

2017

Guía de estudio

Morfología del suelo

Cátedra de Edafología
Facultad de Agronomía y Zootecnia
Universidad Nacional de Tucumán



MORFOLOGÍA DEL SUELO

M.Sc. Ing. Agr. Guillermo S. Fadda

Actualización: Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivarri y Mg. Ing. Agr. Roberto D. Corbella

1. EL PERFIL DEL SUELO

1.1. HORIZONTES

La formación y la evolución del suelo bajo la influencia de los factores y procesos pedogenéticos conduce a la diferenciación de capas o estratos sucesivos de textura, de estructura, de color y de otras propiedades diferentes, llamadas horizontes. Estos horizontes se encuentran relacionados genéticamente entre sí. El conjunto de horizontes constituye lo que se llama el **perfil del suelo**.

El sustrato geológico (la roca madre) proporciona, por su descomposición, los elementos minerales del perfil, mientras que la vegetación da origen a la materia orgánica: los factores climáticos y biológicos provocan una transformación y una mezcla más o menos completa de estos elementos; además las sustancias solubles o coloidales pueden desplazarse de un horizonte a otro: algunos se empobrecen y otros se enriquecen. El conjunto de estos procesos conduce a la diferenciación de los horizontes, es decir al desarrollo del perfil del suelo.

Un horizonte puede ser definido como una capa de suelo aproximadamente paralelo a la superficie de la tierra, que se diferencia de las capas adyacentes genéticamente relacionadas por sus propiedades físicas, químicas o biológicas o por características tales como color, estructura, textura, consistencia, clase y número de organismos presentes, grado de acidez o de alcalinidad, etc.

1.2. CLASIFICACIÓN GENÉTICA Y CLASIFICACIÓN DIAGNÓSTICA

En esta guía se desarrollarán dos tipos de clasificación de horizontes, la **genética** y la **diagnóstica norteamericana**. La diferencia principal entre

las dos clasificaciones es que, mientras la designación de los horizontes genéticos expresa un juicio **cuantitativo** acerca de la clase de cambios o procesos que se suponen que han ocurrido en el suelo, los horizontes diagnósticos son definidos **cuantitativamente** con una gran precisión por sus caracteres morfológicos, químicos y físicos, los cuales son utilizados para diferenciar entre taxa de suelos. El concepto de perfil, que es un corte vertical plano del suelo, es sustituido por el de pedón considerado como un volumen, en el cual los horizontes constituyen capas superpuestas. Los horizontes genéticos del suelo, no son equivalentes de los horizontes diagnósticos de la Taxonomía de Suelos Norteamericana.

2. HORIZONTES GENÉTICOS

2.1. HORIZONTES GENÉTICOS PRINCIPALES

Las letras mayúsculas O, L, A, E, B, C, R y W, son utilizadas para designar y representar a los horizontes principales y capas de suelo (Figura 1). Estas letras constituyen los símbolos básicos a las cuales se agregan otros caracteres para completar las designaciones. La mayoría de los horizontes y capas requieren sólo una letra mayúscula como símbolo, pero algunos requieren dos.

Se denomina **regolita** (también conocido como saprolita) al material resultante de la meteorización de la roca madre (todo el material no consolidado). Sobre este material actúan, en mayor o menor medida, los procesos genéticos formadores del perfil de suelo, dando origen al **solum**, que es la porción del suelo donde se concentra la mayor actividad biológica (generalmente se considera como solum a todos los horizontes que se encuentran por encima del horizonte C).

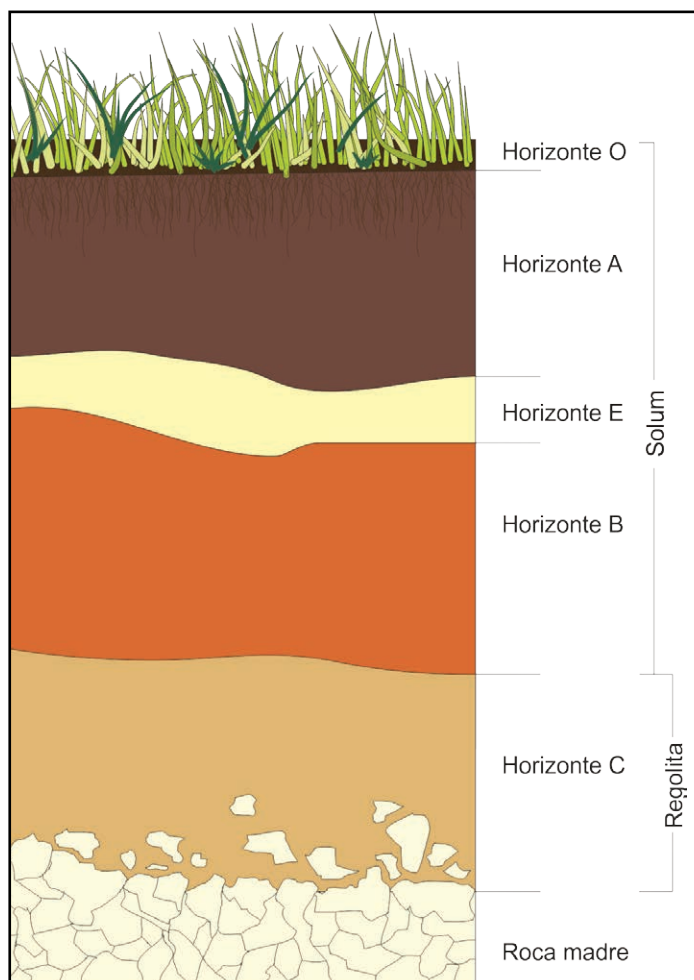


Figura 1: Horizontes y capas principales del suelo.

2.1.1. CAPAS U HORIZONTES O

Corresponden a capas dominadas por la materia orgánica. Algunas están saturadas por el agua durante largo tiempo, o lo estuvieron y ahora están drenadas, otras nunca estuvieron saturadas. Un horizonte O puede estar sobre la superficie de un suelo mineral o a cualquier profundidad debajo de la superficie si está enterrado. Algunos horizontes O consisten de restos vegetales no descompuestos o parcialmente descompuestos, que han sido depositados en la superficie; Otros horizontes O consisten de material orgánico que ha sido depositado en condiciones saturadas y ha alcanzado diversos estados de descomposición. La fracción mineral de estos horizontes constituye solo un pequeño porcentaje de su volumen y generalmente bastante menos que la mitad de su peso. Algunos suelos consisten completamente de materiales designados

como horizontes O.

