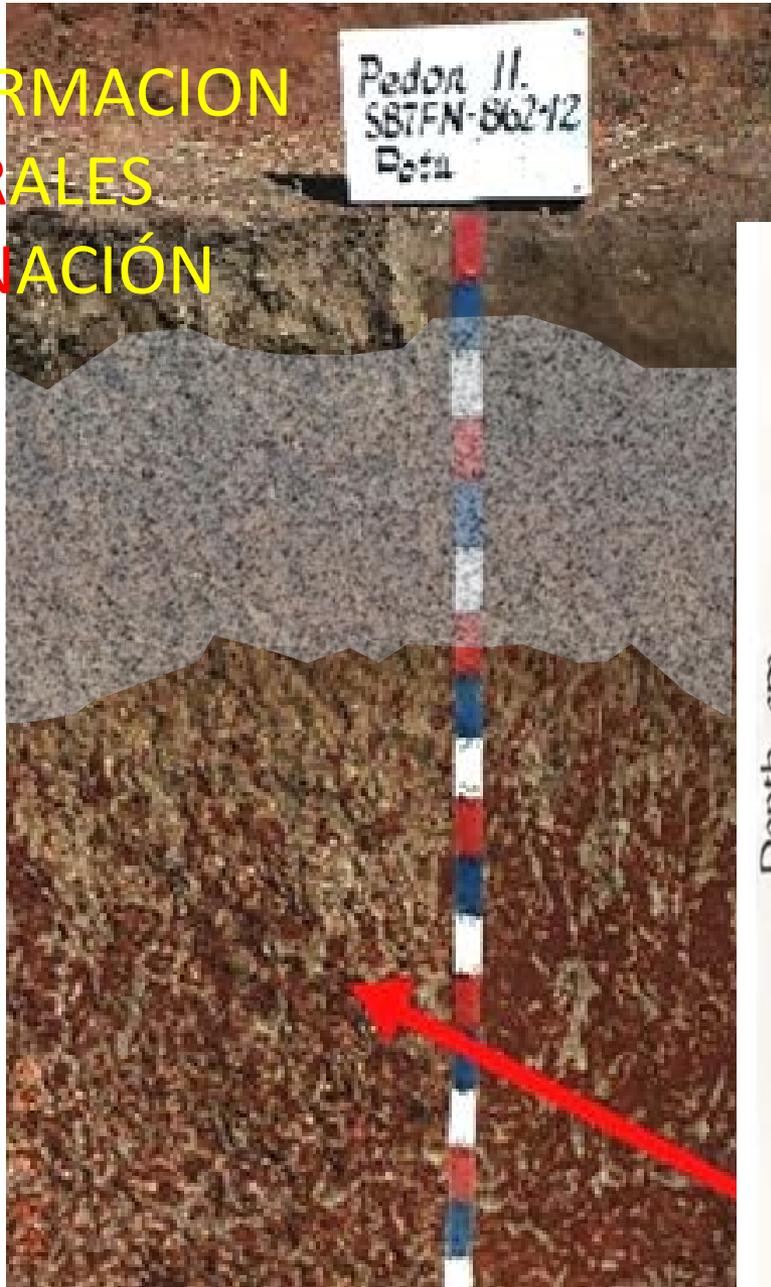
– TRANSFERENCIAS:

- **INVOLUCRA ELUVIACIÓN E ILUVIACIÓN DE LAS ARCILLAS QUE DETERMINA LA DIFERENCIACIÓN DE UN HORIZONTE "E" ELUVIAL Y DE UN HORIZONTE "Bt" ILUVIAL.**

– Remociones:

- Bajo **humedad y drenaje libre**, se produce **remoción total de sales solubles, carbonato de calcio y cationes alcalinos y alcalino térreos.**
- El Silicio es parcialmente movilizado.
- **PERFIL TÍPICO: A E Bt C**
- **ULTISOL: KANDIACULT, KANDIUDULT, KANDIUSTULT, KANHAPLUSTULT y ALFISOL: KANDIACUALF, KANDIUDALF, KANDIUSTALF, KANHAPLUSTALF.**

• FORMADOS POR EL PROCESO TRANSFORMACION DE MINERALES FERRUGINACIÓN



TRANSFORMACION DE MINERALES: FERSIALITIZACIÓN

• PROCESO DE CLIMAS SUBTROPICALES Y TROPICALES CON PERIODOS SECOS MARCADOS:

- CON PREDOMINIO DE ARCILLAS 2:1, RESULTANTES EN PARTE DE HERENCIA O TRANSFORMACIÓN Y NEOFORMACIÓN.
- CON ÓXIDOS DE HIERRO "RUBIFICADOS" (DE COLOR ROJO).
- COMPLEJO ADSORBENTE SATURADO POR Ca^{++} .
- CON HORIZONTE ARGÍLICO (Bt), POR PROCESO DE ELUVIACIÓN-ILUVIACIÓN (LAVADO) DE ARCILLAS FINAS.

• CONDICIONES DEL MEDIO:

- CLIMA SUBTROPICAL O TROPICAL CON TEMPERATURAS MEDIAS PERO SUPERIORES A LOS $13^{\circ}C$ Y RÉGIMEN HÍDRICO HÚMEDO O SUBHÚMEDO CON ESTACIÓN SECA MARCADA (800 A MÁS DE 1.000 mm) Y PERCOLANTE.
- VEGETACIÓN DE BOSQUES CADUCIFOLIOS.
- RELIEVE NORMAL A SUAVEMENTE ONDULADO CON BUEN DRENAJE.
- EL MATERIAL ORIGINAL ES SUFICIENTEMENTE RICO EN HIERRO Y EN ALCALINOS TÉRREOS.

• PROCESOS:

–Transformaciones:

- CON **ARCILLAS 2:1** POR TRANSFORMACIÓN
- (**ILLITA Y MONTMORILLONITA**), Y
- DE NEOFORMACIÓN (**MONTMORILLONITA**).
- **COLOR ROJO (RUBEFACCIÓN)** ESTÁ LIGADO A LA **HEMATITA**, POR **CRISTALIZACIÓN RÁPIDA DE ÓXIDOS DE Fe LIBERADOS POR ALTERACIÓN**, EN AUSENCIA DE MATERIA ORGÁNICA, EN **MEDIO SATURADO** (PERO NO CALIZO), QUE SUFRE FUERTES CONTRASTES DE **HUMECTACIÓN-DESECACIÓN**.
- CONTRASTES DE HUMEDAD EN EL **HORIZONTE B** CON ESTRUCTURA EN **PRISMAS**.

