GUÍA PARA LA **DESCRIPCIÓN DE SUELOS**

Guía para la **descripción de suelos**

Cuarta edición

Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAO-SWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia).

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN
Roma, 2009

Las designaciones empleadas y la presentación de material en la presente publicación, no implican necesariamente la expresión de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación en cualquier sentido concerniente al estado legal o de desarrollo de cualquier país, territorio, ciudad o área, o sus autoridades, o concerniente a la delimitación de sus fronteras o limites.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y diseminación de este producto para propósitos académicos o no comerciales, sin previa autorización escrita por los propietarios del derecho de autor, simplemente se debe citar la fuente. Se prohíbe la reproducción de material proveniente de este producto para fines comerciales sin previo permiso escrito por parte de los poseedores de los derechos de autor. Las aplicaciones para dicho permiso deben ser dirigidas a:

Jefe del Servicio de Publicaciones
División de Información
FAO
Viale delle Terme di Caralla, 00153 Roma, Italia
o por email a:
copyright@fao.org

© FAO 2009

Índice

Agradecimientos ix

Acrónimos x

1. Introducción 1

2. Información general del sitio, registro y ubicación 5

- Número de perfil 5
- Estado o tipo de descripción del perfil 5
- Fecha de la descripción 5
- Autores 5
- Ubicación 6
- Elevación 6
- Número de la hoja de mapa y grilla de referencia (coordenadas) 7

3. Factores de formación del suelo 9

- Condiciones atmosfericas del clima y tiempo 9
- Regimenes climáticos del suelo 9
- Geoforma y topografia (relieve) 10
  - Geoforma principal 10
  - Posición 12
  - Forma de la pendiente 12
  - Gradiente y orientación de la pendiente 12
- Uso de la tierra y vegetación 13
  - Uso de la tierra 13
  - Cultivos 13
  - Influencia humana 13
  - Vegetación 16
- Material parental 16
- Edad de la superficie de la tierra 17

4. Descripción de suelos 21

- Características de la superficie 21
  - Afloramientos rocosos 21
  - Fragmentos gruesos superficiales 21
  - Erosión 22
  - Encostramiento 23
  - Grietas superficiales 23

Límite del horizonte 24
Profundidad 25
Distinción y topografía 25
Constituyentes primarios 25
Textura de la fracción de tierra fina 26
Fragmentos rocosos y artefactos 30
Grado de descomposición y humuficación de la turba 32
Capas o estratos orgánicos aeromórficos en pisos forestales 33
Color del suelo (matriz) 34
Moteados 36
Color de los moteados 36
Abundancia de los moteados 36
Tamaño de los moteados 36
Contraste de los moteados 37
Límites de los moteados 37
Potencial redox del suelo y condiciones reductoras 37
Determinación del potencial redox mediante el método de campo 37
Condiciones reductoras 38
Carbonatos 39
Contenido 39
Formas 39
Yeso 40
Contenido de yeso 40
Formas de yeso secundario 40
Sales facilmente solubles 41
Procedimiento 41
pH del suelo en campo 42
Olor del suelo 43
Características andicas y vidios volcánicos 43
Procedimiento 43
Contenido de materia organica 44
Organizació de los constituyentes del suelo 45
Estructura del suelo 45
Consistencia 49
Estado de humedad del suelo 51
Densidad aparente del suelo 51
Espacios vacíos o poros (porosidad) 53
Porosidad 54
Tipo 54
Tamaño 54
Abundancia 54

Concentraciones 55
Revestimientos 56
Cementación y compactación 58
Concentraciones minerales 59
Actividad biologica 61
Raíces 61
Otros rasgos biológicos 61
Materiales hechos por el hombre 62
Artefactos 62
Material transportado por el hombre (MTH) 63
Geo-membranas y roca artificial 64
Descripción de artefactos 65
Descripción y determinación del material transportado por el hombre 66
Muestreo 66

5. Interpretación genética y sistemática – clasificación de suelos 69

Designación de los horizontes del suelo 69
Horizontes y capas mayores 69
Horizontes de transición 73
Características subordinadas dentro las capas y horizontes maestros 74
Convenciones para el uso de las letras sufijo 77
Subdivisiones verticales 78
Discontinuidades 78
Uso del primo 79
Principios de clasificación de acuerdo con sistema WRB 80
Paso 1 82
Paso 2 82
Paso 3 82
Paso 4 82
Principios y uso de los calificadores en la WRB 83
Lista de los horizontes, propiedades y materiales de diagnostico de la WRB 85
Agregando información sobre la textura y material parental al grupo de referencia del suelo 85

