

Cátedra de Edafología

Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria
Universidad Nacional de Tucumán

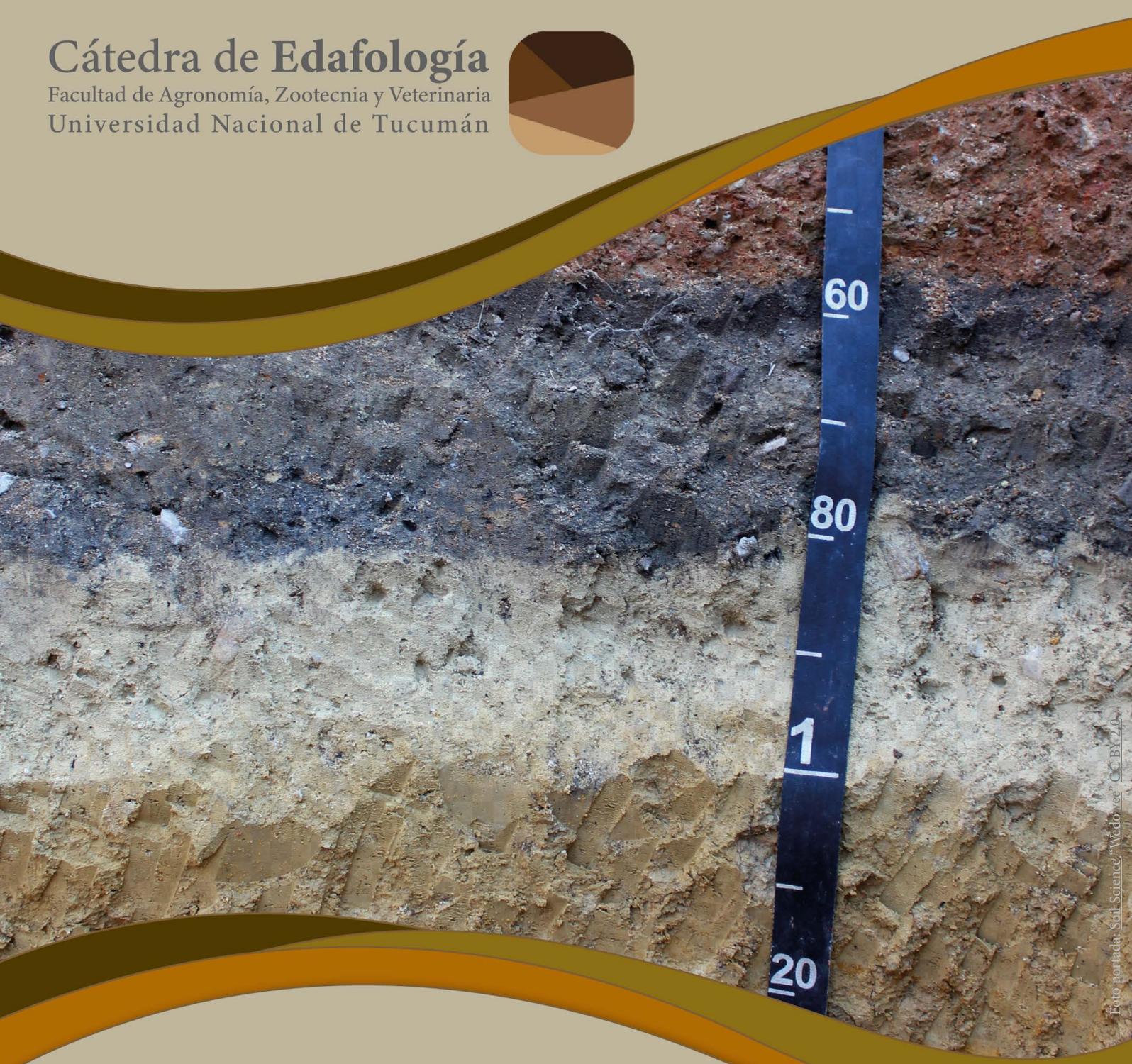


Foto portada: Soil Science/Weddo/vee CC BY 2.0

Guía de estudio

Morfología del suelo

2023



Facultad de
Agronomía,
Zootecnia
y Veterinaria
UNT



MORFOLOGÍA DEL SUELO

Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivarri

1. INTRODUCCIÓN

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. La formación de horizontes y la relación entre los mismos realmente comienza cuando la vegetación logra establecerse y empieza a generar adiciones de materia orgánica a través de las hojas que caen sobre el suelo y sus raíces que se descomponen en el mismo. Estos residuos son transformados por los organismos que habitan el suelo en materia orgánica. La formación de materia orgánica a su vez incrementa la capacidad del suelo de acumular agua y nutrientes, lo que crea un círculo virtuoso que hace que las plantas crezcan más vigorosas y a su vez generen mayor cantidad de materia orgánica. Este suelo rico en materia orgánica, a su vez, atrae a la fauna del suelo (lombrices, hormigas, escarabajos, etc.) que por su parte aceleran el proceso de transformación antes mencionado. Por otro lado, estos pequeños organismos crean las condiciones que aceleran el proceso de transferencia de diferentes materiales entre los horizontes, creando macroporos o galerías y transportando el material ellos mismos entre distintos horizontes.

Son entonces los factores climáticos y biológicos los que provocan las mayores transformaciones y una mezcla más o menos completa de estos los elementos que forman el suelo, de esto se desprende que algunos horizontes se empobrecen y otros se enriquecen en distintos tipos de materiales. El conjunto de estos pro-

cesos 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.

2. HORIZONTES GENÉTICOS

2.1. HORIZONTES GENÉTICOS PRINCIPALES

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. Las letras mayúsculas O, A, E, B, C, R, y W, son utilizadas para designar y representar a los horizontes principales y capas de suelo (Figuras 1 y 2). 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 (el horizonte B, por ejemplo, necesariamente tiene que estar acompañado por un sufijo).

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).

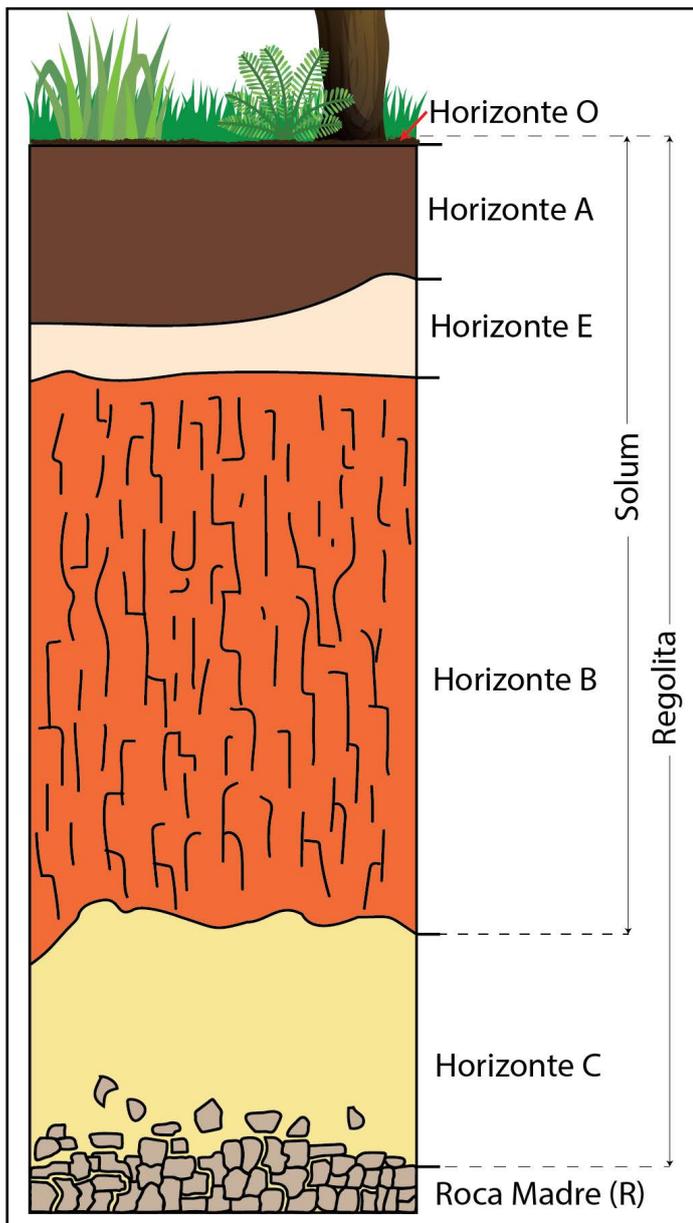


Figura 1: Horizontes y capas principales de un perfil de suelo evolucionado.

