

PROCESOS PEDOGENÉTICOS FUNDAMENTALES

Ing. Agr. M.Sc. Agustín Sanzano

1. INTRODUCCIÓN

Los factores de formación del suelo vistos anteriormente se combinan de diversas maneras entre sí para dar lugar a que se produzcan procesos pedogenéticos cuyo resultado son suelos con distintas características y propiedades. Aquellas propiedades que son de carácter más o menos permanente, es decir estables en un rango razonable de tiempo, son utilizadas en los distintos sistemas de clasificación de suelos.

Si bien los procesos son altamente complejos y en todos ellos intervienen un gran número de variables físicas, químicas y biológicas, tanto del medio como del suelo mismo, se han separado cuatro grupos principales de procesos teniendo en cuenta cuál es la principal condición para que cada uno de ellos ocurra:

- **Procesos ligados a la humificación.**
- **Procesos condicionados por fuertes contrastes estacionales.**
- **Procesos basados en la alteración geoquímica.**
- **Procesos ligados a las condiciones físico-químicas del lugar.**

2. PROCESOS LIGADOS A LA HUMIFICACIÓN

La pedogénesis es enteramente bioquímica, con formación de complejos órgano minerales, es decir que los compuestos húmicos se asocian fuertemente con los minerales del suelo, lo que influye en los movimientos de transferencia o remociones que ocurren en el perfil del mismo. Entre los procesos ligados a la humificación veremos los siguientes:

2.1. CALCIFICACIÓN

Este proceso ocurre en ambientes con material originario rico en calcáreo (CaCO_3), en los que una considerable cantidad de materia orgánica se adiciona tanto a la superficie del suelo como a los primeros centímetros del mismo, generalmente 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 generando un horizonte en profundidad con un contenido superior de CaCO_3 llamado horizonte cálcico. Para que este proceso ocurra, el CaCO_3 debe transformarse primero en bicarbonato soluble (HCO_3)₂ 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 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 CaCO_3 que ocurre porque hay menos 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 Etp, pero en los cuales existe una cantidad suficiente de agua para disolver y transportar el CaCO_3 dentro del perfil. El régimen hídrico es subpercolativo, dentro del cual se encuentran los regímenes xérico y ústico. El suelo se encuentra en la fase I de Polinov.

El proceso de calcificación genera dos sectores

en el perfil del suelo: uno eluvial, libre de CaCO_3 y con reacción química neutra o ligeramente ácida; y otro iluvial con presencia dominante de CaCO_3 , con pH cercano a 8 (Figura 1).

El calcáreo puede manifestarse de varias maneras en el perfil: no individualizado en la masa del suelo (detectable por desprendimiento de burbujas de CO_2 por reacción al HCl); en forma de pseudomicelios, nódulos o concreciones o fuertemente cementado. La acumulación de CaCO_3 puede aparecer desde la base del horizonte A hasta el horizonte C y se simboliza con el sufijo k. Los suelos derivados del proceso de calcificación se distribuyen en varios órdenes del *Soil Taxonomy*, especialmente en los Aridisoles y algunos subórdenes de los Inceptisoles, Molisoles, Alfisoles y Vertisoles.

2.2. DECALCIFICACIÓN

En condiciones de mayores precipitaciones (régimen údico y perúdic), con régimen de tipo