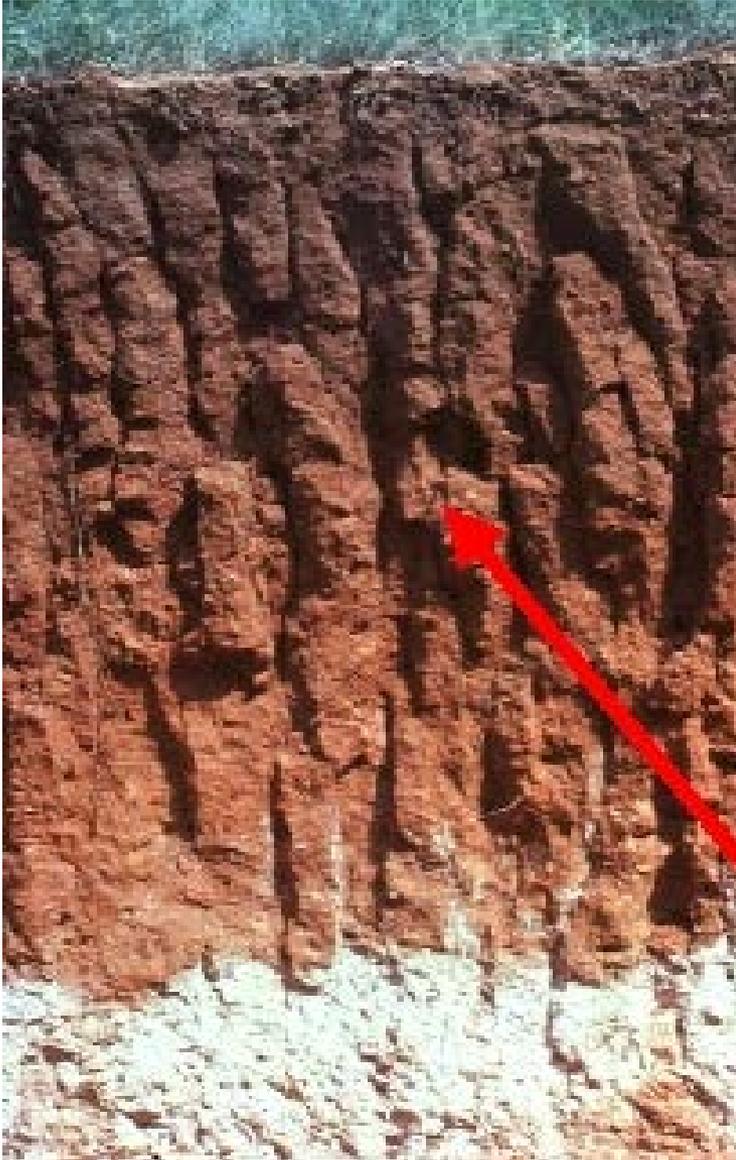
–Transferencias:

- **Transferencia de arcilla** origina un horizonte E eluvial y un horizonte **Bt iluvial**, con cutanes sobre las caras de agregados.

–Remociones:

- **El drenaje libre produce completa remoción de sales solubles y carbonato de calcio.**
- **PERFIL TIPO: A Bt C - A E Bt C**, Suelos típicos: **Alfisoles**.
Rhodoxeralf, Rhodustalf,. **Con Ox de Fe, e iluviación de arcilla.**

Alfisoles



- FORMADOS POR EL PROCESO TRANSFORMACION DE MINERALES: FERSIALITIZACIÓN

TRANSFORMACION DE MINERALES: **ANDOLIZACIÓN**

- Se produce **alofana (aluminosilicato** amorfo, coloidal, anfótero y algo electronegativo) en suelos **derivados de cenizas volcánicas** (horizontes **A** espesos y ricos en materia orgánica, **horizonte B de alteración moderada, colores pardo amarillentos** y baja densidad aparente).
- **EL COLOR OSCURO DE LOS HORIZONTES HUMICOS ES UNA PROPIEDAD IMPORTANTE DE ESTE SUELO.**
- **CON EPIPEDON MELANICO.**
- Estos suelos tienen cantidades significativas de alofanas, imogolita, ferrhidrita y/o complejos de Al, Fe-humus.
- **Se forman por meteorización de tefras con contenido alto de vidrio volcánico.** Deben cumplir al menos las siguientes características andicas:
 - 1) Densidad aparente menor de 0.9 Mg/m^3 ,**
 - 2) Retener fosfatos en mas de un 85%.**

Andisol



Andosol úmbrico

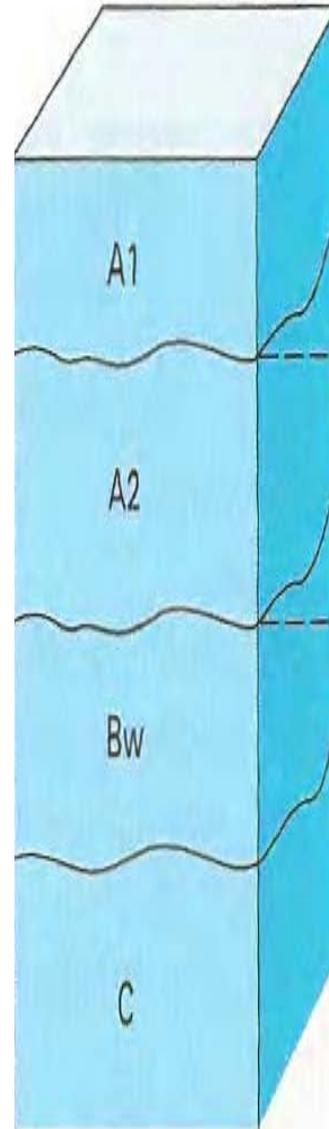
Ah

úmbrico

Bw

cámbico

C



Bulk density (g/cm^3)

Phosphate retention (%)