2.1.1. CAPA U HORIZONTE O

Son horizontes superficiales que contienen altos porcentajes de materia orgánica (mayor a 20 o 30%). Normalmente se los encuentra debajo de áreas forestadas y raramente se encuentra en zonas de pasturas. Algunos horizontes O están saturados por el agua durante largo tiempo, o lo estuvieron y ahora están drenadas, otras nunca estuvieron saturadas. Algunos horizontes O consisten de restos vegetales no descompuestos o parcialmente descompuestos, que han sido

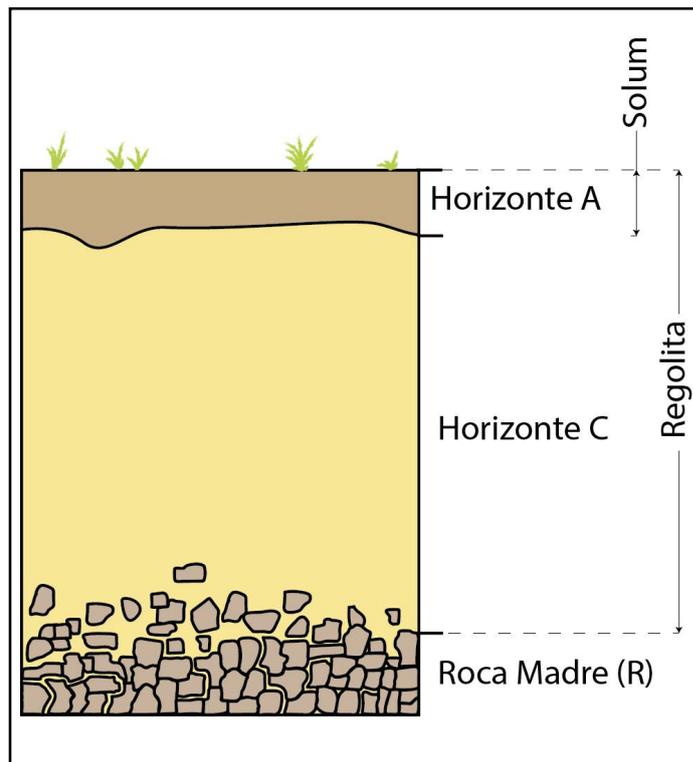


Figura 2: Horizontes y capas de un perfil de suelo poco evolucionado.

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.

El horizonte O puede ir acompañado de los siguiente sufijos

- Oi: horizonte orgánico con restos reconocibles de plantas y animales (hojas, pequeñas ramas, etc.)
- Oe: consiste en materiales finamente fragmentados y con una descomposición intermedia, aunque todavía se pueden distinguir las fibras cuando se frota entre los dedos.
- Oa: horizonte O compuesto de material muy descompuesto, en donde no se distinguen muchas fibras o estructuras de tejido (Figura 3).

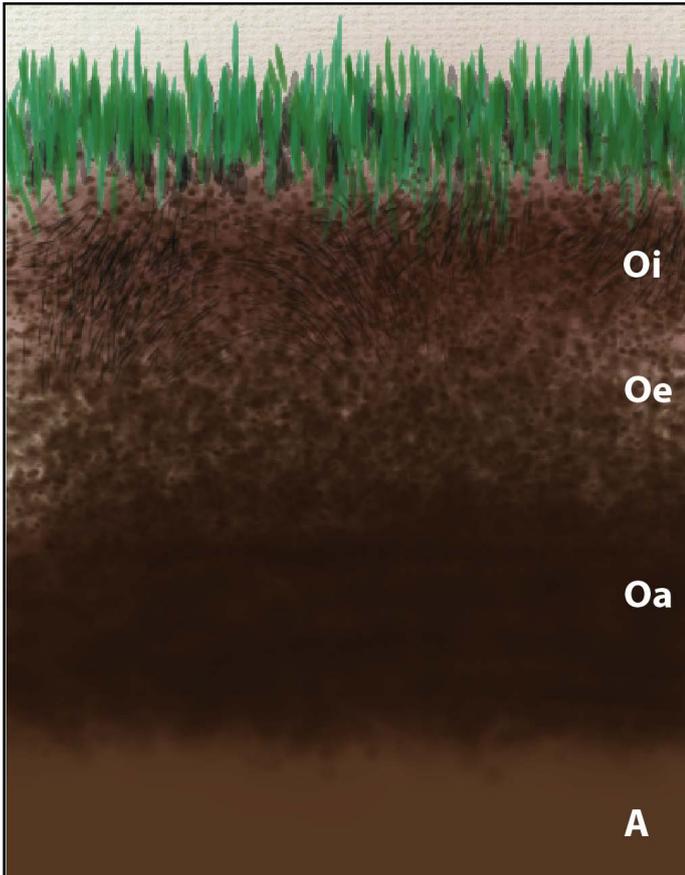


Figura 3: Esquema de un horizonte O con distintos grados de descomposición de la materia orgánica.

2.1.2. HORIZONTE 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:

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

2.1.3. HORIZONTE E

Horizontes minerales en los cuales el principal rasgo es la pérdida de arcillas silicatadas, hierro o alu-

minio, 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 (color más claro y textura más gruesa). 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 (Figura 4). El horizonte E está normalmente cerca de la superficie, abajo de un horizonte A ú O y arriba de un horizonte B. Normalmente se desarrollan bajo bosques, raramente se lo encuentra en desarrollado bajo pasturas.

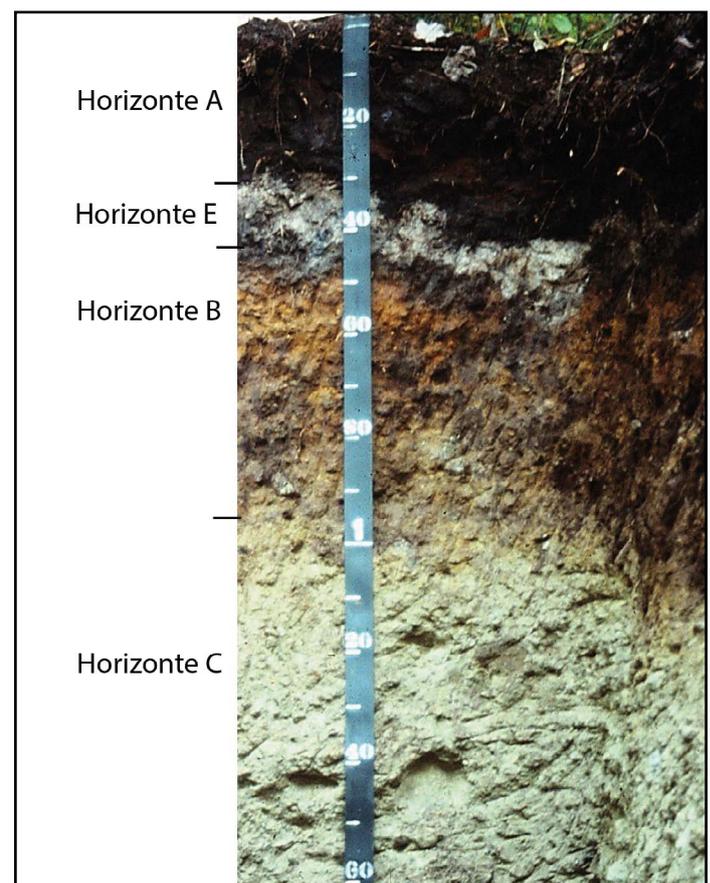


Figura 4: Horizontes A, E, B y C en un Spodosol del condado de Berkshire, Massachusetts (EEUU). Fuente: [Soil Science "Oxyaquic Haplorthod" \(CC BY 2.0\)](#)

2.1.4. HORIZONTE B

Son 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. Se caracterizan por la **acumulación** de algunas sustancias o por los **procesos de transformación** que se presentan en algunos tipos de horizontes B.

En regiones húmedas, el horizonte B normalmente acumula materiales como óxidos de hierro y aluminio o arcillas, los cuales pueden haber provenido mediante iluviación, desde los horizontes de suprayacentes (Horizonte Bt) o pueden haberse formado in situ (Horizontes Bw) en regiones con menores precipitaciones. En regiones húmedas y frías se desarrollan bajo bosques horizontes B con acumulación iluvial de humus y/o sesquióxidos (Horizonte Bh, Bs o Bhs). En regiones áridas o semiáridas se encuentran horizontes B con acumulación de carbonato de calcio o sulfato de calcio (horizontes Bk o By). Otro horizonte B se caracteriza por la acumulación residual de sesquióxidos, formados en regiones tropicales con altas precipitaciones (Horizonte Bo).

2.1.4. CAPA U HORIZONTE 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.

2.1.5. CAPA 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.

2.1.6. CAPA 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** Fragipan. 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, Na₂SO₄).

En un anexo al final de este capítulo se encuentran algunas convenciones para la utilización de sufijos, sobretodo cuando en algún horizonte es necesario utilizar más de uno.

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. 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).

2.5. DISCONTINUIDADES

En los suelos minerales se utilizan numerales arábigos como prefijos para marcar una discontinuidad.

Una discontinuidad **es un cambio significativo en la granulometría o en la mineralogía** entre dos horizontes adyacentes, lo que indica una diferencia en el material original por el cual el horizonte se ha formado, y/o una significativa diferencia en edad.