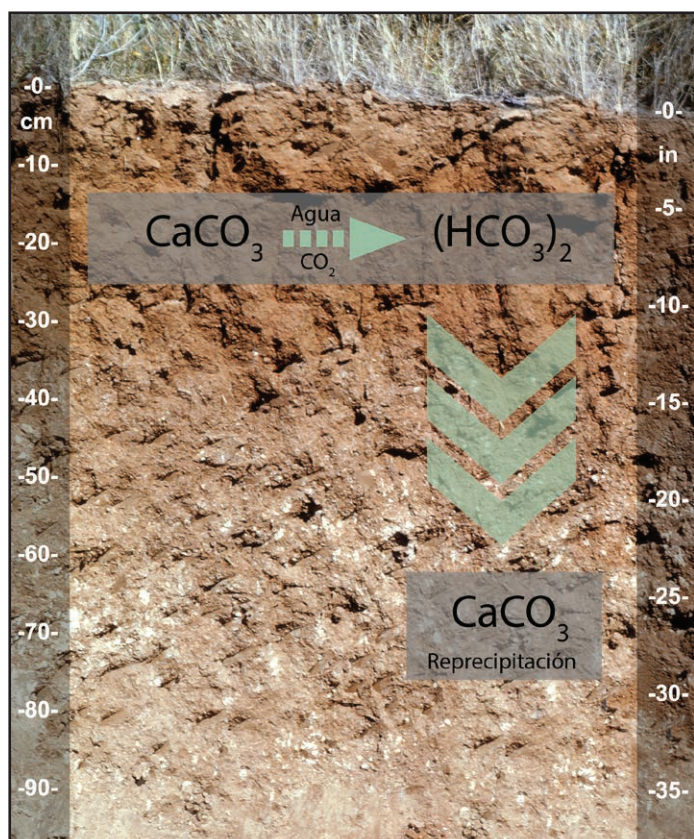


Figura 1: Perfil resultante del proceso de calcificación. Fuente: Modificado de NCSU Soil Science (CC BY 2.0)

percolativo, el CaCO_3 es eliminado completamente del perfil (proceso de remoción) y se produce la **decalcificación**. El suelo se encuentra en la fase II de Polinov. Los climas cálidos favorecen el proceso como consecuencia de que el incremento de la temperatura favorece la actividad biológica y por lo tanto una mayor producción de CO_2 , además de una mayor velocidad de lixiviado. Se eliminan los cationes alcalinos y alcalinos térreos (Na, K, Ca y Mg), y en el complejo adsorbente aparecen iones H^+ y también iones Al^{3+} . El proceso de decalcificación produce la acidificación del suelo. Este proceso puede ocurrir bajo vegetación de bosques caducifolios o también en relieves en los que la infiltración supera al escurrimiento superficial. Los suelos originados a partir de rocas ácidas, así como aquellos de permeabilidad rápida favorecen el proceso.

2.3. EMPARDECIMIENTO

Este proceso ocurre en la zonas de clima templado húmedo (régimen percolativo: údico y perúdic) donde domina el bosque de latifoliadas. La condición es que los materiales sean bien drenados, no calizos (o previamente decarbonatados). El proceso debe su nombre a la coloración parda ocasionada por la presencia de suficiente cantidad de óxidos de Fe y enriquecimiento in situ de arcillas (no iluviales). La fase de **emparedecimiento** sigue a la decarbonatación produciéndose después de la eliminación progresiva de todo el CaCO_3 , y también después del inicio de la decalcificación. Como resultado del este proceso se puede individualizar un horizonte **Bw** u horizonte **cámbico** de color pardo a pardo rojizo (Figura 2). La mayor parte de los suelos resultantes de este proceso corresponden al orden de los Inceptisoles.

2.4. LESSIVAGE

El **lessivage** (término francés que significa lixiviación) es un proceso de arrastre mecánico vertical de las partículas coloidales dispersas, es decir arcillas e hidróxidos de Fe ligados a ellas. No hay al-



Figura 2: Perfil resultado del proceso de empardecimiento.

teración química de las mismas, sino sólo transporte a través del perfil del suelo desde los horizontes superficiales (eluviales: empobrecidos y parcialmente decolorados) hacia los horizontes profundos (iluviales: enriquecidos y coloreados). Se genera, en ciertas circunstancias, en la capa superior un horizonte E, a veces álbico y en las inferiores un **Bt** u horizonte **argílico** (Figura 3).

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. El proceso puede ocurrir en cualquier régimen de temperatura. Si el régimen de humedad es perúdic, la falta de estación seca inhibe el proceso, mientras que si es arídico, la falta de agua también lo inhibe. En este último caso, puede ocurrir que se observen perfiles de suelo con

horizontes **Bt** en climas áridos (por ejemplo, algunos suelos de la Cuenca Tapia-Trancas en la provincia de Tucumán) que han evolucionado en un régimen climático diferente del actual, por lo que se trata paleosuelos.

El lessivage no ocurre si el material madre es rico en calcáreo, 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 trivalente.

La profundidad en la que se genera el horizonte **Bt** depende del frente de humectación de las lluvias efectivas, lo que define el límite del descenso de los coloides. También influye la permeabilidad del suelo, así como el grado de desecación producida por las raíces de las plantas o la presencia de una capa rica en CaCO_3 o en Ca de cambio que provocan la floculación de la arcilla.

