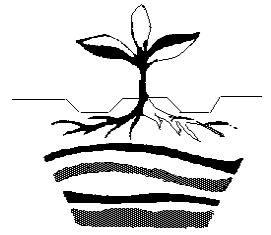




**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y SUELOS**



# **EDAFOLOGÍA**



## **GUÍA DE CLASES PRÁCTICAS**

**Manuel Casanova Pinto  
Wilfredo Vera Elizondo  
Walter Luzio Leighton  
Osvaldo Salazar Guerrero**

**2004**

## INDICE

	<u>Página</u>
<b>Parte I. Factores y procesos de formación de suelos</b>	<b>3</b>
<b>Parte II. Minerales y rocas</b>	<b>4</b>
<b>Parte III Información previa a la descripción de terreno</b>	<b>16</b>
<b>Parte IV Características morfológicas de los suelos</b>	<b>17</b>
<b>Parte V Nomenclatura de estratos y horizontes maestros de suelos</b>	<b>40</b>
<b>Parte VI Clasificaciones técnicas de suelos</b>	<b>51</b>
<b>Parte VII Principales factores ambientales y de suelos que influyen en la productividad y el manejo</b>	<b>58</b>
<b>Parte VIII Clasificación taxonómica de suelos</b>	<b>66</b>
<b>Parte IX Distribución de suelos de Chile</b>	<b>70</b>

## PARTE I

### FACTORES Y PROCESOS DE FORMACION DE SUELOS

La génesis de suelos se ha estudiado desde distintos enfoques conceptuales. Uno ambientalista y otro basado en procesos de formación de suelos.

#### Enfoque ambientalista

Se basa en el análisis de los factores de formación de suelos, (FFS), desarrollado por Jenny, basado en Dokuchaev (Figura 1).

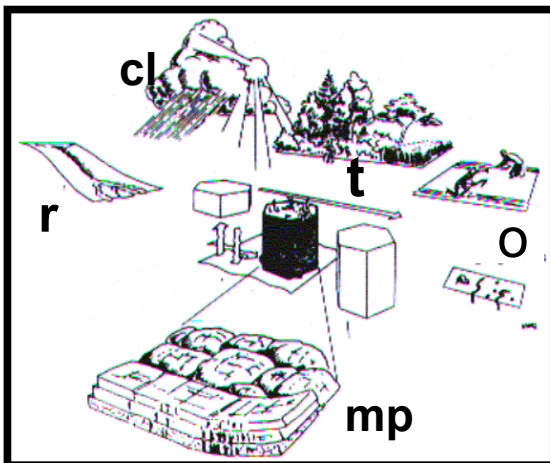


Figura 1. Factores de formación de suelos

Considera al suelo como una unidad, sin tener en cuenta su estructura interna (reguladores, contenidos y flujos). Se interesa por establecer relaciones entre las características morfológicas o analíticas y los factores. Busca explicar por qué difieren entre sí los distintos suelos de un determinado terreno. En sí es un enfoque de caja negra.

De este modo los FFS serían: clima (**cl**), material

#### Procesos de formación de suelos (PFS)

La formación del suelo comprende un conjunto de procesos que transforman una roca o el material parental en suelo. Este enfoque representa un enfoque a nivel de **caja gris o blanca**, según se logre una visión parcial o total de la estructura interna del sistema. Las fases iniciales se caracterizan por una serie de cambios que se agrupan bajo el proceso de meteorización o intemperización. A medida que pasa el tiempo, tienen lugar otros procesos que afectan al suelo, los denominados procesos edafogénicos, que con la meteorización definen las características del suelo resultante. El que se verifique uno o más procesos dependerá del material de partida y de las condiciones del medio, es decir de los FFS, que controlan la tendencia evolutiva: dirección y velocidad. Este enfoque al ser más realista resulta más complejo y exige técnicas de trabajo de precisión mayor (Figura 2).

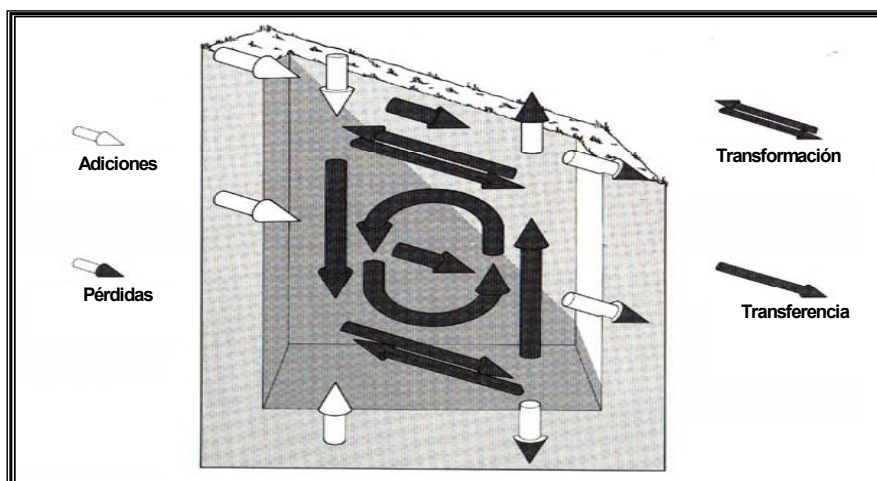


Figura 2. Procesos de formación de suelos

## PARTE II

### MINERALES Y ROCAS

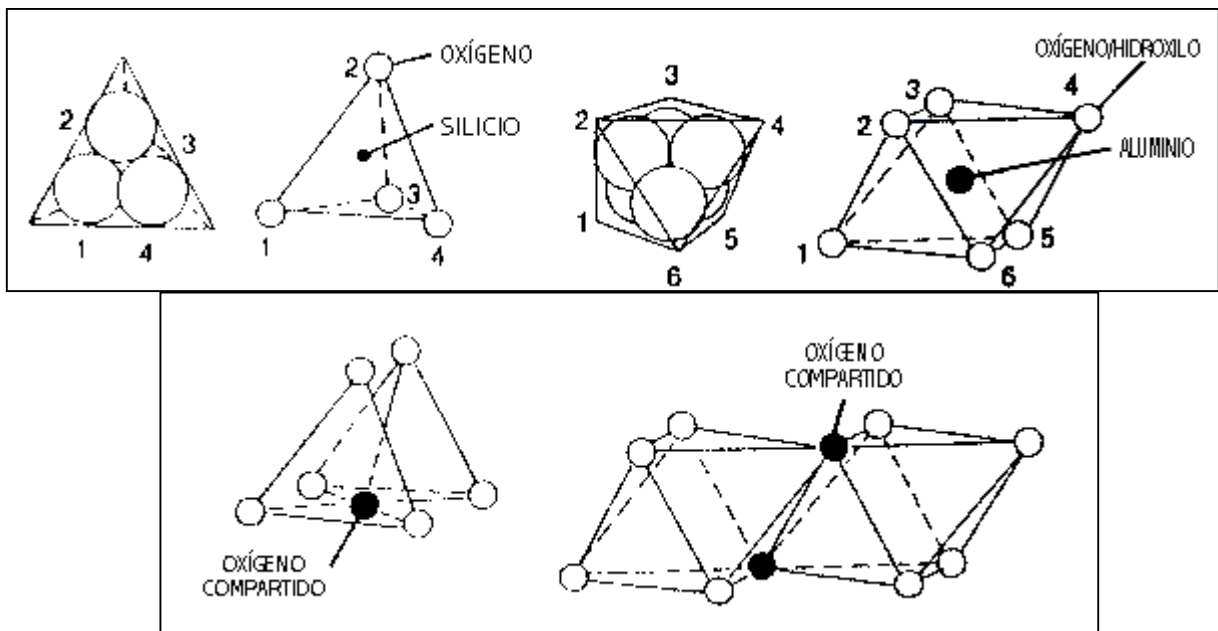
#### Minerales

Especial énfasis se coloca en los silicatos que son los minerales más importantes de los suelos pues, incluyendo al cuarzo, constituyen el 95% de la corteza terrestre. Por lo tanto, forman parte muy importante de los materiales parentales de los suelos y su presencia afecta de una u otra forma a las propiedades y características de los suelos.

#### Estructura de los silicatos

La unidad estructural básica de los silicatos es el tetraedro de Si : un átomo de Si rodeado de cuatro O. El Si tiene un radio (0,39 Å) mucho menor que el del O (1,4 Å), sin embargo se rodea de cuatro átomos de O, en una organización espacial tetraédrica. Se dice que el Si tiene coordinación 4 (Figura 5).

Una segunda unidad básica es el octaedro, en el cual el centro está ocupado por un átomo de Al en coordinación 6, es decir, rodeado por 6 átomos de O ó de grupos OH (Figura 3).



**Figura 3. Estructura de tetraedro y octaedro y su forma de unión.**

Tetraedros y octaedros constituyen unidades muy estables debido a que los enlaces Si-O y Al-O son de tipo covalente, lo cual determina que los silicatos sean minerales muy duros y, en general, resistentes a la meteorización. En caso que el mineral presente un proceso de sustitución isomórfica, el  $Al^{+3}$  puede encontrarse reemplazando al  $Si^{+4}$  en coordinación 4 en el tetraedro. Por la misma razón el  $Mg^{+2}$ , el  $Fe^{+2}$  y el  $Fe^{+3}$ , pueden ocupar el lugar del Al en el octaedro.

## Estabilidad de los minerales

Aun cuando la estabilidad no difiere grandemente a causa del tamaño de los minerales, normalmente se hace una diferenciación entre los minerales en el tamaño arena de los minerales en el tamaño arcilla.

Estabilidad de minerales en el tamaño arena :

<b>Olivina</b>	<b>Plagioclasa cálcica</b>
<b>Augita</b>	<b>Plagioc. calco-sódica</b>
<b>Hornblenda</b>	<b>Plagioc. sódico-cálcica</b>
<b>Biotita</b>	<b>Plagioclasa sódica</b>
<b>Feldespato potásico</b>	
<b>Muscovita</b>	
<b>Cuarzo</b>	

Esta Serie de Estabilidad significa que los minerales que se encuentran más arriba, se meteorizan más fácilmente (Olivina y Plagioclasa cálcica) y los que se encuentran más abajo se meteorizan muy difícilmente, y por lo tanto se les considera como los minerales más estables.

Estabilidad de los minerales en el tamaño arcilla :

<b>1. Yeso, halita</b>	<b>8. Vermiculita</b>
<b>2. Calcita, apatito</b>	<b>9. Montmorrillonita</b>
<b>3. Olivino, piroxeno</b>	<b>10. Kaolinita, halloysita, alófana</b>
<b>4. Biotita, glauconita</b>	<b>11. Gipsita, boemita</b>
<b>5. Albita, anortita, vidrio volcánico</b>	<b>12. Hematita, goetita</b>
<b>6. Cuarzo, cristobalita</b>	<b>13. Anatasa, rutilo, zircón</b>
<b>7. Muscovita, sericita, illita</b>	

Llama la atención que el cuarzo disminuye su resistencia a la meteorización cuando se encuentra en el tamaño arcilla. Esto se debe al aumento de su solubilidad, al incrementarse su superficie específica.

Los minerales con alto contenido de bases hidrolizables se encuentran más arriba en la secuencia, es decir se meteorizan más fácilmente, en cambio los silicatos formados por láminas de tetraedros y octaedros son más resistentes debido al efecto estabilizador de las estructuras en cadena.

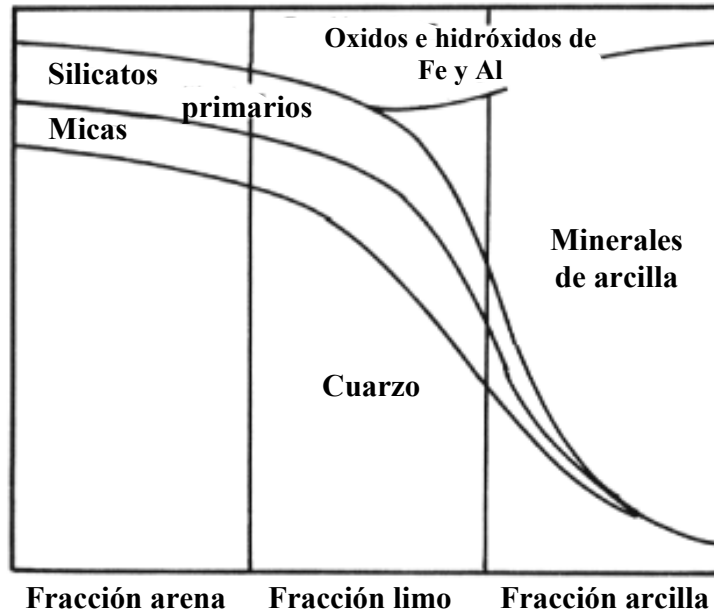
Las kanditas son más resistentes que las smectitas, debido a que las primeras no poseen bases hidrolizables. Los óxidos son más estables aún debido a su muy baja solubilidad y a los fuertes enlaces metal-hidróxido o metal-oxígeno.

Se puede deducir que en los suelos más recientes habrá mayor abundancia de minerales hasta el estado

6. En los de evolución intermedia entre 7 y 9 y en los suelos maduros a seniles entre los estados 10 y 13. Debe tenerse precaución al aplicar estos conceptos pues, la distribución modal de los minerales en un suelo podría corresponder a superposición de climas dando origen a suelos poligenéticos y también a paleosuelos.

Minerales más frecuentes en los suelos.

Se pueden encontrar en las distintas fracciones (Figura 4) o tamaños de partículas del suelo:



**Figura 4. Composición mineralógica de las fracciones del suelo**

Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ): es muy duro y se meteoriza muy difícilmente. Los suelos muy evolucionados, formados a partir de granito, generalmente son muy ricos en cuarzo, el cual corresponde a los fragmentos que quedan después que se han meteorizado la mayoría de los feldespatos y las micas. Así, constituye lo que comúnmente se conoce como "maicillo", que puede también contener algunos fragmentos de feldespatos sin meteorizar.

Feldespatos ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ): se meteorizan más fácilmente que el cuarzo, dando como producto final a arcillas, que persisten en el suelo o bien hidróxidos solubles ( $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) que están sujetos a pérdidas. También ácido silícico que desaparece muy rápidamente.

Hornblenda-Augita (anfíbol y piroxeno:  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{OH})_2 ((\text{Si,Al})_4\text{O}_{11})_2$  y  $\text{Ca}((\text{Mg,Fe})(\text{SiO}_3)_2(\text{Al,Fe})_2\text{O}_3)_x$ ): los piroxenos son inosilicatos de cadenas simples y los anfíboles de cadenas dobles. La unión entre los tetraedros es fuerte, pero en las demás direcciones las uniones son más débiles; particularmente las uniones con Mg, Ca y Fe constituyen los sitios por donde los minerales se rompen pues constituyen las uniones más débiles de las cadenas. La mayoría de los inosilicatos se meteorizan más fácilmente que los feldespatos.

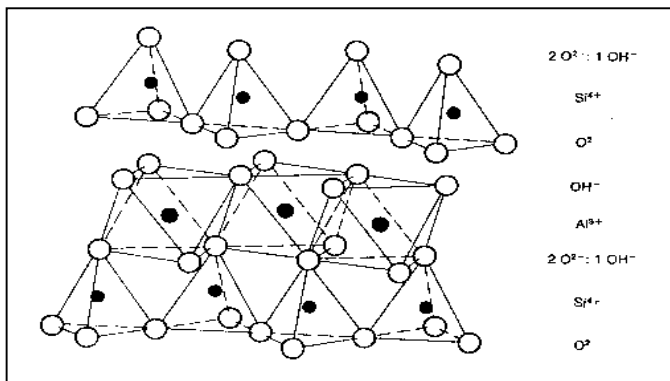
La alteración de estos minerales dará como producto final a arcillas, que permanecen en el suelo, óxidos hidratados de hierro que pueden permanecer o eliminarse del sistema, y que son los responsables de las coloraciones rojizas y amarillentas de los suelos. El  $\text{Ca}^{++}$  y el  $\text{Mg}^{++}$  se liberan como nutrientes para las plantas.

Micas (biotita y muscovita) Aluminio silicatos de Mg, K y Fe: son minerales en láminas que presentan una fuerte cohesión en dos dimensiones; en la tercera presentan un clivaje perfecto. La biotita se meteoriza más fácilmente que la muscovita. La alteración de las micas dará minerales de arcilla, óxidos hidratados de hierro, también responsables de las coloraciones de los suelos y  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$  que son liberados como nutrientes para las plantas.

### Minerales de arcilla

Son minerales en láminas (**filosilicatos**), cuya constitución básica está formada por láminas de tetraedros y octaedros. En la mayoría de los suelos son los minerales dominantes de la fracción arcilla (inferior a 0,002 mm).

Kanditas: su estructura está formada por una capa de tetraedros ( $\text{SiO}_4$ ) y una capa de octaedros ( $\text{AlOH}_6$ ), de tal forma que los oxígenos libres de la primera forman parte de la segunda, ocupando dos vértices de cada octaedro y con grupos OH en los demás (Figura 5).



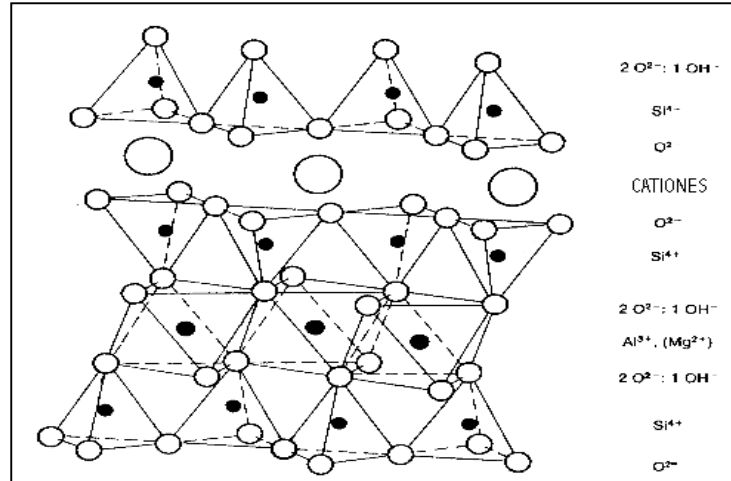
**Figura 5. Estructura de una kandita (1:1).**

Las láminas no permiten la entrada de cationes con facilidad, ni moléculas de agua, ya que están unidas por enlaces muy fuertes, como son los puentes de hidrógeno, motivo por el cual la capacidad de intercambio catiónico de las kanditas es baja. En su estado natural estos minerales son blancos y provienen de la alteración de los aluminio silicatos, especialmente los feldespatos.

A las arcillas del grupo de las kanditas se les denomina como arcillas 1:1 y los principales representantes son : caolinita, halloysita, dickita, nacrita, dombasita y antigorita.

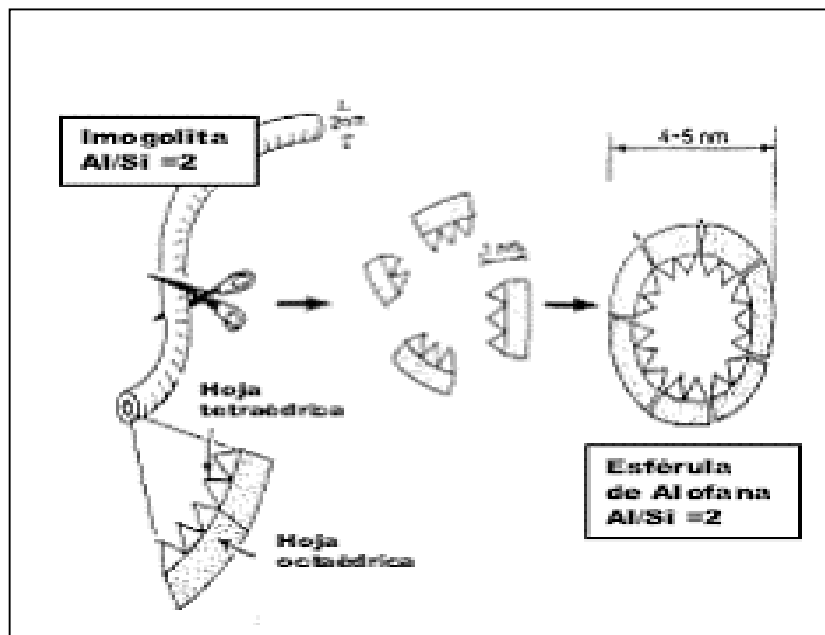
Smectitas: su estructura está formada por dos tetraedros ( $\text{SiO}_4$ ) y en medio de ambos existe un lámina de octaedros, de manera que cada Al coordina con dos  $\text{O}_2$  libres de cada capa y con dos grupos OH. Entre cada lámina se pueden ubicar cationes y moléculas de agua, pudiendo separarse o acercarse de

manera reversible, al aumentar o disminuir tanto la cantidad de cationes, como su tamaño, o bien la cantidad de agua absorbida. Por estar constituidas por dos láminas de tetraedros y una de octaedros, estas arcillas se denominan 2:1 y poseen una CIC más elevada que las kanditas. Al grupo de las smectitas pertenecen : montmorrillonita, vermiculita, pirofilita, glauconita, hectorita, beidelita, illita (no expandible) (Figura 6).



**Figura 6. Estructura de las smectitas (2:1).**

Minerales de rango corto de ordenamiento: la identificación y separación de los óxidos amorfos de Si, Al y Fe en las arcillas del suelo presenta muchas dificultades, no obstante se empleen las técnicas mas depuradas. Estas dificultades condujeron a que bajo el nombre de alófana se reuniesen muchos compuestos (o mezclas de compuestos) de difícil identificación. Estos minerales con estructura amorfa o para-cristalina, incluyen además a la imogolita, ferrihidrita y complejos aluminio-humus (Figura 7).



**Figura 7. Diagrama esquemático de dos materiales volcánicos con estructuras atómicas similares pero diferente morfología: imogolita (hebras) y alófana (esférulas).**



Finalmente, la Figura 8 muestra la dinámica de formación de los distintos minerales de arcilla presentes en el suelo, dependiendo de las condiciones del medio (pH, Si, etc.)



Figura 8. Minerales de arcilla de los suelos

### Rocas

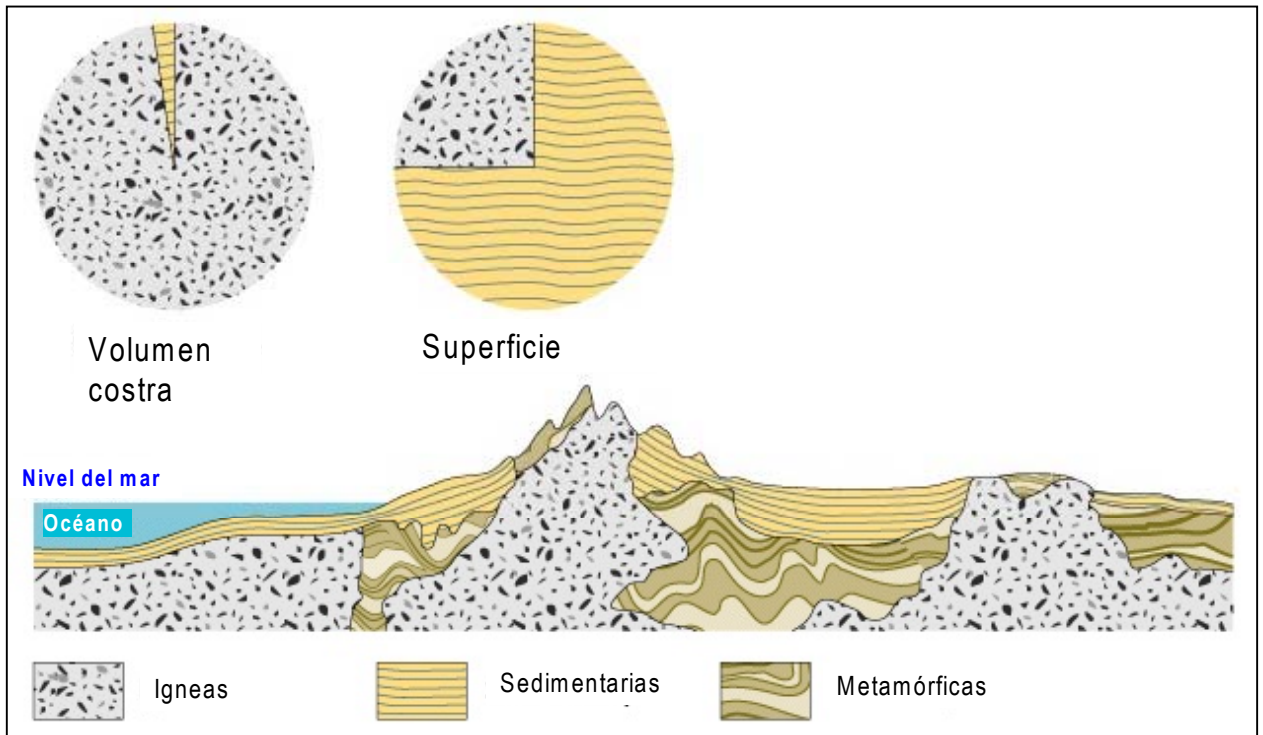
El espesor de la costra terrestre varía desde 10 km (océanos) a 30 km (continentes). Básicamente se considera que existen tres tipos principales: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Si bien un 95% del planeta son rocas ígneas, el 75% de la superficie terrestre es de rocas sedimentarias (Figura 9). La relación entre ellas se expresa gráficamente en el denominado Ciclo de las Rocas (Figura 10).