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)

3. ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

3.1. CALICATAS

Los perfiles de suelo se observan normalmente en excavaciones hechas al efecto denominadas calicatas. Las dimensiones de las calicatas deben ser tales que permitan una cómoda observación y la profundidad debe estar en relación al problema planteado (profundidad de enraizamiento del cultivo o plantación en estudio, desarrollo en profundidad del perfil del suelo, necesidad de caracterizar capas profundas para estudios de riego y drenaje, etc.). Las profundidades más frecuentes son entre 1,50 y 2,00 m y en caso necesario se explora más profundamente con ayuda de la pala barreno (Figura 5).

Las calicatas deben orientarse de manera que al momento de la observación se encuentren iluminadas por la luz directa del sol. La observación es preferible realizarla después de algunos días (48 horas aproximadamente) de hecha la excavación, a fin de que un cierto grado de exposición permita una mejor expresión de las características a observar.

Deben tomarse precauciones especiales en la ubicación de la calicata. Su emplazamiento debe corresponder a una situación representativa de la condición que se quiere caracterizar, debiéndose evitar lugares alterados como hormigueros, cuevas de roedores, tránsito o estacionamiento excesivo de maquinarias o ganado (muy próximo a alambrados o puertas de potreros), canales de riego, etc.

Debe registrarse la localización geográfica del sitio de descripción tan precisamente como sea posible. Pueden utilizarse referencias culturales o naturales de carácter permanente, aunque es preferible dejar el sitio georeferenciado mediante un GPS.



Figura 5: Calicata para el estudio del perfil del suelo.
Fuente: Esteban Arroyo (EEAOC)

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS UTILIZADAS PARA LA DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

3.2.1. PROFUNDIDAD, ESPESOR Y LÍMITES DE LOS HORIZONTES

La descripción del perfil debe incluir para cada horizonte o capa, su espesor en centímetros y la profundidad de sus límites superior e inferior a contar

desde el límite superior del horizonte A.

Se entiende por límite, a la superficie o capa transicional entre dos horizontes o capas colindantes. En la mayoría de los casos los límites constituyen una zona de transición más que una línea definida de división. Los límites varían por su distinción y por la forma del plano de separación.

La **distinción** (Figura 6) se define en términos del espesor de la zona de transición y puede ser:

- Abrupto: menos de 2 cm.
- Claro: de 2 a 5 cm.
- Gradual: de 5 a 15 cm.
- Difuso: más de 15 cm.

La **forma del plano** (Figura 7) se refiere a las irregularidades de la superficie que divide a los horizontes vecinos. Se la describe con los siguientes términos:

- Suave: el límite es un plano casi horizontal.
- Ondulado: presenta ondulaciones donde las depresiones son más anchas que profundas.
- Irregular: ondulaciones irregulares más profundas que anchas.
- Quebrado: uno o los dos horizontes separados por el límite son discontinuos y el límite es interrumpido.

3.2.2. EL COLOR DEL SUELO

En la mayoría de los perfiles de suelo, la característica más sobresaliente para distinguir los horizontes

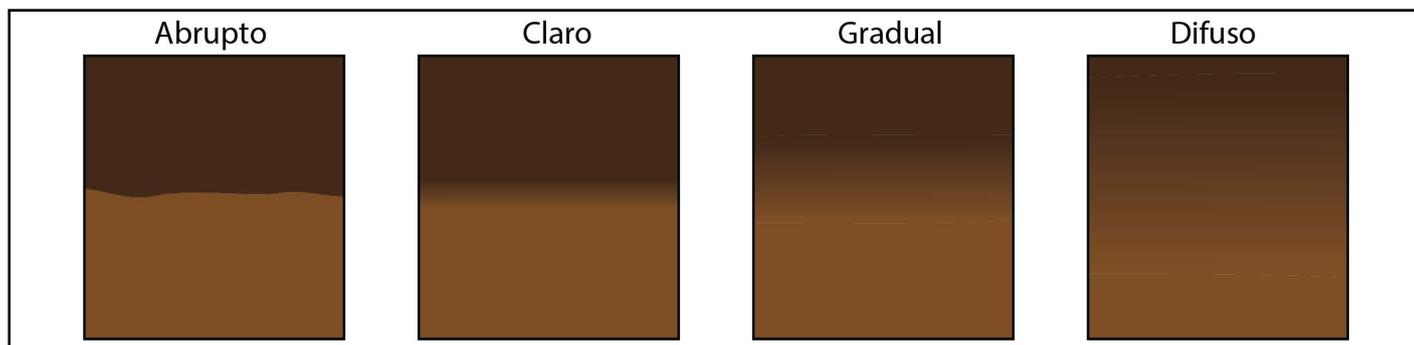


Figura 6: Distinción de los límites de los horizontes

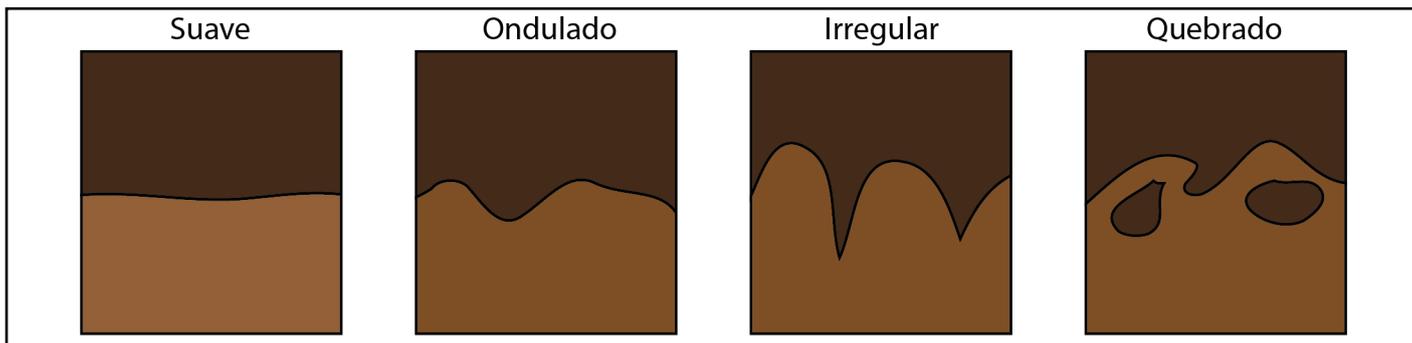


Figura 7: Forma de los límites entre horizontes.

es el color¹. Cada perfil de suelo descrito en el campo debe mostrar un cuadro completo de los colores de todos sus horizontes. El color del suelo se determina por comparación con la carta de colores de Munsell (Figura 8). En esta carta, cada color es clasificado mediante tres características:

- **Hue:** (matiz) corresponde al color dominante del espectro. Cada página de la carta de Munsell corresponde a un Hue. Por ejemplo para el amarillo-rojizo de símbolo YR (Yellow-Red) tenemos 2,5YR, 5YR, 7,5YR y 10YR de acuerdo a la proporción de amarillo o rojo que contengan las variaciones de colores. El esquema se repite para los otros colores.
- **Value:** (luminosidad), corresponde a la relativa iluminación del color con relación a la escala neutra del gris. El Value se extiende desde el negro puro (0/) al blanco puro (10/), encontrándose el gris en el medio, por lo que su notación es 5/. Los colores claros quedan indicados por una notación entre 5/ y 10/ y los colores oscuros entre 5/ y 0/. En cada tarjeta de la tabla de Munsell los Values se encuentran ordenados verticalmente mostrando intervalos iguales desde los más luminosos a los más oscuros de ese Hue.
- **Chroma:** (intensidad o saturación) corresponde a la intensidad del color. Las escalas de Chroma de los suelos se extienden desde /0 para los colores neutros, a chromas de /8 para la máxima

expresión del color usado para los suelos. El Chroma está ordenado horizontalmente en cada tarjeta Munsell, incrementando su valor de izquierda a derecha.

La nomenclatura del color de un horizonte consiste en a) El nombre del color (pardo rojizo, pardo muy oscuro, etc.) y b) El símbolo o notación del color (ej. 10YR 2/2)

Entonces el nombre del color que lleva la descripción del suelo podría ser, a modo de ejemplo, **Pardo Oscuro 10YR 2/2**, en donde “Pardo oscuro” es el



Figura 8: Comparación del color de una muestra de suelo en húmedo con la tabla de Munsell.

¹ Para mayor información y desarrollo del color del suelo, remitirse a la guía de Física del Suelo

nombre de color, “10YR” es el Hue y 2/2 son el Value/ Chroma. Esta notación permite comparar colores de forma objetiva teniendo una escala de referencia.

Por otra parte, el color del suelo varía con el contenido de humedad, por lo que el color se puede determinar en dos niveles de humedad determinados: muestras secas al aire y en húmedo a la capacidad de campo. Para esto último, se humedece la muestra y una vez que la película de agua desaparece, se determina el color.

Si existen **moteados**² de colores diferentes se debe indicar el color de las motas e indicar el contraste, la abundancia y el tamaño de las mismas (Ej. “Escasos moteados irregulares, medianos, nítidos, amarillo rojizos”).