El proceso está ligado a la humificación porque

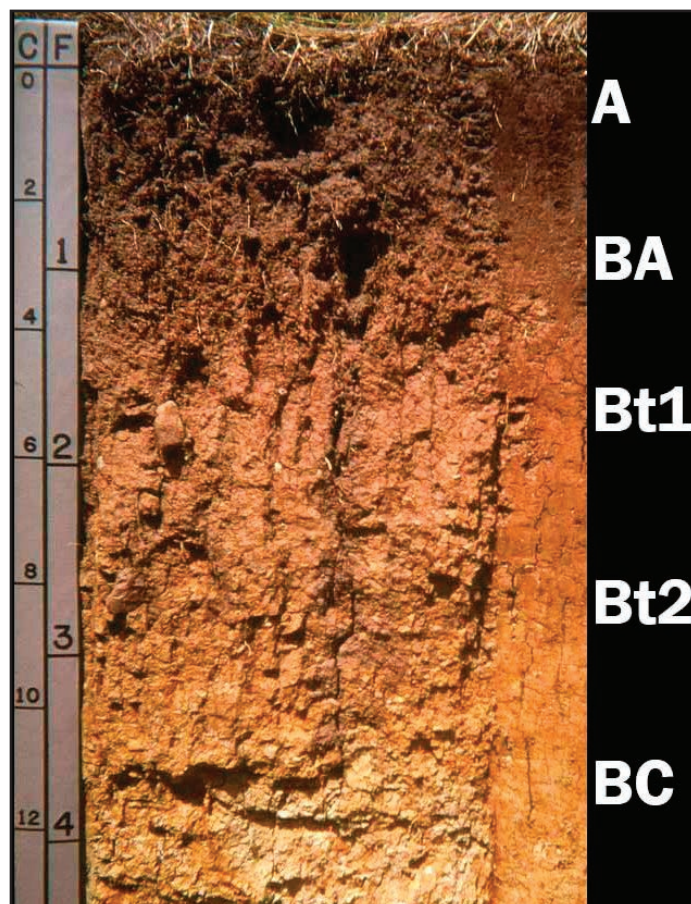


Figura 3: Perfil resultado del proceso de lessivage. Fuente: University of Nebraska Press.

la migración hacia capas inferiores es en realidad de complejos órgano-minerales. Cuando disminuye el aporte de agua en el período seco, se detiene el descenso de los mismos y la materia orgánica es biodegradada. En esas condiciones, la arcilla y los óxidos de hierro se liberan y se depositan en las superficies de los agregados, formando revestimientos o barnices, denominados **cutanes**. El suelo se encuentra en la fase II de Polinov.

2.5. PODZOLIZACIÓN

Este proceso ocurre bajo la influencia de los humus ácidos que producen 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 álbito) 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 y ácido generando 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 constitu-

yentes, y se visualiza el anión orgánico complejante de color oscuro y el metal complejado de color herrumbre (Figura 4). 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. El suelo se encuentra en la fase III de Polinov.

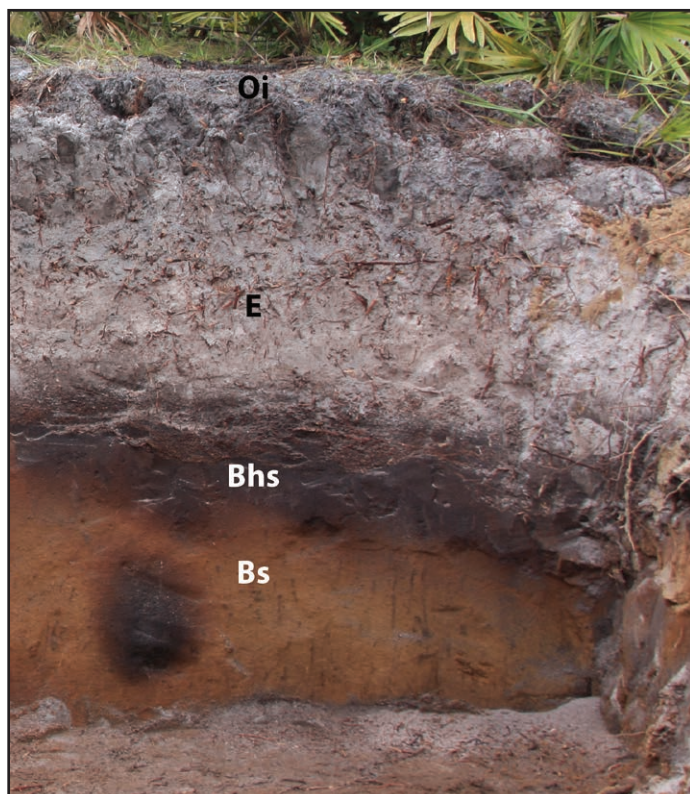


Figura 4: Perfil resultado del proceso de podzolización. Fuente: landjudging.org.