2.1.2. HORIZONTES L

Los horizontes o capas límnicas incluyen tanto materiales minerales como orgánicos que fueron depositados por precipitación o por organismos acuáticos tales como algas y diatomeas o bien derivados de plantas subacuáticas o flotantes y subsecuentemente modificados por la fauna acuática. El horizonte L incluye materiales coprógenos (residuos fecales, tierras de diatomeas, y marga). Solo ocurre en el orden de los Histosoles.

2.1.3. HORIZONTES A

Consisten en horizontes minerales que se han formado en la superficie o abajo de un horizonte O. En ellos ha desaparecido totalmente o en su mayor parte la estructura de la roca madre, incluida la estratificación fina de los materiales no consolidados y muestran uno o más de lo siguiente:

1. Una acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral y no dominado por las características de los horizontes E y B.
2. Propiedades resultantes del cultivo, pastoreo o perturbaciones similares.

2.1.4. HORIZONTES E

Horizontes minerales en los cuales el principal rasgo es la pérdida de arcillas silicatadas, hierro o aluminio, o alguna combinación de éstos, dejando una concentración de partículas de arena y limo. Estos horizontes presentan la desaparición total o de la mayor parte de la estructura del material original.

Un horizonte E es comúnmente diferenciado de un horizonte B subyacente por un color más claro o más grisáceo, o ambos, por una textura más gruesa, o por una combinación de estas propiedades. En algunos suelos el color del horizonte E es el de las arenas o del limo, pero en muchos suelos los recubrimientos

de óxidos de hierro y otros compuestos enmascaran el color de las partículas primarias. El horizonte E es comúnmente diferenciado de un horizonte A sobreyacente por su color más claro. Generalmente contiene menos materia orgánica que el A. El horizonte E está normalmente cerca de la superficie, abajo de un horizonte O ú A y arriba de un horizonte B.

2.1.5. HORIZONTES **B**

Horizontes que se han formado abajo de un horizonte A, E, u O; están dominados por la desaparición de toda o la mayor parte de la estructura original de la roca y muestran uno o más de lo siguiente:

1. Concentración iluvial de arcillas silicatadas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso, o sílice, sola o en combinación.
2. Evidencia de remoción de carbonatos.
3. Concentración residual de sesquióxidos.
4. Revestimientos de sesquióxidos que hacen que el color sea de Value más bajo, de Chroma más alto, o de Hue más rojo, que los horizontes supra y subyacentes, sin iluviación aparente de hierro.
5. Alteraciones que forman arcillas silicatadas o liberan óxidos, o ambas, y que forman una estructura granular, en bloques o prismática si los cambios en los contenidos de humedad son acompañados por cambios de volumen.
6. Fragilidad

Todas las diferentes clases de horizontes B son o fueron originalmente, horizontes subsuperficiales. Se incluyen como horizontes B, cuando son continuos a otros horizontes genéticos, capas con concentración iluvial de carbonatos, yeso, o sílice, que son el resultado de procesos pedogenéticos y capas frágiles (brittle) que muestran otras evidencias de alteración como una estructura prismática o acumulación iluvial de arcilla.

2.1.6. CAPAS U HORIZONTES **C**

Son los horizontes o capas, con exclusión de

las rocas duras, que están poco afectadas por los procesos pedogenéticos y carecen de las propiedades de los horizontes O, A, E o B. La mayoría son capas minerales. El material del horizonte C puede ser o no similar al material del cual el solum presumiblemente se ha formado. Se incluyen como capas u horizontes C los sedimentos, la saprolita, roca no consolidada, y otros materiales geológicos normalmente no cementados y caracterizados por presentar una baja a moderada dificultad en la excavación. Materiales que son altamente temperizados son considerados horizontes C, si no reúnen los requerimientos para ser A, E, o B. No se consideran cambios pedogenéticos aquellos que no están relacionados con horizontes sobreyacentes. Las capas que contienen acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso, o sales más solubles, son incluidas en el horizonte C, aunque estén cementadas.

2.1.7. CAPAS **R**

Rocas duras, como granito, basalto, cuarcita, rocas calcáreas consolidadas o areniscas, son designadas como R. Las capas R son cementadas y las dificultades para la excavación son mayores que moderadas.

2.1.8. CAPAS **W**

Este símbolo indica capas de agua en o abajo del suelo. Si está permanentemente congelada se designa como Wf. No se utiliza para hielo o nieve sobre la superficie.

2.2. HORIZONTES COMBINADOS Y TRANSICIONALES

Horizontes dominados por propiedades de un horizonte principal pero con propiedades subordinadas de otro: Dos letras mayúsculas son usadas para estos horizontes transicionales, por ejemplo AB, AC, EB, BE, o BC. El primero de los símbolos indica las propiedades del horizonte dominante en el horizonte transicional. Un horizonte AB, por ejemplo, tiene características de ambos, de un A

sobreyacente y de un B subyacente, pero es más parecido al A que al B.

Horizontes con dos partes distintas que tienen propiedades reconocibles de dos clases de horizontes principales: Dos letras mayúsculas separadas por una barra indican esta combinación de horizontes, por ejemplo, E/B, B/E, o B/C. La mayoría de las partes componentes de un horizonte están rodeadas por el otro. El primer símbolo corresponde al horizonte de mayor volumen.