Rocas ígneas: comprenden a las rocas de profundidad (abisales e hipabisales) y las rocas de superficie (volcánicas o extrusivas).

**Granito.** Roca constituida por cuarzo, feldespato potásico y mica. Muy bien cristalizada y con cristales de tamaño grueso. Se le considera una roca ácida. A causa de su dureza se meteoriza lentamente y lo hace en forma diferencial de acuerdo a la diferente susceptibilidad a la meteorización de los minerales que la componen.

En Chile, los suelos *in situ* formados a partir de granito son profundos, arcillosos, con horizonte B iluvial, de color rojizo por el alto contenido de óxidos de Fe; en la fracción arcilla dominan las

kanditas; son muy erodables y ocupan en su mayoría lomajes y cerros. Los más representativos corresponden a los suelos de la Cordillera de la Costa, tales como la Serie Lo Vásquez, Cauquenes y otros.



**Figura 9. Distribución de los tipos de roca en el planeta**

La riolita tiene la misma composición que el granito, pero corresponde a una roca extrusiva de grano fino. Roca muy rica en sílice y pobre en bases, da origen a suelos de baja fertilidad, de texturas gruesas y baja retención de agua. Serie Pudahuel deriva de una pumicita riolítica.

**Gabro.** Roca constituida por feldspatos sódicos y sódico-cálcicos, piroxenos y sin cuarzo. Se meteoriza con más rapidez que el granito debido a los minerales que la constituyen. Tiene un gran potencial de formación de smectitas, por lo cual, generalmente da origen a suelos arcillosos texturalmente homogéneos. Se le considera como una roca básica. El basalto tiene la misma composición que el gabro, pero corresponde a una roca extrusiva de grano fino.

La meteorización de ambas rocas proporciona una gran cantidad de elementos nutrientes al medio, tales como Ca, Mg, Na, K y Fe. Cuando las rocas se encuentran en relieves cóncavos, los elementos liberados por meteorización tienden a permanecer en el medio, con lo cual se favorece la formación de minerales de arcilla más complejos, con gran cantidad de bases hidrolizables. De tal forma, los suelos formados a partir de estas rocas son suelos arcillosos, con arcillas del tipo smectitas. La mayor parte de los Vertisols responden a este tipo de génesis. Ejemplos: Las Series Batuco, Chicureo, Quella y otras.

Rocas Sedimentarias: se forman por depositación sucesiva de capas de materiales que han sido transportados por agua, hielo, viento o gravedad.

**Arenisca.** Roca de grano grueso, tamaño arena, permeable, que puede estar constituida por cuarzo, feldspatos, anfíboles y otros silicatos. Se meteoriza lentamente a causa del grosor de sus granos y su alteración dará origen a suelos de textura gruesa, con escasa retención de agua. Los principales agentes cementantes de los granos son carbonatos, sílice y óxidos de Fe.

**Limolita.** Roca abundante, de grano fino, en un tamaño menor al de la arena. Su principal componente es la sílice, que forma parte del complejo mineral arcilloso, existiendo también Al e hidróxidos de Fe. Su porosidad es muy baja, al igual que la meteorización, y dará origen a suelos de clases texturales finas de baja permeabilidad.

**Calizas.** Constituidas esencialmente por  $\text{CaCO}_3$  con distintos grados de impurezas. La solubilidad del  $\text{CaCO}_3$  es baja, sin embargo, con el tiempo y las condiciones ambientales adecuadas, se meteoriza, dando origen a suelos muy fértiles. El material edáfico se forma a partir de las impurezas de la roca, las cuales pueden ser minerales de arcilla o diversas clases de óxidos. Muchos Mollisols tienen su material de partida en rocas calizas.

Rocas Metamórficas: tienen su origen en la transformación de rocas pre-existentes, tales como las ígneas o sedimentarias u otra metamórfica.

**Gneiss.** Son rocas con una foliación abierta e interrumpida. Minerales granulares como cuarzo, feldspatos y algunas veces granates, se alternan en las capas esquistosas. Se trata de rocas duras, de meteorización muy lenta.

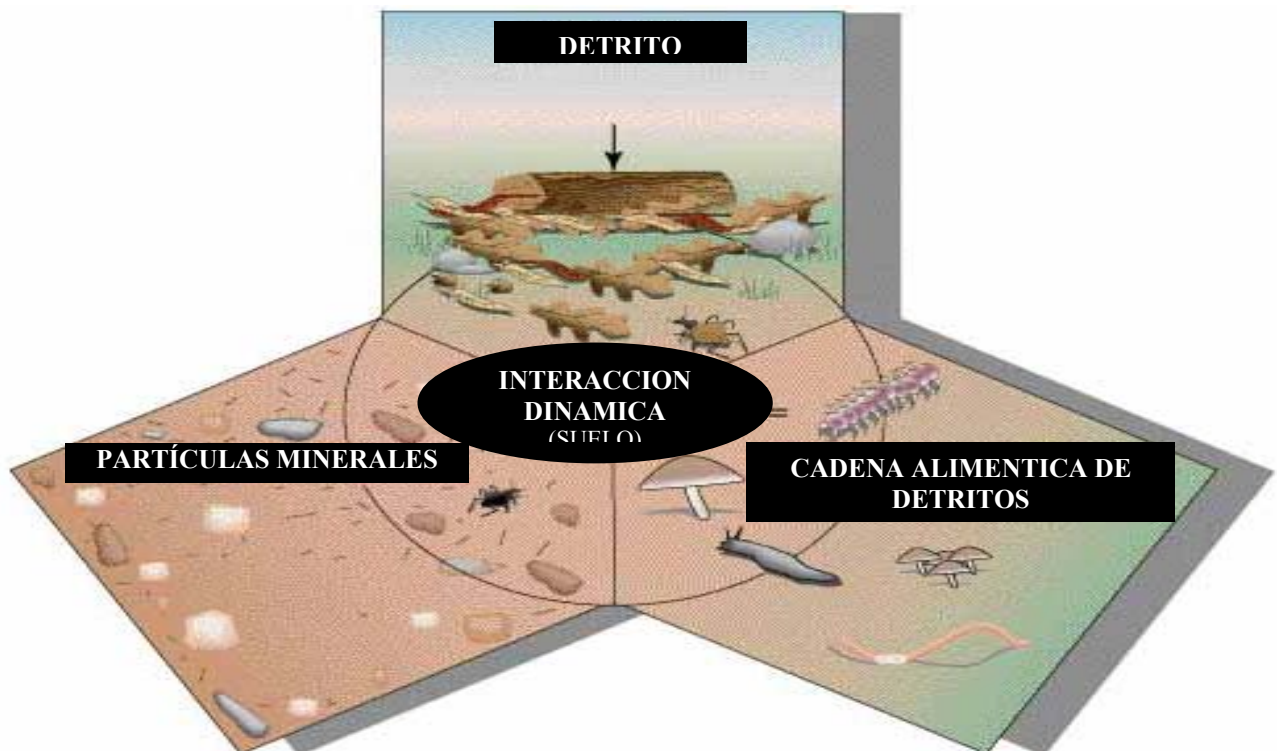
**Esquisto.** Son rocas foliadas en las cuales las láminas tienen tendencia a la horizontalidad. El micaesquisto es una roca metamórfica muy rica en mica y constituye la roca más importante en vastos sectores de la Cordillera de la Costa donde, por meteorización, ha dado origen a suelos con alto contenido de arcilla y abundantes óxidos de Fe que proporcionan las coloraciones rojizas.

**Pizarra.** Rocas de grano fino, del tamaño arcilla que, en general, está constituida por minerales resistentes a la meteorización. La alteración de esta roca dará origen a suelos arcillosos de permeabilidad lenta.



**Figura 10. Ciclo de las rocas.**

Como el suelo constituye un complejo organo-mineral, su formación implica procesos de transformación que pueden ser a partir de materiales orgánicos y/o inorgánicos (Figura 11). En términos de sistemas, se tiene entonces uno detrítico de descomposición (Figura 12) y/o uno de meteorización a partir de roca inalterada (Figura 13)



**Figura 11. El suelo y su origen organo-mineral**

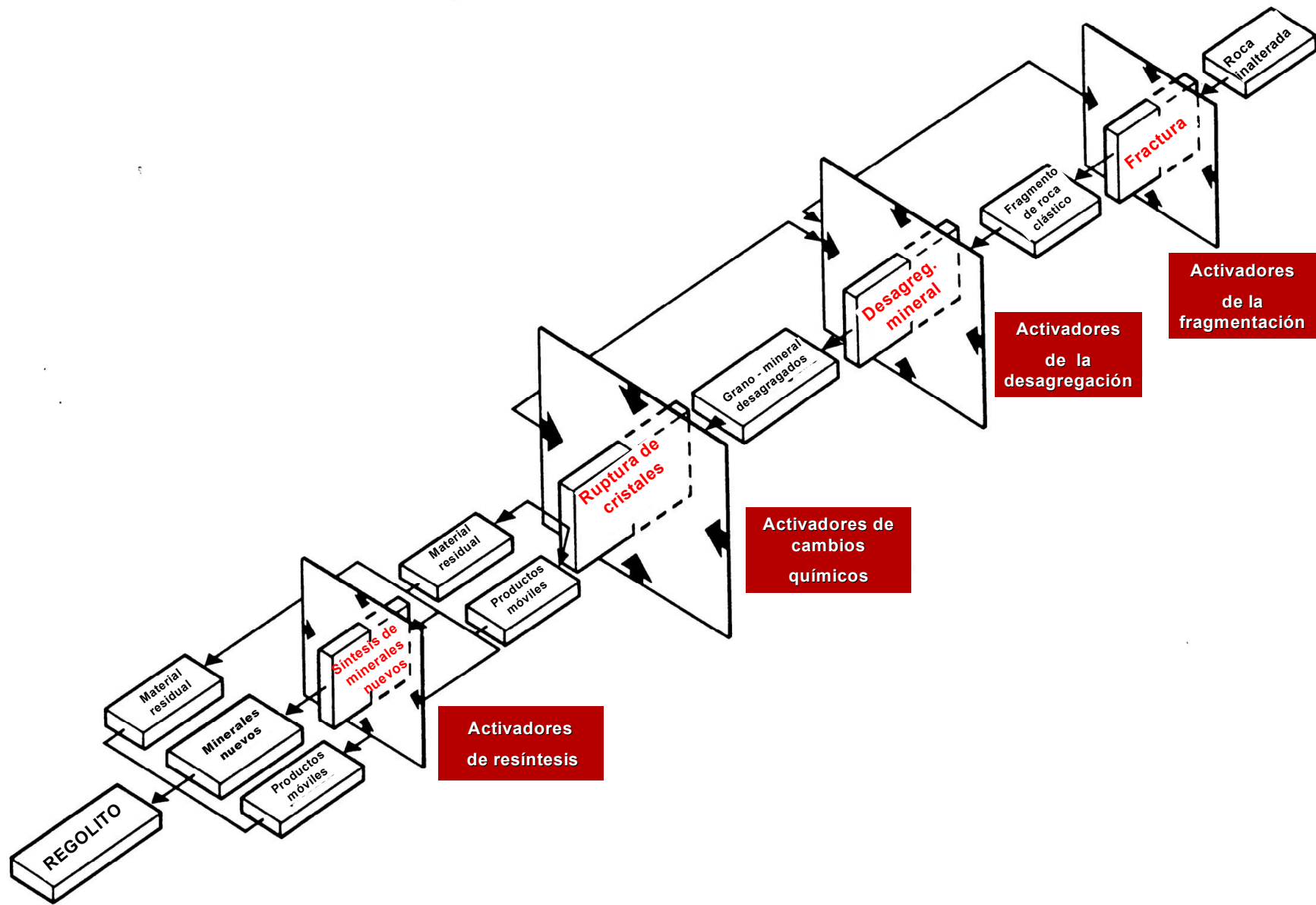


Figura 12. Sistema meteorización a partir de roca inalterada

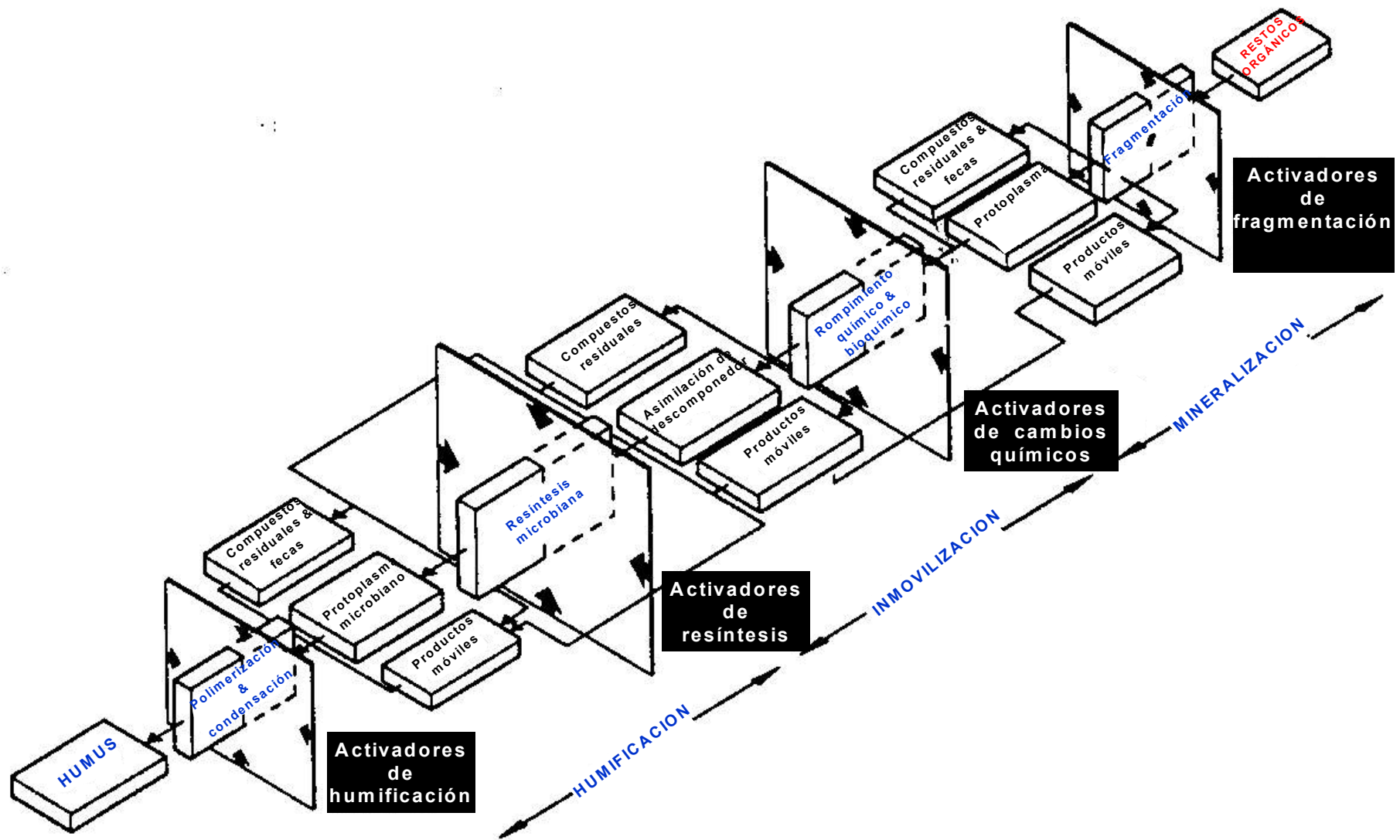


Figura 13. Sistema detrítico de formación de humus

En el Cuadro 1 se sintetiza la relación material parental – suelo.

**Cuadro 1. Características de suelos acorde al material parental**

<b>Material parental</b>	<b>Estratificación</b>	<b>Ordenamiento del tamaño de partículas</b>	<b>Fragmentos de roca</b>	<b>Clase textural típica</b>
<b>Residual</b>	Si la roca parental era estratificada	Si la roca parental era ordenada	Presente a menudo	Dependiente de la roca original
<b>Coluvio</b>	Potencialmente	Si la roca parental era ordenada	Generalmente presente	Dependiente de material original
<b>Loess</b>	Generalmente no observable salvo cerca del origen	Altamente ordenado	No	Limosa a franco limosa
<b>Arenas eólicas</b>	Si, estratas inclinadas	Altamente ordenado	No	Arenosa fina a gruesa
<b>Lacustrino</b>	Si	Altamente ordenado	No	Arcillosa a limosa
<b>Aluvial</b>	Altamente estratificado	Estratas individuales muestran ordenamiento	Comunes en algunas estratas	Variable
<b>Depósitos en abanico</b>	A menudo alta estratificación	A menudo ordenado con la distancia a partir de quiebre de pendiente	Comunes	Variable, más finas con la distancia a partir de quiebre de pendiente
<b>Outwash glacial</b>	A menudo estratificado	Altamente ordenado	Presenta a menudo gravas	Arenosa a gravosa
<b>Till glacial</b>	No, salvo retrabajado por agua	Desordenado	Generalmente presente	Variable
<b>Ceniza volcánica</b>	Usualmente alta estratificación	Ordenado a distancia de la fuente	Pueden presentarse	Variable
<b>Material antrópico</b>	Variable	Variable	Variable	Variable

## PARTE III

### INFORMACIÓN PREVIA A LA DESCRIPCIÓN DE TERRENO

#### 1. Registro y localización

Número del perfil	(Código)
Tipo de perfil	(Calicata, corte, barreno)
Fecha de la descripción	(ddmmaa)
Autor(es)	(nombre o iniciales)
Nombre del suelo	(clasificación local)
Localización	(precisa, km ó m, unidad administrativa)
Elevación	(msnm, altímetro, o mapas)
Identificación del mapa y red de referencia	(Nombre, UTM)
Coordenadas	(Latitud, Longitud)

#### 2. Clasificación del suelo

Clasificación del suelo	(Soil Taxonomy, FAO-UNESCO)
Clima del suelo	(Regímenes de humedad y temperatura)

#### 3. Forma del terreno y relieve

Relieve	(acolinado, ondulado, montañoso, etc.)
Forma del terreno	(Valle, meseta, montaña, colina, etc.)
Geomorfología	(Terraza, piedmont, cono aluvial, etc.)
Posición	(Relativa: cresta, media ladera, etc.)
Pendiente	(Gradiente (%), Forma; cóncava, compleja, etc.)
Microrelieve	(Gilgai, camellones, surcos, as, etc.)

#### 4. Uso de la tierra y vegetación

Uso de la tierra	(Agricultura, Ganadería, Forestal, etc.)
Vegetación	(Natural o cultivos: altura y cobertura)

#### 5. Material parental

Material parental	(Material no consolidado; tipo de roca)
Profundidad efectiva del suelo	(cm)

#### 6. Características superficiales

Afloramientos rocosos	
Fragmentos gruesos en superficie	
Erosión	
Sellamiento superficial	(Costras secas: espesor y consistencia)
Grietas superficiales	(Ancho, espaciamiento)
Otras características superficiales	(Sales: espesor y cobertura; etc.)

#### 7. Relaciones hídricas del suelo

Clases de drenaje	(clases)
Infiltración	(Rápida, moderada, lenta)
Permeabilidad	(Rápida, moderada, lenta)
Inundación o anegamiento	(Frecuencia, duración y profundidad)
Agua subterránea	(Profundidad)
Condición de humedad por horizonte	(Seco, húmedo, saturado)



## PARTE IV

### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS SUELOS

#### Definiciones

Perfil: es una exposición vertical de la porción superficial de la corteza terrestre.

Horizonte: capa aproximadamente paralela a la superficie del suelo diferenciable de otras capas adyacentes por propiedades generadas por los factores de formación de suelos.

Solum: conjunto de horizontes relacionados a través del mismo ciclo de procesos pedogénicos. Se consideran como parte del solum los horizontes A, E, B y sus horizontes transicionales y algunos horizontes O. Solum y suelo no son sinónimos. Algunos suelos incluyen capas que no están afectadas por procesos de formación de suelos.

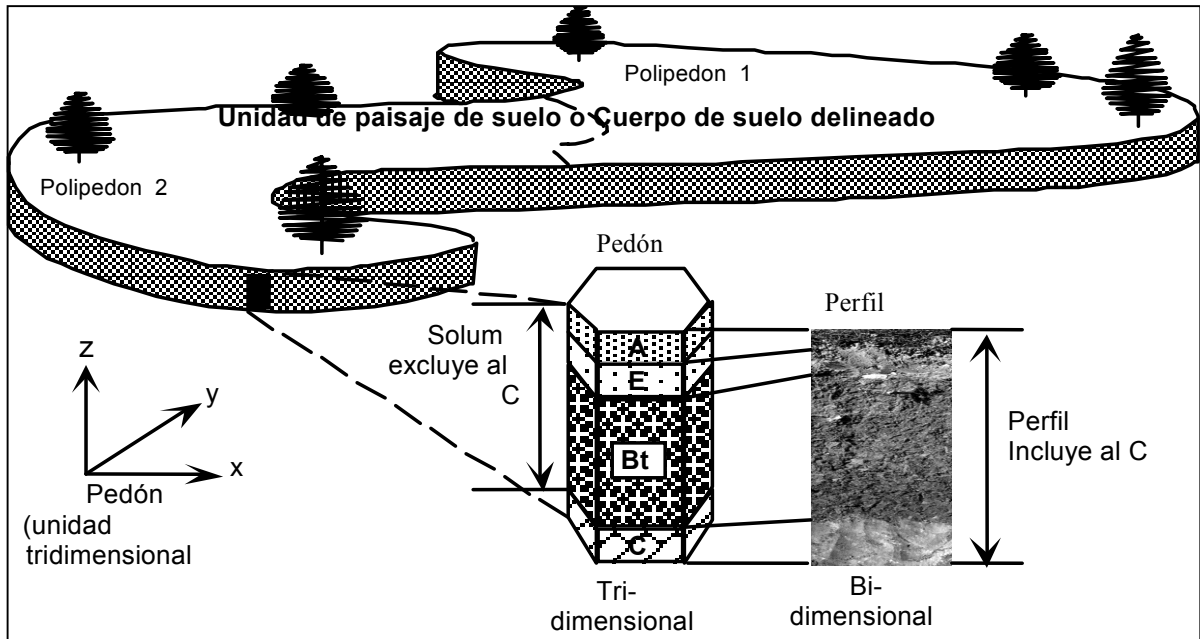
Sequum: horizonte B en conjunto con cualquier horizonte aluvial superior. Un sequum se considera como el producto de una combinación específica de procesos de formación de suelos.

Suelo enterrado: si existe un manto superior de nuevo material que tiene un espesor de 50 cm o más.

Pedón: representa el cuerpo de menor tamaño de un mismo suelo, para que es lo suficientemente grande como para mostrar la naturaleza, el arreglo de los horizontes y su variabilidad además de otras propiedades morfológicas. En profundidad se extiende hasta la roca parental o hasta 2 m, lo que sea más superficial. En la superficie tiene entre 1 y 10 m<sup>2</sup> dependiendo de la variabilidad del suelo.

Polipedón: corresponde a una unidad de clasificación, un cuerpo suelo, que es homogéneo al nivel de una Serie de Suelos y lo suficientemente grande como para exhibir todas las características consideradas en la descripción y clasificación de los suelos.

Todos estos conceptos, se muestran en la Figura 14.



**Figura 14. Conceptos de perfil, pedón, polipedón y solum.**

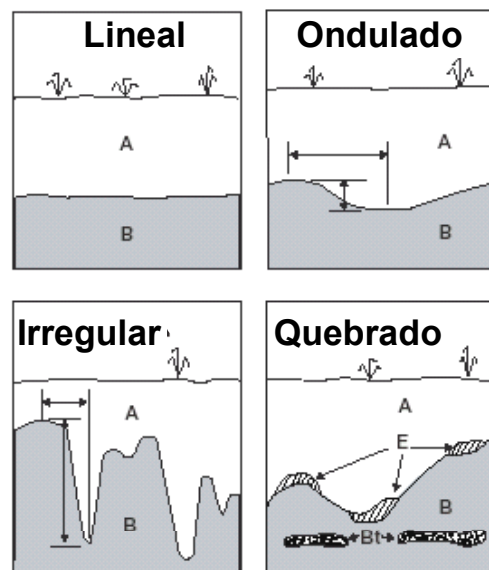
### Límites y grosor de capas

**Límite de capas:** El paso de un horizonte a otro implica un cambio de propiedades, el que tiene lugar a lo largo de un cierto espesor, definido como límite entre horizontes. Proporcionan información acerca de la formación y evolución del suelo y el paisaje, pero así mismo se correlacionan con posibles alteraciones de tipo antrópico.