3. PROCESOS CONDICIONADOS POR FUERTES CONTRASTES ESTACIONALES

Aunque en este ítem haremos referencia a un solo proceso, la característica central es que la alternancia de humectación y de desecación del perfil es muy marcada, lo que condiciona fuertemente la pedogénesis.

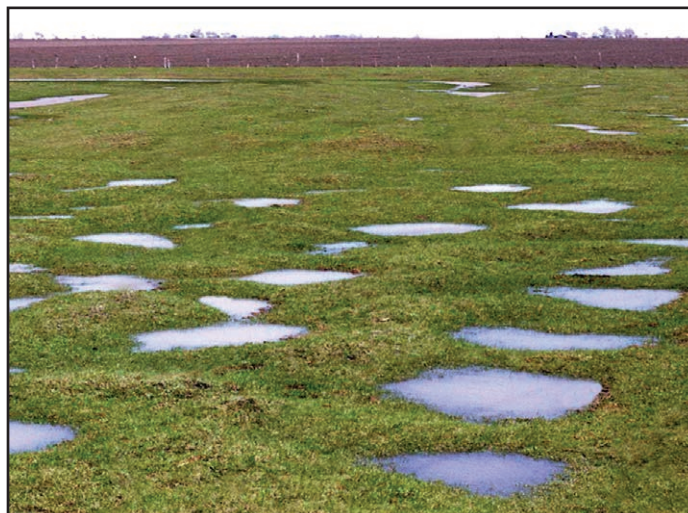
3.1. VERTIZOLIZACIÓN

Este proceso se da como consecuencia de la granulometría y mineralogía heredada del material

originario, 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 (montmorillonitas), que provocan 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 (Figura 5). Eventualmente, este movimiento de masas de suelo puede formar depresiones cóncavas con perfiles relativamente profundos rodeados por áreas ligeramente elevadas en las que se ha producido un pequeño desarrollo de suelo y en el cual el material original permanece cerca de la superficie. Este microrelieve recibe el nombre de gilgai (Figuras 6 y 7).

En las estaciones secas, las arcillas se contraen, haciendo que los suelos desarrollen anchas y profundas grietas (Figura 8). 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 diferen-



Figuras 6 y 7: Relieve tipo gilgai en Texas. Fuente: NRCS (USDA) y Google Earth.

ciación de horizontes. Corresponden al orden de los Vertisoles de la Taxonomía de Suelos.

4. PROCESOS BASADOS EN LA ALTERACIÓN GEOQUÍMICA

En estos procesos prácticamente no interviene la materia orgánica, pero se producen intensas alteraciones que atacan a los minerales primarios más resistentes. Ocurren en medios suficientemente drenados que permiten la evacuación más o menos completa de la sílice y de las bases liberadas. Los óxidos libres de Fe son abundantes y confieren al perfil un tinte color rojo u ocre.

Se pueden distinguir tres procesos fundamentales, que actuando sobre un mismo material originario evolucionan según los factores clima y tiempo (Figura 9).

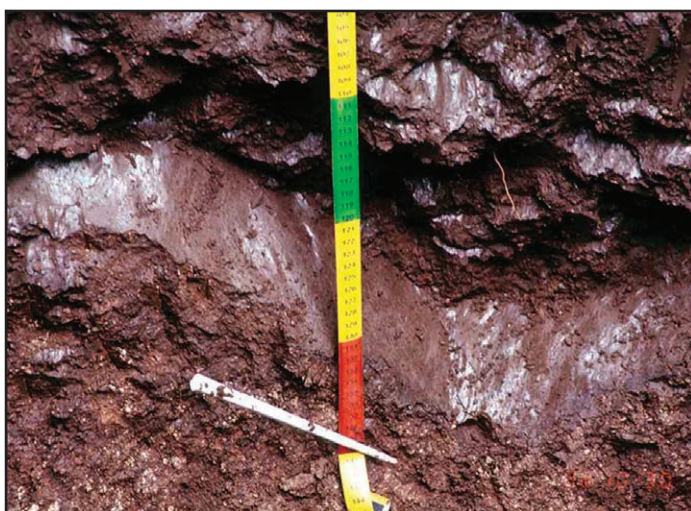


Figura 5: Superficies de espejo (slickensides). Fuente: NRCS (USDA).



Figura 8: Suelo Vertisol fuertemente agrietado.