Referencias 87

Anexos

1. Explicación de los regimenes de temperatura del suelo 89
2. Explicación de los regimenes de humedad del suelo 93
3. Equipo necesario para el campo 99

Lista de cuadros

1. Estado de la descripción del perfil de suelo 6
2. Códigos de las condiciones climáticas 9
3. Códigos de los regimenes de temperatura y humedad del suelo 10
4. Jerarquía de las geoformas principales 11
5. Subdivisiones de las geoformas complejas 11
6. Clasificación de las formas de las pendientes 12
7. Clases de gradiente de la pendiente 12
8. Clasificación del uso de la tierra 14
9. Código de cultivos 15
10. Códigos recomendados para influencia humana 15
11. Clasificación de la vegetación 16
12. Jerarquía de la litología 18
13. Codificación provisional para la edad de la superficie de la tierra 19
14. Clasificación recomendada de afloramientos rocosos 21
15. Clasificación de los fragmentos gruesos superficiales 22
16. Clasificación de la erosión por categoría 22
17. Clasificación del área total afectada por erosión y deposición 22
18. Clasificación del grado de erosión 22
19. Clasificación del periodo de actividad de la erosión 23
20. Clasificación de atributos del encostramiento 23
21. Clasificación de las grietas superficiales 24
22. Clasificación de las características de las sales 24
23. Clasificación de las características de arena blanqueada 24
24. Clasificación de los límites de horizontes por su distinción y topografía 25
25. Clave para las clases texturales del suelo 29
26. Abundancia de los fragmentos rocosos y artefactos,por volumen 30
27. Clasificación de fragmentos rocosos y artefactos 31
28. Clasificación de la forma de los fragmentos rocosos 31
29. Clasificación de la intemperización de los fragmentos rocosos 32
30. Códigos para fragmentos minerales primarios 32
31. Estimación y codificación del grado de descomposición y humificación de la turba en campo 33
32. Clasificación de la abundancia de moteados 36
33. Clasificación del tamaño de los moteados 37
34. Clasificación del contraste de los moteados 37
35. Clasificación del límite entre el moteado y la matriz 37

36. Características redoximorficas del suelo y su relación con los valores rH y procesos en el suelo 38
37. Patrones de color reductimórfico y ocurrencia de compuestos de Fe 38
38. Clasificación de la reacción del carbonato en la matriz del suelo 39
39. Clasificación de las formas de los carbonatos secundarios 39
40. Clasificación del contenido de yeso 40
41. Clasificación de las formas de yeso secundario 41
42. Clasificación del contenido de sal del suelo 42
43. Dependencia del contenido de agua del extracto de saturación sobre la textura y el contenido de humus para suelos minerales y sobre descomposición para suelos turba 42
44. Clasificación de los valores de pH 43
45. Clasificación del olor del suelo 43
46. Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla Munsell 44
47. Clasificación de la estructura de suelos agregados 46
48. Clasificación de tipos de estructura del suelo 46
49. Códigos para los tipos de estructura del suelo 47
50. Clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo 48
51. Clases de tamaño combinadas para los tipos de estructura de suelo 48
52. Combinaciones de tipo de estructura de los suelos 48
53. Consistencia del suelo en seco 49
54. Consistencia de la masa del suelo en húmedo 50
55. Clasificación de la adhesividad del suelo 50
56. Clasificación de la plasticidad del suelo 50
57. Clases del estado de humedad del suelo 51
58. Estimación en campo de la densidad aparente de suelos minerales 52
59. Estimación en campo de la densidad aparente y volumen de sólidos de suelos orgánicos 53
60. Clasificación de la porosidad del suelo 54
61. Clasificación de espacios porosos 54
62. Clasificación del diámetro de los poros 55
63. Clasificación de la abundancia de poros 55
64. Clasificación de la abundancia de los revestimientos 56
65. Clasificación del contraste de los revestimientos 56
66. Clasificación de la naturaleza de los revestimientos 56
67. Clasificación de la forma de los revestimientos 57
68. Clasificación de la localización de los revestimientos y acumulación de arcilla 57
69. Clasificación de la continuidad de la cementación/compactación 58
70. Clasificación de la estructura de la capa cementada/compactada 58
71. Clasificación de la naturaleza de la cementación/compactación 58

