

**TRABAJO PRÁCTICO**  
**PROCESOS FORMADORES DE SUELOS**

**OBJETIVOS**

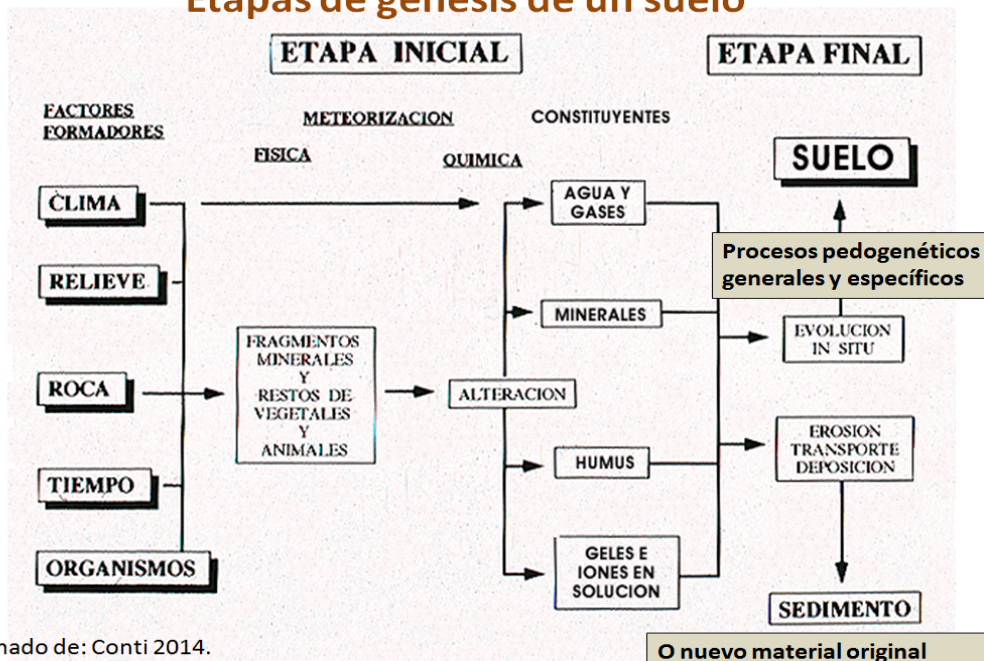
- Identificar los procesos formadores que posibilitan la creación de horizontes de un suelo.
- Establecer el efecto, la acción e interacción que cada uno ejerce en la formación de suelos.

**INTRODUCCIÓN**

La acumulación de regolita, por meteorización de rocas o transporte de sedimentos fluviales precede u ocurre simultáneamente con el desarrollo de horizontes distintivos de un perfil del suelo.

Durante la formación o génesis de un suelo a partir de un material parental, la regolita se somete a cambios, y a la acción de los procesos formadores de suelos.

**Etapas de génesis de un suelo**



Los factores formadores condicionan el tipo de procesos y la velocidad de cada uno de ellos, y generan suelos diferentes.

Los procesos formadores de suelos se clasifican en: procesos generales (adiciones, translocaciones, transformaciones y pérdidas) y tipogénicos (melanización, argiluvación, calcificación, salinización, alcalinización, gleyzación, argilopedoturbación, ferralitización, podsolización).

La formación del suelo es la consecuencia del desarrollo de los procesos básicos o generales. Depende de cómo se combinan en su actuación, y dependen de la intensidad con que se desarrolle cada uno de ellos y del tipo de materiales a los que afecte, y se definen determinados procesos de formación.

Al actuar estos procesos específicos conducen siempre a la formación de un tipo concreto de suelo (los podzoles son la consecuencia directa del proceso específico de podzolización) o bien confieren a distintos tipos de suelos una característica común a todos ellos (el proceso específico de iluviación de arcilla confiere a tipos muy diferentes de suelos un horizonte Bt, u horizonte argílico).

Existen dos tendencias contrapuestas en el desarrollo de un perfil de suelo: horizonización y haploidización.

La **horizonización**, incluye los procesos y condiciones anisotrópicas mediante las cuales los materiales iniciales se diferencian en perfiles de suelo con muchos horizontes (suelos del orden Espodosoles).



*Suelo Espodosol con diferentes horizontes muy bien distinguidos, comparado con un vertisol, con todos sus horizontes iguales por haploidización y sin poder distinguirse.*

La **haploidización**, implica procesos isotrópicos y condiciones mediante las cuales se inhibe o desacelera la horizonización o mediante la cual los horizontes se mezclan o se alteran por algunas de las siguientes turbaciones: crioturbación, bioturbación o edafoturbación.