El primero de estos procesos es característico de los climas subtropicales y tropicales, con estación seca marcada, en los que predominan las arcillas 2:1 (illitas y montmorillonitas) y se empiezan a indivi-

dualizar los óxidos de Fe con aparición de colores rojizos y presencia de un horizonte argílico (Bt) por lessivage. Este primer proceso se llama **fersialitización** y es típico de bosques caducifolios o incluso de sabanas (500 a más de 1000 mm). Como se han removido las sales solubles y los carbonatos, el suelo se encuentra en la fase II de Polinov. Este proceso caracteriza específicamente a varios suelos del orden de los Alfisoles.

El segundo proceso, conocido como **ferruginación**, es más intenso que el anterior, en el cual las arcillas 2:1 son menos importantes que las del tipo 1:1 (caolinita), originadas por neoformación. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja. También hay liberación de óxidos de Fe, pero no de Al. Aparece en las zonas subtropicales húmedas y en las tropicales con una estación seca, pero menos marcada que la anterior. En este proceso, al igual que en el anterior, el lessivage de las arcillas origina un horizonte Bt iluvial, y también hay remoción de sales solubles y carbonatos. Adicionalmente el Si es también parcialmente movilizado, por lo que el suelo se encuentra en la fase III de Polinov.

Este proceso caracteriza específicamente a varios suelos que pertenecen al orden de los Ultisoles (Figura 11) y a algunos Alfisoles.

El tercer proceso basado en la alteración geoquímica se llama **ferralitización** y consiste en una fase terminal de la evolución de los suelos que caracteriza a las regiones tropicales húmedas y muy