0.4

0.6

0.8

80

90

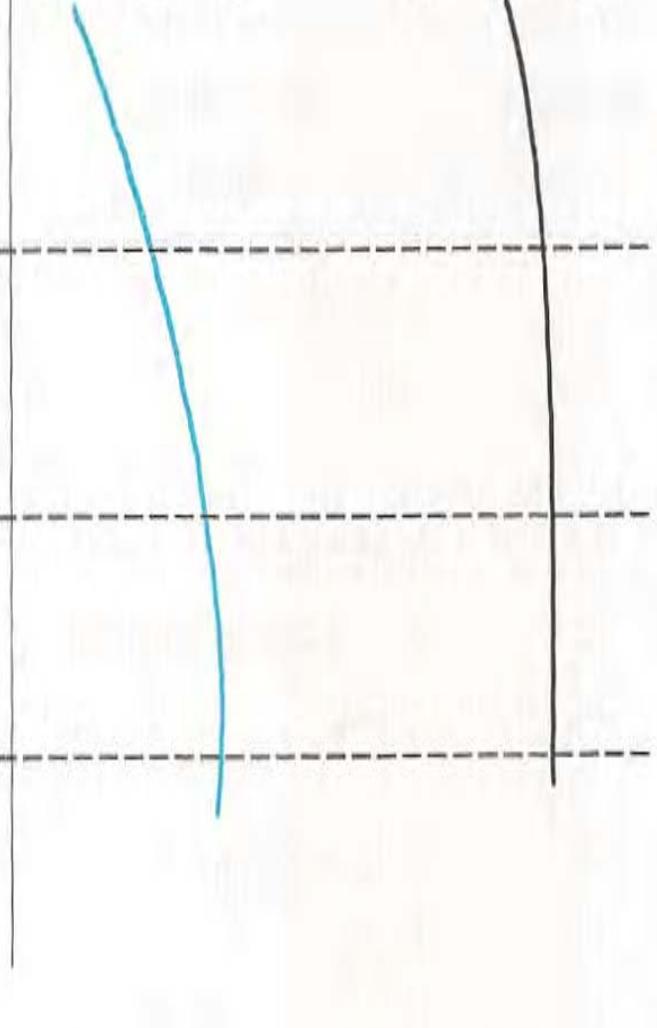
100

A1

A2

Bw

C



Cordillera Patagónica: Proceso de Andolización

Andisoles (Japonés *An*: oscuro, *Do*: suelo)

Presencia de: a) Minerales amorfos (alofano, imogolita) provenientes de la alteración de materiales volcánicos y b) Complejos humus-aluminio.

Poseen: baja densidad aparente, alta retención de fosfatos, alta retención de agua, tixotropía (consistencia untuosa).



Andisol (Udivitránd)



**Bosque de lenga, ñire, ciprés
3 km de lago Puelo (Chubut)**

PODSOLIZACIÓN-MIGRACIÓN DE COMPLEJOS ÓRGANO-METÁLICOS-QUELUVIACIÓN

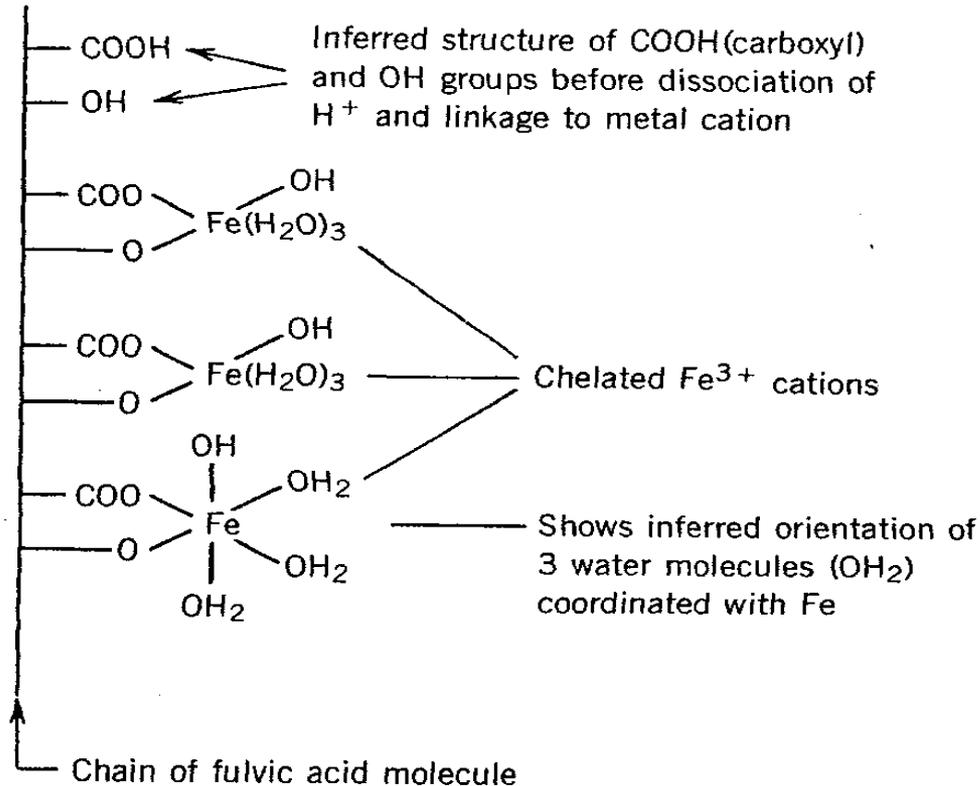
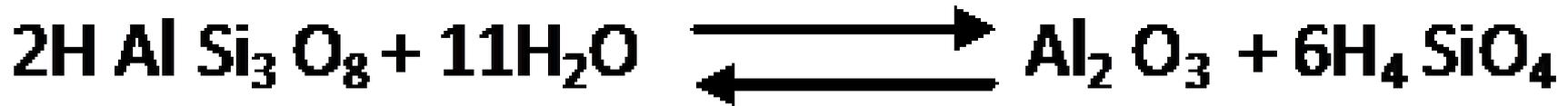
- Suelos con predominio de **vegetación acidificante (coníferas)**.
- Zonas frías y húmedas, con **bosques boreales** de altas latitudes (en Argentina en Patagonia andina).
- **Restos de coníferas se descomponen lentamente**, forman un horizonte Oa superficial y delgado **horizonte A muy ácido**.
- El **agua se infiltra y percola** hacia niveles inferiores y la **solución ácida** ataca **minerales de arcilla**, libera elementos constituyentes (**sílice, aluminio, hierro**), y provoca su eluviación hacia horizontes infrayacentes.
- **SE FORMA UNA CAPA ENRIQUECIDA EN CUARZO INMEDIATAMENTE DEBAJO DEL HORIZONTE A. HORIZONTE E ÁLBICO, DE COLOR GRIS Y COMPLETAMENTE LIXIVIADO.**
- **MATERIAL LIXIVIADO DEL HORIZONTE E SE REDEPOSITA EN UN HORIZONTE B ILUVIAL, PARDO-ROJIZO, DE TIPO ESPÓDICO (=Bh, Bs O Bhs).**