#### **Topografía del límite**

Se refiere a la forma (Figura 15) de la sección de contacto entre capas.

- Lineal o suave: plano con pocas o ninguna irregularidad.
- Ondulado: el ancho de la ondulación es mayor que su profundidad.
- Irregular: la profundidad de la ondulación es mayor que su ancho.
- Quebrado: horizontes discontinuos; discretos pero en unidades intermezcladas o irregulares.

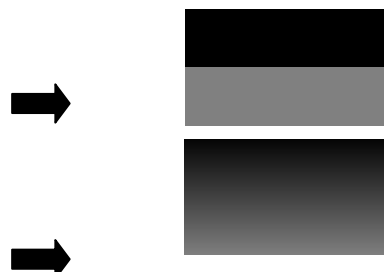


**Figura 15. Topografía de límites.**

**Nitidez del límite:** se refiere a la distancia a través de la cual un horizonte cambia a otro (Cuadro 2 y Figura 16).

**Cuadro 2. Nitidez de límite.**

Clase	Cambio en (cm)
Muy abrupto	< 0,5
Abrupto	0,5 a < 2
Claro	2 a < 5
Gradual	5 a < 15
Difuso	≥ 15



**Figura 16. Extremos de nitidez de límites**

Grosor de los horizontes: por convención, para todos los perfiles, su grosor y profundidad se mide a partir de la superficie del suelo, excluyendo la vegetación. Se indica la profundidad superior e inferior del horizonte (ej: 0-23 cm, 23-47 cm, 85+ cm), pero dependiendo de las características del límite se definirá su espesor en el punto medio de la “transición”. En el caso de los límites irregulares u ondulados, se precisarán los valores de la fluctuación involucrada (ej: 10-25/45 cm; 25/45+ cm, etc.).

### Raíces y poros

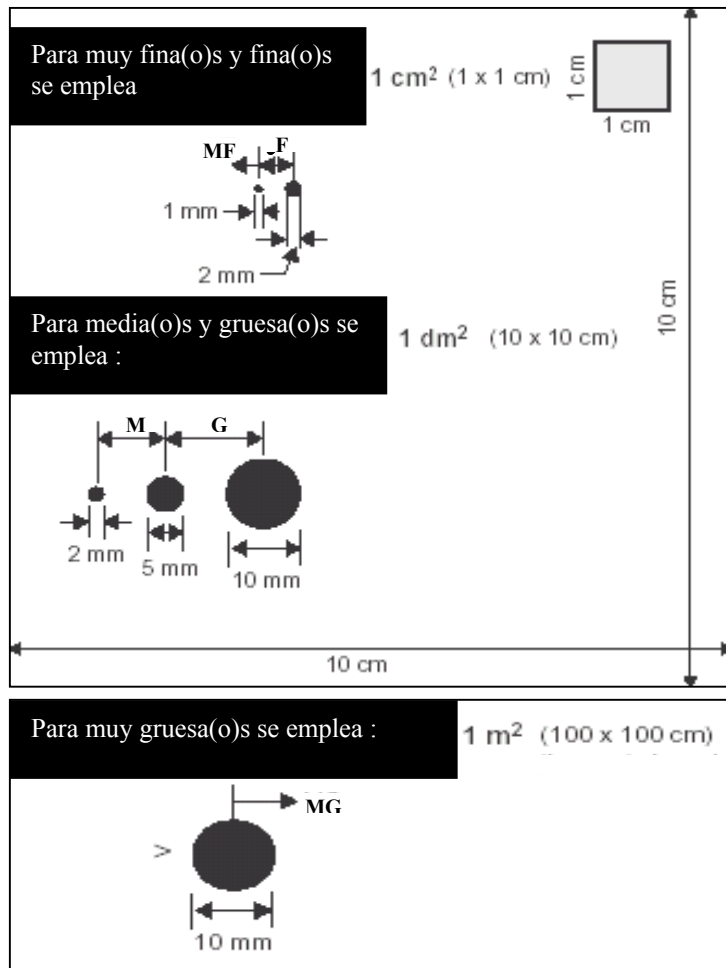
Tanto la cantidad de raíces como poros se describen en términos del número de ellos por unidad de área, la cual cambia con el tamaño de ambos: 1 cm<sup>2</sup> para muy fina(o)s y fina(o)s, 1 dm<sup>2</sup> para media(o)s y gruesa(o)s, 1 m<sup>2</sup> para muy gruesa(o)s. Dicho tamaño y las unidades de área se incluyen en la Figura 17.

Finalmente, los términos poca(o)s, muy poca(o)s, abundantes, etc. caracterizan la abundancia o cantidad de raíces y poros presentes en cada horizonte, acorde a la unidad de área y el tamaño estos rasgos morfológicos (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Abundancia de raíces y poros acorde a la unidad de área**

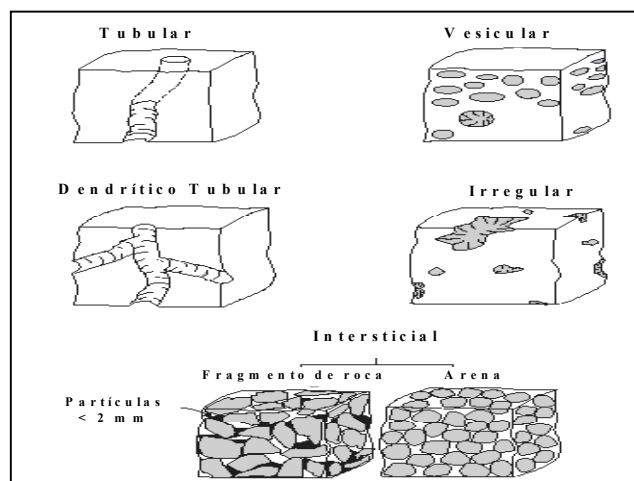
Término descriptivo <sup>1</sup>	Cantidad promedio por unidad de área
Poca(o)s	< 1
Muy poca(o)s	< 0,2
Moderadamente poca(o)s	0,2 a < 1
Comunes	1 a < 5
Abundantes	≥ 5

(1) Muy poca(o)s y moderadamente poca(o)s pueden ser incluidos opcionalmente para raíces, pero **no** para poros.



**Figura 17. Unidades de área para definir abundancia de poros y raíces**

A diferencia de las raíces, los poros se describen también por su forma como (Figura 18):

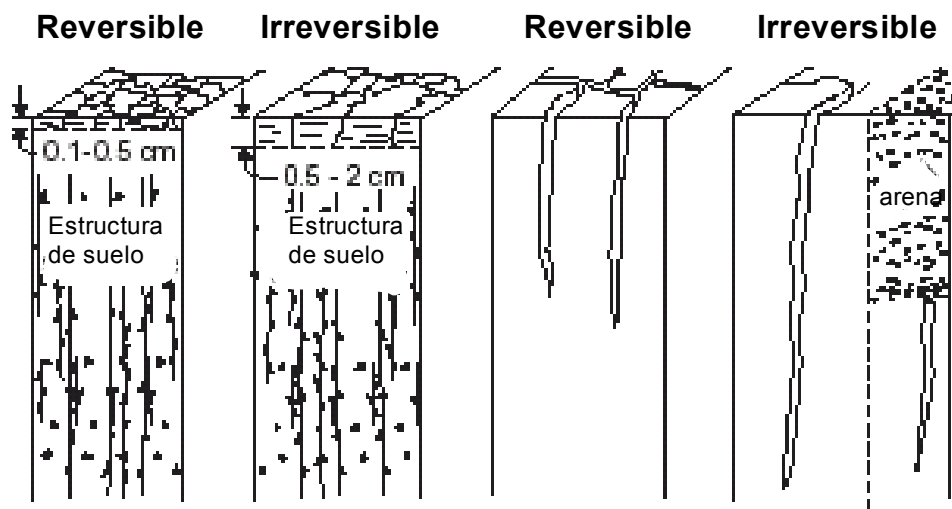


**Figura 18. Formas de poros.**

## Grietas

Las grietas, también denominadas “grietas extra-estructurales” son fisuras diferentes a las atribuidas a la estructura del suelo, de hecho son más largas y amplias que estos planos de debilidad que separan a los agregados del suelo.

Si bien se registra su frecuencia relativa (número promedio estimado por  $m^2$ ), profundidad (promedio) y clase, se reconocen dos tipos de grietas (Figura 16): reversibles e irreversibles. Éstas, pueden ser trans-horizontes (iniciadas subsuperficialmente) o estar relacionadas a costras (iniciadas superficialmente).



**Figura 19. Tipos de grietas en suelos.**

## Costras

Una costra es una capa superficial delgada (<1 cm hasta 10 cm) de partículas de suelo unidas por organismos vivos y/o por minerales. Se forman en la superficie de los suelos y presentan características físicas y/o químicas diferentes al material sobre el cual descansan.

Típicamente, las costras en los suelos cambian su tasa de infiltración y estabilizan tanto agregados como partículas sueltas. Se reconocen dos categorías generales de ellas: biológicas y minerales. Se les clasifica en :

### **Costras biológicas**

### **Costras minerales:**

#### **Costras químicas**

#### **Costras físicas**

### Fragmentos minerales gruesos y finos del suelo

El material mineral del suelo está constituido por fragmentos de roca, minerales primarios y secundarios. Todos ellos se encuentran en un rango amplio de tamaño de fragmentos y partículas, dependiendo de la clase de roca parental y de su grado de meteorización.

Fragmentos gruesos del suelo.

**Abundancia:** La abundancia de estos fragmentos se debe diferenciar en afloramientos rocosos (Cuadro 4), fragmentos en superficie (Cuadro 5), fragmentos en el perfil (Cuadro 6).

**Cuadro 4. Clases de afloramientos rocosos en suelos.**

Clase	Superficie con roca expuesta (%)
1	< 0,1
2	0,1 - 2,0
3	2,0 - 10,0
4	10,0 - 25,0
5	25,0 - 50,0
6	50,0 - 90,0
7	> 90

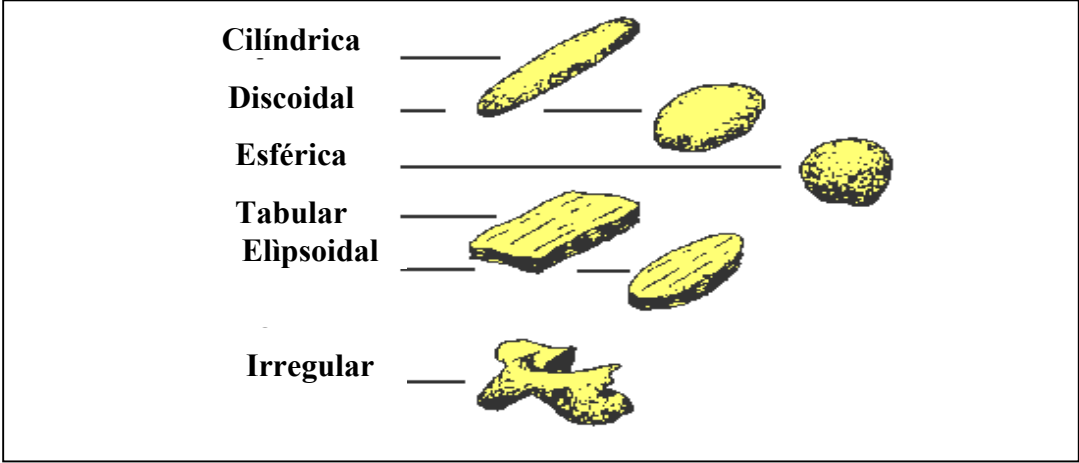
**Cuadro 5. Clases de fragmentos en superficie.**

Clase	Abundancia (%)	Separación (m) acorde al diámetro (cm)		
		25 cm	60 cm	120 cm
1	< 0,01	> 25	> 60	> 120
2	0,01 - 0,10	8 - 25	20 - 60	37 - 120
3	0,10 - 3,00	1 - 8	3 - 20	6 - 37
4	3,00 - 15,00	0,5 - 1	1 - 3	2 - 3
5	15,00 - 50,00	0,1 - 0,5	0,2 - 1	0,5 - 2
6	> 50	< 0,1	< 0,2	< 0,5
7	> 50	continuo (no suelo)		

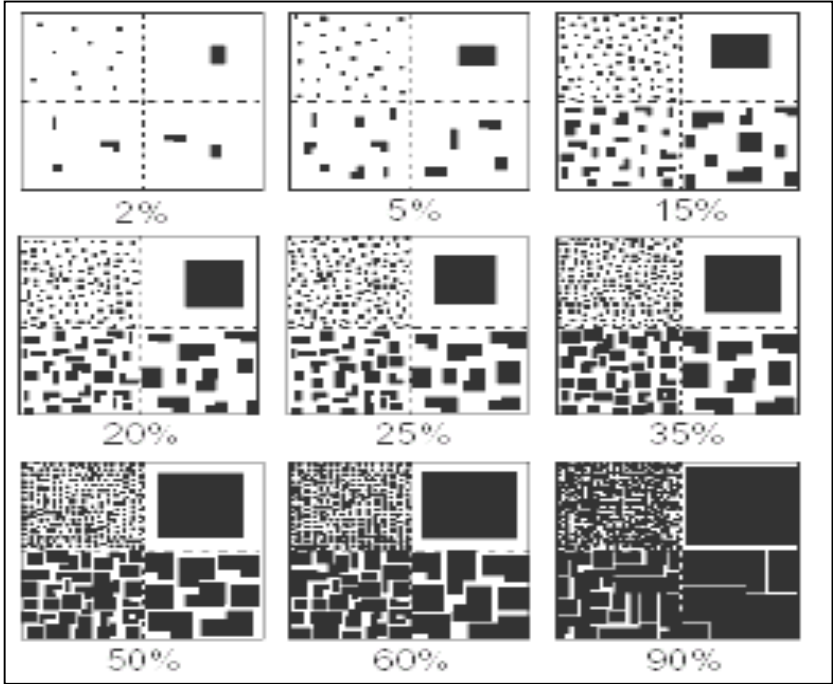
**Cuadro 6. Clases de fragmentos en el perfil del suelo.**

Clase	Abundancia (%)	Términos descriptivos ( modificador de la clase textural)
1	< 15	Sin adjetivo a la clase textural.
2	15 a < 35	gravoso, pedregoso, etc.
3	35 a < 60	muy: gravoso, pedregoso, etc.
4	60 a < 90	extremadamente: gravoso, pedregoso, etc
5	≥ 90	Sin adjetivo a la clase textural, no suelo

**Forma y tamaño:** la Figura 20 incluye las distintas formas que los fragmentos pueden tener. Por otra parte, la Figura 21 proporciona una guía para estimar su abundancia



**Figura 20. Forma de fragmentos gruesos de los suelos**



**Figura 21. Ejemplos de porcentajes de cobertura.**

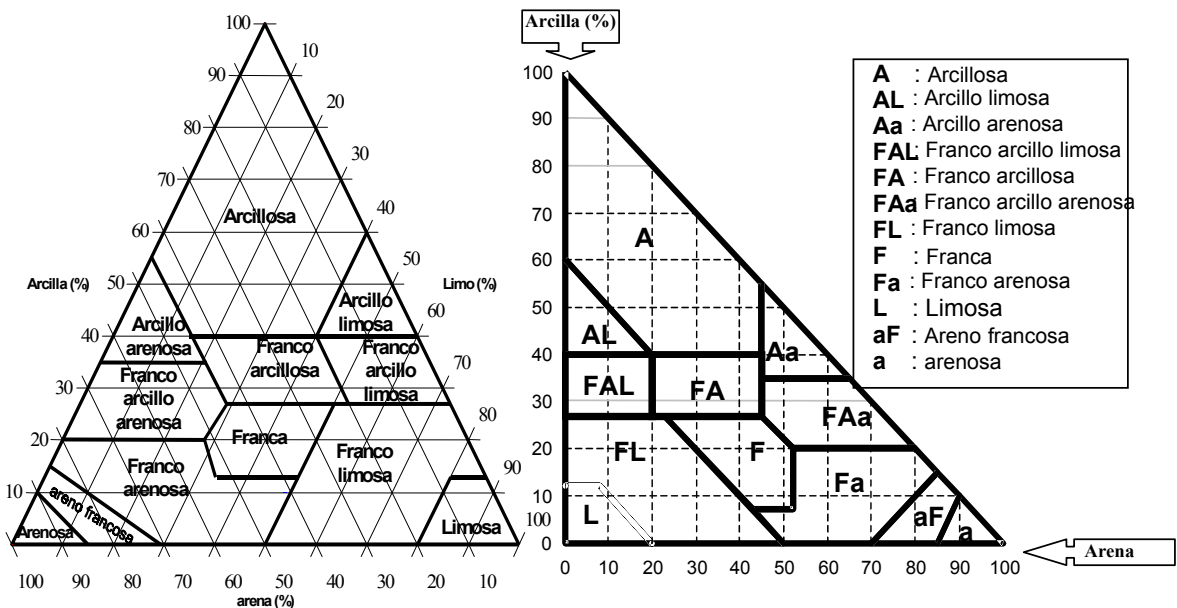
En el Cuadro 7 se clasifica a los fragmentos gruesos del suelo acorde a su tamaño.

**Cuadro 7. Denominación de fragmentos según forma y tamaño.**

Forma	Nombre	Diámetro (mm)	Término descriptivo
<b>ESFERICA O CUBICA</b>	Grava fina	(2 – 5)	Gravoso
	Grava media	(5 – 20)	
	Grava gruesa	(20 – 76)	
	Guijarro	(75 – 250)	Guijarroso
	Piedra	(250 – 600)	Pedregoso
	Bolón	(> 600)	(no tiene)
<b>APLANADA (sub) prismoidal</b>	Nombre	Longitud (mm)	Término descriptivo
	Guijarro	(2 – 150)	Guijarroso
	Laja	(150 – 380)	Lajoso
	Piedra	(380 – 600)	Pedregoso
	Bolón	(> 600)	(no tiene)

Fragmentos finos o separados del suelo: se denominan separados de suelo a aquellas partículas de tamaño inferior a 2 mm. De ellas, la arena (a) el limo (L) se consideran relativamente inertes y conforman el "esqueleto" del suelo. En conjunto estos tres separados constituyen lo que se denomina la "matriz" del suelo.

**Textura y clase textural:** se llama textura a la composición elemental de una muestra de suelo, definida por las proporciones relativas de sus separados individuales en base a masa. Los triángulo texturales son utilizados por quienes deben interpretar los resultados provenientes del análisis de laboratorio de suelos. La Figura 22 incluye los tipos de triángulo utilizados en Chile, diseñados por el USDA. Con excepción de la clase franca, los nombres de las clases texturales identifican al o los separados texturales que dominan las propiedades del suelo, aunque rara vez un suelo está constituido de un solo separado.



**Figura 22 Triángulo textural y clases texturales.**



En ocasiones es conveniente agrupar los suelos en sólo tres categorías amplias (Figura 23) o en cinco subcategorías (Figura 24), según su clase textural.

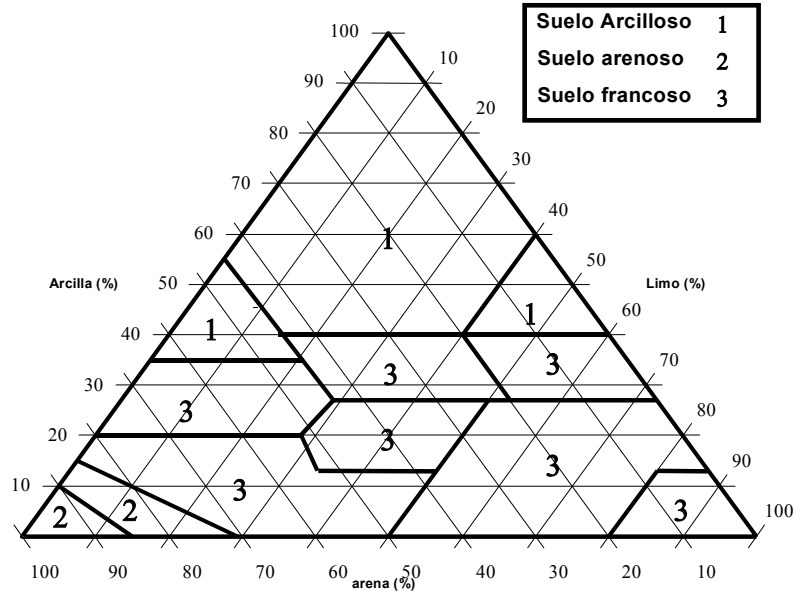


Figura 23. Agrupamiento de las clases texturales en categorías amplias

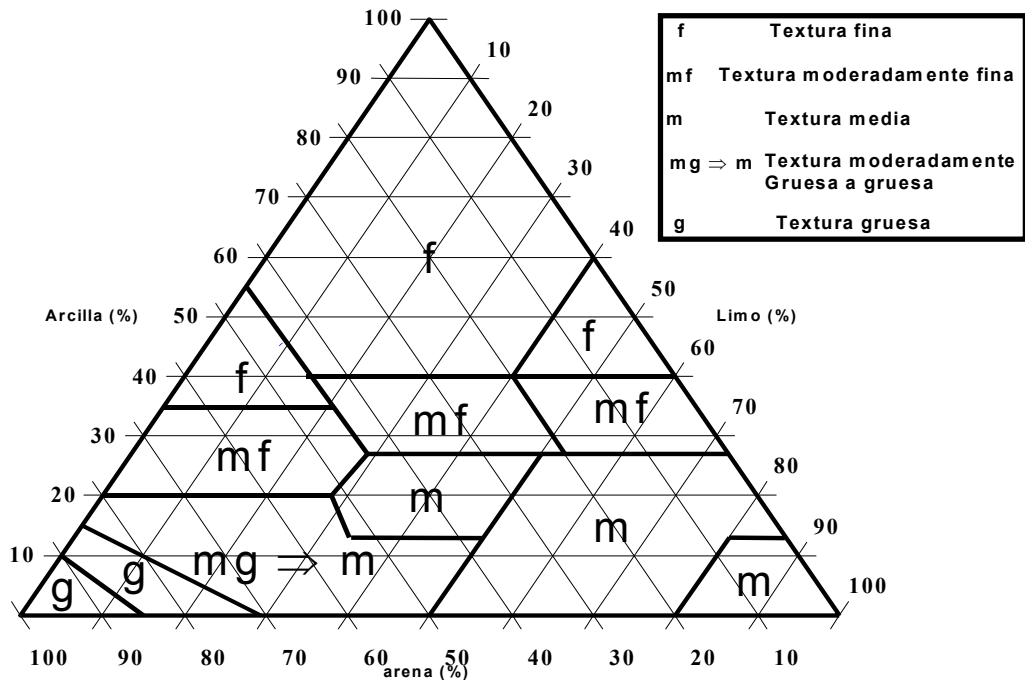


Figura 24. Agrupamiento de las clases texturales en subcategorías.

**Determinación manual de la clase textural:** esta aproximación al tacto de la clase textural se basa en la respuesta que puede manifestar el suelo frente a un manejo determinado, tal como la labranza o su comportamiento frente al agua. Esta respuesta está estrechamente relacionada a las propiedades cualitativas de los separados del suelo. En el Cuadro 8 se incluye una serie de estas propiedades, que resultan muy útiles para estimar la clase textural por esta vía.

**Cuadro 8. Características cualitativas de los separados texturales**

ARENA	LIMO	ARCILLA
Presente en abundancia partículas gruesas, se puede ver a ojo desnudo y separar con facilidad.	<i>Su rasgo más característico es su suavidad en estado húmedo, pero una apariencia de polvo (talco) en estado seco.</i>	Con un poco de agua se vuelve jabonosa y resbaladiza.
Al frotar el material entre el dedo índice y el pulgar, se siente su aspereza y tamaño; esta acción cerca del oído, es posible escuchar el crepitar de las arenas como resultado de la fricción de las partículas entre sí.	<i>Al apretar limo húmedo entre el pulgar y el índice, se nota cómo se enrolla al secarse, dejando la piel limpia.</i>	Si se manipula y amasa al estado plástico, forma cintas y cilindros finos y firmes.
Se satura con poca cantidad de agua y se seca rápidamente al aire; al secarse, se disgrega fácilmente.	<i>Presenta adhesividad y es muy poco plástico.</i>	Al manipularla con algo de agua y estrujarla, se siente suave y lisa, adheriéndose a la piel a medida que se seca.
Al mezclar con agua un poco material en la palma de la mano y frotar con el dedo índice de la mano opuesta, es posible diferenciar cantidades pequeñas de arena entre muestras.	<i>No retiene agua por períodos de tiempo prolongados.</i>	Es más adhesiva, cohesiva y plástica que el limo
Presenta ligera plasticidad en un rango de contenido de agua muy estrecho.	<i>Es la partícula que domina en los suelos de loess.</i>	Retiene mucho agua y demora en secarse.
Para que domine cualitativamente, debe presentarse en cantidades elevadas.		Las características cualitativas de plasticidad y cohesividad se manifiestan aún con pequeñas cantidades de arcilla.
No presenta adhesividad		

Las guías para llegar aproximadamente a las clases texturales a nivel de campo son empleadas para tener una orientación general. En la Figura 25 se incluye un ejemplo.