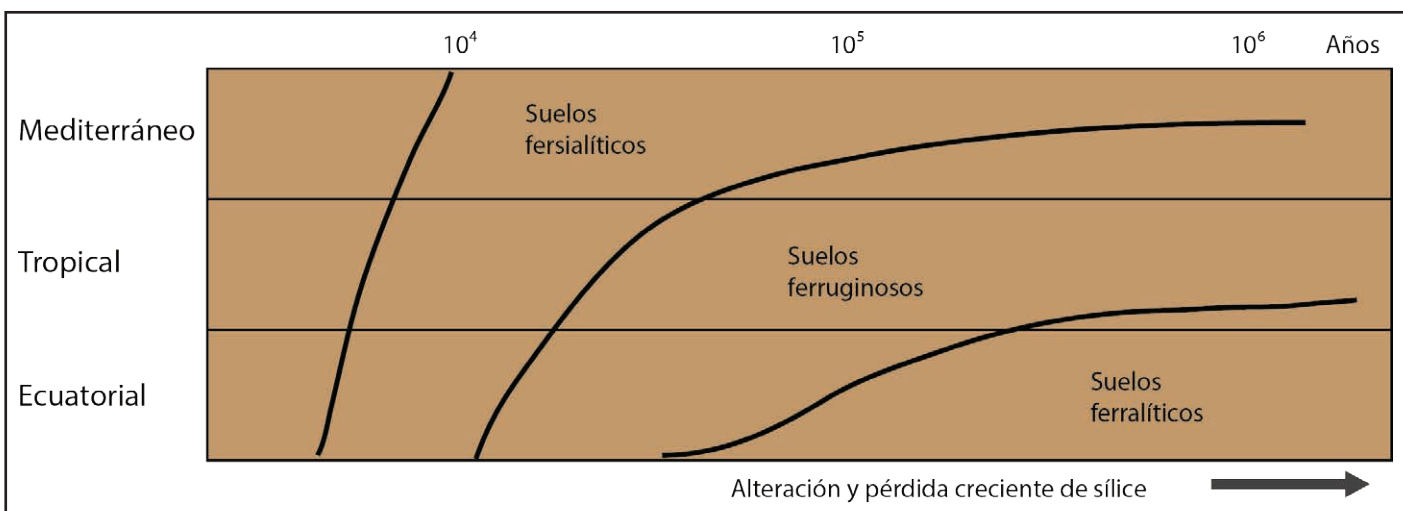


Figura 9: Relación entre factores clima y tiempo sobre la alteración geoquímica

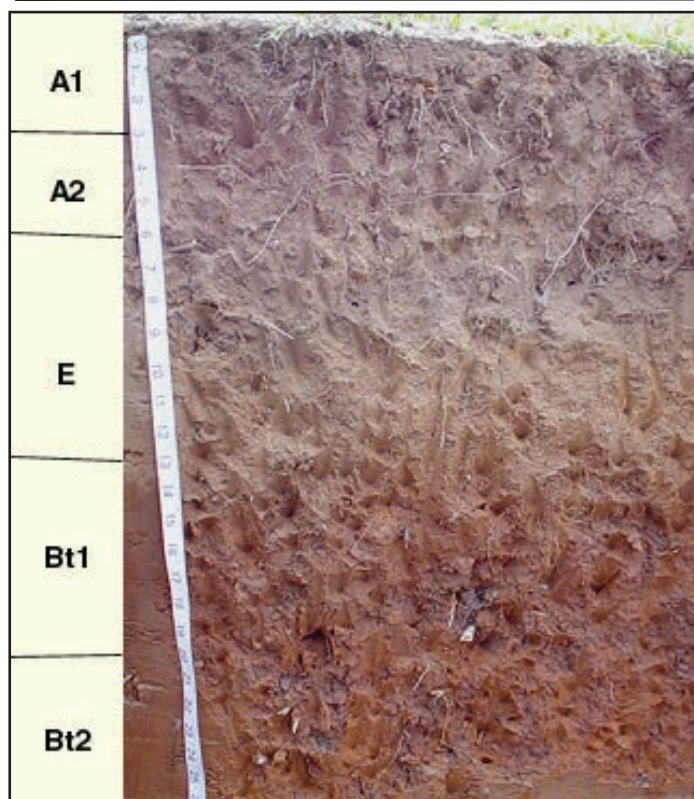


Figura 10: Suelo Alfisol resultado del proceso de fersialitización.



Figura 11: Suelo Ultisol resultado del proceso de ferruginación

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 los óxidos y oxhidratos de Fe férrico, 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.

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 se encuentran en la fase IV de Polinov. Los horizontes no están claramente diferencia-

dos, con límites difusos y muchas veces arbitrarios. Los suelos resultantes del proceso de ferralitización corresponden en su totalidad al orden de los Oxisoles (Figura 12).

5. PROCESOS LIGADOS A LAS CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL LUGAR

Estos procesos se dan cuando hay un fuerte descenso de potencial redox en un medio saturado con agua y la presencia de Na en cantidad anormal en el medio. Son dos condiciones físico químicas esta-



Figura 12: Suelo Oxisol resultado del proceso de ferralitización

cionales que ejercen una acción predominante sobre la que puede ejercer la materia orgánica, incluso aunque ésta sea muy abundante. Una de ellas es el **hidromorfismo** y la otra la **salinización/sodización**.

5.1 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. Se manifiesta en los suelos con régimen ácuico y perácuico de humedad, que corresponde a un régimen reductor en el suelo.

Se reconocen tres tipos de saturación:

- a) **Endosaturación:** cuando el suelo está saturado con agua en todas los horizontes desde el límite superior de saturación hasta una profundidad de 200 cm o más.

- b) **Episaturación:** cuando el suelo está saturado con agua en una o más capas dentro de los 200 cm desde la superficie mineral y también tiene una o más capas insaturadas. La zona de saturación, la capa freática, está apoyada en la superficie de una capa u horizonte relativamente impermeable.
- c) **Saturación anthrica:** es una variante de la episaturación asociada con las inundaciones controladas por el hombre (ejemplo: cultivo de arroz), que generan capas saturadas en superficie e insaturadas en profundidad.

En función de los diferentes tipos de saturación pueden diferenciarse los siguientes procesos:

5.1.1. PSEUDOGLEY

Este proceso se desarrolla en los suelos que poseen un régimen de episaturación, en el que se produce una óxido-reducción importante. La capa freática se apoya sobre una capa impermeable llamada hidroapoyo, generando una intrazonalidad condicionada fundamentalmente por el relieve de tipo subnormal o cóncavo, con escurrimiento lento o nulo.

Se produce en todos los climas que sean lo suficientemente húmedos como para generar, por lo menos localmente, excesos temporarios de agua. La vegetación puede ser variada, pero con predominio de plantas higrófilas. La acumulación de materia orgánica juega un rol importante en la reducción y movilización del Fe y del Mn, ya que forma complejos órganos metálicos solubles de Fe y Mn reducidos que migran en cortas distancias. Luego, durante el período de instauración, se produce la reoxidación y precipitación localizada en forma de manchas herrumbrosas o de concreciones que constituyen los signos de hidromorfía típicos del pseudogley (Figura 13). También son reducidos, entre otros, los nitratos y los sulfatos.