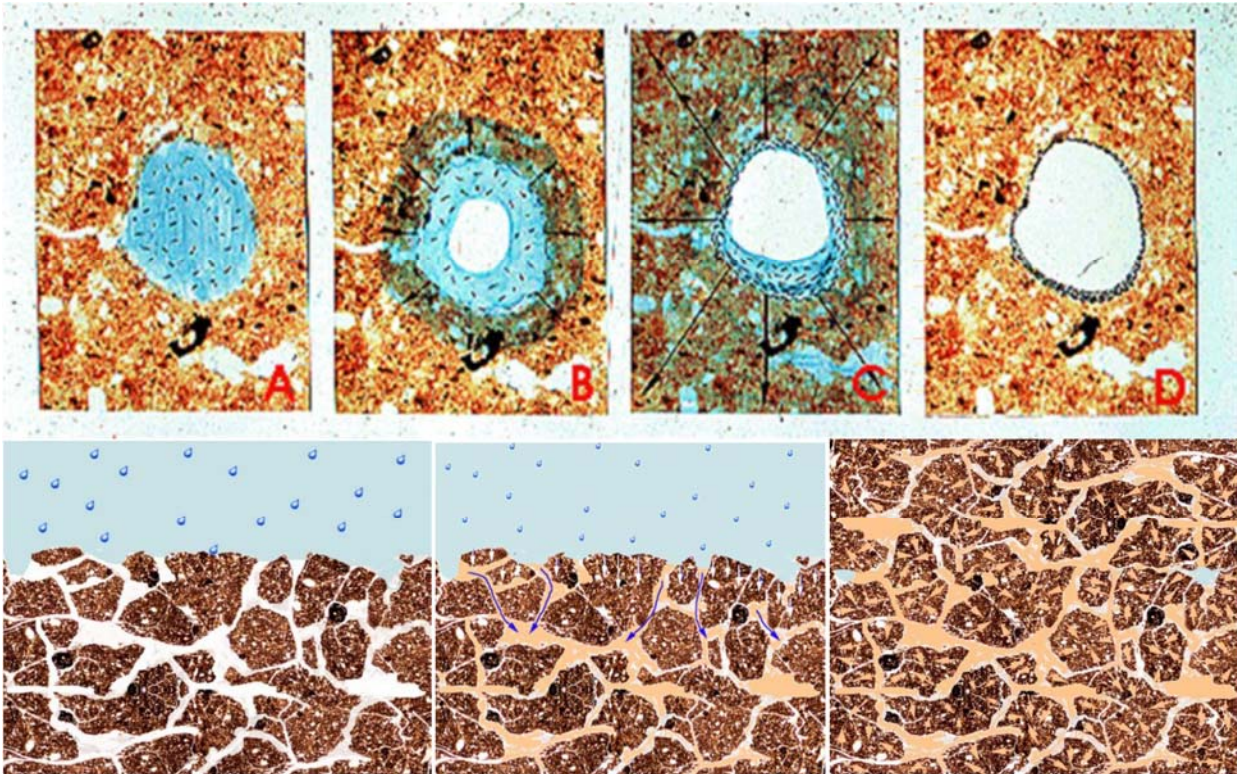
A continuación se describen los siguientes procesos tipogénicos: argiluviación, calcificación, salinización, alcalinización, y gleyzación-pseudogley. Melanización se incluye en el proceso de adición.



## ARGILUVIACIÓN O LESSIVAGE

Es un proceso de arrastre mecánico vertical de las partículas coloidales dispersas, es decir arcillas e hidróxidos de Fe ligados a ellas. No hay alteración química de las arcillas o por lo menos el proceso es muy débil. Sólo son transportadas a través del perfil del suelo desde los horizontes superficiales (eluviales: empobrecidos y parcialmente decolorados) hacia los horizontes profundos (iluviales: enriquecidos y coloreados).

1 .a.- Explique los siguientes gráficos:



Los factores formadores condicionan tanto el tipo de procesos como la velocidad de cada uno de ellos:

¿Cuáles son las características de los factores formadores del suelo que favorecen este proceso?

### Clima

El proceso necesita una cantidad suficiente de agua para que los coloides se dispersen y transporten, pero también se requiere que haya alternancia de períodos húmedos y secos. Puede ocurrir en cualquier régimen de temperatura.

El lessivage no ocurre si el material madre es rico en carbonato de calcio o calcio, ya que el exceso de iones Ca impide la dispersión de los coloides.

Los medios muy ácidos son igualmente desfavorables, debido a la acción floculante del catión  $Al^{+3}$ .

1 .b.- Complete

**Roca:**

**Relieve:**

**Tiempo:**

Si tuviéramos que estudiar el suelo de una zona (individuo suelo), y realizáramos una calicata para observar su perfil:

1 .c.- ¿Cómo visualizamos este proceso? ¿Qué observaríamos en el perfil, que nos da indicio que en ese suelo se produjo el proceso de argiluviación?

1 .d.- ¿Siempre que haya proceso de argiluviación, hay formación del horizonte E? ¿Por qué?

**Leído**

1 .e.- Y a nivel de horizontes o macro ¿Qué visualizarían?