- La materia orgánica, aluminio e hierro en el endopedión espódico iluvial implica mecanismos de movilización en el horizonte eluvial (**eluviación**), de translocación e inmovilización en el horizonte **iluvial** (**iluviación**).
- ÁCIDOS FÚLVICOS INTERVIENEN EN LA METEORIZACIÓN DE LOS MINERALES Y FORMAN COMPLEJOS HIDROLIZADOS.
- ÁCIDOS FÚLVICOS DISUELVEN EL HIERRO Y ALUMINIO EN LA PARTE SUPERIOR DEL SUELO Y FORMAN COMPLEJOS ORGANO-MINERALES SOLUBLES (QUELATOS) QUE SON TRANSLOCADOS.
- QUELUVIACIÓN: ES EL PROCESO DE ILUVIACIÓN POR FORMACIÓN DE QUELATOS. LOS COMPLEJOS PRECIPITAN A PROFUNDIDAD EN QUE SE SATURA EL LIGANDO ORGÁNICO (TODAS LAS SEDES DE ADSORCIÓN OCUPADAS POR HIERRO O ALUMINIO) O CUANDO EL Fe SE DESCOMPONE POR ACCIÓN MICROBIANA.

Hidrólisis

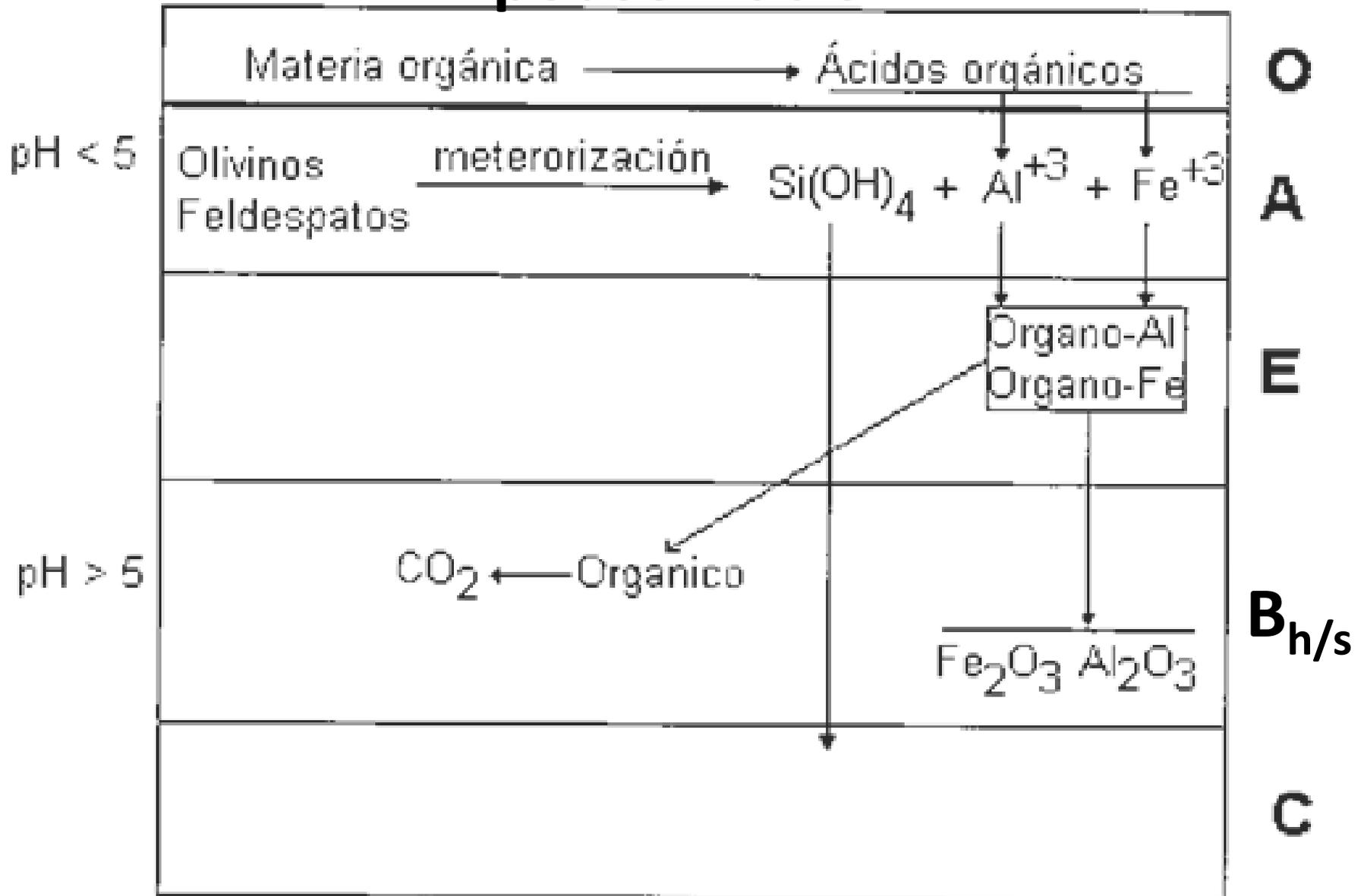


Hidrólisis



- Estructura de una molécula de ácido fúlvico, **C₂₀H₁₂ (COOH)₆ (OH)₅ (CO)₂**, con tres iones de Fe⁺⁺⁺ quelados [diagrama estructural de Schnitzer (1969)].