Los suelos pseudogley se ubican en diferentes órdenes de la Taxonomía de Suelos, en los subórdenes con régimen ácuico de humedad correspondientes a los órdenes Alfisoles, Andisoles; Entisoles,



Figura 13: Moteados herrumbrosos típicos del pseudogley.

Inceptisoles, Molisoles, Espodosoles y Oxisoles, los cuales también se pueden presentar suelos gley.

5.1.2. GLEY

Este proceso se desarrolla en los suelos que poseen un régimen de endosaturación permanente. En este caso, todo el Fe se reduce y se acumula en la base del perfil, en forma de carbonato ferroso o de sales complejas de colores verdusco azulados (Figura 14), dando origen al horizonte gley (al igual que el pseudogley, también se simboliza con el subíndice g). Es también un típico proceso intrazonal condicionado por el relieve que se desarrolla independientemente del clima general. Domina marcadamente el proceso de reducción en los horizontes profundos ocupados permanentemente por la capa de agua muy reductora.

Los suelos gley se ubican en los mismos subórdenes y órdenes de la Taxonomía de Suelos que los suelos pseudogley.

Cuando la permanente saturación con agua genera fuertes condiciones reductoras sobre la materia orgánica del suelo y la actividad biológica es escasa se originan las **turberas**. Las condiciones del medio impiden o hacen muy lenta e incompleta la descomposición de la materia orgánica fresca y la humificación es débil, lo que lleva a su acumulación en capas de gran espesor.

La acumulación de los depósitos orgánicos está condicionada por la cantidad que aporta la vegetación y la velocidad de descomposición del material



Figura 14: Horizonte de color verdusco con Fe reducido en la base del perfil.

orgánico, condicionada esta última por la condición climática (generalmente fría) y por la disponibilidad de oxígeno. Estos procesos llevan a la diferenciación del epipedon **hístico** u **horizontes O**.

Los suelos resultantes del proceso corresponden al orden de los Histosoles de la Taxonomía de Suelos (Figura 15).

5.2 SALINIZACIÓN / SODIZACIÓN

El ión sodio puede intervenir en la pedogénesis formando parte de las sales solubles (salinización), en forma de catión de cambio (sodización), o simultáneamente en las dos formas.

5.2.1. SALINIZACIÓN

Los suelos afectados por sales están ampliamente distribuidos en el mundo, especialmente en

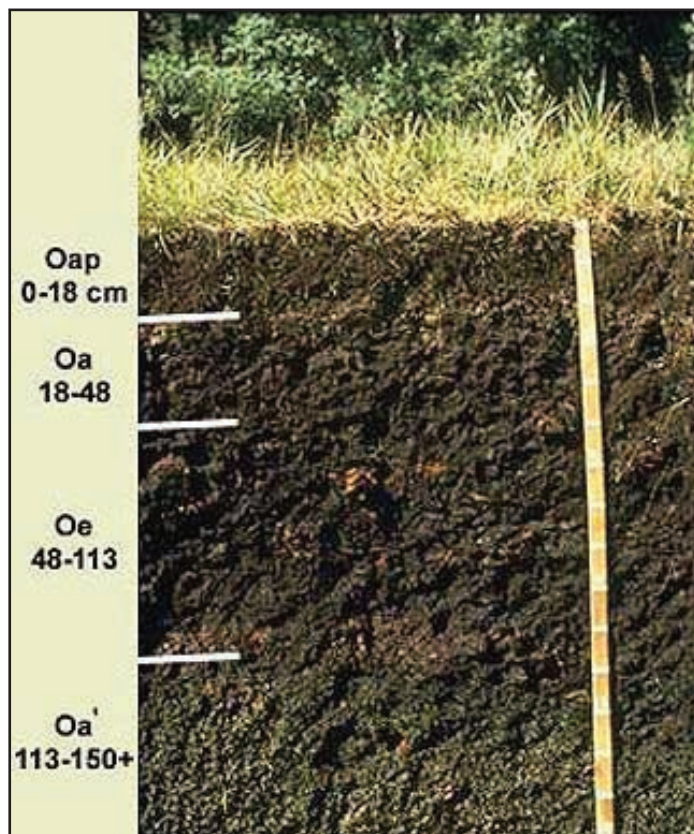


Figura 15: Suelo Histosol con acumulación de horizontes orgánicos.

condiciones de aridez o semiaridez. Generalmente se encuentran en regiones en donde la relación P/Ept es menor a 0,75 y/o en aquellas áreas planas con capas freáticas altas cargadas de sales que suben por ascenso capilar del agua y se depositan en los horizontes superficiales por evaporación de la misma. También puede ocurrir que la salinización se deba a materiales originarios ricos en sales, o ricos en minerales que por alteración producen sales sódicas, 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). Un suelo salino tiene una cantidad suficiente de sales solubles que altera el crecimiento de las plantas no halófitas.