2.3. DISTINCIONES SUBORDINADAS EN CAPAS Y HORIZONTES PRINCIPALES

Letras minúsculas se utilizan para designar clases específicas de capas y horizontes principales. El símbolo usado como sufijo y el significado de los más importantes es el siguiente:

- a Material orgánico altamente descompuesto. Se utiliza con el horizonte O.
- b Horizonte genético enterrado. Es utilizado en suelos minerales para identificar horizontes enterrados con rasgos genéticos desarrollados antes de ser sepultados. Este símbolo no se usa en suelos orgánicos.
- c Concreciones o nódulos. Este símbolo indica una significativa acumulación de concreciones o nódulos, enriquecidos con minerales que contienen hierro, aluminio, manganeso o titanio. El símbolo no es usado si las concreciones o nódulos son de dolomita, calcita o sales más solubles.
- d Restricciones físicas al desarrollo radical, naturales o inducidas, en materiales o sedimentos no consolidados, como capas densas, pies de arado u otras capas compactadas.
- e Materia orgánica de descomposición media. Se utiliza con el horizonte O.
- f Suelo congelado. Indica que la capa o horizonte contiene hielo permanente.
- g Fuerte gleización. Este símbolo indica que el hierro ha sido reducido y removido durante la formación del suelo, o que la saturación con agua estancada lo ha preservado en un estado reducido.
- h Acumulación iluvial de materia orgánica. Este símbolo es usado con el horizonte B.
- i Materia orgánica débilmente descompuesta. Se utiliza con el horizonte O.
- k Acumulación de carbonatos. Carbonatos alcalinos térreos, comúnmente de calcio.
- m Cementación o endurecimiento. Indica una cementación continua o casi continua. Es utilizado solo para horizontes que tienen más del 90% cementado, aunque pueden estar fracturados. La capa es restrictiva para las raíces. El o los agentes cementantes (los dos dominantes), pueden ser indicados con letras como subíndices. Por ejemplo, km indica cementación con carbonatos; qm por sílice; sm por hierro; ym por yeso; kqm por carbonatos y sílice y zm por sales más solubles que el yeso.
- n Acumulación de sodio intercambiable.
- o Acumulación residual de sesquióxidos.
- p Perturbación por el cultivo u otros medios de una capa superficial. Un horizonte orgánico disturbado es designado Op. Un horizonte mineral disturbado es designado Ap, aunque con claridad haya sido un horizonte E, B, o C.
- q Acumulación de sílice secundaria.
- r Roca original blanda o temperizada. Se usa con el horizonte C.
- s Acumulación iluvial de sesquióxidos y materia orgánica. Se usa con el horizonte B, solo o en combinación con el sufijo h.
- ss Presencia de slickensides (superficies de espejos).
- t Acumulación de arcillas silicatadas, que ya sea que primero han sido formadas y luego translocadas dentro del horizonte o han sido movidas por iluviación, o ambos. Por lo menos en alguna parte del horizonte debe haber evidencias de la acumulación, ya sea como revestimientos (cutanes) sobre las superficies de los agregados o en los poros o como láminas o puentes entre los granos minerales.

- v Plintita. Presencia de materiales rojizos, enriquecidos en hierro, pobres en humus, firmes a muy firmes en húmedo, que endurecen irreversiblemente secados al aire.
- w Desarrollo de color o estructura. Se usa con el horizonte B para indicar el desarrollo de color o estructura o ambos, con pequeña o no aparente acumulación iluvial de materiales. La transformación de naturaleza física se comprueba a través de la generación de estructura por el proceso de humedecimiento y secado (conocido como *Bw estructura o físico*). Si la transformación es de naturaleza química puede dar origen al *Bw color* caracterizado por Hue más rojo (por liberación de Fe) o al *Bw consistencia* (por liberación y enriquecimiento de arcilla in situ).
- x Fragipán. Este símbolo indica una capa desarrollada genéticamente que tiene una combinación de firmeza, fragilidad, prismas muy gruesos con pocas a muchas caras verticales blanqueadas, y comúnmente una densidad más alta que las capas adyacentes. Es restrictiva para las raíces.
- y Acumulación de yeso.
- z Acumulación de sales neutras más solubles que el yeso (NaCl , MgCl , Na_2SO_4).

2.3.1. CONVENCIONES PARA USAR LOS SUFIJOS

Muchos horizontes principales y capas que son simbolizados por una simple letra mayúscula, tienen una o más letras minúsculas como sufijos. Las reglas siguientes se aplican:

- Si más de un sufijo es necesario, las siguientes letras, son escritas primero: a, d, e, h, i, r, s, t, w. Excepto en Bhs o Crt, ninguna de estas letras son usadas en combinación en un solo horizonte.
- Si más de un sufijo es necesario y no se trata de un horizonte enterrado, los siguientes símbolos, si son usados, son escritos al final: c, f, g, m, v, x. Ejemplos: Btc, Bkm, y Bsv.

- Si el horizonte es enterrado, el sufijo b es escrito al último. Este es usado sólo en suelos minerales enterrados.
- Si un horizonte B que tiene una significativa acumulación de arcilla y que también muestra evidencias de desarrollo de color o de estructura, o de ambos, es designado Bt (t tiene precedencia sobre w, s, h). Un horizonte B que es gley o tiene acumulación de carbonatos, sodio, sílice, yeso, sales más solubles que yeso, o acumulación residual de sesquióxidos, lleva el símbolo correspondiente: g, k, n, q, y, z, o. Si la arcilla iluvial también está presente, t precede a los otros símbolos. Ejemplos: Btg; Btk; Btn, etc.

2.4. SUBDIVISIÓN VERTICAL

Normalmente una capa u horizonte identificado con una sola letra o una combinación de letras puede ser subdividido. Para este propósito se agregan números arábigos a las letras que designan al horizonte. Estos números siguen a todas las letras. En el horizonte C, por ejemplo, capas sucesivas pueden ser designadas C1, C2, C3, etc.; o, si la parte inferior es gley y la superior no, las capas deben ser designadas C1 C2 Cg1 Cg2 o C Cg1 Cg2 R. Estas convenciones se aplican cualquiera sea el propósito de la subdivisión. En muchos suelos, un horizonte que podría ser identificado por un conjunto simple de letras, es subdividido para reconocer diferencias en rasgos morfológicos tales como textura, color o estructura. Estas divisiones son numeradas consecutivamente con números arábigos, pero la numeración comienza nuevamente con el 1 donde quiera que cambie en el perfil alguna letra del símbolo del horizonte, ejemplo: Bt1 Bt2 Btk1 Btk2 (no Bt1 Bt2 Btk3 Btk4). La numeración de las subdivisiones verticales de un horizonte no es interrumpida en una discontinuidad (indicada por un prefijo numérico), si la misma combinación de letras se utilizan en ambos materiales, ejemplo: Bs1 Bs2 2Bs3 2Bs4 (no Bs1 Bs2 2Bs1 2Bs2).