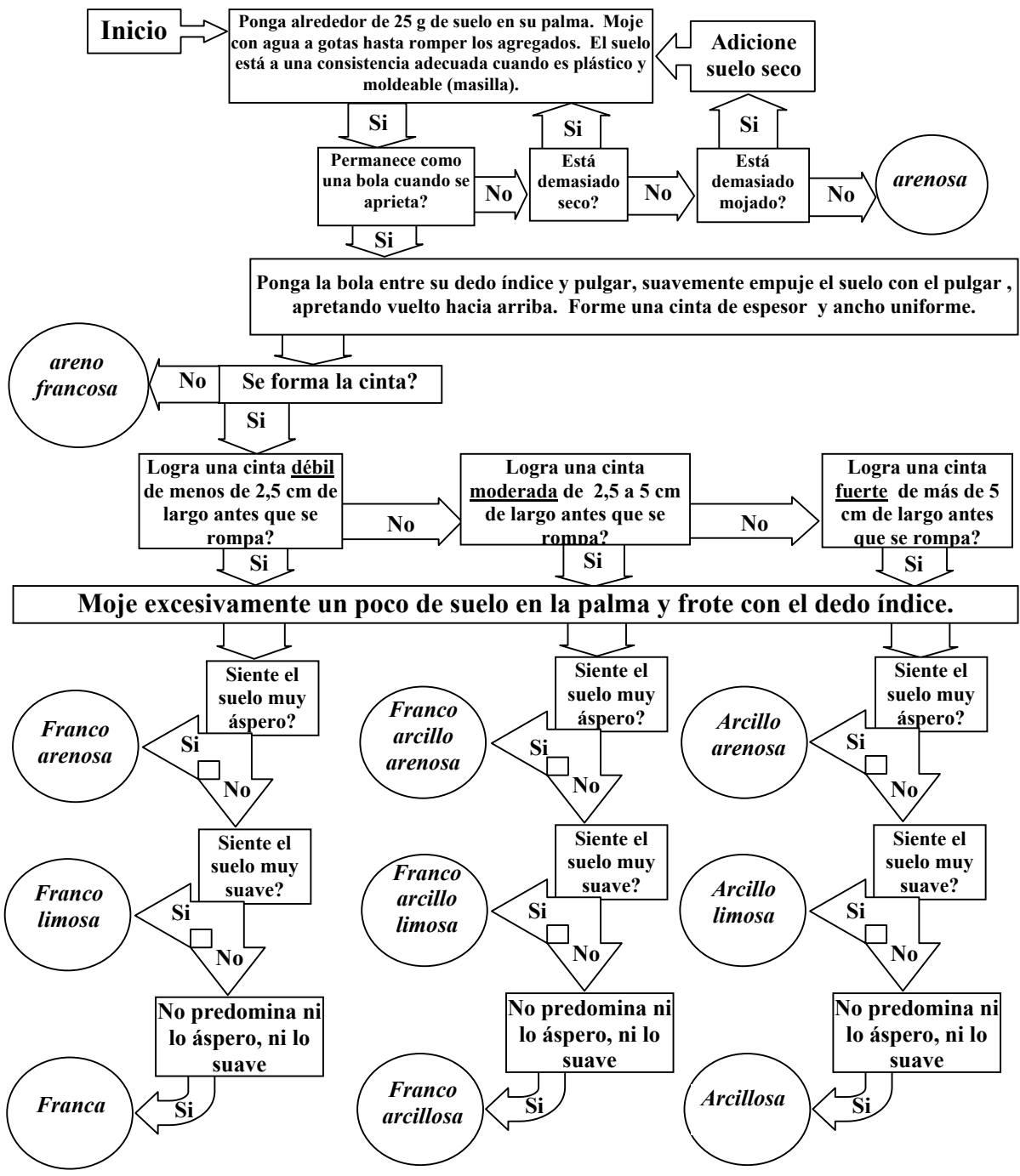


Figura 25. Guía para determinar manualmente la clase textural de los suelos.

Arenosa: es no cohesiva y forma sólo gránulos simples. Las partículas individuales pueden ser vistas y sentidas al tacto fácilmente. Al apretarse en la mano en estado seco se soltará con facilidad una vez que cese la presión. Al apretarse en estado húmedo formará un molde que se desmenuzará al palparlo.

Franco arenosa: es un suelo que posee bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas. Los granos de arena pueden ser vistos a ojo descubierto y sentidos al tacto con facilidad. Al apretarlo en estado seco formará un molde que fácilmente caerá en pedazos, pero al apretarlo en estado húmedo el molde formado persistirá si se manipula cuidadosamente.

Franca: es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cualitativos, de separados texturales. Es blando o friable dando una sensación de aspereza, además es bastante suave y ligeramente plástico. Al apretarlo en estado seco el molde mantendrá su integridad si se manipula cuidadosamente, mientras que en estado húmedo el molde puede ser manejado libremente y no se destrozará.

Franco limosa: es un suelo que posee una cantidad moderada de partículas finas de arena, sólo una cantidad reducida de arcilla y más de la mitad de las partículas pertenecen al tamaño denominado limo. Al estado seco tienen apariencia aterronada, pero los terrones pueden destruirse fácilmente. Al moler el material se siente cierta suavidad y a la vista se aprecia polvoriento. Ya sea seco o húmedo los moldes formados persistirán al manipularlos libremente, pero al apretarlo entre el pulgar y el resto de los dedos no formarán una “cinta” continua.

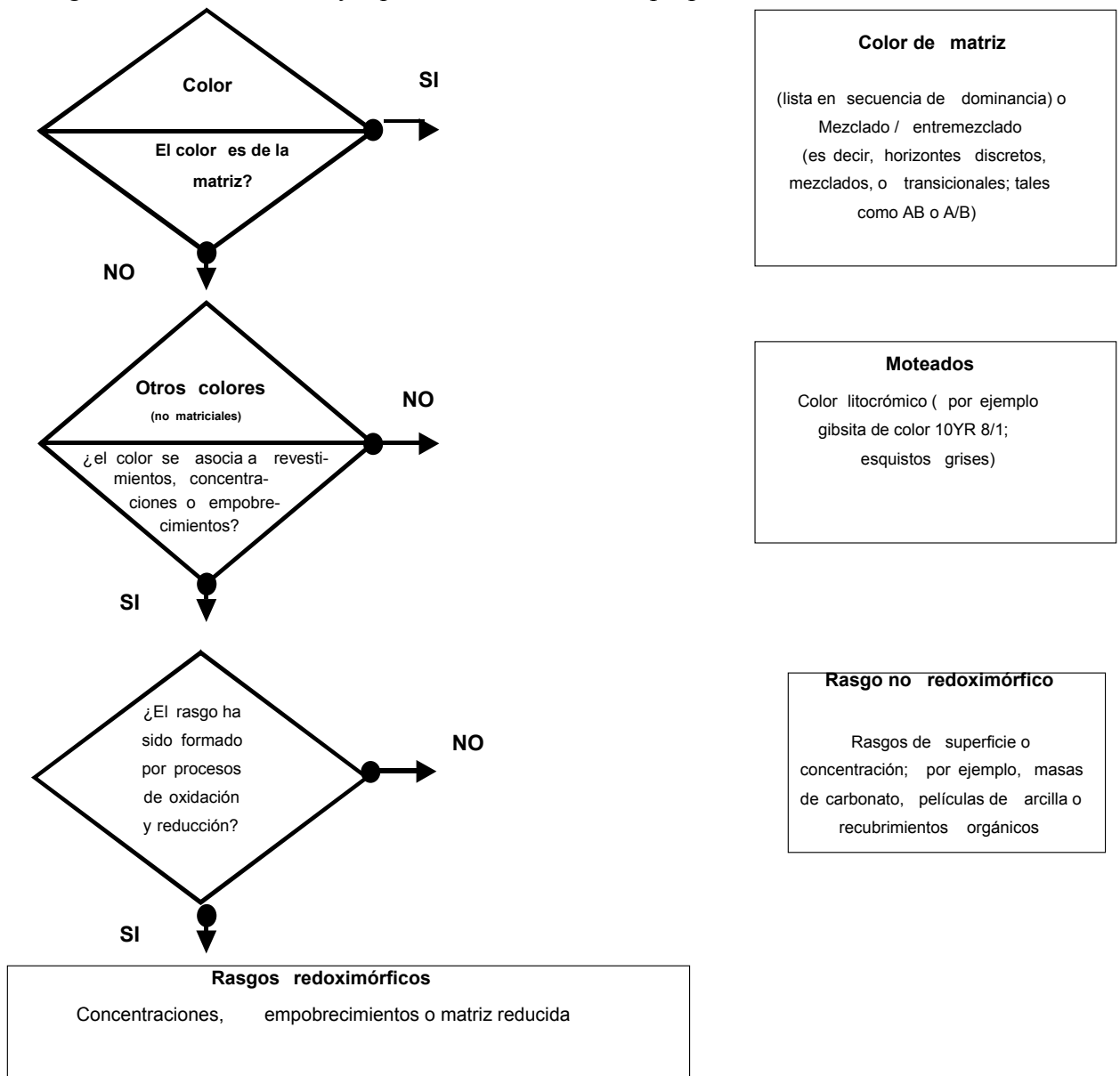
Franco arcillosa: es un suelo de textura fina que usualmente se quiebra en terrones duros cuando éstos están secos. El suelo en estado húmedo al oprimirse entre el pulgar y el resto de los dedos formará una cinta que se quebrará fácilmente al sostener su propio peso. El suelo húmedo es plástico y formará un molde que soportará bastante al manipuleo. Cuando se amasa en la mano no se destruye fácilmente sino que tiende a formar una masa compacta.

Arcillosa: constituye un suelo de textura fina que usualmente forma terrones duros al estado seco y es muy plástico como también pegajoso al mojarse. Cuando el suelo húmedo es oprimido entre el pulgar y los dedos restantes se forma una cinta larga y flexible.

## Color del suelo

El color es una de las características físicas más obvias del suelo, es fácil de medir o valorar y se utiliza para identificar y evaluar un suelo, pues dentro de un marco regional o local es posible inferir de él un conjunto de características que, a veces, no pueden ser visualizadas con facilidad y precisión.

Elementos del color y su interpretación : antes de describir el color del suelo se debe tener presente el origen de éste. Al respecto, la Figura 13 describe ciertas decisiones a tomar, destacándose que en la actualidad el término *moteado* deja de asociarse a condiciones de mal drenaje. Hoy en día corresponde simplemente a cualquier color diferente a la matriz del suelo. Además se hace una discriminación entre rasgos no redoximórficos y aquellos redoximórficos propiamente tales.



**Figura 26. Arbol de decisiones para describir color del suelo**

Determinación y nomenclatura del color: en la actualidad es posible especificar el color consistente y cuantitativamente con más precisión, usando tablas de color estándar basadas, por ejemplo, en el sistema de notación Munsell.

La Tabla Munsell usa tres elementos para realizar una notación específica de color: **Matiz** (composición espectral), **Valor** (brillo, claridad, escala entre el negro puro y el blanco puro) y **Croma** (profundidad o saturación del color).

Al escribir la notación, el orden de las variables es:

**Nombre del color + MATIZ (Hue) + VALOR (Value) + CROMA (Chroma)**  
**Pardo 7.5 YR 3/ 2**  


---

**Pardo (7.5 YR 3/2)**

El procedimiento de uso de la Tabla Munsell consiste en asociar el color de la muestra o agregado de cada horizonte a una de las celdillas de un matiz determinado (Figura 27). Una vez seleccionada la celdilla que contará con un valor y un croma, se identifica el nombre del color en una página opuesta, del mismo matiz, a la de las celdillas y que consigna el nombre de los colores para cada relación valor/croma.

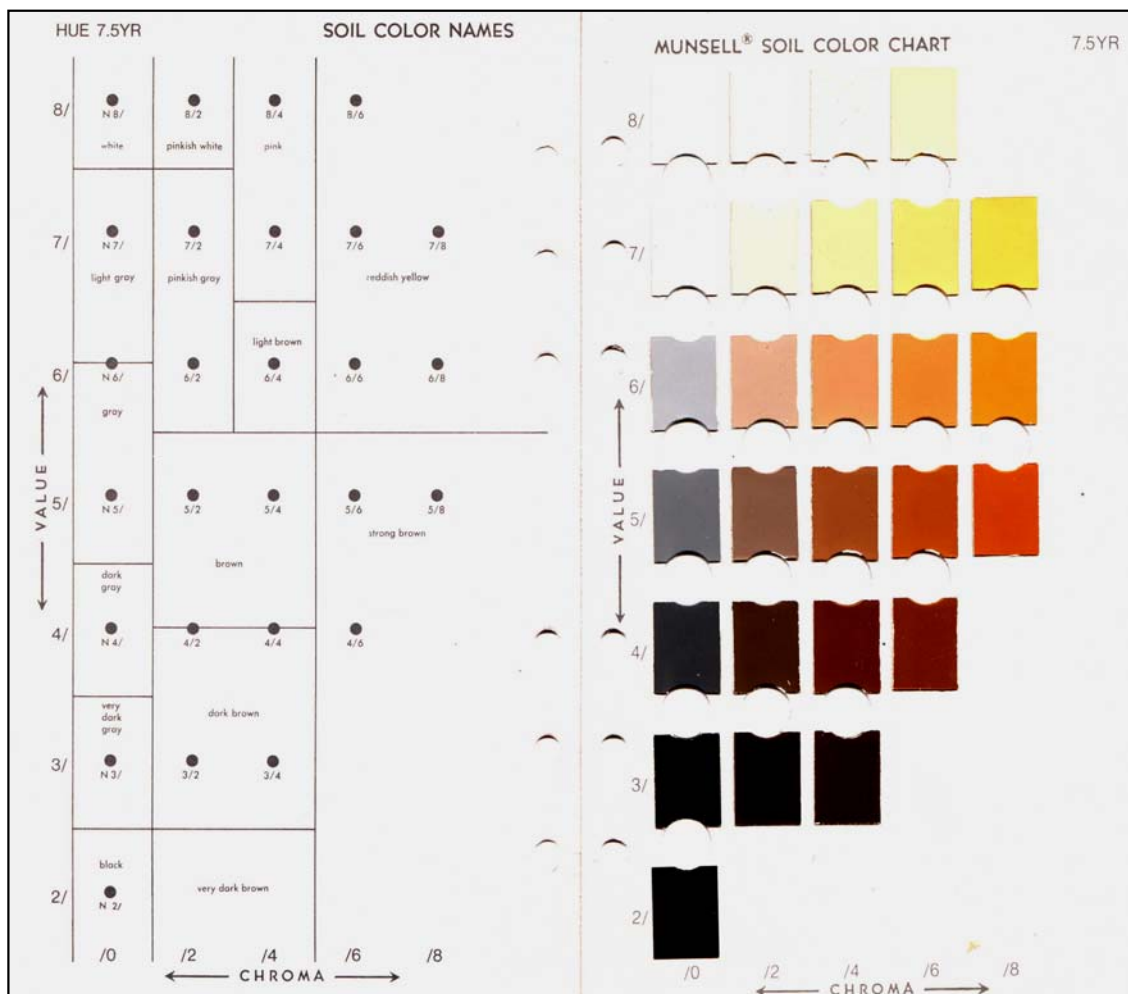


Figura 27. Hoja del matiz 7.5 YR de la Tabla Munsell

### Rasgos redoximórficos

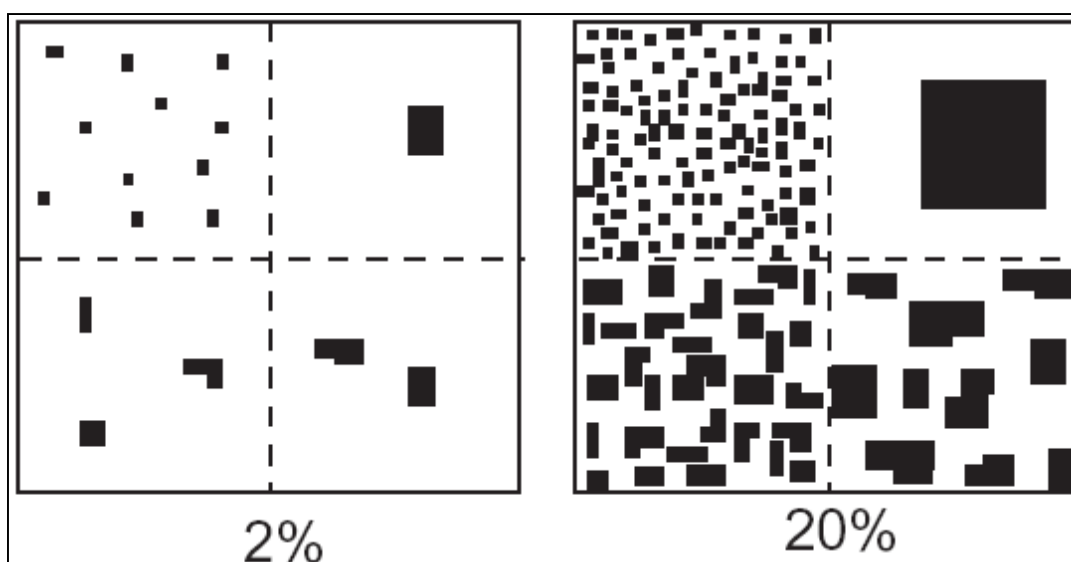
Los rasgos redoximórficos (RRM) son un patrón de color distinto en ciertos sectores del suelo debido a la pérdida (empobrecimiento) o a la ganancia (concentración) de pigmentos en comparación con la matriz del suelo, como consecuencia de procesos alternados o permanentes de oxidación y reducción.

Se registran en términos de cantidad (porcentaje cubierto de un área del horizonte), tamaño, contraste, color y condición de humedad (seco o mojado).

Abundancia o cantidad de RRM: se emplea la terminología del Cuadro 9, y con cartillas como las de la Figura 28 se opera en cada horizonte tomando áreas representativas de éste.

**Cuadro 9. Abundancia de moteados o RRM de los suelos.**

<b>Término descriptivo</b>	<b>Cobertura (%)</b>
Pocos	< 2
Comunes	2 a < 20
Muchos	≥ 20



**Figura 28. Cartillas de comparación para abundancia de RRM o moteados.**

Tamaño de RRM: se emplea los términos del Cuadro 10.

**Cuadro 10. Tamaño de RRM y moteados**

<b>Término descriptivo</b>	<b>Tamaño (mm)</b>
Fino	< 2
Medio	2 a < 5
Grueso	5 a < 20
Muy grueso	20 a < 76
Extremadamente grueso	≥ 76

Contraste de RRM: se contrastan los parámetros de color Munsell (matiz, valor y croma) entre la matriz y el RRM o moteado (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Clases de contraste para RRM y moteados**

Clase de contraste	Diferencia ( $\Delta$ ) de parámetros de color Munsell entre la matriz y el moteado o RRM			
	$\Delta$ matiz	$\Delta$ valor		$\Delta$ croma
Indistinto	0	$\leq 2$	y	$\leq 1$
	1	$\leq 1$	y	$\leq 1$
	2	0	y	0
Distinto	0	$\leq 2$	y	$> 1$ a $< 4$
		$> 2$ a $< 4$	y	$< 4$
	1	$\leq 1$	y	$> 1$ a $< 3$
		$> 1$ a $< 3$	y	$< 3$
	2	0	y	$> 0$ a $< 2$
		$> 0$ a $< 2$	y	$< 2$
Prominente	0	$\geq 4$	o	$\geq 4$
	1	$\geq 3$	o	$\geq 3$
	2	$\geq 2$	o	$\geq 2$
	$\geq 3$			

Independientemente de las diferencias en matiz entre la matriz y RRM (o moteado), si el valor y el croma de ambos es  $\leq 3$  y  $\leq 2$ , respectivamente, el contraste es indistinto.

Límite de RRM: corresponde a la gradación entre la matriz y el rasgo (Cuadro 12)

**Cuadro 12. Límite de RRM y moteados.**

Clase	Criterio
Abrupto	El color cambia en menos de 0,1 mm; el cambio es brusco aún con lupa
Claro	El color cambia dentro 0,1 a 2 mm; la gradación es visible sin lupa
Difuso	El color cambia en 2 mm ó más; la gradación es fácilmente visible sin lupa

Tipo de RRM: se definen los siguientes tipos principales de rasgos redoximórficos:

- Concentraciones
- Empobrecimientos
- Matriz reducida

**Concentraciones redox**: corresponden a zonas localizadas de pigmentación realzada o exaltada debido a un incremento, o un cambio de fase en minerales de Fe-Mn; o son acumulaciones físicas de minerales de Fe-Mn. Incluyen:

- Nódulos
- Concreciones
- Masas
- Recubrimientos de superficie

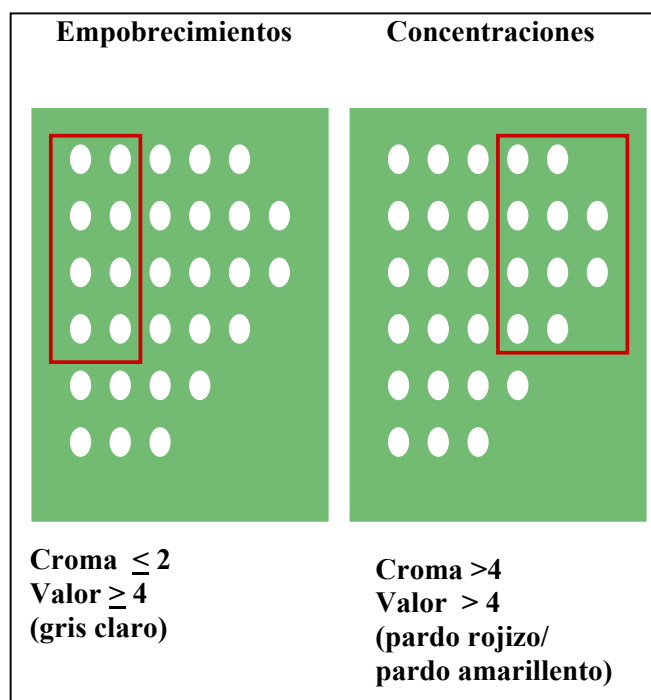


**Empobrecimientos redox:** son zonas de cromas bajo (croma inferior al de la matriz) donde los óxidos de Fe y Mn solos o bien éstos conjuntamente con la arcilla han sido eliminados. Incluyen:

- Empobrecimientos de Fe
- Empobrecimientos de arcilla

**Matriz reducida:** corresponde a una matriz del suelo que tiene un croma  $\leq 2$ , principalmente de Fe, pero que sufre un cambio en matriz o croma dentro de los 30 minutos que el material ha sido expuesto al aire.

Color de RRM: se debe tomar separadamente de la matriz del suelo, considerando las concentraciones y los empobrecimientos. Es posible discriminarlos e identificarlos fácilmente en la Tabla Munsell (Figura 29). Los parámetros de color serán fundamentales para definir el contraste no solo de RRM sino de moteados y otras concentraciones.