3.2.3. LA TEXTURA DEL SUELO

La textura³ refiere a la **proporción relativa en peso en que se encuentran en una masa de suelo las distintas fracciones granulométricas menores de 2 mm** de diámetro, agrupadas en clases por tamaño. Específicamente se refiere a los porcentajes de arcilla, limos y arenas, que constituyen la fase sólida mineral de una muestra de suelo.

Una muestra de suelo está constituida por distintas combinaciones de arenas, limos y arcilla. Estas diferentes combinaciones reciben el nombre de clases texturales.

Se reconocen doce clases texturales según la proporción que contengan de cada una de las partículas.

La estimación en campo de la textura se realiza amasando con la mano una porción de suelo humedecida y valorando las sensaciones que producen al tacto y al oído las distintas fracciones granulométricas. Con experiencia es posible estimar con una aproximación aceptable la clase textural correspondiente.

La descripción de cada uno de los horizontes descriptos debe llevar la clase textural estimada en campo.

2. Machas o manchones que presentan un color apreciablemente diferente al color dominante del horizonte. Indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación). Ver guía de Aireación del suelo.

3. Para mayor información y desarrollo de la textura del suelo, remitirse a la guía de Física del Suelo

3.2.4. FRAGMENTOS GRUESOS

Los fragmentos gruesos son fragmentos libres más grandes que la arena muy gruesa (> 2 mm), fuertemente cementados o más resistentes a la ruptura. Estos fragmentos pueden tener importancia en el almacenamiento del agua, en la infiltración, en el escurrimiento, en el volumen efectivo del suelo, en el crecimiento de las raíces, etc., y pueden ser o no removidos durante las labranzas.

Los fragmentos gruesos (Figura 9) son descritos por su tamaño, forma, y para algunos, por la clase de roca. Las clases pueden ser gravas, guijarros, lajas, pizarras, esquistos, lutitas, pedernal, etc.

La presencia de estos fragmentos gruesos se indica modificando el nombre de la clase textural correspondiente a la fracción fina, por el agregado de un adjetivo que indica el tipo de fragmentos.

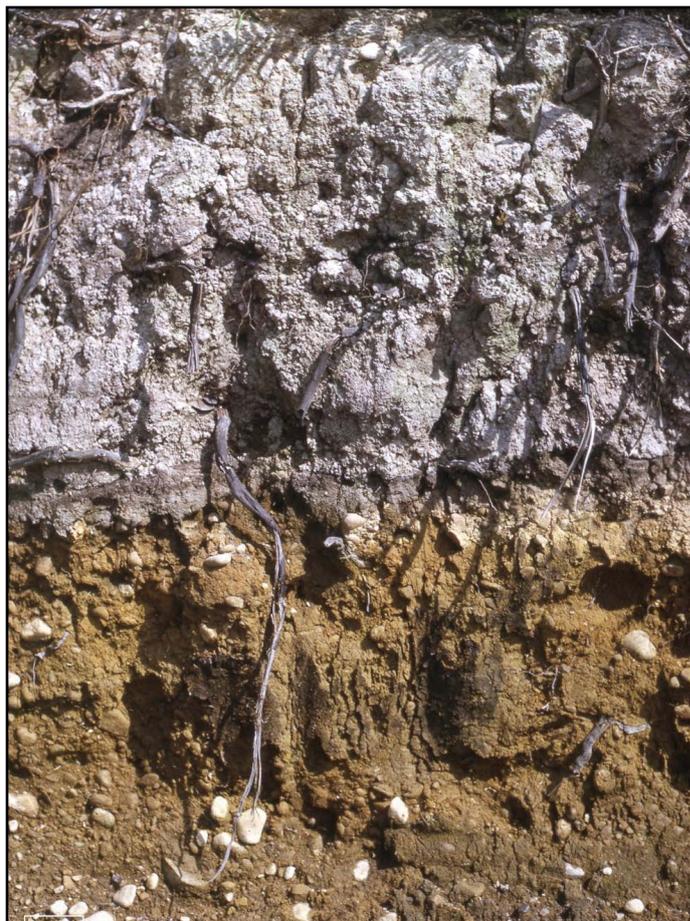


Figura 9: Fragmentos rocosos en el horizonte subsuperficial de un Spodosol en Gales. Fuente: [Mary Gillham \(CC BY 2.0\)](#)

Cuando la proporción de fragmentos rocosos es inferior a un 15% puede usarse el adjetivo ligeramente (por ejemplo: *franco ligeramente gravilloso fino*), cuando la proporción es del 15 al 30%, se modifica el nombre de la clase textural (por ejemplo: *franco gravilloso fino*), del 35 al 60% puede emplearse el adjetivo muy (por ejemplo: *franco muy gravilloso fino*) y si la proporción es mayor del 60 y hasta un 90%, se utiliza el adjetivo extremadamente (por ejemplo: *franco extremadamente gravilloso fino*). Si la proporción es superior al 90% se usan los términos gravas, guijarros, piedras o bloques pedregosos.

3.2.5. LA ESTRUCTURA DEL SUELO

La estructura⁴ del suelo se refiere a las unidades compuestas por la asociación de las partículas primarias del suelo. La cohesión en estas unidades es mayor que la adhesión entre unidades. En consecuencia, bajo tensión, la masa de suelo tiende a romperse a lo largo de zonas o planos predeterminados. Estos planos o zonas, a su vez, constituyen los límites de las unidades.

El término “unidad estructural” es utilizado para cualquier cuerpo de suelo repetitivo que es comúnmente limitado por planos o zonas de debilidad que no son una consecuencia aparente de diferencias en la composición.

La unidad estructural, consecuencia del desarrollo del suelo, se la denomina **agregado**. La superficie de los agregados persiste a través de los ciclos de humedecimiento y secado “in situ”.

Algunos suelos carecen de estructura y se dice que son no estructurados, pudiendo ser de **grano simple** (por ejemplo, la arena de la playa) o **masivo**.

Algunos suelos tienen una estructura simple, constituyendo cada unidad estructural una entidad sin componentes estructurales menores. Otros tienen una estructura compuesta, en la cual unidades mayores están compuestas por unidades más pequeñas separadas por persistentes planos de debilidad.

En los suelos que tienen estructura, la forma, el tamaño, y el grado de desarrollo de las unidades es-

tructurales son descriptas. La terminología de campo para describir la estructura del suelo consiste de un conjunto separado de términos, que designan a cada una de las tres propiedades, los cuales por combinación forman el nombre de la estructura.

- **Forma:** La forma y ordenamiento de los agregados constituye los tipos y subtipos de la estructura. En la figura 10 se esquematizan los distintos tipos de estructura. La estructura granular es característica de los horizontes superficiales que sufrieron algún tipo de alteración por labranza (Figura 11). La estructura en bloques se puede encontrar en horizontes superficiales o subsuperficiales bien estructurados (Figuras 12 y 13), mientras que la estructura laminar es característica de horizontes con cierto grado de compactación antrópica, y presenta una restricción para la infiltración del agua y para el crecimiento de las raíces. Por otro parte las estructuras prismáticas (Figura 14) y columnar (Figura 15) son características de horizontes subsuperficiales

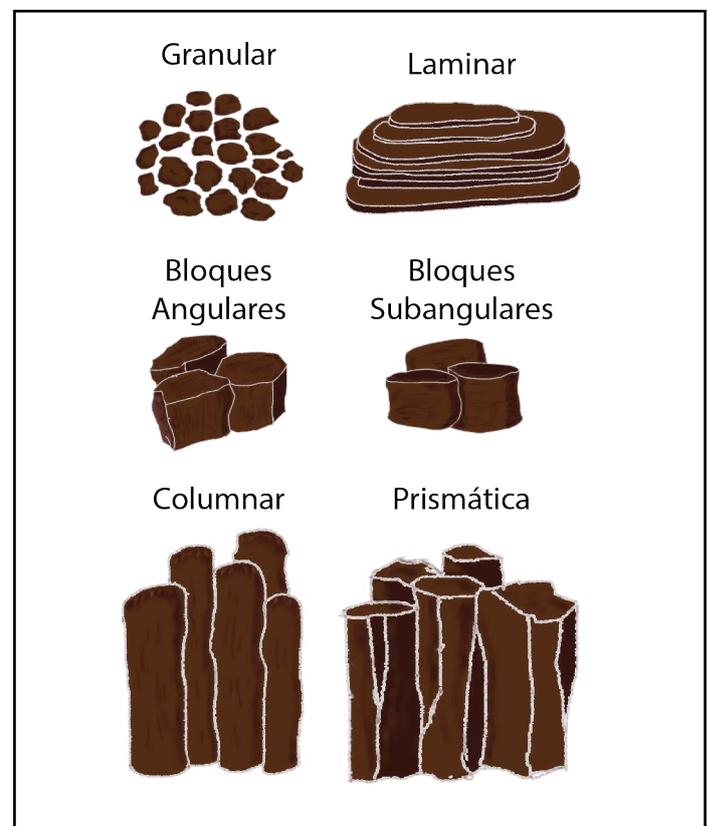


Figura 10: Tipos de estructuras principales.