Durante el muestreo para análisis de laboratorio, los horizontes espesos son a veces subdivididos aunque no haya diferencias morfológicas evidentes

en el campo. Estas subdivisiones también son señaladas por números arábigos que siguen a la respectiva designación del horizonte. Por ejemplo, cuatro capas de un horizonte Bt muestreado en incrementos de 10cm, son designadas Bt1, Bt2, Bt3, Bt4. Si el horizonte ya fue subdividido a causa de diferencias en rasgos morfológicos, el conjunto de numerales arábigos que identifican la subdivisión adicional para el muestreo, siguen al primer numeral. Por ejemplo, tres capas de un horizonte Bt2 con un muestreo cada 10cm de incremento son designadas Bt21, Bt22, Bt23. Las descripciones para cada una de estas subdivisiones para muestreo pueden ser las mismas, pudiéndose agregar un comentario de que el horizonte solo ha sido subdividido para el muestreo.

2.5. DISCONTINUIDADES

En los suelos minerales se utilizan numerales arábigos como prefijos de la designación de horizontes (precediendo A, E, B, C y R). Estos prefijos son distintos de los numerales arábigos que se usan como sufijos para señalar subdivisiones verticales.

Una discontinuidad que debe ser identificada con un prefijo numérico es un cambio significativo en la granulometría o en la mineralogía que indica una diferencia en el material en el cual el horizonte se ha formado, y/o una significativa diferencia en edad, a menos que esa diferencia en edad quede indicada por el sufijo b (enterrado). Los símbolos para indicar discontinuidades litológicas son usados sólo cuando ellos pueden contribuir sustancialmente a comprender las relaciones entre horizontes. Las estratificaciones comunes en suelos formados en aluviones no son designadas como discontinuidades, a menos que la granulometría difiera marcadamente entre capas (clases texturales fuertemente contrastantes), aunque horizontes genéticos puedan haberse formado en las capas contrastantes.

Cuando un suelo se ha desarrollado completamente en una clase de material original, la totalidad del perfil está comprendido en el material 1 y el prefijo numérico es omitido del símbolo. De la misma manera, el material superior en un perfil consistente de dos

o más materiales contrastantes, se entiende que es el material 1, pero el número es omitido en el símbolo. La numeración se inicia con el segundo material contrastante, que es designado 2. Capas contrastantes subyacentes son numeradas consecutivamente (Ap E Bt1 2Bt2 2Bt3 2BC 3C)

Si existe una capa R en un suelo desarrollado sobre una regolita y se considera que el material de R a dado origen a la misma, no se señala una discontinuidad. Pero se la señala si el material que produce R es distinto al del solum (Ej.: A Bt C 2R)

Los horizontes enterrados (designados b), presentan problemas especiales. Si el material de los horizontes enterrados es similar al del depósito sobreyacente, la discontinuidad no es marcada con el prefijo numérico (Ej.: Ap1 Ap2 C A1b ABb Btb1 Btb2 C). Sin embargo, si el material en el cual el suelo enterrado se ha formado es litológicamente distinto al material sobreyacente, la discontinuidad es indicada y el símbolo de horizonte enterrado es también usado (Ej.: Ap Bt1 Bt2 C 2ABb 2Btb1 2Btb2 2C)

3. HORIZONTES DIAGNOSTICOS

3.1. HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUPERFICIALES. EPIPEDÓNES

A un horizonte que se ha desarrollado en la superficie del suelo se lo llama epipedón. Es un horizonte en el cual la estructura original de la roca ha sido destruida y que ha sido oscurecido por la materia orgánica o eluviado. Un depósito aluvial o eólico reciente que mantiene una fina estratificación o un Ap reposando directamente en ese material estratificado, no se incluye en el concepto de epipedón por que no hubo tiempo suficiente para que los procesos de formación del suelo borren las marcas de la deposición y se desarrollen propiedades diagnósticas.

Un epipedón no es lo mismo que un horizonte A; él puede incluir todo o parte de un horizonte B iluvial si el oscurecimiento con materia orgánica se extiende desde la superficie hasta el B. Se reconocen ocho horizontes diagnósticos superficiales.

3.1.1. EPIPEDÓN MÓLICO

El concepto central del epipedon mólico (Figura 2) es el de un horizonte de superficie de un suelo mineral que es de color oscuro y relativamente profundo, rico en materia orgánica (más del 1%), que no es masivo y duro o muy duro en seco, con una saturación en bases mayor del 50%, con menos de 1.500 ppm de P_2O_5 soluble en ácido cítrico y las bases de cambio están dominadas por los cationes bivalentes. Los requerimientos de color oscuro del epipedon determinan que se exijan valores de Munsell de 3 o menos en húmedo y de 5 o menos en seco y chromas de 3 o menos.

En cuanto a los requisitos de espesor, estos varían según la textura y la morfología del perfil, aunque las exigencias más comunes determinan mínimos de 18 cm ó 25 cm según los casos.



Figura 2: Perfil de suelo con un epipedón mólico y un endopedón argílico. Departamento Famaillá, Tucumán.

3.1.2. EPIPEDÓN ÓCRICO

Un horizonte superficial de un suelo mineral que es demasiado claro en color, muy bajo contenido en materia orgánica o demasiado delgado para ser plaggen, mólico, úmbrico, antrópico o hístico, o que es masivo y duro en seco.

3.1.3. EPIPEDÓN ÚMBRICO

Un horizonte superficial de un suelo mineral que tiene los mismos requerimientos que el epipedon mólico respecto al color, espesor, contenido de materia orgánica, consistencia, estructura y contenido de fósforo, pero que tiene una saturación con bases inferior al 50%.

3.1.4. EPIPEDÓN ANTRÓPICO

Un horizonte superficial de un suelo mineral que tiene los mismos requerimientos que el epipedon mólico con respecto a color, espesor, contenido en materia orgánica, consistencia y saturación con bases, pero tiene más de 1.500 ppm de P_2O_5 soluble en ácido cítrico o está seco por 9 meses o más, si no es irrigado.