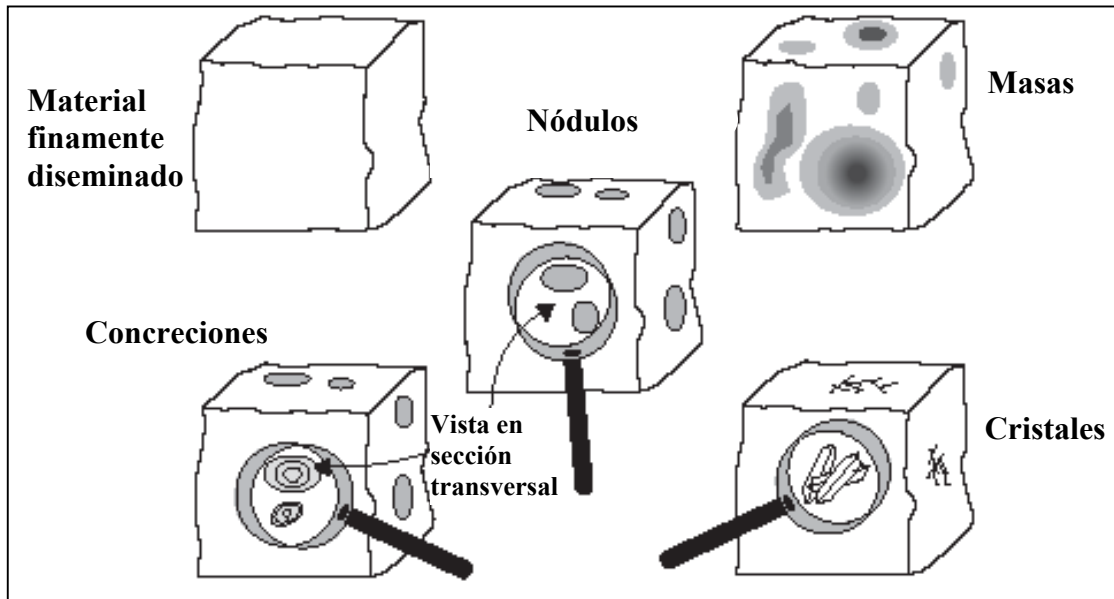


**Figura 29. Discriminación de rasgos redoximórficos dentro de la Tabla Munsell.**

### Concentraciones

Las concentraciones constituyen rasgos del suelo que se forman por acumulación de materiales durante la pedogénesis. Los procesos dominantes involucrados la disolución/ precipitación química; oxidación y reducción (RRM); remociones físicas y/o biológicas, transporte y acumulaciones.

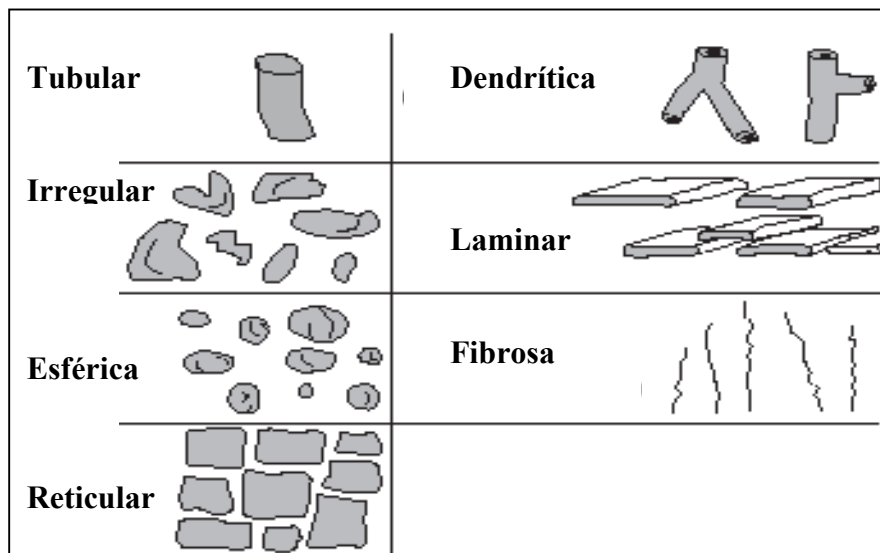
Tipos: los diferentes tipos de concentraciones más comúnmente presentes en los suelos se muestran en la Figura 30.



**Figura 30. Tipos de concentraciones en suelos.**

La abundancia, tamaño, contraste, color, estado de humedad, dureza, ubicación y límite de las concentraciones se describe con la misma terminología y rangos de valores que los RRM y moteados.

Forma: empleada también para caracterizar RRM y moteados, se muestran gráficamente en la Figura 31.



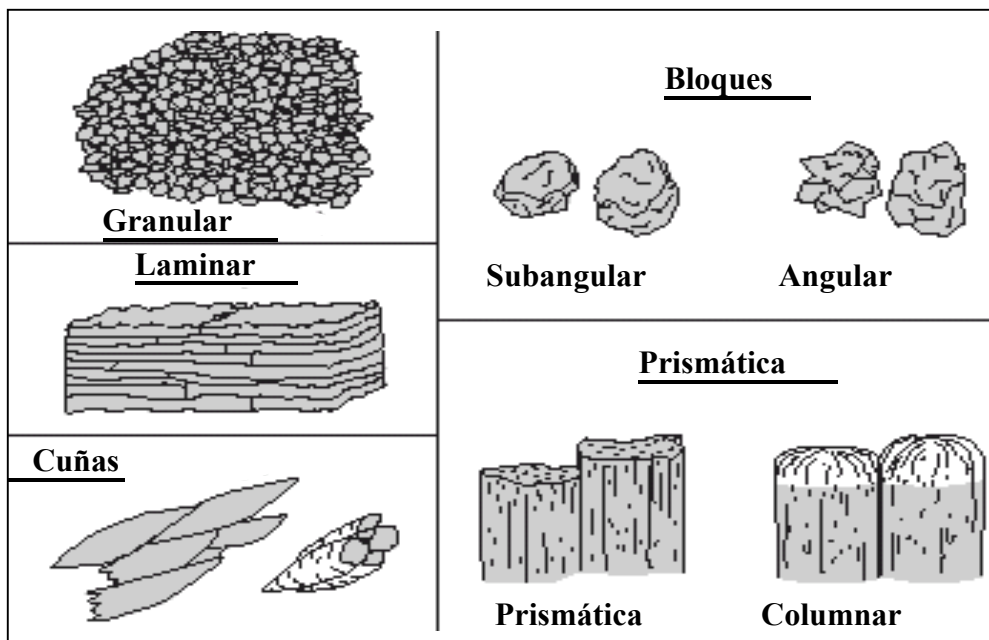
**Figura 31. Formas de concentraciones en los suelos.**

## Estructura del suelo

El término estructura del suelo, se relaciona con la organización o agregación natural de sus separados individuales, en unidades conocidas como partículas secundarias o agregados (peds). Estas unidades están separadas por planos de debilidad caracterizados por persistir en el lugar, por más de un ciclo de humedecimiento-desechamiento del suelo.

La caracterización completa de la estructura de un suelo contempla tres elementos relevantes: forma o tipo, tamaño y grado estructural.

Formas o tipos estructurales: se reconocen varias formas básicas de agregados (Figura 32) en los suelos.



**Figura 32. Tipos y formas de agregados**

La estructura de cuñas o cuneiforme es el tipo de estructura más recientemente identificada y constituye lentes elípticos que terminan en ángulos agudos, limitados por slickensides. Se relaciona con la presencia de arcillas expandibles, en particular cuando presentan estrías, ante cambios en los contenidos de agua.

Grado de la estructura: dentro de cada tipo y tamaño de agregados, el grado de estructura es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados, la adhesividad entre ellos y su estabilidad en el perfil. El grado de estructura del suelo depende del contenido de agua y por tanto debe determinarse cuando el suelo no esté extremadamente húmedo o seco. Se diferencian 4 grados de estructura:

**Grado fuerte:** los agregados están bien formados y bien diferenciados. Son duraderos y evidentes para casi todas las condiciones de humedad, en suelos no disturbados. Se adhieren débilmente entre ellos y al extraerlos del horizonte se mantienen intactos, con algunos agregados quebrados.

**Grado moderado:** los agregados están bien formados y son evidentes en suelos no alterados. Su duración es moderada y al ser extraídos del perfil, el material suelo queda constituido por una mezcla

de muchos agregados intactos, algunos quebrados y poco material no agregado.

**Grado débil:** la estructura está deficientemente formada por agregados indiferenciados, apenas visibles en el sitio. Cuando se altera el suelo, los materiales se rompen dando lugar a una mezcla de escasos agregados intactos, muchos quebrados y bastante material no agregado. Las caras de los agregados que indican persistencia, al menos de un ciclo de humedecimiento-deseccamiento, son evidentes si el suelo se manipula con cuidado.

**Sin grado estructural:** condición en la que no se aprecian agregados visibles o bien no hay un ordenamiento natural de los planos de debilidad. Los suelos en este estado se tipificaban dentro de "estructuras" de **grano simple** y **maciza** pero en rigor comprenden suelos no estructurados y sin grado estructural.

Tamaño de los agregados: las dimensiones de los agregados que se utilizan en las descripciones se consignan en el Cuadro 13 y Figura 33, para los distintos tipos de estructura.

**Cuadro 13. Tamaño (mm) de agregados en los suelos.**

CLASE	Granular	Prismática y/o Columnar	Bloques	Laminar	Cuñas
Muy fino	< 1	< 10	< 5	< 1	< 10
Fino	1 a < 2	10 a <20	5 a <10	1 a < 2	10 a <20
Medio	2 a < 5	20 a <50	10 a <20	2 a < 5	20 a <50
Grueso	5 a <10	50 a <100	20 a <50	5 a <10	50 a <100
Muy grueso	≥ 10	100 a <500	≥ 50	≥ 10	100 a <500
Extremadamente grueso		≥ 500			≥ 500

**Otros tipos de organización de las partículas del suelo.**

Se deben distinguir, además de los agregados, otros tipos de unidades u organizaciones características de los suelos, cuya formación no obedece al concepto de estructura tal como se ha descrito.

Terrones: cuerpos de material suelo formados por alteraciones de tipo cortante, tales como excavaciones o araduras, modelados en unidades transitorias.

Fragmentos de suelo: incluyen unidades no alteradas de suelo separadas por planos de debilidad o vacíos, que no persisten durante un ciclo de humedecimiento-deseccamiento.

Concreciones y nódulos: como rasgos redoximórficos (RRM), comprenden unidades discretas de suelo, comúnmente cementadas.

Panes: constituyen un tipo de organización de partículas de suelo que restringen el movimiento del agua y la penetración de las raíces. Los *fragipanes* se refieren a ciertos panes de clase textural franca, pobres en materia orgánica, cementados con Fe y de consistencia dura pero quebradiza. Cuando se humedecen se hacen moderadamente frágiles, es decir son panes endurecidos reversiblemente. Los *duripanes*, en cambio, son panes cementados con sílice en su forma opalina o microcristalina, soluble en álcali concentrado.

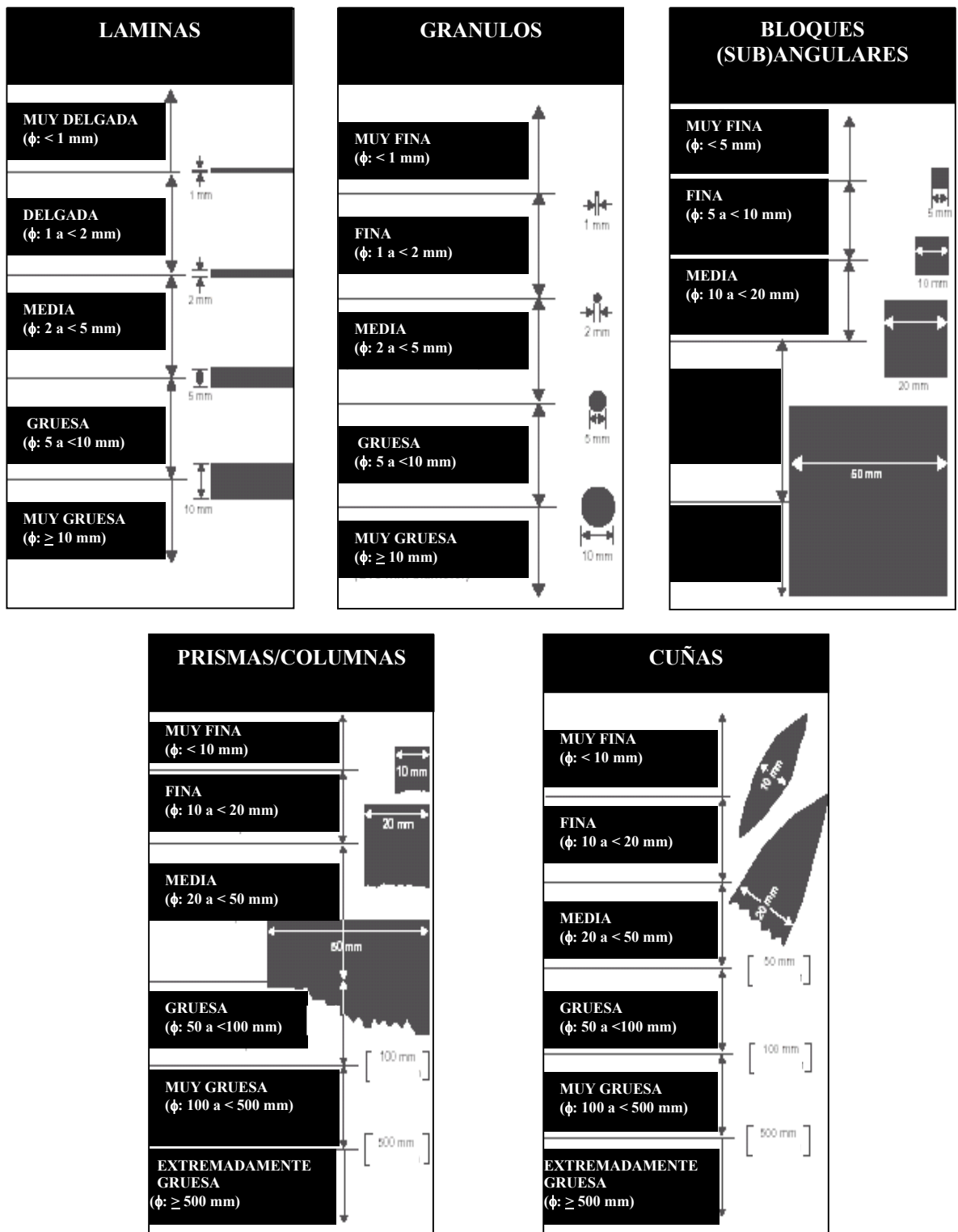


Figura 33. Tamaño y tipos de estructura de suelos (no a escala).

### Consistencia

El concepto de consistencia se refiere a la relación en que se encuentran las fuerzas de cohesión (atracción entre partículas o moléculas de la misma sustancia) y adhesión (atracción entre sustancias o partículas heterogéneas) que exhibe un suelo, y/o la resistencia que él ofrece a la deformación o ruptura cuando se le aplica una fuerza. Se evalúa en terreno a través de las determinaciones siguientes:

- Resistencia a la ruptura
- Forma de la falla
- Adhesividad
- Plasticidad
- Resistencia a la penetración
- Dificultad a la excavación

Hoy en día, la resistencia a la ruptura se aplica a suelos en todos los contenidos de agua, hasta saturación; en tanto que la adhesividad y la plasticidad son consideradas como evaluaciones independientes.

Resistencia a la ruptura: corresponde a una medida de la fuerza con que un suelo soporta una tensión que se le aplica entre el dedo pulgar y el índice, entre ambas manos, o entre el pie y una superficie lisa.

Forma de la falla: corresponde a la evaluación del cambio y la condición física que el suelo alcanza cuando se le ha sometido a compresión. Las muestras son húmedas o con mayor contenido de agua y se expresa en términos de fragilidad, fluidez y untuosidad.

Adhesividad: representa la capacidad del suelo de adherirse a otros objetos y se estima con el contenido de agua con el cual se presenta la máxima adherencia cuando se presiona entre el índice y el pulgar (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Clases de adhesividad de los suelos**

<b>Clase</b>	<b>Si amasa el suelo entre índice y el pulgar</b>
No adhesivo	Después de soltar la presión, no queda suelo (o muy poco) adherido a los dedos
Ligeramente adhesivo	Después de soltar la presión, el suelo se adhiere a ambos dedos Al separar los dedos, el suelo se estira ligeramente
Moderadamente adhesivo	Después de soltar la presión, el suelo se adhiere a ambos dedos Al separar los dedos, el suelo se estira un poco
Muy adhesivo	Después de soltar la presión, se adhiere firmemente a los dedos Al separar los dedos, el suelo se estira considerablemente.

Plasticidad: se asocia al grado con que un suelo amasado puede ser manipulado hasta una deformación permanente sin que exista ruptura. La evaluación se realiza formando un cilindro de suelo con el contenido de agua con el cual se alcanza la máxima plasticidad (Cuadro 15).

Resistencia a la penetración: Se refiere a la habilidad de un suelo en estado confinado (de campo) para resistir a la penetración de un penetrómetro de bolsillo. El penetrómetro no mide directamente la resistencia a la penetración, su escala se correlaciona con la fuerza compresiva no confinada y da una estimación de campo de ella.

Dificultad a la excavación: se refiere a la fuerza relativa o a la energía requerida para excavar un suelo. Las estimaciones deben ser hechas para cada horizonte o para la mayor parte de las capas limitantes.

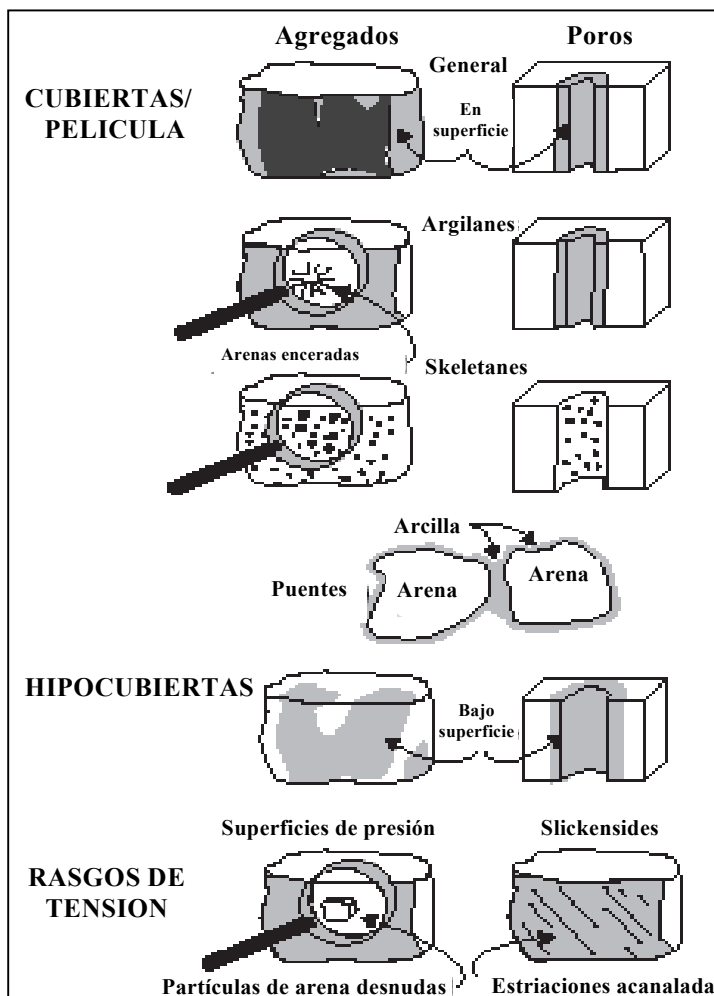
**Rasgos de superficies de vacíos y agregados**

Son rasgos no redoximórficos que comprenden cubiertas, películas y rasgos de tensión formados por translocación y depositación, o bien por procesos de dilatación-contracción en o a lo largo de superficies. Se describen en términos de tipo, cantidad, contraste, ubicación y color (seco o húmedo).

En la Figura 21 se representan esquemáticamente los tipos principales de rasgos de superficies.

**Cuadro 15. Clases de plasticidad de suelos**

Clase	Al tratar de obtener un cilindro de de 4 cm de largo
No plástico	No se logra formar ni uno de 6 mm de diámetro, o si se forma, no se soporta a sí mismo.
Ligeramente plástico	Solo uno de 6 mm de diámetro se soporta a sí mismo, no así uno de 4 mm.
Moderadamente plástico	Solo uno de 4 mm de diámetro se soporta a sí mismo, no así uno de 2 mm.
Muy plástico	Se logra formar uno de 2 mm de diámetro, que incluso es capaz de soportarse a sí mismo.



**Figura 21. Rasgos de superficie de poros y agregados de suelos**

**Carbonatos**

Se reconoce por la efervescencia producida al agregar al suelo gotas de HCl diluído a 1/3. La efervescencia, como expresión cualitativa, no se puede utilizar para estimar la cantidad de carbonatos, debido a que ella puede ser afectada por el tamaño de partículas y por la mineralogía. Se usan 4 clases:

- muy ligeramente efervescente..... se ven escasas burbujas
- ligeramente efervescente..... se ven fácilmente burbujas
- fuertemente efervescente..... burbujas forman espuma baja
- violentamente efervescente..... se forma rápidamente espuma gruesa.

## **PARTE V**

### **NOMENCLATURA DE ESTRATOS Y HORIZONTES** **MAESTROS DE SUELOS**

Los suelos se describen en base a estratos u horizontes, independientemente si ellos son genéticos o todas sus propiedades son heredadas del material parental. Las descripciones deben ser lo más objetivas posibles. Los datos de laboratorio de las muestras colectadas aumentan la precisión de la descripción; pero sin las descripciones objetivas de campo los datos de laboratorio tienen escasa validez.

Los suelos varían mucho en cuanto al grado de expresión de los horizontes. Las formaciones geológicas relativamente recientes como sedimentos aluviales, dunas o recubrimientos de cenizas volcánicas pueden carecer de horizontes genéticos reconocibles, aunque pueden poseer estratos diferenciados que reflejan diferentes mecanismos de depositación. A medida que progresa la formación del suelo, sólo a través de un minucioso examen se pueden detectar los horizontes que se encuentran en sus etapas iniciales. Con una mayor edad, los horizontes son generalmente más fácilmente identificados en el terreno, aún cuando en suelos muy antiguos, muy meteorizados de áreas tropicales con alta precipitación sólo uno o dos horizontes pueden ser fácilmente identificados.

Los estratos de diferente naturaleza son identificados por símbolos. Se han elaborado denominaciones para estratos que han sido modificados por la formación del suelo y para aquellos que no lo han sido, de esta manera cada designación de horizontes indica que el material original ha sido modificado de una cierta manera. Se asigna una denominación después de comparar las propiedades observadas del horizonte con las propiedades inferidas del material antes que hubiera sido afectado por la formación del suelo. No es necesario conocer los procesos que han producido el cambio; los criterios para la evaluación son las propiedades de los suelos que se relacionan con aquellas de un material parental estimado. Como base de comparación se utiliza el material inferido como el material parental del horizonte en cuestión y no el material que se encuentra debajo del solum. Frecuentemente el material parental que se ha inferido es muy similar o es el mismo material inalterado que se encuentra debajo.

Para una buena descripción del suelo no es necesario que los estratos sean identificados con símbolos. No obstante, el uso apropiado de las denominaciones mejora notablemente la utilidad de las descripciones de suelos. Estas denominaciones muestran las interpretaciones del investigador acerca de las relaciones genéticas entre los estratos de un suelo.

La denominación de horizontes no sustituye a las descripciones. Una denominación dice poco acerca de las propiedades de un horizonte o estrato, pero si existe una adecuada descripción, además de las denominaciones, el lector tendrá una interpretación hecha por la persona que describió el suelo.

Para la designación de horizontes y estratos se utilizan tres tipos de símbolos en diferentes



combinaciones. Estos son letras mayúsculas, letras minúsculas y números arábigos. Las letras mayúsculas se usan para designar los estratos y horizontes maestros, las letras minúsculas se usan como sufijos para indicar características específicas de los estratos y horizontes maestros, y los números arábigos se utilizan tanto como sufijos para indicar subdivisiones verticales dentro de un horizonte o estrato como prefijos para indicar discontinuidades.

### **Estratos y horizontes maestros**

Las letras mayúsculas O, A, E, B, C y R representan a los estratos y horizontes maestros de los suelos. Las letras mayúsculas son los símbolos en base a los cuales se agregan otros distintivos para completar la designación. Muchos horizontes y estratos requieren una sola letra mayúscula; algunos requieren dos.

Horizontes o estratos O: Son capas dominadas por materiales orgánicos, con la excepción de estratos límnicos que son orgánicos. Algunos están saturados con agua por períodos prolongados o estuvieron alguna vez saturados, pero en la actualidad, están artificialmente drenados; otros no han estado nunca saturados.

Algunos estratos O están constituidos por una litera no descompuesta o parcialmente descompuesta de hojas, agujas, ramillas, musgos y líquenes depositados en la superficie; se pueden encontrar en la superficie de suelos minerales u orgánicos.

Otros estratos O, denominados turba, turba descompuesta o similares son materiales orgánicos depositados en el agua y que presentan diferentes grados de descomposición. La fracción mineral de estos materiales es sólo una pequeña parte del volumen total y normalmente es mucho menos de la mitad del peso total. Algunos suelos están constituidos completamente por materiales designados por estratos u horizontes O.

Un estrato O puede encontrarse en la superficie de un suelo mineral o puede estar enterrado a cualquier profundidad bajo la superficie. No se considera como horizonte O a un horizonte formado por iluviación de materia orgánica, aún cuando algunos horizontes que sehan formado por estos mecanismos pueden tener cantidades significativas de materia orgánica.