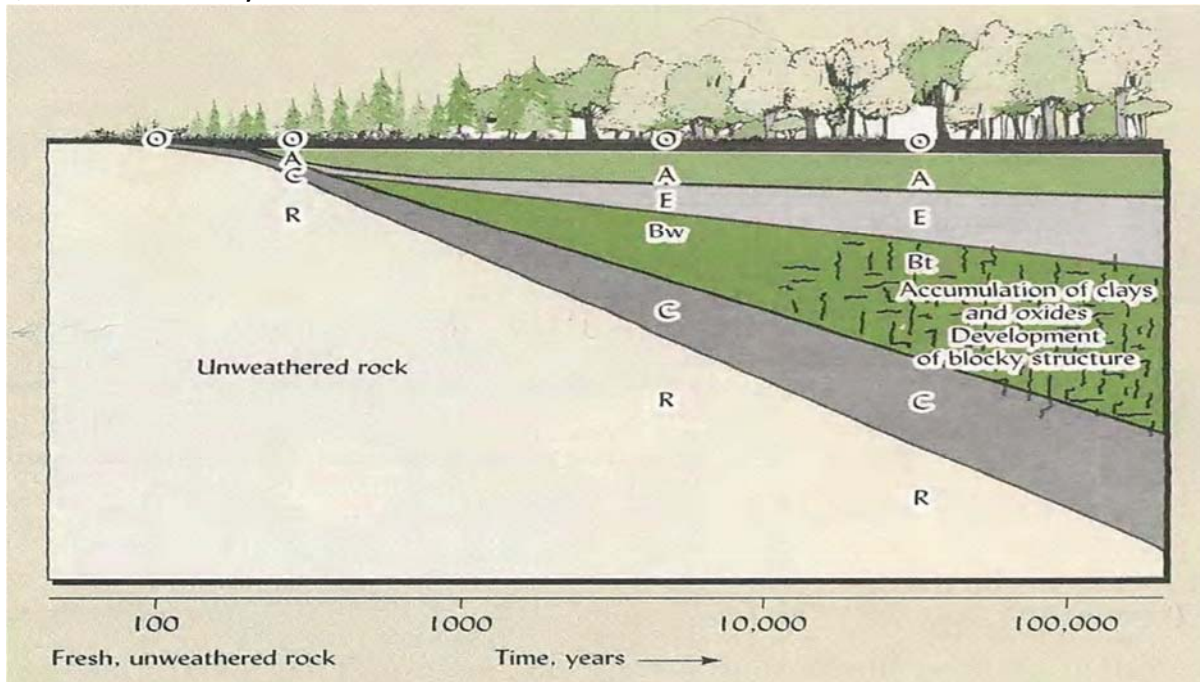
El proceso de argiluviación es típico de los suelos de los órdenes alfisol y ultisol.



1 .f.- De acuerdo al apunte de perfil del suelo ¿qué otro sinónimo tiene clay-skins o cutanes?



De acuerdo al efecto del tiempo en el desarrollo del suelo, es posible clasificarlos en suelos jóvenes, desarrollados y seniles.



1 .g.- Por lo tanto, en este caso, el alfisol es un suelo..... y el ultisol.....

### **CALCIFICACIÓN O CARBONATACIÓN- DECARBONATACIÓN**

Este proceso ocurre en ambientes con material originario rico en carbonato de calcio o calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), en los que una considerable cantidad de materia orgánica se adiciona tanto a la superficie del suelo o a sus primeros centímetros, en forma de raíces de pastos. Se produce un humus de color negro, de estructura granular típica.

El proceso de calcificación consiste en la lixiviación incompleta del calcáreo que genera un horizonte en profundidad con un contenido superior de  $\text{CaCO}_3$  llamado horizonte cálcico.

#### **Etapas del proceso**

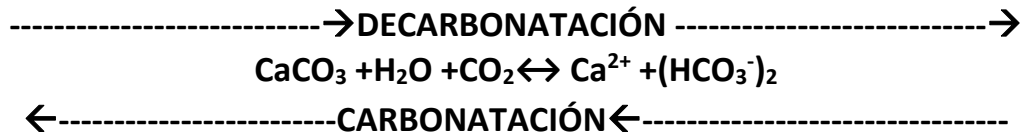
Para que este proceso ocurra, el  $\text{CaCO}_3$  debe transformarse primero en bicarbonato soluble ( $\text{HCO}_3^-$ )<sub>2</sub> que se transporta hacia las capas inferiores del perfil. A su vez, para que se solubilice el calcáreo es necesaria una fuerte actividad biológica que genera ácidos orgánicos solubles y abundante  $\text{CO}_2$ . Esta primera fase se llama decarbonatación.

En la segunda fase ocurre el transporte de la sustancia soluble que es dependiente de la cantidad de agua que percola a través del perfil y de la permeabilidad del suelo.

La tercera y última fase consiste en la reprecipitación y acumulación del  $\text{CaCO}_3$  que ocurre porque hay menos  $\text{CO}_2$  al ser menor la actividad biológica y mayor la desecación gradual de los horizontes profundos. En ocasiones, la acumulación progresiva del calcáreo en profundidad puede generar con el tiempo horizontes petrocálcicos, también llamados toscas calcáreas, caliche o tosca.