⁴ Para mayor información y desarrollo de la estructura del suelo, remitirse a la guía de Física del Suelo



Figura 11: Estructura granular de horizontes superficiales. Fuente: [Soil Science \(CC BY 2.0\)](#)



Figura 12: Estructura en bloques angulares de un horizonte superficial. Fuente: [Soil Science \(CC BY 2.0\)](#)

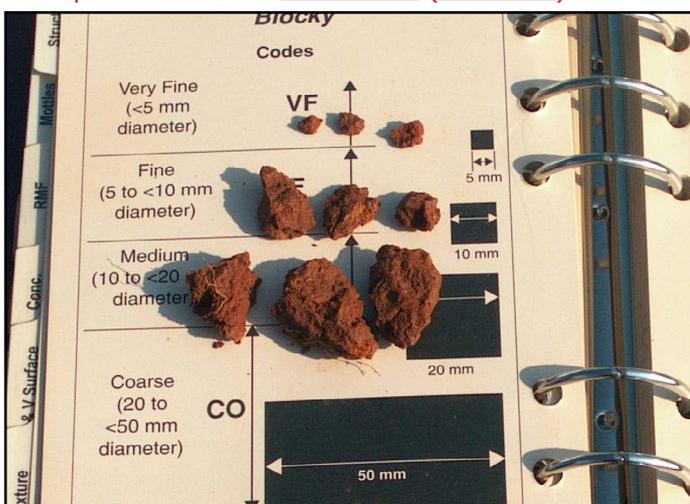


Figura 13: Medida del tamaño (clase) de una estructura en bloques subangulares. Fuente: [Soil Science \(CC BY 2.0\)](#)

enriquecidos en arcilla, con la diferencia que la estructura columnar se presenta en horizontes con exceso de sodio intercambiable (horizonte nátrico o Btn).

- **Tamaño:** El tamaño de los agregados define la clase de la estructura (muy fina, fina, media, gruesa y muy gruesa) (Figura 13).
- **Grado:** Corresponde al grado de desarrollo o a la nitidez que presenta el desarrollo de la estructura “in situ” y del grado de perturbación (grado de ruptura de los agregados) que sufre al ser disturbada con la mano (débil, moderada y bien o fuertemente desarrollada).

El nombre de la estructura resulta entonces de la combinación de los términos usados para describir estas tres propiedades.

Ejemplo estructura simple: *Estructura granular media bien desarrollada*. Ejemplo estructura compuesta: *Estructura prismática media bien desarrollada que rompe en bloques angulares finos moderadamente desarrollados*.

3.2.7. GRIETAS

Las grietas son fisuras distintas a aquella atribuidas a la estructura del suelo. Las grietas son comúnmente verticales y resultan de la desecación, deshidratación y consolidación del material edáfico. Las



Figura 14: Estructura prismática en un horizonte subsuperficial. Fuente: [Soil Science \(CC BY 2.0\)](#)



Figura 16: Grietas en un suelo arcilloso (vertisol) cerca de Sevilla (España). Fuente: [Antonio Jordán \(CC SA-BY 3.0\)](#).

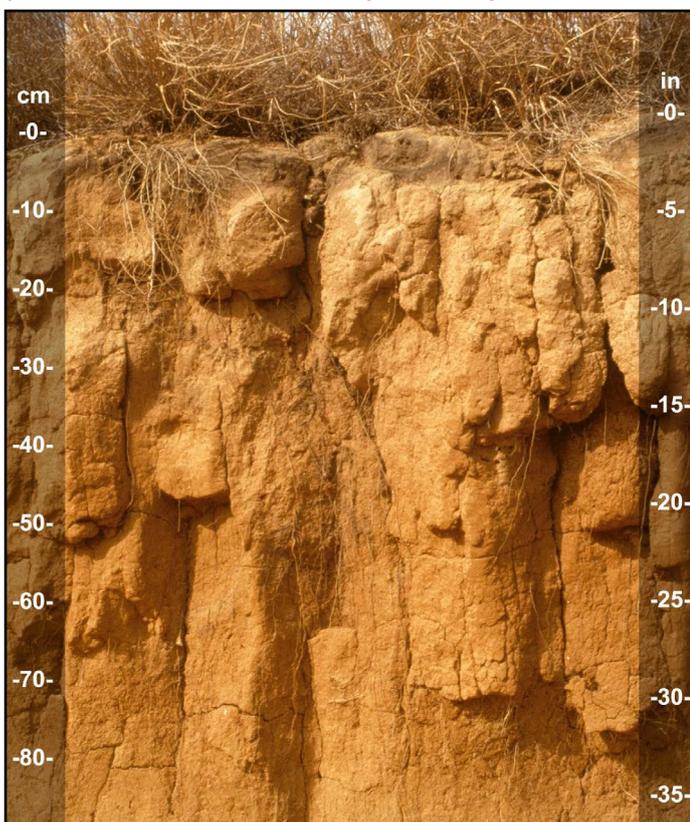


Figura 15: Estructura prismática en un horizonte subsuperficial. Fuente: [Soil Science \(CC BY 2.0\)](#)

grietas están asociadas primariamente con, pero no restringidas sólo, a los suelos arcillosos y son más pronunciadas en los suelos con alta capacidad de contracción-expansión (Figura 16).

En la descripción de las grietas debe registrarse la frecuencia relativa (número promedio por m^2), la profundidad promedio, la clase y la conectividad su-

perficial de las grietas, estas características permiten realizar predicciones sobre su influencia en la infiltración. La profundidad de las grietas puede ser estimada introduciendo un alambre rígido de 2 mm de diámetro.

3.2.6. CONSISTENCIA DEL SUELO

Se entiende por consistencia los atributos del material expresados por el grado y la calidad de la cohesión y adherencia, o por la resistencia a la deformación, o la ruptura. **Esta propiedad es de vital importancia para determinar el comportamiento del suelo ante la acción de un implemento mecánico.**

La consistencia incluye varios conceptos tales como:

- Resistencia a la ruptura.
- Plasticidad y adhesividad.
- Repuesta del suelo a la compresión.

La terminología para definir la consistencia incluye diferentes términos para la descripción en tres contenidos de humedad: mojado, húmedo y seco, aunque no es necesario usualmente describir la consistencia en las tres situaciones.

3.2.7.1. Consistencia en mojado

Se determina a la capacidad de campo o un poco

por encima de ella. Comprende la adherencia y la plasticidad.

- **Adherencia:** Es la cualidad de adherirse o pegarse a otros objetos. Se aprecia en campo por el grado de adherencia que manifiesta la masa de suelo al ser comprimida entre pulgar e índice. Se la clasifica como: 0.No adhesiva; 1.Ligeramente adhesiva; 2.Adhesiva; 3.Muy adhesiva.
- **Plasticidad:** Es la capacidad de cambiar de forma cuando se aplica una presión y de conservar la deformación cuando la presión a cesado. En campo se la determina por la propiedad o no de formar bastoncillos y la resistencia de éstos a la ruptura. Los grados de plasticidad se expresan como: 0.No plástico; 1.Ligeramente plástico; 2.Plástico; 3.Muy plástico.

3.2.7.1. Consistencia en húmedo

Se determina con un contenido intermedio de humedad, entre seco al aire y capacidad de campo. En esta condición casi todos los materiales se caracterizan por: romper en masas pequeñas y no en polvo; ausencia de fragilidad y capacidad del material de hacerse nuevamente coherente cuando se lo comprime. Para evaluar la consistencia en húmedo se elige una masa ligeramente húmeda y se intenta romperla entre el pulgar y el índice. La mayor o menor resistencia que opone a la ruptura nos da la evaluación: 0.Suelta; 1.Muy friable; 2.Friable; 3.Firme; 4.Muy firme, 5.Extremadamente firme.

3.2.7.3. Consistencia en seco

Se determina en una masa de suelo seca al aire. En esta condición la consistencia de los materiales edáficos se caracteriza por: rigidez, fragilidad, máxima resistencia a la presión, mayor o menor tendencia a molerse en polvo o en fragmentos de aristas muy agudas, o incapacidad del material para recuperar su coherencia cuando se lo vuelve a comprimir. Para evaluar esta condición se elige una masa seca y se intenta

romperla como en el caso anterior. Su resistencia da la clasificación: 0.Suelta; 1.Blanda; 2.Ligeramente dura; 3.Dura; 4.Muy dura; 5.Extremadamente dura.

3.2.9. RASGOS EN SUPERFICIES INTERNAS

Los rasgos de superficies internas incluyen: revestimientos de diversas sustancias distintas al material de suelo adyacente y que cubren total o parcialmente las superficies; materiales concentrados en las superficies por la remoción de otros materiales; y formaciones de presión o tensión en la cual una capa delgada a sufrido una reorientación o un empaquetamiento por efecto de tensiones o desplazamientos.