Horizonte A: son horizontes minerales formados en la superficie o bajo un horizonte O y (1) se caracteriza por una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral, y no tienen, en forma dominante, las propiedades características de los horizontes E o B (se definirán más adelante), o (2) tienen propiedades que son el resultado del cultivo de la tierra, o del pastoreo u otras alteraciones similares.

Si un horizonte superficial tiene propiedades conjuntas de un horizonte A y un horizonte E, la acumulación de materia orgánica humificada es el rasgo que se enfatiza, y en este caso se designa como horizonte A. En ciertos lugares, como sucede en los climas áridos y cálidos, el horizonte

superficial no alterado es menos oscuro que los horizontes subyacentes y contiene sólo pequeñas cantidades de materia orgánica. Tiene una morfología diferente del estrato C aunque la fracción mineral no está alterada o sólo está ligeramente alterada por meteorización. Tal horizonte se designa como A debido a que se encuentra en la superficie.

Horizonte E: son horizontes minerales cuyo rasgo principal es la pérdida de: (1) arcillas silicatadas, (2) hierro, (3) aluminio o (4) combinaciones de ellos; dejando una concentración de partículas de cuarzo del tamaño del limo y la arena u otros minerales resistentes.

Un horizonte E es en general, pero no necesariamente, de color más claro que un horizonte B subyacente. En algunos suelos, el color se debe a las partículas de arena y limo, pero en otros suelos los recubrimientos de hierro u otros componentes pueden enmascarar el color de las partículas primarias. Un horizonte E comúnmente se diferencia de un horizonte A superior por el color más claro y además por un menor contenido (generalmente) de materia orgánica que el horizonte A. Un horizonte E comúnmente se diferencia de un horizonte B subyacente, en el mismo sustrato, por un color de valor más alto o un cromatismo más bajo, o una textura más gruesa o por una combinación de estas propiedades. Un horizonte E normalmente se encuentra cerca de la superficie, bajo un horizonte O o A y por sobre un horizonte B. Sin embargo, el símbolo E se puede usar para cualquier horizonte que cumple con los requerimientos y que es el resultado de la génesis del suelo, independientemente de la posición que ocupa en el perfil.

Horizonte B: son horizontes formados debajo de un horizonte A, E u O cuya característica dominante es la eliminación de toda o casi toda la estructura de la roca original y tiene una o más de las siguientes propiedades: (1) concentraciones iluviadas de arcillas silicatadas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice, individuales o en combinaciones; (2) evidencia de remoción de carbonatos; (3) concentraciones residuales de sesquióxidos; (4) recubrimientos de sesquióxidos que determinan que el horizonte sea notoriamente menor en valor, con más cromatismo alto o con un matiz más rojo que los horizontes superior e inferior que no tienen iluviación aparente de hierro; (5) alteración que ha formado arcillas silicatadas o ha liberado óxidos o ambos y que forma estructura granular, de bloques o prismática si hay cambios de volumen que acompaña a los cambios en contenidos de humedad; o (6) quebradizo.

Obviamente hay varios tipos de horizontes B. No existe una ubicación común dentro del suelo que los caracterice, pero todos ellos son horizontes subsuperficiales o lo fueron originalmente. Se incluyen como horizontes B, cuando son contiguos a otros horizontes genéticos, estratos producto de concentraciones iluviales de carbonatos, yeso o sílice como resultado de procesos pedogénicos que pueden estar cementados o no. En la misma categoría se incluyen estratos quebradizos que tienen otras evidencias de alteración como estructura prismática o acumulación de arcillas iluviadas.

Algunos ejemplos de estratos que no son horizontes B, son aquellos en los cuales las películas de arcilla recubren fragmentos de roca o se encuentran en sedimentos no consolidados finamente estratificados, sean las películas formadas en el estrato o tengan su origen en iluviación. Tampoco se

considera como B a estratos en los cuales los carbonatos han sido iluviados a menos que sean contiguos a un horizonte genético superior.

Estratos u horizontes C: son estratos u horizontes, que excluida la roca dura, están muy poco afectados por procesos pedogénicos y que carecen de las propiedades de los horizontes O, A, E y B. La mayoría son estratos minerales, pero los estratos límnicos, sean orgánicos o minerales también se incluyen. El material de los estratos C puede ser igual o diferente del material que se presume se originó el solum. Un horizonte C puede haber sido modificado aún si no hay evidencias de pedogénesis.

Se pueden incluir como estratos C a sedimentos, saprolito y roca consolidada que pueden ser cavada con una pala cuando se humedece. Algunos suelos están formados en materiales que estaban previamente profundamente meteorizados; estos materiales que no cumplen los requerimientos de los horizontes A, E o B, se designan como C. Los cambios que no están relacionados con los horizontes superiores no se consideran pedogénicos. Los estratos que tienen acumulación de sílice, carbonatos, yeso o sales más solubles se consideran como horizontes C aunque estén endurecidos. Pero se consideran horizontes B si estos estratos se encuentran afectados en forma obvia por procesos pedogénicos.

Horizontes o Estratos L: materiales de suelo límnicos. Sedimentos depositados en un cuerpo de agua (subacuático) y dominado por materiales orgánicos (fragmentos de plantas acuáticas y de animales, además de material fecal) y menos cantidades de arcilla.

Estrata W: una capa de agua dentro o bajo el suelo, que es designada como Wf si está permanentemente congelada, o en su defecto como W (excluye agua/hielo/nieve sobre la superficie del suelo).

Estratos R: roca dura. Algunos ejemplos de roca dura son granito, basalto, cuarcita, calizas o areniscas endurecidas que se designan como R. La roca de un estrato R es lo suficientemente coherente, en húmedo, de tal manera que no es posible cavar con una pala, aunque se podría raspar y astillar con pala. Con equipos pesados algunos estratos R se pueden horadar. La roca puede tener algunas grietas, pero estas son escasas y pequeñas de manera que sólo algunas raíces pueden penetrar. Las grietas pueden estar recubiertas o rellenas con arcillas u otros minerales.

### **Horizontes transicionales**

Hay dos tipos de horizontes transicionales. En un tipo, las propiedades de un horizonte inferior o superior están superpuestas en las propiedades del horizonte considerado, a través de la zona de transición. En el otro tipo, partes características de un horizonte inferior o superior están incluidas por porciones que son características del horizonte considerado. Para designar estos tipos de horizonte se utilizan convenciones especiales.

Los horizontes dominados por propiedades de un horizonte maestro, pero que tienen propiedades

subordinadas de otro, se denominan mediante dos letras mayúsculas como AB, EB, BE, BC. El símbolo del horizonte maestro que se coloca en primer lugar identifica al horizonte cuyas propiedades dominan al horizonte transicional. Por ejemplo, un horizonte AB tiene características tanto de un horizonte A superior como de un horizonte B inferior, pero se asemeja más a A que a B.

En algunos casos se puede designar a un horizonte como transicional aún cuando no se encuentre presente el horizonte maestro hacia el cual es aparentemente transicional. Se puede reconocer un horizonte BE en un suelo truncado en caso que sus propiedades sean similares a las de un horizonte BE en un suelo en el que el horizonte E no ha sido removido por erosión. Se puede reconocer un horizonte AB o BA en casos donde la roca subyace al horizonte transicional. Se puede reconocer un horizonte BC aún cuando no esté presente un horizonte C; se considera transicional a un presunto material parental.

Cuando hay horizontes que tienen partes con propiedades reconocibles de dos tipos de horizontes maestros, identificados por letras mayúsculas se separa a las letras mayúsculas por una línea oblicua (/), como E/B, B/E, B/C. Esto significa que la mayoría de las porciones individuales de uno de los componentes están rodeados por el otro.

Se puede usar esta designación aún cuando no se encuentren presentes en forma individual uno o ambos horizontes, siempre que, en el horizonte transicional, se puedan reconocer separadamente a los componentes. El primer símbolo corresponde al horizonte que ocupa el mayor volumen.

### **Diferenciaciones secundarias dentro de los estratos y horizontes maestros**

Para designar tipos especiales de estratos y horizontes maestros se utilizan letras minúsculas como sufijos. Los símbolos y sus significados son los siguientes:

- a** Material orgánico altamente descompuesto. Se utiliza con **O** para señalar a los materiales orgánicos con el mayor grado de descomposición. El contenido de fibra amasada, en promedio, es menos de 1/6 del volumen.
- b** Horizonte genético enterrado. Se usa en suelos minerales para señalar horizontes genéticos identificables y enterrados, siempre que los principales rasgos del horizonte enterrado se hayan definido antes de haya sido enterrado. No se usa en suelos orgánicos o para separar un estrato orgánico de otro mineral. Los horizontes genéticos se pueden haber formado en los materiales superiores o no, los cuales pueden ser iguales o diferentes del material parental que se presume dio origen al suelo enterrado.
- c** Concreciones o nódulos. Se usa para señalar una acumulación significativa de concreciones o de nódulos cementados con materiales diferentes de la sílice. Este símbolo no se usa si las concreciones o nódulos son dolomita o calcita o sales más solubles; en cambio se usa si los nódulos o concreciones son hierro, aluminio, manganeso o titanio. En la descripción del

horizonte se debe especificar la consistencia.

- co** Materiales coprogénicos, sufijo usado sólo para estratas L, materiales orgánicos depositados bajo agua y dominado por material fecal de animales acuáticos
- d** Restricción física a las raíces. Indica una estrata que restringe el paso de las raíces ya sea natural o materiales o sedimentos no consolidados hechos por el hombre. Tales como till basal denso, pié de arado u otros sectores mecánicamente compactados.
- di** Materiales diatomeásicos, sufijo usado sólo para estratas L, materiales orgánicos depositados bajo agua y dominado por restos silíceos de diatomeas.
- e** Material orgánico de descomposición intermedia. Se usa con **O** para indicar materiales orgánicos de descomposición intermedia. El contenido de fibra amasada va entre 1/6 y 2/5 del volumen.
- f** Permafrost. Este símbolo se usa para indicar suelos permanentemente congelados o hielo; excluye hielo formado estacionalmente; hielo subsuperficial continuo.
- ff** Permafrost seco. Este símbolo se usa para indicar suelo permanentemente congelado; no se usa para congelamientos estacionales; cuerpos de hielo discontinuos
- g** Gleización fuerte. Se uemplea para indicar que durante la formación del suelo el hierro ha sido reducido y removido o bien que la saturación con agua ha mantenido una condición de reducción. La mayoría de los estratos afectados tienen croma bajo y muchos tienen moteados. El croma bajo puede corresponder al color del hierro reducido o bien el color de las partículas de arena y limo no recubiertas, desde las cuales el hierro fue removido. El símbolo **g** no se utiliza para materiales edáficos de croma bajo, como algunas pizarras u horizontes **E**, a menos que **g** se utilice con **B** queda implícito un cambio pedogénico además de la gleización. Si no ha habido otra modificación, entonces el horizonte se designa como **Cg**.
- h** Acumulación iluvial de materia orgánica. Se usa con **B** para indicar la acumulación de complejos materia orgánica-sesquioxidos iluviados, amorfos y dispersables, en caso que el componente sesquioxídico esté dominado por Al y se encuentre presente en pequeñas cantidades. El material orgánico-sesquioxídico recubre partículas de arena y limo o se pueden presentar como gránulos discretos. El símbolo **h** se usa también en combinaciones con **s** como **Bhs** en caso que la cantidad del componente sesquioxídico sea significativa, siempre y cuando el value y el croma del horizonte sea 3 o menos.
- i** Material orgánico ligeramente descompuesto. Se usa con **O** para indicar los materiales orgánicos menos descompuestos. El contenido de fibra amasada es más de 2/5 del volumen.

- j** Acumulación de jarosita, un mineral de sulfato de Fe o K que comúnmente es un producto de la alteración de piritas que han sido expuestas a ambientes oxidados.
- jj** Evidencias de crioturbación; por ejemplo, límites irregulares o quebrados, fragmentos de roca o materia orgánica ordenados o materia orgánica en límite inferior entre la capa activa y la capa de permafrost.
- k** Acumulación de carbonatos. Señala la acumulación de carbonatos alcalino térreos, frecuentemente carbonato de calcio.
- m** Cementación o endurecimiento. Este símbolo se usa para indicar cementación continua o casi continua y solamente para horizontes que están cementados en más de 90%, aunque puedan estar fracturados. Las raíces pueden penetrar los horizontes **m** a través de las grietas. También se simboliza el material cementante. Se usa **km** si el 90% o más del horizonte está cementado con carbonatos; **qm**, por sílice; **sm**, por Fe; **ym**, por yeso; **kqm**, por cal y sílice; **zm**, por sales más solubles que el yeso.
- ma** Marga (en inglés marl); sufijo usado sólo para estratos L, materiales orgánicos depositados bajo agua y dominado por una mezcla de arcilla y CaCO<sub>3</sub>; típicamente gris.
- n** Acumulación de sodio. Se usa para indicar una acumulación de sodio intercambiable.
- o** Acumulación residual de sesquióxidos. Este símbolo se usa para indicar una acumulación residual de óxidos e hidróxidos.
- p** Aradura u otra alteración. Se emplea para indicar alteración de la capa superficial por cultivo, pastoreo u otros usos similares. Un horizonte orgánico alterado se denomina **Op**. Un horizonte mineral alterado se designa como **Ap** aún cuando claramente en alguna oportunidad, fuera un horizonte **E**, **B** o **C**.
- q** Acumulación de sílice. Indica una acumulación secundaria de sílice. Si la sílice actúa como cementante del estrato y la cementación es continua o casi continua, se usa **qm**.
- r** Roca meteorizada o blanda. Se usa con **C** para indicar estratos de roca blanda o saprolito, como roca ígnea meteorizada; arenisca blanda parcialmente consolidada, limolita o pizarra que las raíces no pueden penetrar excepto por los planos de fractura. El material puede ser excavado con una pala.
- s** Acumulación de sesquióxidos y materia orgánica iluviados. Se usa con **B** para indicar la acumulación de complejos sesquióxidos-materia orgánica iluviados, amorfos y dispersables, en aquellos casos en que los sesquióxidos y la materia orgánica sean significativos y el valor y croma del horizonte sea mayor de 4. Se usa también en combinación con **h** como **Bhs** si la materia orgánica y los sesquióxidos son componentes importantes y el valor y el croma  $\leq 3$ .

- ss** Presencia de slikenes. Indica la presencia de slikenes, que son el resultado directo del hinchamiento de los minerales de arcilla y la falla al corte que comúnmente se produce en ángulo de 20° y 60° sobre el horizontal. Estos son indicadores de características vérticas que, además de otras tales como agregados inclinados y grietas superficiales, pueden estar presentes.
- t** Acumulación de arcilla silicatada. Se usa para indicar una acumulación de arcilla silicatada que se ha formado en el horizonte o que ha sido translocada por iluviación. La arcilla se puede encontrar como recubrimientos en las superficies de los pedos o en poros, lamelas o puentes entre granos minerales.
- v** Plintita. Indica la presencia de un material rojizo, rico en Fe, pobre en humus, firme o muy firme en húmedo y que se endurece irreversiblemente cuando se expone a la atmósfera y a repetidos humedecimientos y desecamientos.
- w** Desarrollo de color o estructura. Este símbolo se usa con **B** para indicar el desarrollo de color o estructura, o ambos, con acumulación de material iluviado escaso o no aparente. No se debe usar para indicar un horizonte transicional.
- x** Carácter de fragipán. Indica una estrata desarrollada genéticamente que presenta una combinación de firmeza, fragilidad, prismas muy gruesos con escasas o muchas caras verticales blanqueadas y comúnmente con una densidad aparente más alta que las estratas adyacentes. Alguna parte de la estrata es físicamente restrictiva al paso de las raíces.
- y** Acumulación de yeso. Se usa para indicar acumulación de yeso.
- z** Acumulación de sales más solubles que el yeso. Este símbolo se usa para indicar la acumulación de sales más solubles que el yeso.

Subdivisión vertical: comúnmente es necesario subdividir un estrato u horizonte que ha sido designado por una combinación simple de letras. Para esto se usan números árabes que siempre siguen a las letras. Por ejemplo en el C, capas sucesivas pueden ser C1, C2, C3, etc.; o si la parte inferior está gleizada y no la parte superior, las denominaciones podrían ser C1 - C2 - Cg1 - Cg2 o bien C - Cg1 - Cg2 - R.

Estas convenciones se aplican cualquiera sea el propósito de la subdivisión. En muchos suelos, los horizontes que podrían ser identificados por un conjunto de letras único, se subdividen en base a rasgos morfológicos evidentes como estructura, color o textura. Estas divisiones se numeran en forma consecutiva. La numeración comienza en cualquier nivel en el perfil donde cambia algún elemento en el símbolo de la letra. De esta manera se usa la secuencia Bt1 - Bt2 - Btk1 - Btk2 y no la secuencia Bt1 - Bt2 - Btk3 - Btk4. La numeración de las subdivisiones verticales dentro de un horizonte no se interrumpe por una discontinuidad (indicada por un prefijo numérico) si se usa la misma combinación de letras en ambos materiales; se usa Bs1 - Bs2 - 2Bs3 - 2Bs4 y no se usa Bs1 - Bs2 - 2Bs1 - 2Bs2.

En algunas oportunidades, capas muy gruesas se subdividen durante el muestreo para facilitar los

análisis de laboratorio, aún cuando las diferencias en morfología no son evidentes en el campo. Estas capas tienen que ser identificadas y esto se hace simplemente numerando cada subdivisión consecutivamente dentro de un estrato que tiene un único símbolo y comenzado por arriba. Por ejemplo, 4 capas de un horizonte Bt muestreado cada 10 cm se designarán por Bt1, Bt2, Bt3, Bt4.

Discontinuidades: para indicar discontinuidades en suelos minerales se usan números arábigos que preceden la denominación de los horizontes maestros A, E, B, C y R. Hay que diferenciar estos números arábigos usados como prefijos de los números árabes usados como sufijos para indicar subdivisiones verticales.

Una discontinuidad es un cambio significativo en distribución de tamaño de partículas o en mineralogía, que indica una diferencia en el material a partir del cual se formaron los horizontes o, con la excepción de los suelos enterrados, una diferencia significativa en edad. Los símbolos que identifican las discontinuidades se usan sólo cuando pueden contribuir sustancialmente a comprender las relaciones entre los horizontes. Una discontinuidad puede tener una importancia muy grande en un suelo y muy pequeña en otro, incluso puede ser muy importante en un horizonte y poco importante en otro dentro del mismo perfil. La estratificación que comúnmente está asociada a los suelos de origen aluvial no se designa como discontinuidad aún cuando haya una marcada diferencia en la distribución de tamaño de partículas entre un estrato y otro, a menos que se hayan formado horizontes genéticos en los estratos contrastantes.

Para aquellos suelos que se han formado enteramente de un solo tipo de material, se omite el prefijo del símbolo; se entiende que todo el perfil proviene del material 1. De manera similar se entiende que el material superior de un perfil que tiene dos o más materiales contrastantes es material 1, pero el número se omite. La numeración se comienza con el segundo estrato de material contrastante que se designa "2". Los estratos contrastantes subyacentes se denominan consecutivamente. Aún cuando un estrato bajo el material 2 es similar al material 1, en la secuencia se designa como **3**. Los números indican un cambio en los materiales, no en el tipo de material. Cuando dos o más horizontes consecutivos están formados en un tipo de material se aplica el mismo prefijo a todas las denominaciones de horizontes en ese material; por ejemplo: Ap-E-Bt1-2Bt2-2Bt3-2BC. Los sufijos que indican subdivisiones del horizonte **Bt** continúan en orden consecutivo a través de la discontinuidad.

Si hay un estrato R debajo de un suelo formado en un residuo y se presume que el material del estrato R es similar al material a partir del cual el suelo se originó no se usan los prefijos. Si el estrato **R** no produjera material semejante al del solum se usan los prefijos como en A-Bt-C-2R o bien, A-Bt-2R. Si parte del solum se formó en un residuo, **R** proporciona el prefijo apropiado: Ap-Bt1-2Bt2-2Bt3-2C1-2C2-2R.

Los horizontes enterrados (designados por "b") constituyen problemas especiales. Obviamente un horizonte enterrado no se encuentra en el mismo depósito que los horizontes de un depósito superior. Sin embargo, algunos horizontes enterrados se han formado en un material litológicamente similar al del depósito superior. En este caso no se usa un prefijo para designar los materiales de tales



horizontes. Si el material en el cual un horizonte de un suelo enterrado es litológicamente diferente del material superior, la discontinuidad se designa por el prefijo numeral además del símbolo de horizonte enterrado; por ejemplo: Ap-Bt1-Bt2-BC-C-2Ab-2Btb1-2Btb2-2C.

En el caso de los suelos orgánicos no se identifican las discontinuidades entre los diferentes estratos. En muchos casos las diferencias se identifican por los sufijos en caso que los diferentes estratos sean orgánicos, o por los símbolos maestros si los estratos son minerales.

### Actualización de nomenclatura

La evolución histórica de la denominación de horizontes maestros se indica en Cuadro 16.

**Cuadro 16. Cambios en la denominación de horizontes maestros**

1951	1962/1975	1981	1998
---	O	O	O
Aoo	---	(ver Oi)	(ver Oi)
Ao	O1	Oi y/o Oe	Oi y/o Oe
---	O2	Oe y/o Oa	Oe y/o Oa
---	---	Oi	Oi
---	---	Oe	Oe
---	---	Oa	Oa
A1	A1	A	A
A2	A2	E	E
A3	A3	AB o EB	AB o EB
A&B	A&B	A/B o E/B	A/B o E/B
---	---	E y Bt	E y Bt
B1	B1	BA o BE	BA o BE
B&A	B&A	B/A o B/E	B/A o B/E
B2	B2	B o Bw	B o Bw
G	---	---	---
B3	B3	BC o CB	BC o CB
---	---	B/C, C/B, C/A	B/C, C/B, C/A
Cca	---	---	---
Ccs	---	---	---
D	---	---	---
Dr	R	R	R
---	L	---	L
---	---	---	W

Por otra parte en el Cuadro 17 se incluye la evolución de los sufijos

**Cuadro 17. Cambios históricos en la denominación de sufijos**

1951	1962/1975	1981	1998	1999
---	---	a	a	a
ca	ca	(ver k)	(ver k)	(ver k)
cn	cn	c	c	c
---	co	---	---	co
cs	cs	(ver y)	(ver y)	(ver y)
---	di	---	---	di
---	---	e	e	e
---	---	---	ff	ff
ir	ir	(ver s)	(ver s)	(ver s)
---	---	l	i	i
---	---	---	j	j
---	---	---	jj	jj
(ver ca)	(ver ca)	k	k	k
---	ma	---	---	ma
---	---	n	n	n
---	---	o	o	o
(ver si)	(ver si)	q	q	q
“l”	---	r	r	r
(ver ir)	(ver ir)	s	s	s
---	si	(ver q)	(ver q)	(ver q)
sa	sa	(ver n)	(ver n)	(ver n)
---	---	---	ss	ss
u	---	---	---	---
---	---	v	v	v
---	---	w	w	w
---	x	x	x	x
(ver cs)	(ver cs)	y	y	y
sa	sa	z	z	z

## PARTE VI

### CLASIFICACIONES TÉCNICAS DE SUELOS

#### Clases de drenaje del suelo

1. Muy pobremente drenado (W1): suelos saturados hasta la superficie la mayor parte del año y se muestran lo suficientemente saturados para impedir el crecimiento de los cultivos más importantes (excepto al arroz) a menos que se drenen artificialmente. Las condiciones de drenaje se deben a un nivel freático alto, estratas impermeables u otras siendo la topografía plana o deprimida y presentándose frecuentemente inundada.
2. Pobremente drenado (W2): suelos saturados hasta cerca de la superficie durante una parte considerable del año, de modo que los cultivos no pueden crecer en condiciones naturales. Se originan por una zona saturada, una zona de bajo movimiento del agua en profundidad, aguas que afloran o de una combinación de ellas. El drenaje artificial es necesario para efectuar cultivos.
3. Imperfectamente drenado (W3): suelos saturados lo suficientemente cerca de la superficie o durante tanto tiempo que las operaciones de siembra y cosecha o el crecimiento de los cultivos se restringen notoriamente a menos que se establezca un sistema de drenaje artificial. Estos suelos tienen una estrata en que el movimiento del agua en profundidad es bajo, muestran estado saturado alto en el perfil, incrementos de agua por afloramiento o una combinación de estas condiciones.
4. Moderadamente bien drenado (W4): suelos saturados lo suficientemente cerca de la superficie o durante tanto tiempo que las operaciones de siembra o cosecha o los rendimientos de algunos cultivos se ven afectados adversamente a menos que se establezca un sistema de drenaje artificial. A menudo tienen una estrata y el movimiento de agua en profundidad es lento, muestra estado saturado relativamente alto en el perfil, incrementos de agua por afloramiento o alguna combinación de éstas.
5. Bien drenado (W5): suelos con una capacidad de retención intermedia y óptimas de agua pero no están lo suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos durante la estación de crecimiento, para afectar adversamente los rendimientos.
6. Excesivamente drenado (W6): suelos con baja capacidad de retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido. No adaptados para la producción de cultivos a menos que se rieguen.