La calcificación ocurre principalmente en climas subhúmedos, semiáridos y áridos, con una fuerte evapotranspiración, pero en los que existe una cantidad suficiente de agua para disolver y transportar el  $\text{CaCO}_3$  dentro del perfil.

La disolución de los carbonatos se realiza por la acción de  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua, según la siguiente ecuación:



2.a.- Coloque el nombre a los reactivos y a los productos de la ecuación e indique su grado de solubilidad.

2.b.- Explique brevemente qué parámetros influyen en esta reacción.

2.c.- ¿Cómo es la distribución normal de los  $\text{CaCO}_3$  en el perfil?

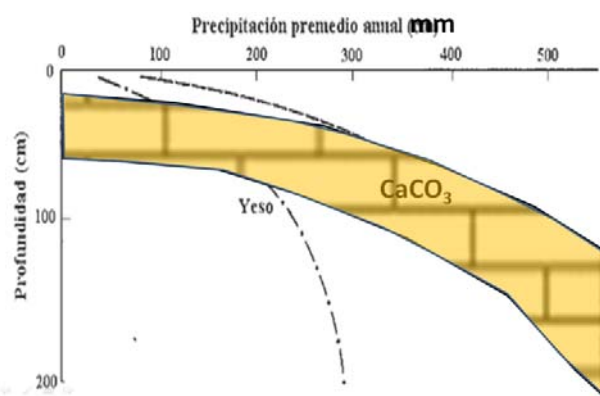
2.d.- ¿Con que parámetros se relaciona la profundidad a la cual encuentro los carbonatos en un perfil?

2.e.- Interprete este gráfico y suponiendo que el material original que dio lugar a la formación de estos suelos contiene carbonato de calcio, ordene las siguientes series de suelos de acuerdo la presencia de carbonatos, de menor a mayor profundidad:

Serie Cerrillos: precipitaciones 700 mm

Serie Cafayate: precipitaciones menores a 200 mm

Serie Zenta: precipitaciones de alrededor de 1.000 mm



2f.- Si existiese, ¿Cómo visualizo el proceso de Calcificación en un perfil y en un horizonte?

2.g.- ¿Este proceso solo se produce cuando hay carbonato de calcio en el perfil?

2.h.- Según la nomenclatura de horizontes del apunte de perfil de suelos ¿Qué símbolo se utiliza para indicar este proceso? ¿Y si el carbonato de calcio esta cementado?

### **EDAFOTURBACIÓN O ARCILLOTURBACIÓN O ARGILOPEDOTURBACIÓN O VERTISOLACIÓN O VERTIZOLIZACIÓN**

Este proceso se da como consecuencia de la granulometría y mineralogía heredada del material original, sumadas a variaciones del contenido de humedad del suelo a lo largo del tiempo, es decir se da en regiones con climas contrastantes, generalmente de tipo subtropical o tropical. La vertisolización ocurre en sitios localizados, sobre materiales ricos en bases como Ca y Mg, lo que le da un carácter intrazonal. Las alternancias de humectación y desecación del perfil explican la neoformación de arcillas 2:1 expandibles en cantidad considerable (montmorillonita), que provoca movimientos de grandes masas de suelo. A medida que el subsuelo se hincha, los bloques de tierra se desprenden de la masa y se frotan entre sí, dando lugar en el subsuelo a superficies brillantes, inclinadas llamadas **slickensides** o **superficies de espejo**.

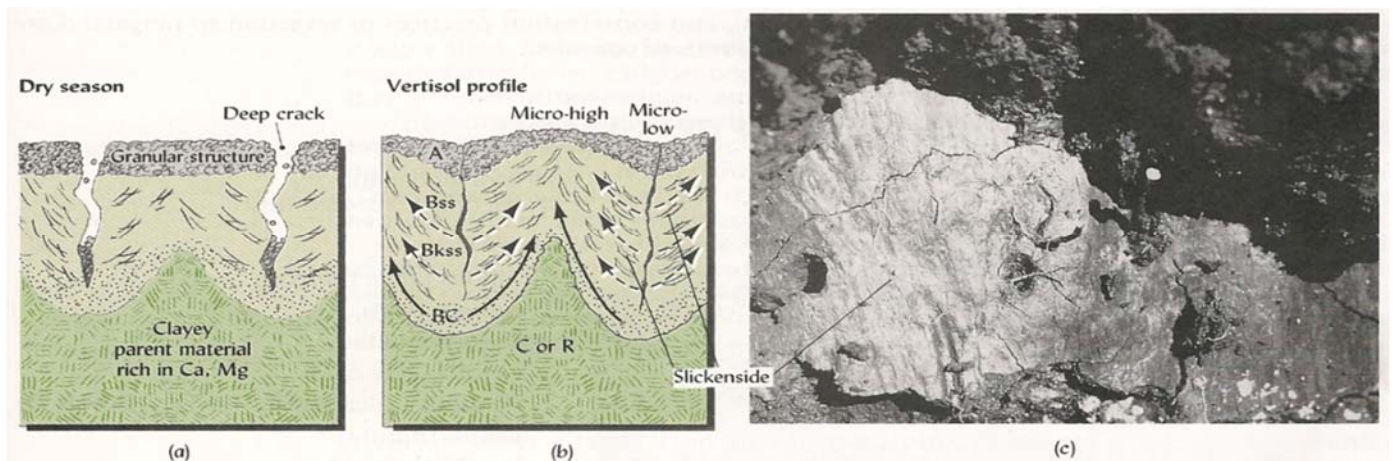


Superficies de espejo (slickensides).