Representación esquemática del proceso de podsolización

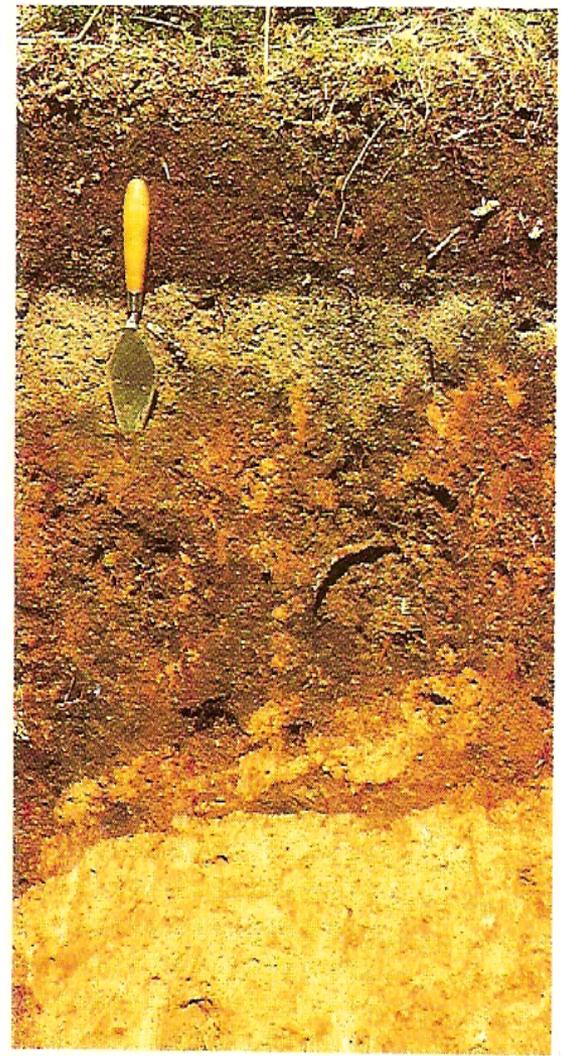


VARIABLES QUÍMICAS Y SU PAPEL EN LA COMPLEJACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE Fe Y Al EN LOS SUELOS (MARETTE, 1988)

Variable	Acción	Interacción con el horizonte.			
		O	E y/o A	B	C
COD*	Agente complejante	Mayor fuente	Menor fuente	Mayor sumidero	No actúa
pH	COD controla bajo pH	Muy ácido	Menos ácido	Aumenta ligeramente	Aumenta ligeramente
HCO ₃ ⁻	Lo controla el pH	Bajo	Insignificante	Insignificante	Insignificante
Fe	Complejado con COD y movilizado	Menor fuente	Mayor fuente	Sumidero	Insignificante
Al	Complejado y movilizado con COD	Menor fuente	Mayor fuente	Sumidero	Insignificante
Bases	Lavadas con COD y HCO ₃ ⁻	Mayor fuente	Fuente	Sumidero	Pérdida por lavado

*COD: Carbono orgánico disuelto.

- La roca madre son granitos o Gneiss.
- Se observan Orstein y Alios



cm

----- 0
O Materia orgánica parcialmente descompuesta, con escaso mantillo en la superficie que contiene gran cantidad de micelio fungal

----- 20
E álbico

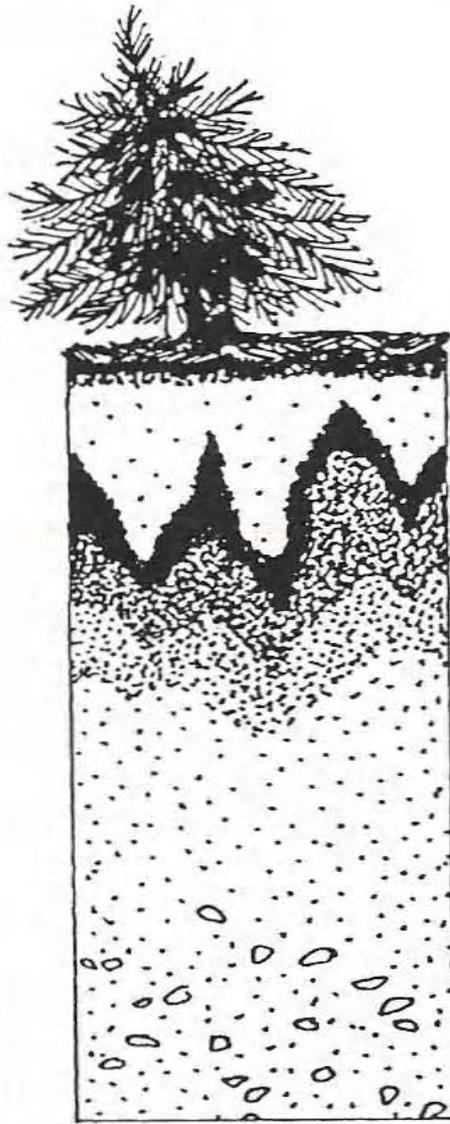
----- 30 Horizonte fuertemente blanqueado, suelto y arenoso

Bhs espódico Acumulación de humus y sesquióxidos provenientes del estrato superior

----- 85
Cx fragipán Muy duro y compacto, el límite superior es muy definido

Lámina IV A. Podozoles (Spodosol)

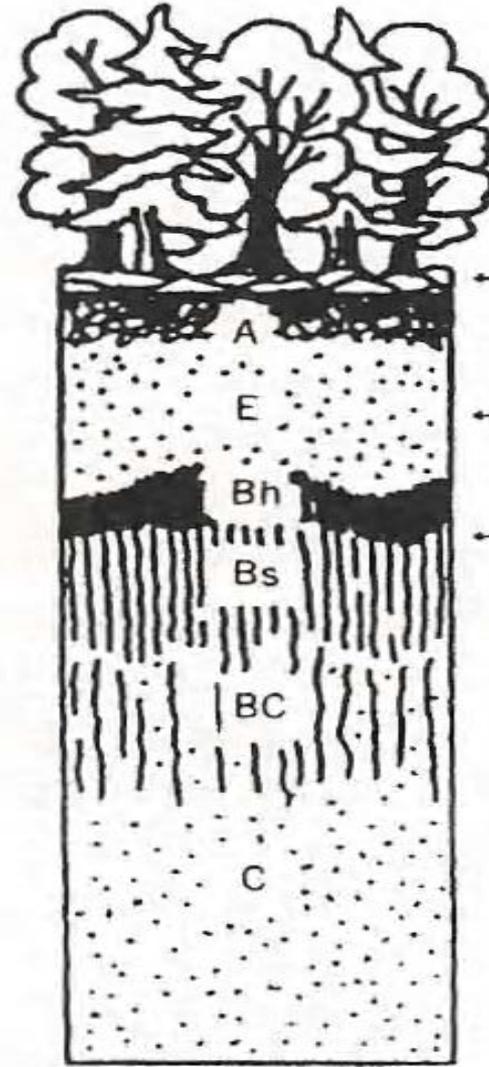
Podsolización-migración de complejos órgano-metálicos-queluviación