Aunque los suelos salinos pueden aparecer naturalmente en algunas áreas, en muchos casos su ocurrencia se debe a la perturbación en el balance de agua del suelo producida por el hombre, como por ejemplo cuando se desmonta un paisaje para producir un cultivo agrícola. En este caso, se produce un fuerte decrecimiento en la evapotranspiración,

especialmente cuando la producción agrícola deja una parte del año un barbecho sin vegetación. Con menor evapotranspiración, el agua de lluvia percola más a través del perfil, elevando el nivel de la freática, lo que puede ocasionar el revenimiento salino hacia las capas superiores del suelo. También puede ocurrir el proceso de salinización en las áreas irrigadas en las que se altera el balance de agua (aún con agua de riego buena calidad) porque se recarga la capa freática y se produce el fenómeno recién descrito. Evidentemente esto se agrava si el agua utilizada para riego de los cultivos tiene una elevada carga de sales solubles. Las sales solubles más comunes de los suelos salinos son sales neutras como sulfatos y cloruros de sodio, potasio, calcio y magnesio. Los suelos resultantes se encuentran floculados y su reacción química es cercana a la neutralidad. Se los denomina Solanchak, suelos salinos o suelos a salitre blanco.

Las condiciones de relieve y de material original constituyen factores locales, que confieren al proceso de salinidad el carácter de intrazonalidad. La vegetación corresponde a una comunidad especializada de plantas halófitas tales como Suaeda sp. (jume), Atriplex sp. (cachiyuyo), Salicornia sp., etc., que en la medida que la salinidad crece disminuyen su cobertura (Figura 16).

En estos suelos hay muy poca adición de materia



Figura 16: Paisaje con eflorescencias salinas y pobre cobertura de vegetación

orgánica debido al escaso desarrollo de vegetación y el perfil es en general escasamente diferenciado.

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 en el orden de los Aridisoles, aunque algunos están presentes en el orden de los Vertisoles.

5.2.1. SODIZACIÓN O SOLONIZACIÓN

Como ya fue señalado, 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 floculados. Si las sales solubles son removidas por el agua de lluvia o por un descenso del nivel freático, las arcillas sódicas se hidrolizan liberando Na^+ a la solución del suelo, donde se une al H_2CO_3 para formar Na_2CO_3 o NaHCO_3 . El pH puede superar valores de 8,5, provocando 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 (Figura 17), 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.

Para que ocurra el lavado de las sales solubles, se requiere un clima más húmedo que en la salinización. Es importante tener en cuenta que en los suelos salino sódicos, una mejora en las condiciones de drenaje o cualquier factor que aumente la infiltración de aguas dulces, desencadena el proceso de solonización. Las sales solubles son parcial o totalmente eliminadas del perfil según sea el grado de evolución alcanzado. La importancia de los factores locales, es-



Figura 17: Suelo con signos de salinidad y sodicidad en Leales, Tucumán.

pecialmente relieve, determina el carácter intrazonal del proceso.

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 Na^+ , OH^- y HCO_3^- , por lo que muy pocas plantas pueden tolerar esta condición como Suaeda, Atriplex, Distichlis, etc.

Las arcillas dispersas quedan sujetas al lessivage, dando lugar a 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.

Algunos suelos salino sódicos de climas muy húmedos pueden desaturarse en bases en sus horizontes superiores, mostrando valores de pH fuertemente ácidos por reemplazo del ión Na^+ por iones H^+ y Al^{3+} . En estos suelos, la proporción de 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. BIBLIOGRAFÍA

1. BUOL, F. E., F. D. HOLE and R. J. McCRACKEN. 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press. Ames.
2. DUCHAUFOR, Ph. Y SOUCHIER B. 1984. Edafogénesis y Clasificación. Masson,S.A. Barcelona.
3. DUCHAUFOR, Ph. 1987. Manual de Edafología. Masson,S.A. S.A. Barcelona.
4. FADDA G.S. 1999. Procesos pedogenéticos fundamentales. 1999. Guía de Estudio. Cátedra de Edafología. FAZ-UNT
5. HARDY, F. 1970. Suelos Tropicales. Pedología Tropical con énfasis en América Latina. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. México.
6. PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Editorial Limusa S.A.