Eventualmente, este movimiento de masas de suelo puede formar un microrelieve que recibe el nombre de gilgai.

En las estaciones secas, las arcillas se contraen, haciendo que los suelos desarrollen anchas y profundas grietas. La vegetación es generalmente de pastos, aunque algunos se pueden también presentar en bosques abiertos y en arbustales desérticos. El carácter esencial del perfil es su homogeneidad, ya que se produce una mínima diferenciación de horizontes. Corresponden al orden de los Vertisoles de la Taxonomía de Suelos.

3.a.- Con ayuda de los gráficos que se desarrolla a continuación y con información del libro o internet explique porque se forman grietas en estos suelos y como se produce el relieve gilgai.



3b.- ¿Que horizontes presenta el perfil (b)?

3c.- ¿Que muestran esta última imagen?



### **FERRALITIZACIÓN, LATERIZACIÓN, ALITIZACIÓN O DESILISIFICACIÓN**

Proceso basado en la alteración geoquímica y consiste en una fase terminal de la evolución de los suelos que caracteriza a las regiones tropicales húmedas y muy húmedas. Es un proceso intenso, lento y muy prolongado en el que se produce una meteorización química prácticamente total de los minerales primarios, excepto del cuarzo. Hay una completa eliminación de las sales solubles, del calcáreo, de los cationes y del silicio, quedando el solum constituido por una fase residual constituida por sesquióxidos de Fe y Al (óxidos coloidales) y arcillas tipo 1:1 (caolinitas). La presencia dominante de óxidos, hidróxidos y oxi-hidróxidos de hierro y aluminio (principalmente hematita, goetita y gibsita), le da colores rojizos en los que se individualiza uno o más horizontes Bo (óxicos). La CIC es muy baja y la reacción química es ácida.

La vegetación climax, puede corresponder al bosque umbrófilo húmedo y muy húmedo de las regiones ecuatoriales y al bosque mesófilo de las regiones tropicales húmedas, con precipitaciones de hasta 2.500 mm anuales. Aunque se deposita anualmente en la superficie



del suelo una gran cantidad de materia orgánica, ésta es biodegradada, por lo cual no interviene en el proceso, el cual es enteramente geoquímico.

Los suelos resultantes del proceso de ferralitización corresponden en su totalidad al orden de los Oxisoles.



Suelo Oxisol

4.a.- ¿Qué tipo de meteorización química sufre este proceso?

4.b.- ¿Por qué el medio debe ser permeable?

### **GLEIZACIÓN O HIDROMORFISMO**

Es un proceso de reducción o de segregación local de Fe libre, debido a la saturación con agua permanente o temporaria de los poros del suelo, corresponde a un régimen reductor en el suelo.

El hierro en condiciones reductoras por anaerobiosis se moviliza y acumula en diferentes partes del perfil del suelo. En un suelo que por influencia del relieve se produce un exceso de agua tanto superficial como subsuperficial (no necesariamente salina), se producen horizontes gleyzados indicados por la letra "g", en el cual el  $Fe^{2+}$  es soluble hasta aproximadamente un pH de 8 y produce colores verdosos relativamente uniforme o en moteados. Si se combinan las condiciones reductoras a oxidantes el hierro pasa a la forma  $Fe^{3+}$  se torna insoluble, no se moviliza y forma moteados rojizos.

5.a.- Diferencie entre suelos gley y pseudogley, considere los colores, condiciones del Fe e hidromorfismo.

### **SALINIZACIÓN, SOLONETIZACIÓN Y SOLODIZACIÓN**

Procesos relacionados que dan lugar a suelos con elevados contenidos en sales (salinización) o con arcillas sádicas (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**

Proceso de acumulación de sales más solubles que el yeso en un suelo  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{NO}_3^-$  de forma natural o antrópica por regadío.

Los suelos afectados por sales están ampliamente distribuidos en el mundo, especialmente en condiciones de aridez o semiaridez. Generalmente se encuentran en regiones en donde la relación Precipitación/Evapotranspiración es menor a 0,75 y en aquellas áreas planas con nivel freático alto cargado de sales que suben por ascenso capilar del agua y se depositan en los horizontes superficiales por evaporación.

En climas áridos, si bien la alteración química de los minerales es lenta, las sales no son eliminadas del perfil del suelo y más aún tienden a ascender por capilaridad; por lo tanto se acumulan en el sistema agua-suelo.