Oi
Oe/A
E
Bh
Bhs
Bs

BC

C

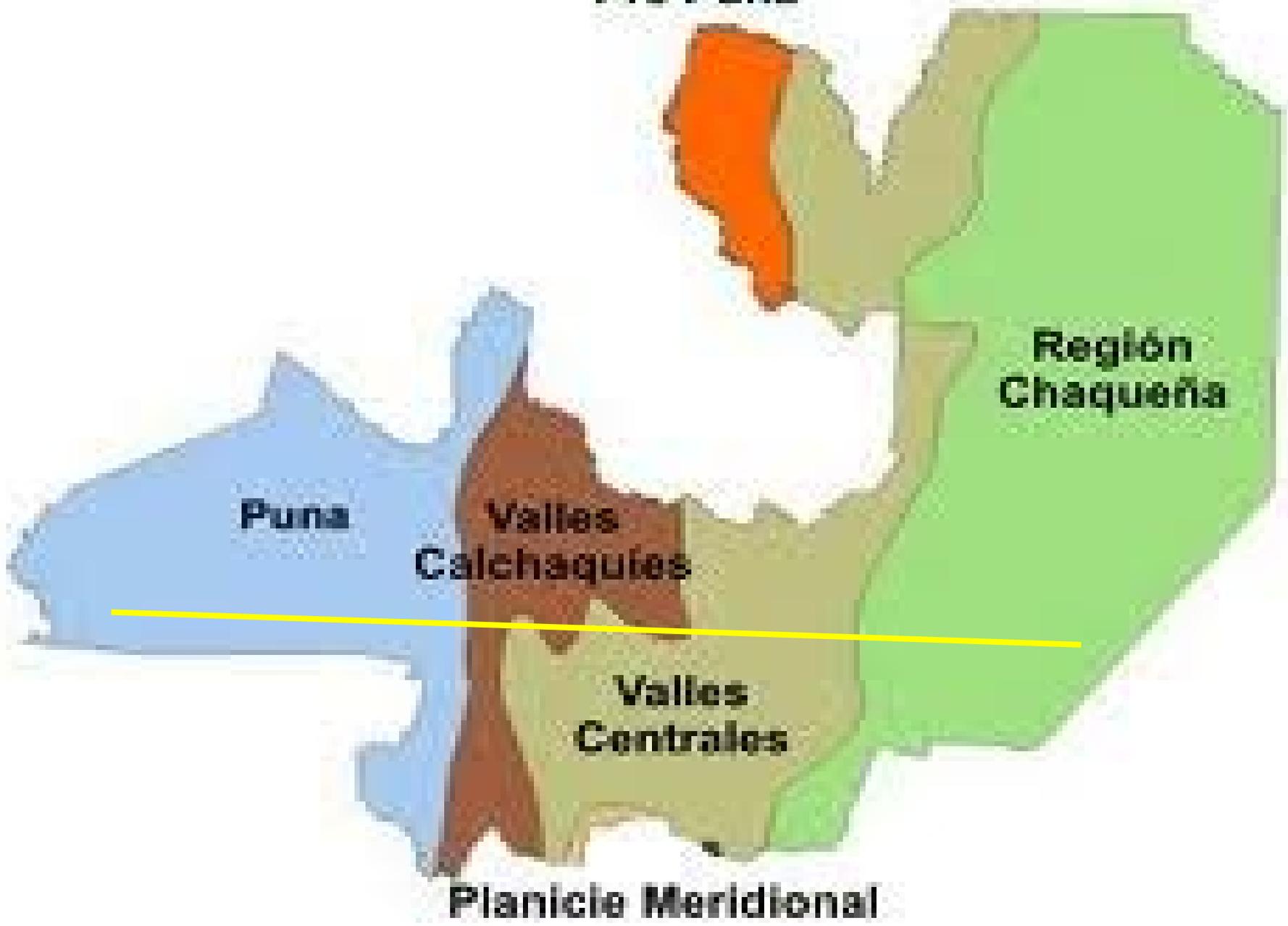


← Thicker
Oi & Oe

← Albic
horizon

← Spodic
horizon

Pre Puna



Puna

**Valles
Calchaquies**

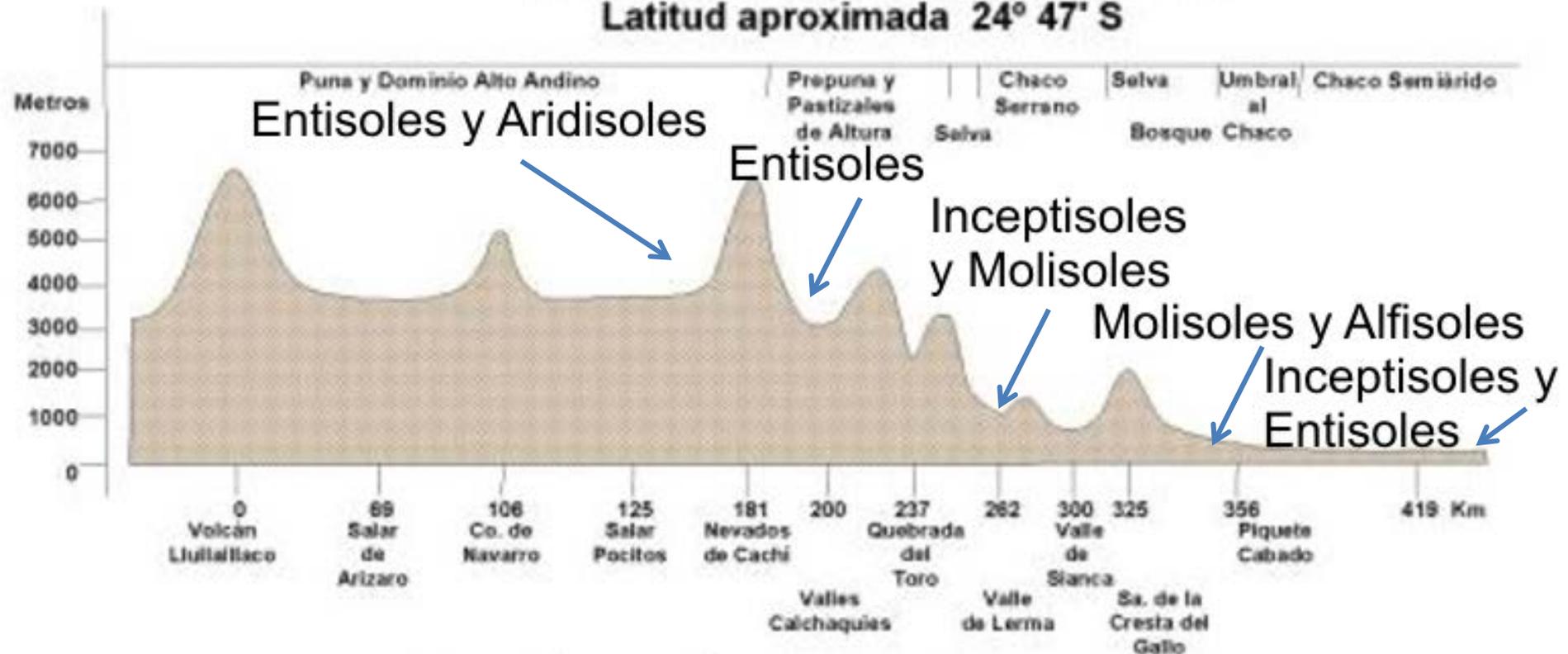