## Capacidad de Uso de los suelos

Las clases convencionales para definir la Capacidad de Uso, son ocho, que se designan con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso (Figura 22).

Aumenta la intensidad de uso <span style="float: right;">→</span>								
CLASES DE CAPACIDAD DE USO	Vida silvestre	Pastoreo			Cultivo			
		limitado	moderado	intensivo	limitado	moderado	intensivo	muy intensivo
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								
VII								
VIII								

Todas las Clases pueden destinarse a vida silvestre

Sólo la Clase I sostendría cultivos muy intensivos

Tasa de destrucción y erosión del suelo desnudo

Extremadamente lenta
Muy lenta
Lenta
Moderada
Variable
Rápida
Muy rápida
Extremadamente rápida

Aumentan las limitaciones y riesgos en el sentido vertical

y disminuye la adaptabilidad y la libertad de elección para el uso, en el mismo sentido.

### Figura 22. Clase de Capacidad de Uso de los suelos

La agrupación de los suelos en Capacidad de Uso (Clase, Subclase y Unidades) es un ordenamiento de los suelos existentes, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Está basada en la capacidad de los suelos para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Aquellos suelos susceptibles a ser corregidas sus limitaciones, se clasifican en conformidad con las limitaciones permanentes que aún queden, o que sigan gravitando sobre el suelo con riesgo de dañarlo.

#### Suelos adaptados para cultivos (Clases I, II, III y IV)

**Clase I:** tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos planos o casi planos, profundos o muy profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de agua y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas corrientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad natural.

**Clase II:** presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos a ligeramente ondulados. Son suelos moderadamente profundos a muy profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas medias, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la Clase anterior.

Las limitaciones más corrientes, pueden presentarse solas o combinadas, son:

- Pendiente hasta 5%.
- Moderada erodabilidad por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- Menor profundidad que los suelos de Clase I.
- Estructura que puede limitar moderadamente la labranza.
- Ligera a moderada salinidad o sodicidad fácilmente corregible pero posiblemente recurrente.
- Exceso de agua corregible por drenaje, pero existe siempre como una limitación moderada.
- Limitaciones climáticas ligeras.

**Clase III:** presentan moderadas limitaciones en su uso que restringen la elección de cultivos, aunque pueden estar bien adaptadas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas.

Los suelos de esta Clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo. Las limitaciones más corrientes para esta Clase pueden resultar del efecto de una o más de las siguientes condiciones:

- Pendiente hasta 15%.
- Susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o efectos adversos de erosiones pasadas.
- Suelo ligeramente profundo a muy profundo, sobre un lecho rocoso, duripan, fragipan, etc., que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- Permeabilidad lenta en el subsuelo
- Baja capacidad de retención de agua
- Baja fertilidad no fácil de corregir
- Agua en exceso o algún anegamiento continuo después de drenaje
- Limitaciones climáticas moderadas
- Inundación frecuente acompañada a algún daño a los cultivos.

**Clase IV:** presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de la Clase III. Los suelos en Clase IV pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, praderas de secano, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados sólo para dos o tres de los cultivos comunes y los rendimientos pueden ser bajos en relación a las inversiones sobre un período largo de tiempo.

Las limitaciones más usuales para los cultivos de esta Clase se refieren a:

- Suelos delgados a muy profundos
- Pendientes hasta 20%.
- Relieve moderadamente ondulado y disectado
- Baja capacidad de retención de agua
- Agua en exceso con riesgos continuos de anegamiento después del drenaje
- Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.

## Suelos de uso limitado; generalmente no adaptadas para cultivos<sup>1</sup>

**Clase V:** tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales. Los suelos de esta Clase son casi planos, demasiado húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados. Están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinado (piedmont) que, por efectos climáticos, no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplo puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc.; es decir suelos demasiado húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos sino para producción de pasto. Otros suelos en posición de piedmont en valles andinos y/o costinos por razones de clima (pluviometría o estación de crecimiento demasiado corta, etc.), no pueden ser cultivados pero donde los suelos pueden emplearse en la producción de praderas o forestal.

**Clase VI:** corresponden a suelos inadecuados para los cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales. Los suelos tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes hasta 30%, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, delgados, agua en exceso o anegamientos, clima severo, baja retención de agua, alto contenido de sales o sodio.

**Clase VII:** Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en la Clase VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes hasta 60%, erosión, suelo muy delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

**Clase VIII:** Corresponde a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

Sub-clase de Capacidad de Uso : no se asignan a la Clase I y agrupa los suelos dentro de una Clase que poseen el mismo tipo de limitaciones generales. Se denotan con letra minúscula y se reconocen a este nivel:

<b>s</b>	:	suelo
<b>w</b>	:	humedad, drenaje o inundación
<b>e</b>	:	riesgo/ efectos de antiguas erosiones
<b>cl</b>	:	clima

Unidades de Capacidad de Uso: corresponde a la limitante específica dentro de cada subclase. Se denotan con números árabes y no son universales como los niveles anteriores. En Chile se utilizan las siguientes:

0. Suelos que presentan una estrata arenosa gruesa o con muchas gravas que limitan la retención de agua y la penetración de las raíces.
1. Erosión actual o potencial por agua, viento, hielo o flujos de masa.

---

<sup>1</sup> Excepto grandes movimientos de suelo y/o continuos procesos de habilitación o recuperación.

2. Drenaje o riesgos de inundación.
3. Subsuelo o substrato de permeabilidad lenta o muy lenta.
4. Clases texturales gruesas o con gravas en todo el pedón.
5. Clases texturales finas en todo el pedón.
6. Salinidad o sodicidad suficiente para constituir una limitación o riesgo permanente.
7. Suficientes fragmentos de rocas superficiales para interferir en las labores actuales.
8. Duripán, fragipán o lecho rocoso en la zona de arraigamiento.
9. Fertilidad inherente baja del suelo.

### **Categorías de suelos para regadío**

Una categoría de Suelos para Regadío consiste en una agrupación de suelos similares con respecto al grado de sus limitaciones y riesgos en su uso para riego, con sistemas del tipo tradicional (surcos, bordes, etc.), por cuanto **no** es válida para sistemas de riego presurizados.

Categoría: no es posible establecer una delimitación muy exacta entre las Categorías de Suelos para Regadío, sin embargo, hay ciertas características inherentes a cada una de ellas. A continuación se define brevemente cada una de las seis Categorías.

**Categoría 1.** Muy bien adaptada. Suelos muy apropiados para el regadío y tienen escasas limitaciones que restringen su uso. Son suelos casi planos, profundos, permeables y bien drenados, con una buena capacidad de retención de agua.

**Categoría 2.** Moderadamente bien adaptada. Suelos moderadamente apropiados para el regadío y poseen algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos y/o requieren prácticas especiales de conservación. Una pequeña limitación con respecto a cualquiera de las características de los suelos bajo Categoría 1, coloca generalmente los suelos en Categoría 2.

**Categoría 3.** Pobrementemente adaptada. Suelos poco apropiados para el regadío y poseen serias limitaciones que reducen la elección de cultivos y requieren de prácticas de conservación.

**Categoría 4.** Muy pobrementemente adaptada. Suelos muy poco apropiados para el regadío y tienen limitaciones muy serias que restringen la elección de los cultivos. Requieren un manejo muy cuidadoso y/o prácticas especiales de conservación.

**Categoría 5.** Esta es la Categoría de condiciones especiales. Los suelos no cumplen con los requerimientos mínimos para las Categorías 1 a 4. Con condiciones climáticas favorables y prácticas especiales de tratamiento, manejo y conservación pueden ser aptos para ser usados en cultivos especiales.

**Categoría 6.** No apta. Estos suelos no son apropiados para el regadío y corresponden a aquellos que no cumplen con los requerimientos mínimos para ser incluidos en las Categorías 1 a 5.

Sub-categorías: son agrupaciones dentro de cada Categoría en las cuales se indica la causa por la que

una superficie determinada se considera inferior a la Categoría 1. Éstas deben indicarse colocando como subíndice las letras **s**, **t** o **w** al número de la Categoría, si la deficiencia es por **suelo**, **topografía** o **drenaje**, respectivamente. La Sub.categoría refleja el factor más limitante para la condición de riego, sólo en forma muy ocasional y siempre que ello se justifique se podrá usar más de un subíndice.

### **Clases de Aptitud Frutal**

Uno de los principales problemas que presenta cualquier clasificación, es que sólo considera factores inherentes al suelo y no toma en consideración otros factores como ser climáticos, de fertilidad del suelo, disponibilidad, manejo y calidad de las aguas de riego, etc. que están incidiendo directamente en la productividad de ellos. La presente pauta ha sido elaborada por la Sociedad de Especialistas en Agrología, basada en una anterior del DIPROREN-SAG y que consta de cinco clases de aptitudes de acuerdo a las limitaciones que presentan los suelos en relación a los frutales.

**Clase A.** Sin limitaciones. Suelos con una profundidad efectiva mayor a 100 cm. (\*), clase textural superficial que varía de areno francosa fina a franco arcillosa y cuyos subsuelos varían de franco arenoso a franco arcilloso; de buen drenaje, pero que pueden presentar rasgos redoximórficos (**RRM**) escasos, finos, débiles, a más de 100 cm. de profundidad, permeabilidad moderada a moderadamente rápida (2 a 12,5 cm h<sup>-1</sup>); pendientes entre 0 y 1% y libres de erosión, salinidad inferior a 2 dSm<sup>-1</sup> y escasos carbonatos (reacción ligera al ácido clorhídrico 1/3).

**Clase B.** Ligeras limitaciones. Suelos con una profundidad varía entre 75 y 100 cm, clase textural superficial que varía entre areno francosa fina y arcillosa y cuyos subsuelos varían de franco arenosa y franco arcillosa; el drenaje puede ser bueno a moderado, pudiendo presentar RRM escasos, finos, débiles, a más de 75 cm de profundidad; la permeabilidad varía entre moderada a moderadamente rápida (2 a 12,5 cm h<sup>-1</sup>); la pendiente debe ser inferior a 3% y la erosión ligera o no existir; la salinidad inferior a 4 dSm<sup>-1</sup> y escasos carbonatos (reacción ligera al ácido clorhídrico 1/3).

**Clase C.** Moderadas limitaciones. Suelos cuya profundidad efectiva varía entre 40 y 75 cm.; tanto la clase textural superficial como la del subsuelo varían entre arenosa fina y arcillosa; el drenaje es excesivo a moderadamente bueno; puede presentar RRM comunes, medio, distinto, a más de 75 cm. de profundidad; la permeabilidad varía de moderadamente lenta a rápida (0,5 a 25 cm h<sup>-1</sup>); la pendiente es inferior a 6% y la erosión puede ser moderada; la salinidad inferior a 6 dSm<sup>-1</sup> y los carbonatos moderados (reacción fuerte al ácido clorhídrico 1/3).

**Clase D.** Severas limitaciones. Suelos cuya profundidad efectiva puede ser < 40 cm.; tanto la clase textural superficial como subsuperficial puede ser cualquiera; el drenaje excesivo a imperfecto y presentar cualquier tipo de RRM; la permeabilidad varía de muy lenta a muy rápida (<0,5 a 25 cm h<sup>-1</sup>); la pendiente puede ser > 6% y la erosión llegar a severa; la salinidad > 8 dSm<sup>-1</sup>; el contenido de carbonatos elevado (reacción violenta al HCl 1/3).



**Clase E.** Sin aptitud frutal. Todos los suelos que por sus características negativas no permiten el desarrollo de las especies frutales.

Deben considerarse en forma aparte aquellas zonas de Chile en donde el clima es más importante que el factor suelo (Quillota, La Cruz, Valles del Norte, etc.); para estos casos esta pauta debe ser considerada como referencial y en base a la experiencia frutícola de la zona, establecerse una clasificación local de suelos. La Pauta anterior representa una guía para poder establecer la Aptitud de los Suelos para la implantación de frutales. En su elaboración no se ha tomado en cuenta limitaciones climáticas; condiciones económicas o de mercados; disponibilidad, manejo y calidad del agua, ni aspectos de fertilidad de suelos.

### **Aptitud agrícola o forestal**

Es una agrupación convencional de los suelos que presentan características similares en cuanto a su aptitud para el crecimiento de las plantas y se representa bajo un mismo tipo de manejo y está basada en un conjunto de alternativas que relacionan suelo-agua-planta.

Grupo 1: suelos que no presentan limitaciones para todos los cultivos de la zona. Se incluyen dentro de este grupo los suelos clasificados en Clase I de Capacidad de Uso.

Grupo 2: suelos que presentan ligeras limitaciones para todos los cultivos de la zona. Se incluyen en este grupo los suelos clasificados en Clase II de Capacidad de Uso.

Grupo 3: suelos que presentan moderadas limitaciones para todos los cultivos de la zona. Se incluyen en este grupo los suelos clasificados en Clase IIIs, IIIe y IIIw de Capacidad de Uso.

Grupo 4: suelos que presentan severas limitaciones para los cultivos de la zona. Se incluyen los suelos de Clase IVs y IVe de Capacidad de Uso.

Grupo 5: en este grupo se incluyen preferentemente los suelos de mal drenaje, aptos para maravilla, arroz y pastos. Corresponden a suelos de Clase IIIw (con características especiales), IVw y VIw de Capacidad de Uso. Se incluyen además los suelos IIIs y IVs sobre tosca.

Grupo 6: en este grupo se incluyen los suelos preferentemente para praderas. Corresponden a las Clases VI s y VI e de Capacidad de Uso. Se incluyen también los suelos de Clase VII mal drenados o delgados.

Grupo 7: suelos de aptitud preferentemente forestal, de Clase VII de Capacidad de Uso.

Grupo 8: sin aptitud agrícola ni forestal. Clase VIII de Capacidad de Uso.

## PARTE VII

### PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES Y DE SUELOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD Y EL MANEJO

Cuando se evalúan la aptitud agrícola de una cierta área y la necesidad de introducir prácticas específicas de manejo y recuperación de suelos, se deben observar una serie de características importantes de la tierra. Además de las características ambientales tales como la lluvia, otros aspectos relacionados con las condiciones de la tierra como la topografía y las condiciones reales del suelo, se debe examinar la presencia de factores limitantes a fin de poder considerar las implicaciones que puede acarrear la adopción de ciertas prácticas agrícolas.

#### Topografía

La topografía se caracteriza por los ángulos de las pendientes y por la longitud y forma de las mismas. La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra.

Cuanto mayor es el ángulo o gradiente (Cuadro ) de la pendiente del terreno y la longitud de esa pendiente, mayor será la erosión del suelo. Un aumento del ángulo de la pendiente causa un aumento de la velocidad de escorrentía y con ello la energía cinética del agua causa una mayor erosión. Las pendientes largas llevan a una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión más seria.

Además de los problemas de erosión, las áreas con pendientes agudas también presentan un menor potencial de uso agrícola. Esto es debido a la mayor dificultad o a la imposibilidad de la labranza mecánica o al transporte en o del campo, en este tipo de pendientes. La labranza en estos casos puede además ser limitada por la presencia de suelos superficiales.

**Cuadro 18. Valores de gradiente de pendiente de los suelos**

<u>Pendiente simple</u>		<u>Pendiente compleja</u>	
<u>Designación</u>	<u>Gradiente de pendiente (%)</u>		<u>Designación</u>
Plana	0 – 1	1 – 3	Casi plana
Ligeramente Inclinada	1 – 2	2 – 5	Ligeramente ondulada
Suavemente Inclinada	2 – 3	5 – 8	Suavemente Ondulada
Moderadamente Inclinada	3 – 8	8 – 15	Moderadamente ondulada
Fuertemente Inclinada	8 – 15	15 – 20	Fuertemente Ondulada
Moderadamente escarpada	15 – 25	20 – 30	De lomajes
Escarpada	25 – 45	30 – 50	De cerros
Muy escarpada	45 – 65	+ 50	De montañas

Relieve. El relieve se refiere a las elevaciones o diferencias en elevación, consideradas colectivamente, de la superficie, en una escala amplia.

Microrelieve. Se refiere a las elevaciones o diferencias en elevación, consideradas colectivamente, de la superficie del suelo, medidas en distancias de metros.

Gradiente. Es la inclinación de la superficie del suelo desde la horizontal. La diferencia en elevación entre dos puntos se expresa como porcentaje de la distancia entre esos dos puntos.

Aspecto de la pendiente. Corresponde a la dirección hacia la cual la superficie del suelo enfrenta.

## Lluvia

La lluvia es uno de los factores climáticos más importantes que influyen sobre la erosión. El volumen y la velocidad de la escorrentía dependen de la intensidad, la duración y la frecuencia de la lluvia. De estos factores, la intensidad es el más importante y las pérdidas por la erosión aumentan con la intensidades más altas de las lluvias. La duración de la lluvia es un factor complementario.

La frecuencia de la lluvia también tiene influencia sobre las pérdidas causadas por la erosión. Cuando la lluvia cae en intervalos cortos, el contenido de agua del suelo permanece alta y la escorrentía es más voluminosa, aún si la lluvia es menos intensa. Después de largos períodos, el suelo está más seco y no debería haber escorrentía en lluvias de poca intensidad, pero en casos de sequía la vegetación puede sufrir debido a la falta de agua y así reducir la protección natural de la tierra.

Durante una tormenta fuerte, decenas de gotas de lluvia golpean cada centímetro cuadrado de tierra, aflojando las partículas de la masa de suelo. Las partículas pueden saltar a más de 60 cm de alto y a más de 1,5 m de distancia. Si la tierra no tiene una cobertura vegetativa, las gotas pueden destruir muchas toneladas de suelo por hectárea que son así fácilmente transportadas por la escorrentía superficial. Las gotas de lluvia contribuyen a la erosión de varias maneras:

- aflojan y rompen las partículas suelo en el lugar del impacto;
- transportan las partículas así aflojadas;
- proporcionan energía bajo forma de turbulencia al agua en la superficie.

Para prevenir la erosión es necesario, por lo tanto, evitar que las partículas de suelo sean aflojadas por el impacto de las gotas de lluvia cuando golpean el suelo.

Cuando se considera solo el factor lluvia, la pérdida de suelo por unidad de área de suelo desnudo es directamente proporcional al producto de dos características de la lluvia: la energía cinética y la máxima intensidad durante un período de 30 minutos. Este producto es usado para expresar el potencial de erosividad de la lluvia.

Erosión natural: es un proceso importante que afecta a la formación del suelo y que puede remover la totalidad o parte del suelo formado en el paisaje natural.

Erosión acelerada: fundamentalmente es una consecuencia de la actividad humana, tal como la labranza, pastoreo o tala de árboles.

- Erosión por agua
  - Erosión laminar
  - Erosión en surcos
  - Erosión en cárcavas
- Erosión por viento (eólica)

Magnitud de erosión: se define a través de clases de pérdida de suelos (Cuadro 19).

**Cuadro 19. Niveles generales de erosión por agua y viento**

<b>Clase</b>	<b>Pérdida (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>
Ninguna	0
Ligera	< 2,5
Moderada	2,5 a < 10
Severa	10 a < 25
Muy severa	≥ 25

Mg ha<sup>-1</sup>: megagramos por hectárea (ton por hectáreas)

**Limitaciones del suelo**

Acidez: la acidez del suelo depende de su material parental, su edad y forma y los climas actual y pasado. Puede ser modificada por el manejo del suelo y está asociada a varias características del suelo:

- Bajo nivel de Ca y Mg intercambiables y bajo porcentaje de saturación de bases;
- Alta proporción de Al intercambiable;
- Una CIC más baja que en suelos similares menos ácidos, debido a un número reducido de cargas negativas en la superficie de la materia orgánica y a un creciente número de cargas positivas en la superficie de los óxidos;
- Cambios en la disponibilidad de nutrientes; por ejemplo, la solubilidad del P es reducida; aumento de la solubilidad de los elementos tóxicos, por ejemplo, Al y Mn;
- Menor actividad de muchos microorganismos edáficos llevando, en casos extremos, a acumulación de la materia orgánica, a una menor mineralización y a una más baja disponibilidad de N, P y S.

Alcalinidad: las áreas con suelos alcalinos ocurren predominantemente en regiones áridas y su ocurrencia depende del tipo de material del suelo original, de la vegetación, de la hidrología y del manejo del suelo, especialmente en áreas con sistemas de irrigación mal manejados.

La alcalinidad del suelo (pH>7) se presenta en suelos donde el material es calcáreo o dolomítico o donde ha habido una acumulación de sodio intercambiable, naturalmente o bajo riego. Tales suelos tienen altas concentraciones de iones OH<sup>-</sup> asociados con altos contenidos de bicarbonatos y carbonatos; los suelos sódicos tienen una baja estructura y estabilidad a causa del alto contenido de sodio intercambiable y muchos de ellos tienen la capa superior o el subsuelo densos.

Las condiciones alcalinas del suelo causan varios problemas nutricionales a las plantas como la clorosis, en razón de la incapacidad de las plantas de absorber suficiente Fe o Mn. También pueden ocurrir deficiencias de Cu y Zn y también de P a causa de su baja solubilidad. Si el suelo tiene un alto contenido de  $\text{CaCO}_3$  puede ocurrir una deficiencia de K porque este puede ser rápidamente lixiviado. También puede haber deficiencia de N debido al generalmente bajo contenido de materia orgánica.

El pH es una forma numérica de expresar la reacción o pH del suelo (Cuadro 20):

**Cuadro 20. Valores de pH corrientes en suelos**

Designación	pH	Designación	pH
ultra ácido	< 3,5	Neutro	6,6-7,3
extremadamente ácido	3,5-4,4	Ligeramente alcalino	7,4-7,8
muy fuertemente ácido	4,5-5,0	Moderadamente alcalino	7,9-8,4
fuertemente ácido	5,1-5,5	Fuertemente alcalino	8,5-9,0
moderadamente ácido	5,6-6,0	muy fuertemente alcalino	>9,0
ligeramente ácido	6,1-6,5		

**Salinidad:** los suelos salinos tienen altos contenidos de diferentes tipos de sales y pueden tener una alta proporción de sodio intercambiable. Los suelos fuertemente salinos pueden presentar eflorescencias en la superficie o costras de yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), sal común ( $\text{NaCl}$ ), carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y otras.

La salinidad del suelo puede originarse en un material parental salino, por la inundación de aguas marinas, por sales llevadas por el viento o por irrigación con agua salada. Sin embargo, la mayoría de los suelos salinos se originan por ascensión capilar y evaporación de agua que acumula sal con el pasar del tiempo.

Las sales afectan los cultivos a causa de los iones tóxicos, los cuales por un desbalance de los nutrientes inducen deficiencias y por un aumento de la presión osmótica de la solución del suelo causan una falta de agua. La estructura y la permeabilidad del suelo pueden ser dañadas por el alto contenido de sodio intercambiable que queda en el suelo cuando las sales son lavadas, salvo que se tomen medidas preventivas o remedios, tales como la aplicación de yeso.

**Baja capacidad de intercambio de cationes (CIC):** la CIC del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes en los lugares de intercambio. Los nutrientes aplicados al suelo que puedan exceder esa cantidad pueden fácilmente ser lavados por el exceso de lluvia o por el agua de riego. Esto implica que esos suelos con baja CIC necesitan un manejo diferente en lo que hace a la aplicación de fertilizantes, con pequeñas dosis de nutrientes aplicadas frecuentemente.

**Fijación de fósforo:** la fijación de P en el suelo es un proceso natural que puede llevar a una deficiencia de este elemento aun cuando el contenido total de fósforo en el suelo pueda ser alto. La fijación fosfórica es un proceso específico de adsorción que ocurre principalmente en los suelos con altos contenidos de óxidos de Fe -hematita, goethita- y óxidos de Al-gibbsite- y minerales arcillosos -principalmente caolinita. Estos suelos son típicos de zonas tropicales y subtropicales. Se verifica también en suelos derivados de cenizas volcánicas (andisoles). A un bajo nivel de pH tienden a fijar los

fosfatos y aumentando el pH del suelo por medio de la aplicación de cal y materia orgánica, la adsorción específica del fosfato se reduce.

Propiedades de dilatación y contracción: la propiedad de dilatarse y contraerse comúnmente ocurre en suelos arcillosos que contienen predominantemente minerales arcillosos, tales como los del grupo de la smectita. Estos suelos son sometidos a considerables movimientos durante la dilatación y la contracción a causa de los pronunciados cambios de volumen con variaciones en el contenido de agua. Los suelos se contraen y se resquebrajan cuando están secos y se expanden, volviéndose plásticos y adhesivos cuando están húmedos. El movimiento del suelo puede causar la formación de un microrelieve típico en la superficie –pequeñas ondulaciones- y de agregados en forma de cuña en el subsuelo.