También puede ocurrir que la salinización se deba a materiales originarios ricos en sales, o poco permeables que impidan el lixiviado de las sales (esta última condición determina la existencia de suelos salinos en regiones de climas más húmedos).

También el origen de las sales puede estar en un elevado contenido de sales en los materiales originarios marinos que con mal drenaje llega a acumularse en el suelo.

Las malas prácticas culturales de riego por no tener previsto el drenaje o por utilizar una calidad deficiente del agua pueden conducir a la salinización.

La aparición de un horizonte sálico (z) en profundidad se debe a la transferencia y deposición de sales solubles que pueden observarse como incrustaciones o pseudomicelios blancos en el perfil. Cuando hay aparición de costras salinas en la superficie del suelo se habla de eflorescencias.

Los suelos salinos y salinos sódicos se ubican en su mayor parte (no todos) en el orden de los Aridisoles (Acuisalid o Haplosalid), aunque algunos están presentes en el orden de los Vertisoles (Salacuert, Salitorrert o Salustert).



## Costra salina superficial suelo Ciénago, Valle Calchaquí.

6.a.- ¿Cuáles son las consecuencias de la salinidad en el suelo?

6.b.- ¿Qué tipo de vegetación se desarrollara en los suelos salinos? De ejemplos.

### **SODIZACIÓN O SOLONIZACIÓN**

Si bien las sales solubles pueden estar constituidas por varios aniones y cationes, el más común de estos últimos es el ion Na, que en equilibrio con el complejo de cambio, será adsorbido a los coloides del suelo en un porcentaje mayor al 15% de la CIC. Este proceso se conoce como sodización y los suelos resultantes corresponden a suelos salinos sódicos que se encuentran floclados.

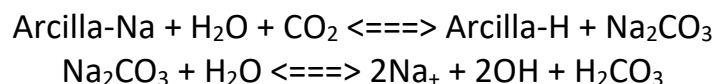
En los suelos sódicos, los coloides se dispersan, los agregados son menos estables y se rompen, hay menos macroporos y disminución de la permeabilidad y la infiltración. Además, del elevado pH, ocurre toxicidad de iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{OH}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ , por lo que muy pocas plantas pueden tolerar esta condición como Suaeda, Atriplex, Distichlis, entre otras.

Las arcillas dispersas quedan sujetas al lessivage, y forman un horizonte iluvial enriquecido en arcilla, el horizonte nátrico o Btn, de estructura columnar o prismática. Los suelos alcalinos sódicos, sódicos o solonetz se distribuyen en varios órdenes de la Taxonomía de Suelos: Inceptisoles, Aridisoles, Alfisoles y Molisoles.

Si las sales solubles son removidas por el agua de lluvia o por un descenso del nivel freático, las arcillas sódicas se hidrolizan liberando  $\text{Na}^+$  a la solución del suelo, donde se une al  $\text{H}_2\text{CO}_3$  para formar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  o  $\text{NaHCO}_3$ . El pH puede superar valores de 8,5, y provoca que el humus y las arcillas se dispersen. Este proceso recibe específicamente el nombre de alcalinización o solonización y los suelos resultantes son los solonetz, o suelos álcalis negro o salitre negro, debido a que el humus disperso puede formar delgadas costras de color negro en la superficie del suelo o tapizar las caras de los agregados.

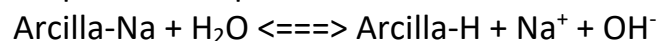
6.c.- ¿Porque el medio se alcaliniza?

Las arcillas saturadas en  $\text{Na}^+$  tienen propiedades particulares, en presencia de agua de lluvia por tanto con  $\text{CO}_2$  disuelto, se hidrolizan, liberando Na y OH según la siguiente ecuación:



Como consecuencia el medio se alcaliniza rápidamente, y se alcanza valores de pH progresivamente cada vez más altos; 9, 10 o incluso más.

Las ecuaciones anteriores se pueden simplificar en una:



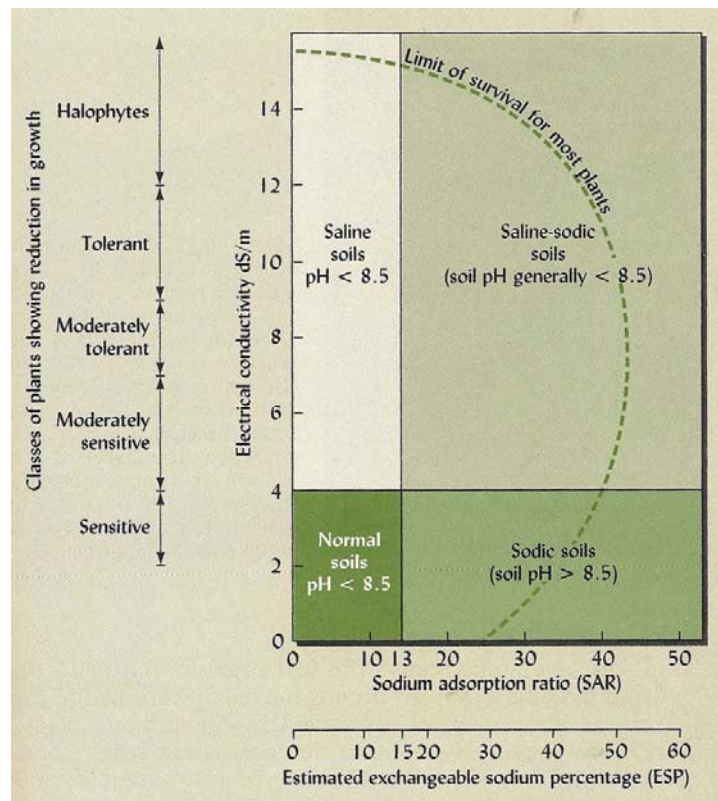




Suelo sódico, se observa la estructura columnar típica de estos suelos. Observe la forma redondeada en la parte superior.

6.d.- Investigue: ¿Qué es el PSI (porcentaje de sodio intercambiable)? ¿Qué significa un PSI del 15%?

Como vimos en la naturaleza podemos encontrar, suelos salinos, suelos sódicos y una combinación de ambos. Este cuadro sintetiza las características de estos tres tipos de suelos: pH, CE (conductividad eléctrica) y PSI (porcentaje de sodio intercambiable).



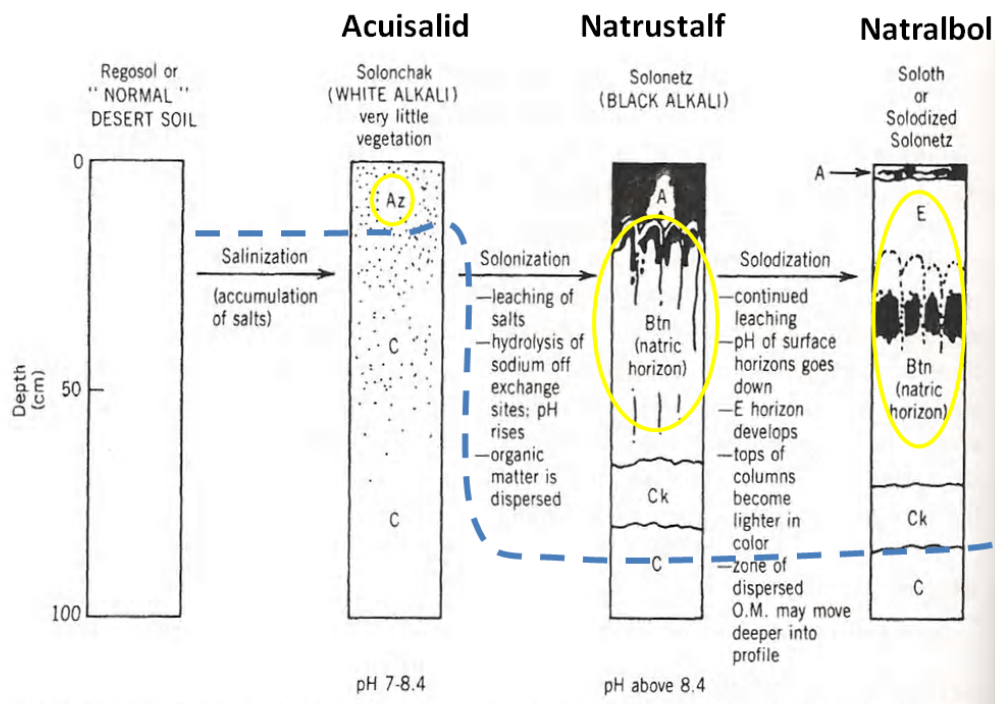
6.e.- Interprete el grafico anterior y complete el siguiente cuadro.

Suelos	Conductividad Eléctrica (CE)	Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)	pH
<b>Salinos</b>			
<b>Sódicos</b>			
<b>Salinos - sódicos</b>			

### SOLODIZACIÓN

Algunos suelos salinos sódicos de climas muy húmedos pueden desaturarse en bases en sus horizontes superiores, mostrando valores de pH fuertemente ácidos por reemplazo del ión  $\text{Na}^+$  por iones  $\text{H}^+$  y  $\text{Al}^{3+}$ . En estos suelos, la proporción de  $\text{Na}^+$  intercambiable aumenta progresivamente en el horizonte nátrico, el cual puede alcanzar valores de pH superiores a 9. Este proceso recibe el nombre de solodización y los suelos resultantes son los solod o soloth. Se trata también de un proceso intrazonal.

6.f.- Interprete y explique el siguiente gráfico.



Tomado de: Fanning and Fanning 1989.

6.g.- Compare los suelos salinos, sódicos y sódicos degradados.