**Valles
Centrales**

**Región
Chaqueña**

Planicie Meridional

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

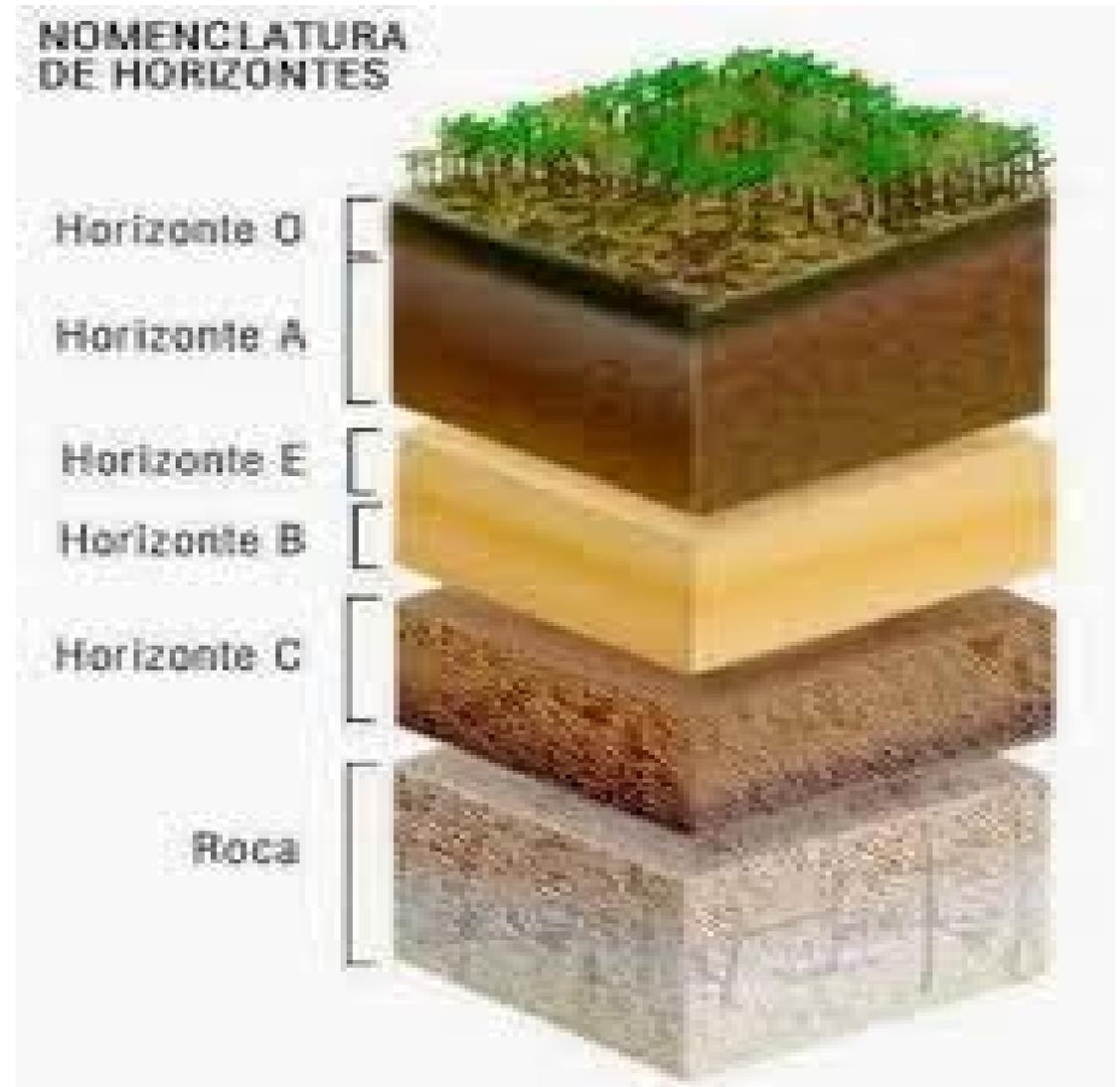
PERFIL TOPOGRÁFICO Dirección O - E
Latitud aproximada 24° 47' S