Estos suelos presentan serios problemas para la labranza ya que tienen una consistencia inadecuada para ello, no solo cuando están secos sino también cuando están húmedos. Cuando están secos son suelos muy duros, haciendo que la labranza sea extremadamente difícil y requiriendo fuerza adicional del tractor, causando un mayor desgaste de los implementos y no permitiendo la formación de una buena cama de semillas ya que los terrones no se rompen. En contraste, cuando estos suelos están húmedos, son extremadamente plásticos y adhesivos, siendo también en este caso de difícil labranza ya que el suelo se adhiere a las herramientas y aumenta la fuerza de tracción necesaria o impide también el pasaje de la maquinaria.

### **Condiciones del suelo**

Profundidad: la profundidad del suelo puede variar de unos pocos centímetros a varios metros (Cuadro 21). Las raíces de las plantas usan el suelo a profundidades que van de unos pocos centímetros a más de un metro; en algunos casos esas raíces pueden llegar a varios metros.

La profundidad del suelo es un factor limitante para el desarrollo de las raíces y de disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, afectando además la infiltración y las opciones de labranza. Cuanto más superficial es un suelo, más limitados son los tipos de uso que puede tener y más limitado será también el desarrollo de los cultivos. Los suelos superficiales tienen menor volumen disponible para la retención de agua y nutrientes y también pueden impedir o dificultar la labranza; también pueden ser susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el substrato rocoso. Estos factores adversos varían en severidad de acuerdo a la naturaleza de la interfase entre el suelo y el lecho rocoso. Si el suelo está en contacto con un lecho rocoso parcialmente descompuesto puede haber alguna infiltración de agua y penetración de las raíces y los instrumentos de labranza pueden ser capaces de romper esa estructura. Los lechos de rocas duras pueden constituir, sin embargo, una fuerte limitante para la agricultura.

**Cuadro 21. Profundidades de suelo**

<u>Categoría</u>	<u>Profundidad (cm)</u>
Muy delgado	< 25
Delgado	25 a < 50
Ligeramente profundo	50 a < 75
Moderadamente profundo	75 a < 100
Profundo	100 a < 150
Muy profundo	≥ 150

Textura o clase textural del suelo: esta propiedad está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la agua del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación.

Consistencia: un terrón seco de arcilla es normalmente duro y resistente a la fractura; a medida que se agrega agua y éste se humedece, su resistencia a la rotura se reduce; con más agua, en vez de fracturarse, tiende a formar una masa compacta e informe que cuando se la comprime se vuelve maleable y plástica; si se agrega más agua aún, tiende a adherirse a las manos.

Esta resistencia del suelo a la rotura, su plasticidad y su tendencia a adherirse a otros objetos son aspectos de la consistencia del suelo que dependen de su textura, del contenido de materia orgánica, de la mineralogía del suelo y del contenido de agua.

La determinación de la consistencia del suelo ayuda a identificar el contenido óptimo de agua para la labranza. Bajo condiciones ideales, el suelo no debería sufrir compactación, no debería ser plástico y debería ser fácil de preparar ya que no debería ser muy resistente.

Estructura y porosidad: ambas ejercen influencia sobre el abastecimiento de agua y de gases a las raíces, sobre la disponibilidad de los nutrientes, sobre la penetración y desarrollo de las raíces y sobre el desarrollo de la microfauna del suelo. Una estructura de buena calidad significa una buena calidad de espacio de poros, con buena continuidad y estabilidad de los poros y una buena distribución de su medida, incluyendo tanto macroporos como microporos.

El agua es retenida en los microporos; el agua se mueve en los macroporos y éstos tienden a ser ocupados por el aire que constituye la atmósfera del suelo. El espacio de poros del suelo es una propiedad dinámica y cambia con la labranza. Los límites entre los cuales su valor puede variar son muy amplios y dependen de la compactación, la forma de las partículas, la estructura y la textura del suelo. La porosidad total está también estrechamente ligada a la estructura del suelo y esta aumenta a medida que el suelo forma agregados. Cualquier práctica que altere la estructura del suelo, afectará también la porosidad del mismo.

La capa superior del suelo agregada junto a la semilla y a las plántulas debería ser de pequeño tamaño de manera de promover un régimen adecuado de agua y un contacto perfecto entre el suelo, las semillas y las raíces. Sin embargo, no debería ser tan pequeña que favorezca la formación de costras superficiales y capas compactadas. El tamaño ideal de los agregados es un diámetro entre 0,5 y 2 mm.

Un tamaño mayor de los agregados limita el volumen del suelo explorado por las raíces y los agregados más pequeños dan lugar a poros demasiado pequeños que no drenarán el agua sino que permanecerán saturados. Es importante que en los horizontes más profundos la estructura mantenga sus características originales. Es posible verificar si ha habido alteraciones estructurales tomando una muestra de suelo húmedo y separando sus agregados. La existencia de superficies de separación entre los agregados que pueden ser angulares o suaves y de forma bien definida, indican una alteración estructural – o dilatación o contracción en ciertos suelos arcillosos. La presencia de superficies irregulares y de poros tubulares de varios tamaños indican que la estructura y el espacio de poros son favorables para el desarrollo de los cultivos agrícolas. La formación de este tipo de estructura y porosidad pueden ser

estimuladas por medio de prácticas de manejo tales como el uso de abonos verdes y la incorporación de residuos de cultivos con raíces densas.

Densidad del suelo: es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en  $\text{Mg m}^{-3}$  o  $\text{ton m}^{-3}$ . Está relacionada con otras características de los suelos. Por ejemplo, los suelos arenosos de baja porosidad tienen una mayor densidad ( $1 \text{ Mg m}^{-3}$ ) que los suelos arcillosos ( $1,5 \text{ Mg m}^{-3}$ ) los cuales tienen un mayor volumen de espacio de poros. La materia orgánica tiende a reducir la densidad debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad. La compactación causada por el uso inadecuado de equipos agrícolas, por el tráfico frecuente o pesado o por el pobre manejo del suelo pueden aumentar la densidad del suelo de los horizontes superficiales a valores que pueden llegar a  $2 \text{ Mg m}^{-3}$ . La densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación.

Contenido de nutrientes: la disponibilidad de nutrientes es fundamental para el desarrollo de los cultivos. El contenido de nutrientes del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo –el contenido original del suelo-, del abastecimiento y naturaleza de los fertilizantes, de la intensidad de la lixiviación y la erosión, de la absorción de los nutrientes por parte de los cultivos y de la CIC del suelo.

Aunque la deficiencia de nutrientes en muchos casos puede ser fácilmente corregida, los suelos con mejor disponibilidad natural de nutrientes requerirán menores inversiones y, por lo tanto, muestran una aptitud natural para dar mejores rendimientos. El conocimiento de la necesidad de aplicar o no grandes cantidades de nutrientes en forma de fertilizantes, comparado con la disponibilidad de recursos, es un factor determinante para la recomendación de uso de la tierra.

Además de evaluar los contenidos y proporciones de cationes intercambiables ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$ ) también será necesario evaluar el contenido de N del suelo –a través de la materia orgánica-, el contenido de P disponible, el contenido de micronutrientes esenciales y el valor de la CIC del suelo.

La materia orgánica (MO) y los organismos del suelo: la MO del suelo está compuesta por todos los materiales orgánicos muertos, de origen animal o vegetal, junto con los productos orgánicos producidos en su transformación. Una pequeña fracción de la MO incluye materiales ligeramente transformados y productos que han sido completamente transformados, de color oscuro y de alto peso molecular, llamados compuestos húmicos.

Después que se han añadido residuos orgánicos frescos al suelo hay un rápido aumento en la población de organismos debido a la abundancia de material fácilmente descompuesto, incluyendo azúcares y proteínas. Estos elementos son transformados en energía,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y en compuestos sintetizados por los organismos. A medida que la cantidad de MO de fácil descomposición disminuye, el número de organismos también disminuye. Los sucesores de estos organismos atacan los restos, formados por compuestos más resistentes de celulosa y lignina y también compuestos sintéticos, reduciendo su proporción gradualmente a medida que aumenta el humus. La velocidad de transformación de los residuos orgánicos frescos depende de la naturaleza de la MO inicial y de las condiciones ambientales del suelo.

Después de la aplicación, por ejemplo, de materiales leñosos u otros residuos orgánicos que tienen un alto contenido de C y un bajo contenido de N –o sea una relación C/N alta- los organismos consumen el N disponible en el suelo, inmovilizándolo. Como resultado, durante algún tiempo habrá poco N disponible para las plantas (hambre de N). Con la descomposición gradual de la MO, la población de organismos se reduce y el N vuelve a estar disponible para las plantas, estableciendo una relación C/N



entre 10 y 12. Para evitar la competencia por el N entre los organismos y las plantas, es conveniente esperar que los residuos orgánicos alcancen un estado avanzado de descomposición antes de la siembra de un nuevo cultivo.

La MO agregada al suelo normalmente incluye hojas, raíces, residuos de los cultivos y compuestos orgánicos correctivos. Como que muchos de los residuos vegetales se aplican en la superficie o en la capa superior del suelo, el contenido de MO de esta capa tiende a ser más alto y a decrecer con la profundidad.

El contenido de nutrientes de la MO es importante para las plantas. Por medio de la actividad de la flora y la fauna presentes en el suelo esos nutrientes son transformados en sustancias inorgánicas y pasan a estar disponibles para las plantas. A medida que los rendimientos aumentan, el uso correcto de fertilizantes minerales y las masas de las raíces aumentan el contenido de MO del suelo en razón de la mayor cantidad de residuos que se incorporan. La MO también puede ser agregada usando abonos verdes o residuos orgánicos como estiércol o compost.

La MO favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Esta asociación incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propia masa, lo cual es especialmente importante en el caso de los suelos arenosos. La materia orgánica incrementa la retención de los nutrientes del suelo disponibles para las plantas debido a su CIC – en el humus varía entre 100 y 500  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ .

## PARTE VIII

### CLASIFICACION TAXONOMICA DE SUELOS

El tema relacionado con la Taxonomía de los Suelos es sumamente amplio, complejo y controversial. Existen innumerables sistemas taxonómicos fundamentados en principios muy diferentes y con objetivos no siempre definidos ni unificados. En su origen el núcleo del problema surge de la posición adoptada en cuanto a considerar que la taxonomía de los suelos deba ser genética.

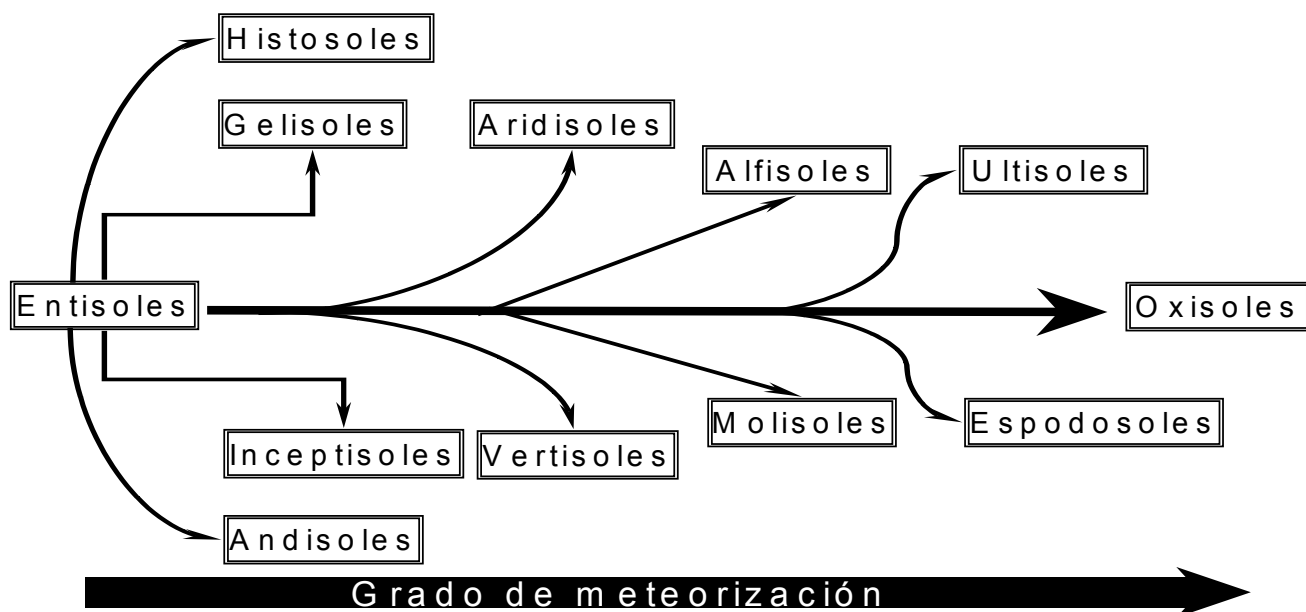
#### Soil Taxonomy

La Figura 23 resume las características de los Ordenes de suelo definidos por el Departamento de Agricultura de EUA (USDA), dentro de lo que se conoce como el *Soil Taxonomy*. Clasificación a la cual Chile se ha adscrito y en base a la que los suelos de sus estudios han sido clasificados.



Figura 23. Ordenes de suelo del Soil Taxonomy

Este sistema constituye la herramienta con la cual pueden realizarse e interpretarse los levantamientos de suelos. Se identifican 12 Órdenes de Suelo (Figura 23) diferenciados por el grado de evolución del suelo (Figura 24).



**Figura 24. Evolución relativa de los suelos acorde al Orden**

Entisols: suelos de desarrollo muy limitado, que provienen de depósitos aluviales recientes, o son suelos muy delgados sobre roca, o suelos delgados en pendientes fuertes, o dunas estabilizadas con escasa acumulación de materia orgánica.

Inceptisols: suelos con mayor grado de desarrollo que los Entisols, ya que presentan un horizonte B bien definido; incluso pueden tener un horizonte superficial negro con alto contenido de materia orgánica.

Gelisols: Son suelos que presentan materiales géllicos y con un permafrost subyacente. La crioturación generada por congelamiento y descongelamiento estacional es un proceso importante en estos suelos. Los horizontes diagnósticos pueden o no estar presentes. Se observan horizontes irregulares y quebrados y fragmentos de roca orientados. En áreas secas, la crioturación es menos pronunciada o no ocurre y los materiales géllicos se manifiestan como puentes de arena y cristales o segregaciones de hielo. El permafrost influye la pedogénesis al actuar como una barrera al movimiento descendente de la solución suelo. Es el Orden de definición más reciente

Andisols: Son los suelos derivados de cenizas volcánicas; en Chile corresponden a los trumaos y los ñadis. Son suelos de excelentes condiciones físicas y morfológicas por lo cual se pueden cultivar con facilidad. Poseen grandes cantidades de fósforo, pero éste se encuentra retenido en el suelo en forma no disponible para las plantas; en consecuencia se requieren fuertes fertilizaciones fosfatadas para obtener rendimientos altos.

Vertisols: Corresponde a un grupo de suelos muy homogéneo con alto contenido de arcilla, más de 30%, de la cual la mayor parte debe ser del tipo expandible. Por esta razón, los suelos cuando se secan muestran anchas y profundas grietas que se cierran cuando el suelo se humedece adecuadamente.

Aridisols: Son los suelos de regiones desérticas, áridas y semiáridas cuya característica esencial es tener un déficit de agua permanente o casi permanente. Debido a esta escasez de agua, algunos suelos que pertenecen a esta clase, tienen exceso de sales y/o de sodio que puede limitar seriamente el crecimiento de los cultivos.

Mollisols: Son suelos profundos, con un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica, que se han formado en condiciones de estepa o de pradera. Son suelos fértiles que, con adecuado manejo, pueden producir rendimientos muy elevados.

Spodosols: Son suelos ácidos, bastantes lixiviados que se han formado bajo vegetación de bosques y en zonas relativamente frías. Se caracterizan por presentar un horizonte de acumulación de Al y materia orgánica con o sin Fe, de color negro - rojizo, conocido como horizonte espódico.

Histosols: Son los suelos orgánicos en los cuales los residuos vegetales se encuentran en diferentes grados de descomposición. Con un buen sistema de drenaje estos suelos pueden ser muy productivos, especialmente para el cultivo de hortalizas. Antes de realizar un drenaje es conveniente hacer una evaluación de sus propiedades químicas y físicas, pues podría resultar inadecuado en algunos casos.

Ultisols: Al igual que los Alfisols, estos suelos tienen un horizonte B bien expresado a causa de un incremento de la arcilla en relación con el horizonte A. Sin embargo, estos suelos están desbasificados y por lo tanto tienen bajos niveles de elementos nutrientes, por lo cual requieren de fuertes fertilizaciones para la obtención de rendimientos razonables.

Oxisols: Son los suelos con los niveles más bajos de elementos nutrientes a causa de su excesiva lixiviación. Se han desarrollado principalmente en paisajes antiguos de regiones tropicales, donde se pueden cultivar sólo con programas intensivos de fertilización. Debido a su riqueza en óxidos de hierro la mayoría tienen colores rojizos. Ausentes en Chile.

### **Grupos de referencia de suelo de la FAO**

Otra línea de clasificación de suelos a nivel global ha sido definida por la FAO, a la cual se adscriben fundamentalmente países europeos. Dentro de ella se identifican los grupos de referencia siguientes:

Grupo 1. Suelos orgánicos: **HISTOSOLS**

Grupo 2. Suelos minerales cuya formación está condicionada por influencias humanas, no confinada a una región particular : **ANTHROSOLS**

Grupo 3. Suelos minerales cuya formación está condicionada por el material parental desarrollados en :

- Material volcánico : **ANDOSOLS**
- Arenas residuales o en movimiento : **ARENOSOLS**
- Arcillas expandibles : **VERTISOLS**

Grupo 4. Suelos minerales cuya formación está condicionada por topografía/fisiografía

- En áreas bajas con topografía plana: **FLUVISOLS**  
**GLEYSOLS**
- En áreas elevadas sin topografía plana (erodables):  
**LEPTOSOLS**  
**REGOSOLS**

Grupo 5. Suelos minerales cuya formación está condicionada por edad limitada, no confinada a alguna región particular:

***CAMBISOLS***

Grupo 6. Suelos minerales cuya formación está condicionada por el clima (& vegetación climáticamente inducida) en regiones tropicales y subtropicales húmedas (profundos y maduros):

***NITISOLS***  
***FERRALSOLS***  
***PLINTHOSOLS***  
***ACRISOLS***  
***ALISOLS***  
***LIXISOLS***

Grupo 7. Suelos minerales cuya formación está condicionada por el clima (& vegetación climáticamente inducida) en regiones áridas y semiáridas:

***SOLONETZ*** (sódicos)  
***SOLONCHAKS*** (salinos)  
***GYPSISOLS***  
***CALCISOLS***  
***DURISOLS***

Grupo 8. Suelos minerales cuya formación está condicionada por el clima (& vegetación climáticamente inducida) en regiones de estepas o estepáricas:

***CHERNOZEMS***  
***KASTANOZEMS***  
***PHAEZEMS***

Grupo 9. Suelos minerales cuya formación está condicionada por el clima (& vegetación climáticamente inducida) en regiones forestales y de praderas subhúmedas:

***LUVISOLS***  
***ALBELUVISOLS***  
***PLANOSOLS***  
***PODZOLS***  
***UMBRISOLS***

Grupo 10. identifican un grupo de suelos con alternado congelamiento/descongelamiento. Con permafrost dentro de 100 cm y crioturbación :

***CRYOSOLS***

## PARTE IX

### DISTRIBUCIÓN DE SUELOS DE CHILE

El desarrollo de los suelos en Chile está asociado a factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y a la actividad volcánica que está presente en todos los eventos modeladores del paisaje natural. Debido a las condiciones montañosas de Chile, con fuertes pendientes entre la Cordillera de Los Andes y el nivel del Océano Pacífico, la tendencia general en los suelos es presentar poco desarrollo en sus perfiles y por lo suelos jóvenes en su evolución.

Así, el material generador de los suelos es variado, correspondiendo a meteorización de rocas antiguas dando origen a suelos in situ; depósitos de cenizas volcánicas en forma de loess; depósitos glaciales, fluvio-glaciales y aluviales que dan origen a suelos más jóvenes y de menor desarrollo.

Formaciones de suelos residuales provenientes de la meteorización de las rocas ígneas y metamórficas se localizan en el ámbito de la Cordillera de la Costa, coexistiendo con suelos de origen de cenizas volcánicas. Los suelos de origen de depósitos glaciales, fluvio-glaciales y aluviales se localizan fundamentalmente en la Depresión Intermedia de Chile central y sur y planicies patagónicas australes, siendo éstos los de mayor uso agrícola y silvoagícola.

#### **A. Suelos entre la I y la IV Región :**

- Escasa o nula disponibilidad de agua a través del año (diferentes)
- De evolución reciente (Entisols)
  - no presentan horizontes claramente diferenciadas
  - la acumulación de materia orgánica muy baja (escasa vegetación)

#### **B. Suelos entre la I y II Región :**

- **“Depresión Intermedia”**
  - Suelos de regiones desérticas (Aridisols)
  - algunos con acumulaciones de sales o de  $\text{CaCO}_3$  (nulo lavado por precipitaciones)
- **En Altiplano**
  - Cuencas (bofedales) con MO acumulada (pastos) por NF elevados
  - Suelos orgánicos (Histosols)
  - En cajas de ríos o esteros (Caquena), pueden ser minerales u orgánicos.

### C. Suelos de la III y IV Región :

- Suelos de valles desde la Cordillera de los Andes
  - sedimentaciones de ríos y, pedregosos, o arenosos
  - muy poco evolucionados (Entisols) o
  - con una evolución incipiente (Inceptisols).
- Suelos de las pampas desérticas.
  - suelos con elevados contenidos de sales o de sodio (Aridisols)

### D. Suelos desde V a VIII Región :

- En la Cordillera de los Andes los suelos
  - son delgados sobre roca, sin desarrollo (Entisols, Gelisols?) y sin aptitud de uso
  - extrema fragilidad, excesivas pendientes y bajas T° (praderas estacionales)
- En Pre-cordillera, aparecen los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisols).
  - de gran potencial agrícola, ganadero y forestal (trumaos)
  - generalmente profundos, pendientes suaves, ricos en MO y baja disponibilidad de P
- En Depresión Intermedia se encuentra una gran variedad de suelos:
  - aluviales en terrazas o planicies (Inceptisols, Entisols)
  - de cuencas aluviales, (semi)lacustres sobre variadas clases de sedimentos
    - ❖ moderados en A y variables en MO (Mollisols, Alfisols, Inceptisols)
    - ❖ elevados contenidos de A y con grietas frecuentes (Vertisols)
  - suelos conocidos como Rojos Arcillosos (Alfisols, Mollisols, Inceptisols)
    - ❖ desde casi planos hasta fuertemente ondulados (cereales/erosión).
- En la Cordillera de la Costa y sectores pre-cordilleranos
  - suelos rojos y arcillosos (Alfisols y Ultisols en la parte sur de la VIII Región)
  - sometidos a intenso cultivo anual, pero la mayoría de ellos son de aptitud forestal

### **E. En IX y X Región (incluida la Isla Grande de Chiloé) se alternan:**

- trumaos
- ñadis (Andisols con mal drenaje, en los sectores más bajos del paisaje)
  - ❖ de escasa profundidad (20 a 60 cm)
  - ❖ sobre un substrato muy impermeable y muy duro
  - ❖ a considerar, antes de establecer cualquier sistema de drenaje.
- suelos más antiguos (Ultisols), alrededor de la C. de la Costa (aptitud forestal)

### **F. Regiones XI y XII**

- panorama generalizado
- no existen estudios sistemáticos de la zona
- materiales que dominan son volcánicos
- en sectores insulares, materiales orgánicos.
- se presume la presencia de Andisols, Histosols, Gelisols y Spodosols.

### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

*BRADY, N. and WEIL, R. 1996. The nature and properties of soils. Prentice Hall . 740 p.*

*HILLEL, D. 1998. Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations. Academic Press. 771 p.*

*MUNSELL COLOR. 2000. Munsell Soil Color Charts. GretagMacbeth. Revised washable edition.*

*SCHOENEBERGER, P.J., WYSOCKI, D.A., BENHAM, E.C., AND BRODERSON, W.D. 2002. Field book for describing and sampling soils, Version 2.0. (SCHOENEBERGER et al. Eds.), Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 228 p.*

*SSS. 1993. Soil survey manual. Soil Survey Division Staff. United States Department of Agriculture. Washington, Estados Unidos. Handbook N° 18. 437 p.*

*SSS, 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil . United States Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office: Washington D.C. Agricultural Handbook 436, 2nd edition. 870 p.*