Entre las diferentes clases de revestimiento tenemos:

- **Cutanes:** son finas películas de material iluvial, que pueden ser de arcillas, humus, óxidos y oxhidratos de Fe y Mn, calcita, etc. (Figura 17).
- **Puentes de arcilla:** son revestimientos de granos de limo o arenas, que mantienen unidos granos minerales adyacentes;
- **Esqueletanes** (por migración de la arcilla); etc.

La cantidad se describe por el porcentaje de área cubierta por el rasgo, utilizándose términos como muy escasos, escasos, comunes y muchos.

La distinción se refiere a la facilidad y certeza con que el rasgo es identificado. Términos como débi-



Figura 17: Barnices o cutanes. Fuente: Yanina Chilano. [Imágenes suelos \(CC BY 2.0\)](#)

les, nítidos y prominentes son utilizados. Ej.: “*cutanes arcillosos escasos, nítidos, pardo grisáceos (10YR 5/2) en las caras verticales de los agregados*”.

3.2.10. CONCENTRACIONES

Se trata de cuerpos identificables en el suelo que se han formado por la acción de procesos pedogenéticos. Algunos de estos cuerpos son delgados y laminares; otros son aproximadamente equidimensionales; otros tienen formas irregulares. Ellos pueden contrastar fuertemente con el material que los rodea en la consistencia, composición, u organización interna.

Entre las concentraciones tenemos:

- **Masas:** son sustancias no cementadas que no pueden ser removidas del suelo como una unidad individual. La mayoría consisten de acumulaciones de carbonato de Ca, finos cristales de yeso o sales más solubles u óxidos de Fe y Mn.
- **Plintita:** cuerpos rojizos enriquecidos en hierro y pobres en materia orgánica, que son suficientemente coherentes como para separarlos de la matriz del suelo. 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. Generalmente la plintita se forma en un horizonte que está saturado con agua durante algún tiempo durante el año (Figura 18).



Figura 18: Plintita. Fuente: [Soil Science "Plinthite"](#) (CC BY 2.0)

- **Nódulos y concreciones:** son cuerpos cementados que pueden ser removidos intactos del suelo. La composición puede ir desde materiales predominantemente similares a los de la matriz hasta sustancias casi puras completamente (calcita, óxidos de Fe y Mn, yeso, etc.), distintas al material adyacente. Los nódulos se diferencian de las concreciones por su falta de ordenamiento interno, el que si existe en las concreciones. (Figuras 19 y 20)

- **Cristales:** pueden ocurrir aislados o en grupos. Pueden ser de calcita, yeso, halita, etc.

Un gran número de atributos de las concentraciones pueden ser importantes tales como: número o cantidad, tamaño, forma, consistencia, color, composición, clase y localización. No todos estos atributos deben ser necesariamente descriptos. Ej. “*muchos nódulos finos, irregulares, duros, gris claros de carbonato de Ca uniformemente distribuidos en el horizonte*”.

3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS UTILIZADAS PARA LA DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

3.3.1. REACCIÓN QUÍMICA (pH)

La mayoría de los suelos se ordenan en pH desde valores ligeramente superiores a 2,0 hasta ligeramente superiores a 11,0, aunque algunos suelos que contie-



Figura 19: Concreciones de carbonato de calcio en un horizonte calcico. Fuente: [Antonio Jordán](#) (CC SA-BY 3.0).



Figura 20: Concreciones de carbonato de calcio de gran tamaño (mayores a 1 cm). Fuente: [Antonio Jordán \(CC SA-BY 3.0\)](#).



Figura 21: Efervescencia de CO_2 causado por la reacción entre ácido clorhídrico (HCl) y Carbonato de calcio (CaCO_3)

nen sulfuros pueden caer por debajo de 2,0 cuando son drenados, por la generación de ácido sulfúrico.

Los términos descriptivos que se utilizan para los rangos de pH son los que muestran en la Tabla 1

Los métodos colorimétricos como electrométricos se usan para medir el pH. Los métodos colorimétricos son simples y baratos. Hay igualmente disponibles peachímetros portátiles confiables.

Tabla 1: Clasificación del pH para descripción de suelos.

Ultra ácido	< 3,5
Extremadamente ácido	3,5 - 4,4
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5
Neutro	6,6 - 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 - 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0
Muy fuertemente alcalino	> 9,0

3.3.2. CARBONATOS DE CATIONES DIVALENTES

Una solución de HCl diluida 1:10 en frío se usa para testar la presencia de carbonatos en el campo y poder diferenciarlo del yeso u otras sales solubles. El HCl reacciona con el CaCO_3 produciendo CO_2 lo que produce una efervescencia (Figura 21). La cantidad y expresión de la efervescencia depende de la distribución y mineralogía tanto como de la cantidad de car-

bonatos. Por lo tanto la efervescencia no se utiliza para determinar la cantidad de carbonatos. Ejemplo: "fuerte efervescencia con HCl".

3.3.3. CONDICIONES DE REDUCCIÓN

Se ponen de manifiesto por lo que se conoce como reacción al alfa-dipiridil ($\alpha, \alpha 1$ -dipiridil), al 0,2%. La reacción positiva desarrolla un color rojo o rosado e indica la presencia de Fe ferroso (Fe^{+2}). La reacción negativa no desarrolla color.

3.4. INFORME DE LA DESCRIPCION FINAL DEL PERFIL

A modo de ejemplo ilustrativo, a continuación se exhibe la descripción de un perfil de suelo, utilizando algunos de los elementos anteriormente descriptos. Hay que tener en cuenta que no es necesario utilizar cada uno de los descriptores en todos los horizontes ni en todos los perfiles. Se utilizarán aquellos que permitan una mejor diferenciación horizontes o los que tengan mayor notoriedad.

La siguiente descripción pertenece a un perfil de la localidad de La Cruz, en la provincia de Tucumán

0-21cm Negro parduzco (10 YR 2/1) en húmedo. Franco Limoso. Estructura granular y en bloques suavemente angulares finos y medios, bien desarrollados. Ligeramente plás-

tico y ligeramente adhesivo. Friable. Raíces abundantes. Limite claro y suave.

21-32cm Negro parduzco (10 YR 2/1) en húmedo. Franco Limoso. Estructura en bloques subangulares finos y medios, moderadamente desarrollados. Ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. Ligeramente firme. Raíces comunes. Limite claro y suave.

32-57cm Pardo oscuro (7.5 YR 2/3) en húmedo. Franco. Estructura en bloques subangulares medios, moderadamente desarrollados. Raíces escasas. Limite claro y suave.

57-87cm Pardo oscuro (7.5 YR 3/3) en húmedo. Franco. Estructura en bloques subangulares finos, mal desarrollados. Ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. Friable. Raíces escasas. Limite abrupto y suave.

87-106cm Pardo (7.5 YR 4/6) en húmedo. Franco Limoso, ligeramente gravilloso y guigarroso fino. Masivo. Ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. Friable. Escasas concreciones calcáreas, reacción al HCl por presencia de carbonatos libres en la masa. Raíces escasas. Limite abrupto y suave.

106-140cm Pardo (7.5 YR 4/5) en húmedo. Franco Limoso. Masivo. Ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. Friable. Abundantes concreciones calcáreas, fuerte reacción al HCl por presencia de carbonatos libres en la masa. Raíces nulas.

4. ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL PAISAJE

4.1. FORMAS DEL TERRENO

Las distintas geoformas o unidades geomorfológicas de la tierra se describen con los términos que nos proporciona la geomorfología. Esta ciencia des-

cribe y diferencia distintos medios y tipos de paisajes, según los agentes y procesos geomórficos que los originaron. Se diferencian así en un primer nivel de generalización los medios de **ablación** de los medios de **acumulación** (Figura 22).



Figura 22: Ejemplo de medios de ablación y medio de acumulación. Montes Pirineos (Francia). Fuente: Modificado de: "Alluvial Fan" - Mike Norton CC BY-SA 3.0.

Los medios de ablación corresponden a los medios de erosión, se reconocen las montañas, colinas, lomas, altiplanicies, etc., mientras que los medios de acumulación corresponden a los paisajes hacia donde son transportados y depositados, por distintos agentes, los materiales provenientes de los medios de ablación. Los principales tipos son las planicies aluviales, planicies eólicas, valles fluviales, piedemontes, planicies glaciares, etc. Dentro de cada uno de estos tipos pueden reconocerse subtipos como planicies aluviales de desborde, de explayamiento, deltaica, abanicos y conos aluviales, planicies loésicas, campos de arena, etc.

4.2. RELIEVE

El relieve implica elevaciones relativas, y se define como las **elevaciones o desigualdades de la superficie del terreno considerado colectivamente**.

El microrelieve se refiere a las diferencias de pequeña escala dentro del relieve general.

El relieve influye en la formación del suelo, en primer lugar por su efecto sobre la relación que se establece entre la **infiltración** y el **escurrimiento** superficial del agua. La infiltración se define como

el proceso, por el cual el agua penetra en el suelo a través de su superficie en contacto con la atmósfera. Una vez que ingreso al suelo el agua se moverá en el subsuelo de acuerdo a diferentes procesos, pudiendo recargar el perfil hídrico y percolar por debajo de la zona radical hacia los acuíferos.