3.1.5. EPIPEDÓN PLAGGEN

Un horizonte superficial hecho por el hombre, de más de 50 cm de espesor, formado como consecuencia de un largo y continuo abonado orgánico. Generalmente se encuentran en este horizonte, restos de ladrillo o cerámica.

3.1.6. EPIPEDÓN MELÁNICO

El epipedon melánico es un horizonte negro, profundo, en o cerca de la superficie que contiene altas concentraciones de carbono orgánico usualmente asociado a minerales de corto rango o a complejos humicos aluminicos. Los minerales secundarios son dominados normalmente por el alofano y el material edáfico tiene una baja densidad y una alta capacidad de adsorción aniónica.

3.1.7. EPIPEDÓN HÍSTICO

Un horizonte orgánico que está saturado con agua en algún periodo del año a menos que sea drenado artificialmente y que está en o cerca de la superficie. El epipedon hístico tiene una profundidad mínima de 20 cm y una máxima de 40 a 60 cm. que depende de la clase de materiales en el horizonte (grado de descomposición de la materia orgánica y/o contenido de carbono orgánico en función del contenido en arcilla). El contenido en Carbono Orgánico fluctúa entre el 18% o más en peso, si el contenido en arcilla es del 60% o más, al 12% o más si la fracción mineral no contiene arcilla.

3.1.8. EPIPEDÓN FOLÍSTICO

Es también un horizonte orgánico que difiere del hístico por que está saturado con agua por menos de 30 días (acumulativos), en años normales (y no están artificialmente drenados).

3.2. HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUBSUPERFICIALES. ENDOPEDONES

Corresponden a horizontes formados bajo la superficie del suelo, aunque en algunas áreas ellos se forman directamente abajo de una capa de hojarasca parcialmente descompuestas. Estos horizontes a veces pueden encontrarse expuestos en superficie por truncamiento o erosión. Algunos de estos horizontes son generalmente considerados como horizontes B por muchos edafólogos, pero no por todos, mientras que otros son considerados como partes del horizonte A.

3.2.1. HORIZONTE ÁGRICO

Es un horizonte iluvial que se ha formado bajo cultivo y que contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial. Las cavidades de las lombrices y el limo, arcilla y humus iluvial ocupan por lo menos el 5% del volumen del horizonte. La arcilla y el humus iluvial se presentan como láminas o fibras horizontales o como revestimientos (cutanes), sobre las

superficies de los agregados o cavidades de lombrices.

3.2.2. HORIZONTE ARGÍLICO

Es un horizonte iluvial caracterizado por una significativa acumulación iluvial de arcillas silicatadas. El debe haberse formado abajo de un horizonte eluvial pero puede ser encontrado en la superficie en un suelo truncado parcialmente (Figura 2).

El horizonte argílico debe tener un cierto espesor mínimo que depende del espesor del solum, una mínima cantidad de arcilla en comparación con el horizonte eluvial sobreyacente que depende del contenido en arcilla de este último y usualmente debe presentar revestimientos, denominados **cutanes**, de arcilla orientada en la superficie de los poros o agregados o puentes entre los granos de arena (Figura 3 y 4)

En general para contenidos intermedios de arcilla del horizonte eluvial (15 a 40%) debe contener 1,2 veces (20%), o más de arcilla.

El espesor del horizonte argílico debe ser de 1/10 o más del espesor total de todos los horizontes sobreyacentes (en suelos no truncados o sin discontinuidad litológica con el horizonte eluvial).

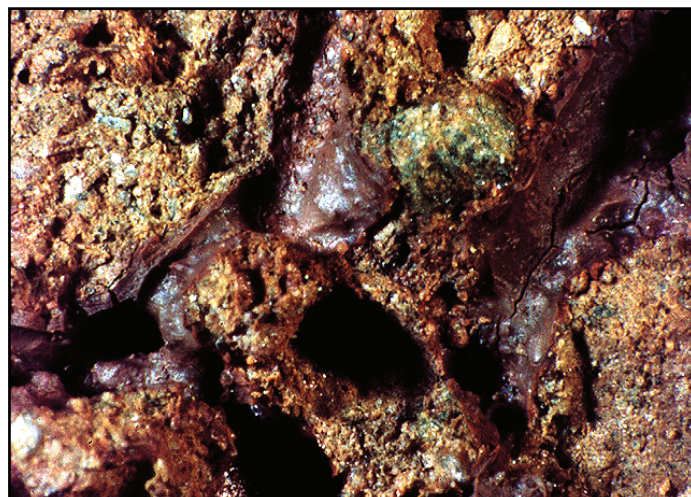


Figura 3: Cutanes. Fuente: Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. www.edafologia.ugr.es.

3.2.3. HORIZONTE CÁMBICO

Es un horizonte de alteración que no tiene el color, el contenido de materia orgánica y la estructura

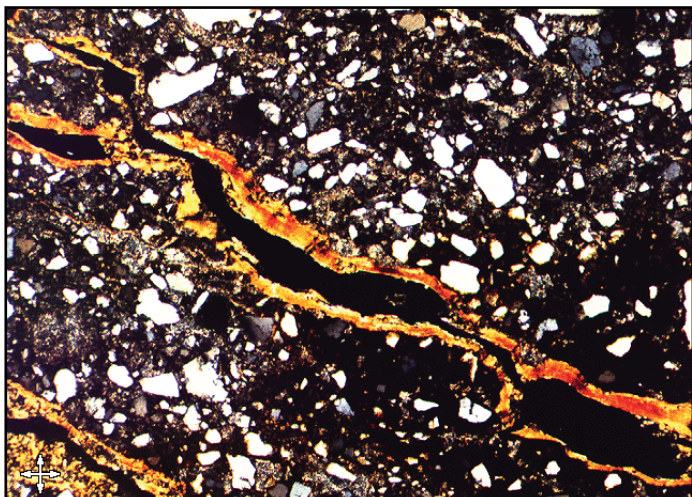


Figura 4: Vista lateral del revestimiento de arcilla (cután) a través del microscopio. Fuente: Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. www.edafologia.ugr.es.

de un epipedon hístico, mólico o úmbrico.