### PODZOLIZACIÓN

Este proceso ocurre bajo la influencia del humus ácido que produce cantidades importantes de compuestos orgánicos solubles complejantes que migran en profundidad en los materiales

arenosos. Estos complejos de humus con Fe y Al (quelatos) migran para formar en profundidad un horizonte espódico. El proceso de migración de quelatos se conoce como queluviación. El horizonte eluvial queda de color ceniciento (horizonte E o álbico) y es el que da el nombre al proceso, ya que podsol significa suelo ceniciento en ruso.

La podzolización requiere un clima frío, régimen hídrico údico y perúdico, material madre arenoso muy permeable y una vegetación acidófila de coníferas (a veces de bosque caducifolio).

Es considerado casi siempre un proceso zonal (suelo en equilibrio con clima y vegetación), aunque en ocasiones puede considerarse intrazonal (localizado) en los climas no continentales u oceánicos. Se produce una fuerte adición de materia orgánica que se acumula por la lenta descomposición que ocurre en los climas fríos y además porque el residuo de las coníferas es resinoso, ácido y genera un medio de poca actividad biológica. Ello da origen a un horizonte orgánico (O) que puede tener varios centímetros de espesor. Los quelatos formados entre el humus y los hidróxidos de Fe y Al son solubles y migran con el agua fácilmente debido a la permeabilidad del perfil. Estos complejos quelatados se inmovilizan en profundidad cuando cesa el aporte de agua desde superficie. Después ocurre la separación de los constituyentes, y se visualiza el anión orgánico complejante de color oscuro y el metal complejado de color herrumbre (Figura 1). Esto da origen a horizontes Bh de color negro, Bs de color herrumbroso o Bhs de color pardo herrumbroso. En la taxonomía de suelos del USDA, se ubican dentro del Orden de los Espodosoles.

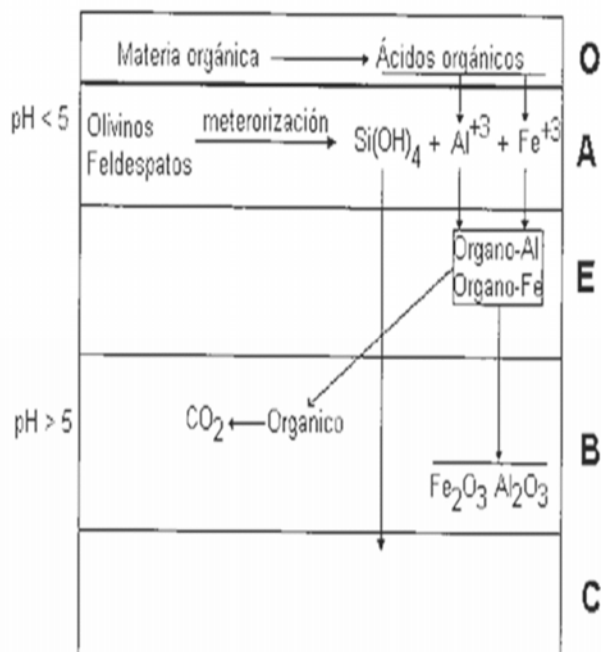


Figura 1.

7.a.- ¿Qué símbolos representan el endopedión espódico? Explique qué significan.

7.b.- Investigue: que es un quelato, complejo, complejante.



## BIBLIOGRAFIA

- Brady and Weil, 2008. The nature and properties of soils, 14th edition, ISBN 013227938-X, Pearson Prentice Hall. 975 pp.
- Bricchi, Estela y Degioanni Américo, 2006. Sistema suelo. Su origen y propiedades fundamentales. Editorial Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Buckman H. O. y Brady N. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Tonsa. Madrid. España, pp: 590.
- Buol, S.W., Hole, F.D. y McCracken, R.J., 1991, Génesis y clasificación de suelos: Editorial Trillas, México, 417pp.
- Conti M. 2014, Principios de Edafología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina, pp: 430.
- Fanning, D. S. and Fanning, M. C. B., 1989, Soil morphology, genesis, and classification. John Wiley & Sons, Inc., New York. ISBN: 978-0-471-89248-9. 416 pp.
- FAO, 1968, Directivas para la descripción de suelos: Roma.
- FitzPatrick, E.A., 1985, Suelos, formación, clasificación y distribución: compañía editorial continental, México, 430 pp.
- Ministerio de Agricultura y Cría, 1965, Manual de levantamiento de suelos N° 18: Caracas, Venezuela.
- Nadir, A. y Chafatinos, T., 1990, Los suelos del NOA (Salta y Jujuy): Tomos I y II, Cátedra Suelos, Biblioteca de la Universidad Nacional de Salta.
- Ocaranza, A., Pérez de Oshe, L. y Costantini, L., 2002, Trabajos Prácticos y Guías Didácticas de Edafología, Ingeniería Agronómica, Inédito, Universidad Nacional de Salta.
- Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M. y Roquero de Laburú, C., 2019, Edafología para la agricultura y el medio ambiente: Ediciones Mundi-Prensa, 807 pp., Madrid.
- Singer M. J., and Munns D.N., 2006, Soils: An Introduction (6th Edition). Pearson, Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio. 446 pp.
- Stanley W. Buol, 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.