El escurrimiento superficial resulta del agua que no llega a infiltrarse sobre la superficie y se desplaza sobre esta, pudiendo dar origen a procesos erosivos.

Teóricamente podemos considerar, que el agua que cae sobre la superficie de un suelo permeable, perfectamente a nivel, penetra en él hasta saturarlo o sellarlo para luego colectarse en su superficie y formar un manto. De esta forma, el agua de lluvia se colecta en las depresiones, y penetra más o menos rápidamente según la naturaleza del suelo, mientras que el exceso escurre. Debido al escurrimiento, los suelos situados en pendientes fuertes reciben menos agua que el promedio, mientras que los situados en depresiones reciben más.

En segundo lugar, el relieve influye través de las variaciones en la exposición al sol y al viento y en el movimiento del aire.

Se reconocen cuatro clases generales de relieve (Figura 23) en función de la relación Infiltración-Escurrimiento superficial:

- 1. Excesivo:** Colinas y tierras altas con escurrimiento rápido y muy rápido. La infiltración es escasa. La erosión es mayor que en los relieves normales. La erosión, la infiltración reducida y la escasez de vegetación por la menor humedad, determinan un menor desarrollo del perfil que en los relieves normales. Los procesos geomórficos de erosión dominan sobre los de desarrollo edáfico.
- 2. Normal:** Tierras altas con inclinación y escurrimiento medio. Hay equilibrio entre la infiltración y el escurrimiento. Bajo vegetación nativa sólo la erosión natural ocurre.
- 3. Subnormal:** Tierras llanas con escurrimiento lento y muy lento. Si la permeabilidad del suelo lo

permite, la infiltración domina sobre el escurrimiento. Esta infiltración aumentada puede favorecer la formación de horizontes iluviales arcillosos poco permeables y capas freáticas cercanas a la superficie.

- 4. Cóncavo o Chato:** Tierras llanas y/o deprimidas con poco o ningún escurrimiento, con exceso de agua todo el tiempo o la mayor parte de él y sin erosión natural. Se retiene el agua que cae sobre el lugar más la que proviene de los terrenos altos adyacentes.

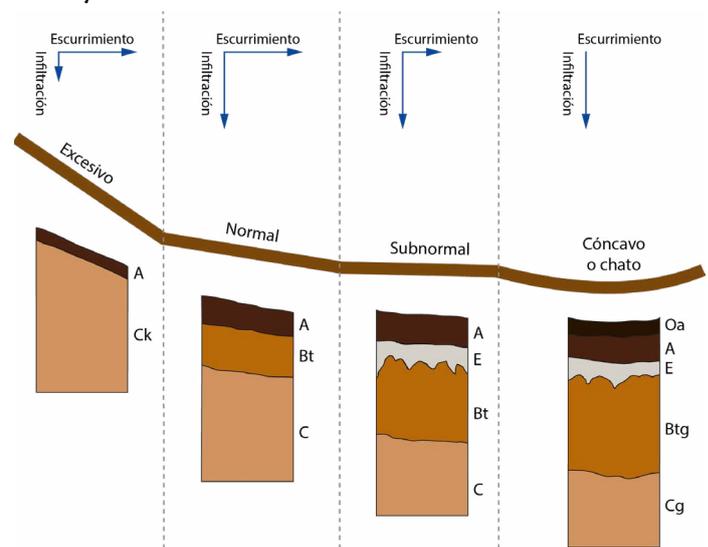


Figura 23: Tipos de relieve y su relación con la evolución del suelo que generan según el balance escurrimiento/infiltración en cada uno de los casos

4.3. PENDIENTE

La pendiente es el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno. Es la inclinación o desnivel del suelo. Las pendientes pueden ser simples si tienen una sola dirección o sentido dominante, y complejas cuando tienen varios sentidos. Las pendientes se definen por el gradiente, la complejidad, la forma, el largo y la exposición.

- 1. Gradiente:** es la inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal. Es medida generalmente en los estudios de suelos con un nivel de mano o clinómetro. La diferencia de elevación

entre dos puntos es expresada como porcentaje de la distancia entre dichos puntos. Si la diferencia en elevación es de 1 metro sobre una distancia horizontal de 100 metros, el gradiente de la pendiente es del 1%. También puede ser expresada por el ángulo que forma con la horizontal, por ejemplo, pendiente de 20° (Tabla 2)

2. Complejidad: se refiere a la forma de la superficie a la escala de la unidad delimitada o considerada. En muchos casos las propiedades intrínsecas de los suelos están más relacionadas a la complejidad de las pendientes que al gradiente (Tabla 2)

3. Longitud: tiene considerable influencia sobre el escurrimiento y el riesgo potencial de erosión hídrica. Pueden usarse los términos como pendientes cortas o largas para describir este aspecto. Estos son términos relativos aplicables a una región fisiográfica dada. Una pendiente puede ser corta en una región y larga en otra.

4. Exposición: es la dirección hacia la cual la superficie del suelo se enfrenta. Se utilizan los puntos cardinales para su descripción, tales como este, noroeste, sudeste, etc. La exposición puede afectar la temperatura del suelo, la evapotranspiración, y los vientos que recibe.

5. Forma: es la forma que presenta su contorno a lo largo de la misma. Ella puede ser definida como recta, cóncava o convexa.

4.3. DRENAJE DEL SUELO

Se entiende por drenaje del suelo **la rapidez y facilidad con que el exceso de agua que se adiciona se elimina del suelo**, especialmente por escurrimiento superficial y por percolación a través del suelo hacia los espacios profundos. Además la evapotranspiración contribuye a las pérdidas de agua.

El drenaje como condición del suelo, se refiere a la frecuencia y duración de los períodos durante los cuales el suelo no está saturado total o parcialmente. Aunque

estas condiciones pueden medirse con precisión, el edafólogo debe hacer una estimación de ellas en el campo.

Tabla 2: Clasificación de la pendiente por clase y gradiente.

Clases		Límites de gradiente	
Simples	Complejas	Límite inferior	Límite superior
A nivel o casi a nivel	A nivel o casi a nivel	0	3
Muy suavemente y suavemente inclinado	Ligeramente ondulado y ondulado	1	8
Inclinado y fuertemente inclinado	Fuertemente ondulado	4	16
Moderadamente escarpado	Colinado	10	30
Escarpado	Quebrado	20	60
Muy escarpado	Muy quebrado	>45	

El concepto de drenaje es amplio y comprende:

- El escurrimiento superficial.
- La permeabilidad.
- El drenaje interno.

4.3.1. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Se refiere a la **proporción relativa en que el agua es removida, fluyendo sobre la superficie del suelo**. El término incluye el agua pluvial, así como también la que fluye a un suelo proveniente de otros suelos. La estimación del escurrimiento en los estudios de suelos es importante porque permite entre otras cosas predecir los riesgos de erosión bajo distintas condiciones de manejo del suelo y de los cultivos.

El escurrimiento superficial está influenciado por los siguientes factores

- Características edáficas:** influyen en el escurrimiento fundamentalmente a través de su influencia sobre la velocidad de infiltración. Características tales como la textura, la estructura, la estabilidad estructural, la geometría del espacio poroso, la presencia de capas impermeables, etc., tiene una marcada influencia sobre la velocidad con que se mueve el agua a través de la superficie del suelo y en profundidad. Evidentemente, a igualdad de las

otras condiciones, a mayor velocidad de infiltración menor será el escurrimiento.

- **Pendiente:** influye fundamentalmente por su grado, longitud y forma. Las de mayor gradiente, de mayor longitud y de formas rectas determinan un mayor escurrimiento.
- **Cobertura del suelo:** influye por la mayor o menor dificultad que ofrece al flujo libre del agua sobre el suelo. Lógicamente a mayor cobertura menor escurrimiento. Pero también influye el tipo de cobertura. En este aspecto se pueden diferenciar las coberturas vivas (vegetación natural o cultivada, barbechos sucios), de las muertas (rastros, hojarasca, mantillo, horizontes O, gravas y guijarros, etc.). Dentro de las cubiertas vivas es distinta la influencia que ejercen por ejemplo la vegetación de bosques (favorece la infiltración), que la de pastos y los cultivos densos (menor escurrimiento), que los carpidos y entre las muertas es distinto un rastrojo de algodón (mayor escurrimiento) que uno de maíz.
- **Clima:** influye principalmente a través de las características del régimen de precipitaciones. En este aspecto son particularmente importantes el volumen, la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones. Obviamente, a mayor volumen, intensidad y frecuencia, a igualdad de las otras condiciones, mayor será el escurrimiento.

La terminología y las clases de drenaje externo que se reconocen son las siguientes:

- **Empozado:** en depresiones.
- **Muy lento:** sobre superficies planas (relieves subnormales) o suelos de muy elevada infiltración.
- **Lento:** en pendientes débiles o suelos de elevada infiltración.
- **Moderado:** en pendientes moderadas. Peligro de erosión escaso.
- **Rápido:** en pendientes pronunciadas. Peligro de erosión moderado.
- **Muy rápido:** en pendientes muy pronunciadas. Peligro de erosión severo.