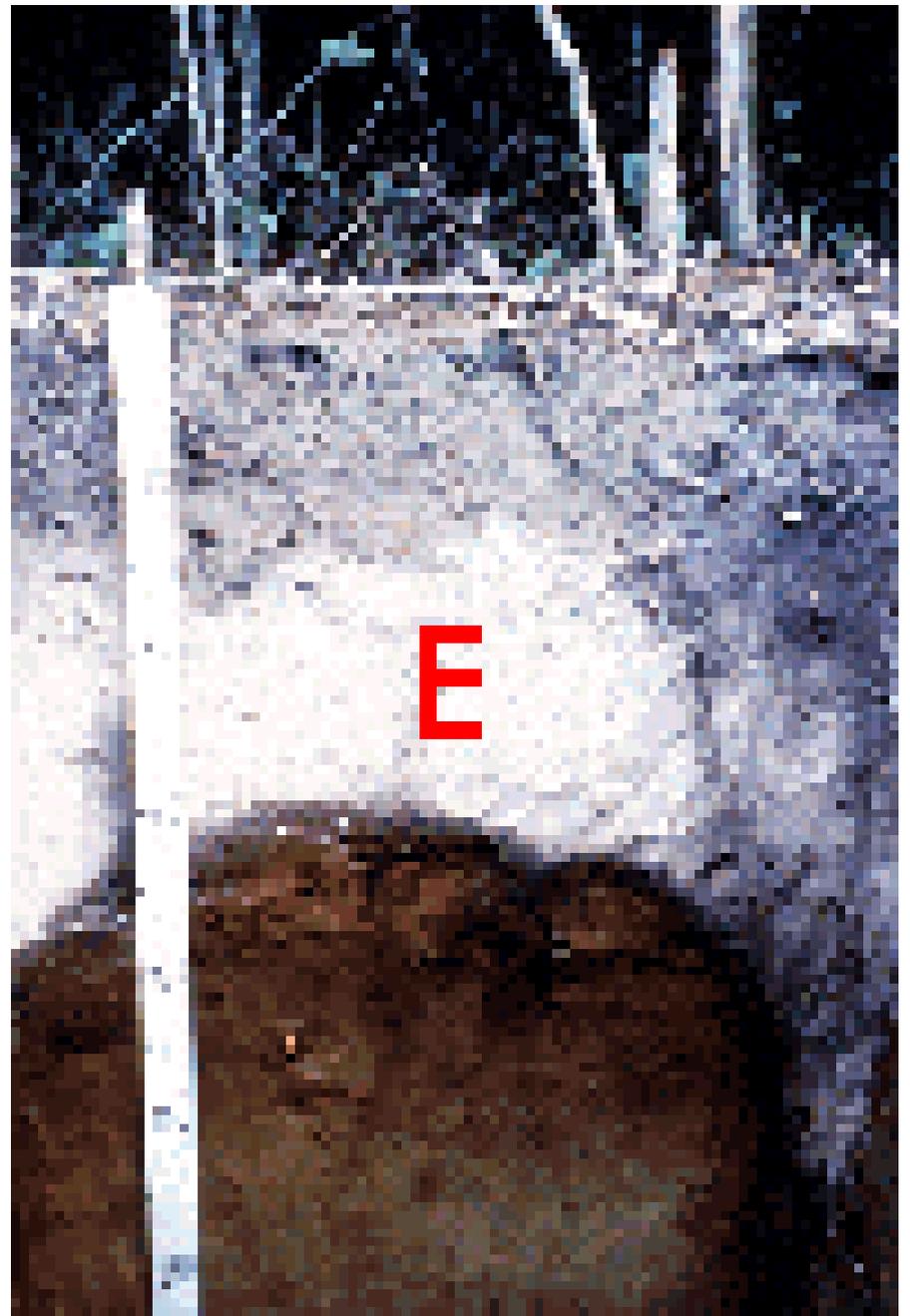


Elaboración : Fernández, D. y Failde, V. 2005

RESUMEN

ACTUACIÓN DE
**FACTORES
FORMADORES**
JUNTO CON LOS
**PROCESOS
PEDOGENÉTICOS**
DAN COMO
RESULTADO EL
PERFIL DE SUELO
CON SUS
**HORIZONTES
CARACTERÍSTICOS**





BIBLIOGRAFÍA

- Brady and Weil, 2008. The nature and propperties of soils, 14Th edition, ISBN 013227938-X, Pearson prentica Hall. 975 pp.
- Bricchi, E. y Degioanni A., 2006. Sistema suelo. Su origen y propiedades fundamentales. Editorial Fundación Universidad Nacional de Rio Cuarto.
- Buol, S.W., Hole, F.D. y McCracken, R.J., 1991, Génesis y clasificación de suelos: Editorial Trillas, México, 417pp.
- [Buol](#), [Stanley W.](#), [R. J. Southard](#), [R. C. Graham](#), [P. A. McDaniel](#), 2011, Soil Genesis and Classification, Wiley-Blackwell, 6th Edition, ISBN: 978-0-8138-0769-0. Wiley-Blackwell.
- Conti M. 2014, Principios de Edafología. Editorial Facultad de Agronomía. Bs. As.
- De Pedraza Gilsanz, J., Carrasco González, R.M., Díez Herrero, A., Martín Duque, J. F., Martín Ridaura, A. y Sanz Santos, M., 1998, Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones: Editorial Rueda, 414 pp.
- Fanning D.S, and Fanning M.C.B., 1989. Soil morphology, genesis and classification, Jhon Willey and sons, 395 pp.

- Peinemann, N., 1998, Conceptos de edafología y nutrición mineral: Universidad Nacional del Sur, Editorial de la UNS, Bahía Blanca, 228 pp.
- Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M. y Roquero de Laburú, C., 2003, Edafología para la agricultura y el medio ambiente: Ediciones Mundi-Prensa, 807 pp., Madrid.
- Porta Casanellas, J. y López-Acevedo Reguerín, M., 2005, Agenda de campo de suelos: información de suelos para la agricultura y el medio ambiente, Mundi-Prensa, ISBN 8484762319, 541 pp.
- Singer, M.J. and D.N. Munns, 2006. Soils: An Introduction. Sixth Edition. Pearson
Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

FIN