El horizonte cámbico tiene una textura franco arenosa fina o más fina, una estructura pedológica, contiene algunos minerales alterables y está caracterizado por la alteración o remoción de minerales lo que se indica por la presencia de moteados o colores grises, cromas más fuertes o hues más rojos o contenidos de arcilla más altos que el material subyacente o por la remoción de carbonatos. El horizonte cámbico no reúne los requerimientos de un horizonte argílico, kándico, óxico o espódico, ni tiene cementaciones, endurecimientos o consistencia frágil (brittle), en húmedo. El límite inferior de un horizonte cámbico debe encontrarse a 25 cm o más de la superficie.

3.2.4. HORIZONTE KÁNDICO

Es un horizonte diagnóstico subsuperficial que tiene un incremento en el contenido de arcilla con relación a los horizontes suprayacentes, similar a un horizonte argílico, pero las arcillas que lo constituye son de baja actividad (16 cmolc/kg o menos de CIC por 100 gr de arcilla).

Los requisitos sobre su contenido en arcilla son similares al argílico. Su límite superior no es difuso y puede localizarse a diferentes profundidades, dependiendo del contenido en arcilla del horizonte superficial y la familia textural de los 100 cm superiores del per-

fil. El horizonte kándico debe tener una textura franco arenosa muy fina o más fina y normalmente posee un espesor de 30 cm o más.

3.2.5. HORIZONTE NÁTRICO

Es un horizonte subsuperficial que satisface los requerimientos de un horizonte argílico, pero que además tiene una estructura columnar, o menos comúnmente prismas o raramente bloques con lenguas de granos desnudos de limo o arena de un horizonte eluvial y 15 % o más de sodio intercambiable (PSI).

3.2.6. HORIZONTE ÓXICO

Es un horizonte mineral que tiene por lo menos 30 cm. de espesor, caracterizado por una virtual ausencia de minerales primarios alterables o de arcillas tipo 2:1, por la presencia de arcillas de red 1:1 y de minerales altamente resistentes como arenas de cuarzo, la presencia de óxidos hidratados de hierro y aluminio, la ausencia de arcillas dispersables en agua, una baja capacidad de intercambio (16 cmolc/kg o menos por 100 gr de arcilla), y una pequeña cantidad de bases intercambiables.

Un horizonte óxico tiene una textura franco arenosa o más fina y un límite superior difuso en el incremento de arcilla.

3.2.7. HORIZONTE ESPÓDICO

Es un horizonte mineral caracterizado por la acumulación iluvial de materiales amorfos compuestos de aluminio y carbono orgánico, con o sin hierro. Estos materiales espódicos tienen elevadas cargas pH dependientes, un área superficial elevada y una capacidad de retención de agua alta (Figura 5)

El horizonte espódico tiene como mínimo 2,5 cm de espesor y no forma parte del horizonte Ap. En suelos vírgenes normalmente yace debajo de un horizonte álbico, o menos comúnmente debajo de un epipedon óxico o de un úmbrico, o directamente debajo de un horizonte O. En suelos cultivados general-

mente se presenta directamente abajo del horizonte Ap.



Figura 5: Endopedón espódico debajo de un horizonte álbico en el estado de Florida (EEUU). Fuente: Florida Land Judging. www.landjudging.org.

3.3. OTROS RASGOS Y HORIZONTES DIAGNÓSTICOS

Se describen bajo este título otros rasgos pedológicos y horizontes diagnósticos de interés taxonómico y edafológico.

3.3.1. HORIZONTE ÁLBICO

Un horizonte eluvial de más de 1 cm de espesor del cual las arcillas y óxidos libres de hierro han sido removidos o segregados hasta tal punto que el color del horizonte es determinado por el color de las partículas primarias de limo y arena (Figura 5).

El horizonte álbico usualmente yace debajo de

un horizonte A, pero puede encontrárselo en la superficie. Abajo de un horizonte álbico normalmente hay un horizonte argílico, nátrico, kándico, espódico, cámbico o un fragipan.

3.3.2. HORIZONTE CÁLCICO

Un horizonte mineral enriquecido en carbonato de calcio o de calcio y magnesio secundarios, que tiene más de 15 cm de espesor, con más de 15% de contenido en carbonato de calcio y 5% más que el horizonte C subyacente.

El horizonte cálcico no se encuentra cementado. Sus fragmentos secos al aire se deshacen en el agua.

3.3.3. HORIZONTE GÍPSICO

Un horizonte mineral enriquecido en sulfato de calcio secundario (yeso), que tiene más de 15 cm. de espesor, más de 5% de yeso que el horizonte C y en el cual el producto del espesor (en cm) por la cantidad de yeso en porcentaje, es mayor de 150 (Ej.: una capa de 30 cm que tiene 6% de yeso, se califica como horizonte gípsico si el horizonte C no tiene más del 1% de yeso). El horizonte gípsico no está cementado y un fragmento seco se deshace en el agua.

3.3.4. HORIZONTE SÁLICO

Un horizonte mineral enriquecido en sales más solubles que el yeso. El horizonte sálico debe tener más de 15 cm de espesor, una conductividad eléctrica (CE) igual o mayor que 30 dS/m en pasta saturada y el producto de la CE por el espesor (en cm), da un valor igual o mayor de 900.

3.3.5. HORIZONTE PETROCÁLCICO

Un horizonte cálcico endurecido, continuo que está cementado por carbonato de calcio, más raramente con carbonatos de calcio y de magnesio, con o sin sílice como accesorio. El horizonte es masivo o laminar, muy, extremadamente o más duro cuando seco (no puede ser penetrado con la pala o

el barreno) y muy, extremadamente o más firme en húmedo. Sus poros de drenaje están rellenos y su conductividad hidráulica es moderadamente baja a muy baja. Constituye una barrera para las raíces. Típicamente el horizonte petrocálcico tiene más de 10 cm de espesor.

3.3.6. HORIZONTE PETROGÍPSICO

Es un horizonte de más de 10 cm de espesor tan fuertemente cementado con yeso, que sus fragmentos secos no se deshacen en el agua y que resulta impenetrable por las raíces.