4.3.2. PERMEABILIDAD

Se define como la **capacidad del suelo para transmitir el aire y el agua**. Se la puede medir cuantitativamente en términos de la velocidad de paso del agua a través de una sección unitaria transversal de suelo saturado, en la unidad de tiempo. La permeabilidad del perfil debe referirse a un solo horizonte, y está determinada por la del horizonte menos permeable. En ausencia de determinaciones experimentales, puede estimarse a partir de las propiedades edáficas que la influyen (textura, estructura, porosidad).

La terminología que se utiliza en la descripción y las clases de permeabilidad que se especifican en la tabla 3.

Tabla 3: Clasificación de la permeabilidad

Muy lenta	<0,1 cm/h
Lenta	0,1 - 0,5 cm/h
Moderadamente lenta	0,5 - 2 cm/h
Moderada	2 - 6,5 cm/h
Moderadamente rápida	6,5 - 12,5 cm/h
Rápida	12,5 - 25 cm/h
Muy rápida	>25 cm/h

La velocidad de infiltración, o sea la velocidad de entrada del agua desde la superficie del suelo, puede ser rápida a pesar de que la permeabilidad del perfil sea lenta, debido a una capa de lenta permeabilidad en algún sector del perfil, que influye el movimiento del agua dentro del mismo.

4.3.3. DRENAJE INTERNO

Se refiere a la **percolación del exceso de agua**. Se refleja en la frecuencia y duración de los períodos de saturación con agua. Está determinado por la textura, estructura y otras características del perfil; por la naturaleza de las capas subyacentes y por la altura del nivel freático.

Puede haber una cierta superposición entre el concepto de permeabilidad y de drenaje interno, pero existen diferencias importantes entre ambos. Por ejemplo, una capa freática poco profunda puede ser la causa de un drenaje interno lento, tanto en un suelo de per-

meabilidad lenta como en uno de permeabilidad rápida, pero después del drenaje artificial, el primero seguirá siendo de drenaje interno lento, mientras que el segundo se tornará rápido. Del mismo modo un suelo lentamente permeable puede tener un drenaje interno moderado bajo las condiciones de lluvias normales de una región y tornarse lento cuando se lo incorpora al riego.

La terminología que se utiliza en la descripción y las clases de drenaje interno que se reconocen, son las siguientes:

- **Nulo:** Roca o capa freática en superficie.
- **Muy lento:** Saturado en la zona radical durante 1 – 2 meses. Moteados en todo el perfil. No es adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Lento:** Saturado en la zona radical durante 1 a 2 semanas. Moteados comienzan en la parte inferior del horizonte A o en la superior del B. No es adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Moderado:** Saturado en la zona radical durante algunos días. Moteados comienzan abajo del horizonte B. adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Rápido:** Saturado durante algunas horas. Sin moteados. Adecuado para la mayor parte de los cultivos. Puede haber sequías estacionales.
- **Muy rápido:** Nunca saturado. Sin moteados. Demasiado seco para la mayor parte de los cultivos.

4.3.4. CLASES DE DRENAJE

Las clases de drenaje natural del suelo se refieren a la frecuencia y duración de los períodos de saturación con agua bajo condiciones similares a las que se desarrolló el suelo. Las alteraciones al régimen de humedad provocadas por el hombre, tanto a través del drenaje como por la irrigación no son consideradas, excepto que hayan provocado cambios significativos en la morfología del suelo. A continuación se detallan las 7 clases de drenaje de suelo:

1. Muy pobremente drenado

- El agua es evacuada de la superficie del suelo tan lentamente que el agua libre permanece en o muy

cerca de la superficie durante la mayor parte de la estación de crecimiento.

- La presencia de agua libre en el interior del perfil (capa freática) es permanente y muy poco profunda.
- Salvo que el suelo sea artificialmente drenado, no es adecuado para el crecimiento de cultivos mesofíticos.
- El relieve es subnormal o chato y está frecuentemente encharcado. Si las precipitaciones son muy elevadas o muy frecuentes, las pendientes pueden ser mayores.
- Los rasgos de hidromorfía son abundantes desde los horizontes superficiales.
- Los horizontes O u A puede ser espesos y muy oscuros.

2. Pobremente drenado

- El agua es eliminada tan lentamente que el suelo está mojado a escasa profundidad periódicamente durante la estación de crecimiento o permanece saturado por largo tiempo.
- La ocurrencia de agua libre interna (freática) a escasa o muy escasa profundidad es común o permanente, pero el suelo no está continuamente saturado directamente debajo de la capa arable.
- La mayoría de los cultivos mesofíticos no pueden crecer a menos que sea artificialmente drenados.
- La capa freática a escasa profundidad es frecuentemente consecuencia de una lenta o muy lenta conductividad hidráulica, de lluvias casi continuas o de una combinación de éstas.

3. Imperfectamente drenado

- El agua es evacuada tan lentamente que el suelo está saturado a escasa profundidad por períodos significativos durante la estación de crecimiento.
- La ocurrencia de agua libre en el suelo (capa freática) comúnmente es poco a moderadamente profunda y transitoria a permanente.
- Los excesos de humedad restringen marcadamente el desarrollo de los cultivos mesofíticos, a menos que se provea de drenaje artificial.
- Normalmente los suelos tienen una o más de las

siguientes características:

- * Baja o muy baja conductividad hidráulica,
- * Capa freática alta,
- * Agua suplementaria por filtraciones, o
- * Lluvias casi continuas.

4. Moderadamente bien drenado

- El agua es removida del suelo algo lentamente en algunos períodos del año.
- El agua libre interna (capa freática), normalmente es moderadamente profunda, de transitoria hasta permanente.
- Los suelos están saturados sólo un corto tiempo en el espesor de enraizamiento durante la estación de crecimiento pero suficiente para que la mayoría de los cultivos mesofíticos sean afectados.
- Los suelos normalmente tienen una moderada a baja conductividad hidráulica en un horizonte del metro superior del perfil, o reciben periódicamente altas precipitaciones, o ambas.

5. Bien drenado

- El agua es removida del suelo fácilmente, pero no rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) normalmente es profunda o muy profunda.
- El agua está disponible para la vegetación a través de la mayor parte de la estación de crecimiento en las regiones húmedas y los excesos de humedad no inhiben el crecimiento de las raíces por períodos significativos durante la estación de crecimiento.
- Los suelos carecen de rasgos hidromórficos relacionados con los excesos de humedad.

6. Algo excesivamente drenado

- El agua es removida del suelo rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) es normalmente muy rara o muy profunda.
- Los suelos son normalmente de texturas gruesas y tienen una conductividad hidráulica alta o son muy poco profundos.

7. Excesivamente drenado

- El agua es eliminada muy rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) es normalmente muy rara o muy profunda.
- Los suelos son normalmente de texturas gruesas y tienen una conductividad hidráulica muy alta o son muy poco profundos.

4.4. INUNDACIONES

La caracterización de los suelos sujetos a inundaciones debe incluir la descripción de la frecuencia, duración y regularidad de las mismas, con todo el detalle que permitan las evidencias disponibles según lo descrito en la tabla 4

Tabla 4: Criterios para la clasificación de las inundaciones

Frecuencia	
Ninguna	Sin posibilidades
Rara	1 - 5 veces en 100 años
Ocasional	5 - 50 veces en 100 años
Frecuente	50 veces en 100 años
Duración	
Extremadamente corta	< de 4 horas
Muy corta	4 - 48 horas
Corta	2 - 7 días
Larga	7 días
Muy larga	> de un mes
Ocurrencia	
Regulares	Solo en una época del año
Irregulares	En cualquier época

4.5. VEGETACIÓN

La correlación entre la vegetación del área a estudiar y los suelos puede ser realizada con varios propósitos: comprender la génesis de los suelos; reconocer los límites de los suelos; realizar predicciones sobre la clase y cantidad de biomasa producida; detectar limitaciones o condiciones edáficas particulares; etc.

La unidad y asociación fitogeográfica o si se trata de vegetación subespontánea debe ser registrada y las principales plantas presentes deben ser listadas. Los distintos estratos vegetales si están presentes deben ser mencionados, así como la densidad y el grado de con-

servación o degradación. En el caso de cultivos tanto las especies cultivadas como las principales malezas deben ser relevadas.

En la descripción pueden usarse los nombres comunes si estos son claros y específicos, caso contrario debe incluirse el nombre científico.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Brady, N. C., & Weil, R. R. (2013). Nature and properties of soils, the: Pearson new international edition pdf ebook. Pearson Higher Ed.
2. Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., & Benham, E. C. (Eds.). (2012). Field book for describing and sampling soils. Government Printing Office.
3. USDA. 2003. Keys to Soil Taxonomy. Ninth Edition. CD.
4. USDA. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second Edition. Agricultural Handbook N° 436.

6. ANEXO

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.