Los horizontes petrogípsicos se encuentran restringidos a los climas áridos y a materiales originales ricos en yeso.

3.3.7. HORIZONTE PLÁCICO

Es un horizonte delgado, de color negro a rojo oscuro, que se encuentra cementado ya sea por hierro, o hierro y manganeso o por complejos de hierro y materia orgánica. Generalmente tiene entre 2 y 10 mm de espesor, pero puede ser tan delgado como 1 mm y por partes, puede alcanzar hasta 40 mm de espesor.

El horizonte plácico se localiza en el solum, comúnmente dentro de los 50 cm superficiales y es groseramente paralelo a la superficie.

El horizonte plácico tiene una baja permeabilidad y resulta impenetrable para el agua o las raíces.

3.3.8. HORIZONTE SÓMBRICO

Un horizonte mineral subsuperficial que es más oscuro en color que el horizonte sobreyacente.

El horizonte sómbrico se ha formado bajo condiciones de buen drenaje. El contiene humus iluvial que no se encuentra asociado ni al aluminio, como en el horizonte espódico, ni está dispersado por el sodio, como en el horizonte nátrico.

El horizonte sómbrico se localiza en suelos húmedos y fríos de las altiplanicies y altas montañas de las regiones tropicales y subtropicales. Debido al fuerte lavado, la saturación con bases es baja (menor del 50%).

3.3.9. DURIPÁN

Es un horizonte mineral cementado con sílice, normalmente ópalo o formas de sílice microcristalinas, cuyos fragmentos secos al aire no se deshacen en agua o ácido clorhídrico. El cemento es soluble en hidróxido de potasio concentrado o con tratamientos alternados con hidróxido de potasio y ácido clorhídrico.

Un duripán puede tener como cementos accesorios carbonato de calcio u óxidos de hierro.

El duripán es un horizonte que presenta restricciones al desarrollo radical.

3.3.10. FRAGIPÁN

Es un horizonte subsuperficial de textura franca o raramente arenosa, que puede subyacer a un horizonte álbico, argílico, cámbico o espódico.

Un fragipán tiene un muy bajo contenido en materia orgánica, una alta densidad que es mayor que la del horizonte sobreyacente y una consistencia dura o muy dura en seco.

En húmedo, un fragipán tiene una moderada o débil fragilidad ("brittleness": tendencia del fragmento a romperse repentinamente, más que ha sufrir una lenta deformación, cuando se aplica una presión). Un fragipán muestra moteados, tiene una permeabilidad lenta o muy lenta y normalmente presenta ocasionales o frecuentes grietas verticales rugosas decoloradas que forman polígonos y que constituyen las caras de bloques o prismas gruesos o muy gruesos. Los fragmentos secos se deshacen o se fracturan cuando se los coloca en el agua.

El fragipán es una capa restrictiva al desarrollo radical que puede encontrarse tanto en suelos vírgenes como cultivados, pero no en suelos calcáreos.

3.3.11. PLINTITA

Es una mezcla no endurecida de óxidos de hierro y aluminio, arcilla, cuarzo y otros diluyentes que comúnmente ocurren como moteados de color rojo oscuro, usualmente ordenados en patrones laminares, poligonales o reticulares. La plintita cambia irrever

siblemente a un pan férrico endurecido o a agregados irregulares cuando es expuesta a repetidos humedecimientos y secados.

Generalmente la plintita se forma en un horizonte que está saturado con agua durante algún tiempo durante el año.

3.3.12. DURINODOS

Nódulos débilmente cementados a endurecidos cementados con sílice.

3.3.13. CONTACTO LÍTICO

Es el límite entre el suelo y un material coherente y continuo, subyacente. El material subyacente debe ser suficientemente coherente como para que la excavación manual con pala sea difícil. Si el material subyacente está constituido por un solo mineral, su dureza en la escala de Mohs es de tres o más. Las grietas que puedan ser penetradas por las raíces son pocas y espaciadas a más de 10 cm.

Normalmente el material subyacente al contacto lítico está constituido por rocas ígneas o metamórficas duras o sedimentarias muy consolidadas.

3.3.14. CONTACTO PARALÍTICO

Es el límite entre el suelo y un material subyacente coherente y continuo. Difiere del contacto lítico, en que si el material subyacente está constituido por un solo mineral, tiene una dureza en la escala de Mohs inferior a 3. El material puede ser excavado con dificultad con una pala. Normalmente el material subyacente en un contacto paralítico es una roca sedimentaria parcialmente consolidada tal como areniscas, limolitas, esquistos, etc., y su densidad o consolidación es tal que las raíces no pueden penetrar. Puede haber grietas pero su espaciamiento horizontal debe ser de más de 10 cm.

3.3.15. CONTACTO PETROFÉRRICO

Un límite entre el suelo y una capa continua

de suelo endurecido, en el cual el hierro es un cemento importante y que carece de materia orgánica o solo existen trazas. Esto lo distingue del horizonte plácico y de un horizonte espódico endurecido (orstein), los cuales sí poseen materia orgánica.

3.3.16. SUPERFICIES DE ESPEJOS (SLICKENSIDES)

Superficies brillantes y acanaladas producidas por el deslizamiento de una masa de suelo sobre otra (Figura 6). Son muy comunes en suelos con abundantes arcillas expansibles que sufren marcados cambios en el contenido de humedad.



Figura 6: Superficie de espejo en un vertisol de la provincia de Buenos Aires.

3.3.17. CONCRECIONES

Son concentraciones locales de un compuesto químico, tal como el carbonato de calcio, óxidos de hierro y de manganeso, en forma de granos o nódulos de tamaños, formas, dureza y color diversos.

3.3.18. EFLORESCENCIAS

Reciben este nombre las ocurrencias de formas cristalinas de varias sales en formas de costras o revestimientos. Las eflorescencias de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y sodio son comunes. Las eflorescencias pueden ocurrir sobre la superficie

del suelo (son las eflorescencias propiamente dichas); como películas sobre las paredes de grietas o agregados; como pseudomicelios, venas delgadas e irregulares que penetran la masa del suelo.

Las eflorescencias se visualizan más fácilmente después de largos períodos de sequía.

3.3.19. CUTANES

Una modificación de la textura, estructura o el ordenamiento que ocurre en una superficie natural del suelo (de agregados, poros o partículas), debido a la concentración de un constituyente particular del suelo (limo, arcilla, humus, óxidos de hierro, calcita, etc.), o una modificación “in situ” del plasma (Figuras 3 y 4).

3.3.20. CONDICIONES ÁCUICAS

Los suelos con condiciones ácuicas son aquellos que corrientemente sufren una continua o periódica saturación y reducción. La presencia de estas condiciones es marcada por rasgos denominados redoximórficos, que pueden ser verificados midiendo las condiciones de saturación y reducción, excepto en los suelos que son artificialmente drenados.

La duración de la saturación requerida para generar las condiciones ácuicas varían, dependiendo del ambiente edáfico. Se han definido tres tipos de saturación:

- Endosaturación:** El suelo está saturado con agua en todas sus partes desde el límite superior de saturación hasta una profundidad de 200 cm o más desde la superficie (capa freática permanente).
- Episaturación:** El suelo está saturado con agua en una o más capas dentro de los 200 cm desde la superficie y tiene también una o más capas insaturadas, con su límite superior arriba de los 200 cm, debajo de la capa saturada (capa freática colgante).
- Saturación anthrica:** Es un caso especial de episaturación que ocurre en los suelos cultivados y regados por inundación (arrozales).

4. RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO

El régimen de humedad del suelo es una propiedad importante del suelo y también determinante de procesos que pueden ocurrir en el suelo.

Para estimar el régimen de humedad del suelo a partir de datos climáticos, se ha definido la sección de control de humedad. La profundidad y espesor de la sección de control varía con la textura y estructura del suelo. En general se admite que la sección de control se extiende aproximadamente:

- Desde 10 a 30 cm si la clase textural es franco fina, limosa gruesa, limosa fina, o arcillosa.
- Desde 20 a 60 cm si la textura es franco gruesa .
- Desde 30 a 90 cm si es arenosa.

4.1. CLASES DE RÉGIMEN DE HUMEDAD

4.1.1. RÉGIMEN ÁCUICO

El régimen ácuico de humedad es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto por que está saturado con agua. Algunos suelos que están saturados con agua pero hay oxígeno disuelto ya sea por que el agua está en movimiento o hay condiciones desfavorables para los microorganismos (por ej. temperaturas $<1^{\circ}\text{C}$), no se considera que posean un régimen ácuico.

Para que el régimen sea ácuico deben generarse condiciones ácuicas y los rasgos redoximórficos estar presentes.

4.1.2. RÉGIMEN ARÍDICO O TÓRRICO

Estos términos son usados para el mismo régimen de humedad.

En este régimen los suelos se encuentran secos en toda la sección de control durante más de 180 días acumulativos en el año y están húmedos en alguna o en todas las partes de la sección de control por menos de 90 días consecutivos cuando la temperatura es superior a 8°C . Corresponde climas donde la Evapo-



transpiración potencial supera a las precipitaciones durante casi todos los meses del año.

4.1.3. RÉGIMEN ÚDICO

En el régimen údico la sección de control de humedad no está seca en ninguna parte por más de 90 días acumulativos en años normales y si la temperatura media del suelo es menor de 22°C, la sección de control está seca por menos de 45 días consecutivos en los 4 meses siguientes al solsticio de verano. El régimen údico se corresponde con los climas húmedos de lluvias bien distribuidas a lo largo del año y donde las precipitaciones son ligeramente iguales o exceden a la evapotranspiración.

4.1.4. RÉGIMEN ÚSTICO

Este es un régimen intermedio entre el arídico y el údico. Su concepto es el de un clima donde la humedad es limitada pero que está presente en el período cuando las condiciones (térmicas) son apropiadas para el desarrollo vegetal.

En el régimen ústico la sección de control está seca en alguna o en todas sus partes por 90 o más días acumulativos en años normales. Está húmeda, sin embargo, en alguna parte ya sea por más de 180 días acumulativos por año o 90 o más días consecutivos.

El régimen ústico caracteriza a los climas de régimen monzónico de precipitaciones, donde las lluvias se producen durante el período primavera verano o verano otoño.

4.1.5. RÉGIMEN XÉRICO

El régimen xérico es el régimen de humedad típico de las áreas de clima mediterráneo, donde los inviernos son húmedos y fríos y los veranos cálidos y secos. En estas áreas, la sección de control de humedad, en años normales, está seca en todas sus partes por 45 o más días consecutivos en los 4 meses que siguen al solsticio de verano y húmeda en todas sus partes por 45 o más días consecutivos en los 4 meses siguientes al solsticio de invierno.

5. RÉGIMEN DE TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura del suelo es una de sus propiedades importantes. Dentro de límites, ella controla las posibilidades de crecimiento de las plantas y de formación del suelo.

Para la mayoría de los propósitos prácticos, el régimen de temperatura puede ser descrito por la temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad.

5.1. CLASES DE RÉGIMEN DE TEMPERATURA

5.1.1. CRYÍCO

La temperatura media anual es inferior a 8°C pero los suelos no tienen permafrost.

5.1.2. FRÍGIDO

En este régimen la temperatura media anual es también menor de 8°C, pero durante el verano las temperaturas son superiores que en el régimen cryíco y la diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno es superior a 6°C.

5.1.3. MÉSICO

La temperatura media anual del suelo es superior a 8°C pero inferior a 15°C y la diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno es mayor de 6°C.

5.1.4. TÉRMICO

La temperatura media anual del suelo es de 15°C o más alta pero menor de 22°C, y la diferencia entre las medias de verano e invierno es superior a 6°C.

5.1.5. HIPERTÉRMICO

La temperatura media anual del suelo a 50



cm de profundidad es de 22°C o más alta y la diferencia entre la media de verano e invierno es de más de 6°C.

Cuando la diferencia entre las temperaturas medias del suelo de verano e invierno a 50cm de profundidad es igual o menor de 6°C se usa el prefijo iso, se tienen así los regímenes isofrío, isomésico, isotérmico e isohipertérmico.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. USDA. 2003. Keys to Soil Taxonomy. Ninth Edition. CD.
2. USDA. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second Edition. Agricultural Handbook N° 436.