72. Clasificación del grado de cementación/compactación 59
73. Clasificación de la abundancia de las concentraciones minerales por volumen 59
74. Clasificación de los tipos de concentraciones minerales 60
75. Clasificación del tamaño y forma de las concentraciones minerales 60
76. Clasificación de la dureza de las concentraciones minerales 60
77. Ejemplos de la naturaleza de las concentraciones minerales 60
78. Nombres de los colores de las concentraciones minerales 61
79. Clasificación del diámetro de las raíces 61
80. Clasificación del diámetro de las raíces 61
81. Clasificación de la abundancia de la actividad biológica 62
82. Clasificación de la abundancia de la actividad biológica 62
83. Clasificación de los tipos de artefactos 65
84. Tabla de determinación y códigos para los depósitos hechos por el hombre 66
85. Características subordinadas dentro los horizontes maestros 74
86. Lista de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico WR 84

Lista de figuras

1. El proceso de descripción del suelo, clasificación, calidad del sitio y evaluación de la aptitud 1
2. Posición de la pendiente en terrenos ondulados y montañosos 11
3. Forma de pendiente y direcciones de la superficie 12
4. Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena 28
5. Clave para la estimación de coberturade fragmentos gruesos y moteados 30
6. Tipos de estructura del suelo y su formación 47
7. Calificación de la densidad aparente 52
8. Cuadros para la estimación del tamaño y abundancia de los poro 55

Agradecimientos

Esta revisión fue preparada por R. Jahn (Universidad de Halle-Wittenberg), H.P. Blume (Universidad de Kiel), V.B. Asio (Universidad de Leyte State), O. Spaargaren (ISRIC), y P. Schad (Universidad Técnica de Munich), con contribuciones y sugerencias de R. Langohr (Universidad de Gent), R. Brinkman (FAO), F.O. Nachtergaele (FAO) y Pavel Krasilnikov (Universidad Nacional Autónoma de México).

Acrónimos

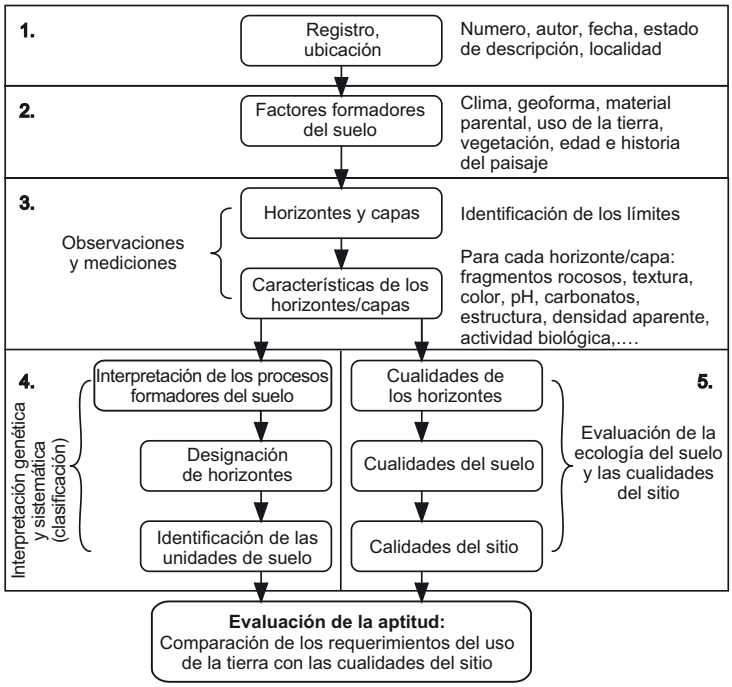
CE	Conductividad eléctrica
GPS	Sistema de posicionamiento global
HDPE	Polietileno de alta densidad
HTM	Material transportado por el hombre
ISO	Organización internacional para la estandarización
PVC	Cloruro de Polivinilo
RSG	Grupo de Referencia de Suelo
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UTM	Universal Transverse of Mercator
WRB	Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo

Capítulo 1
Introducción

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. Un requerimiento básico para lograr ese objetivo, es la disponibilidad de información confiable sobre la morfología de los suelos y otras características obtenidas a través del estudio y la descripción del suelo en el campo.

Es importante que la descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre la génesis y funciones medioambientales del suelo. Una buena descripción de suelos y el conocimiento derivado en cuanto a la génesis del mismo, son también herramientas útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio. Asimismo, puede prevenir errores en el esquema de muestreo. La figura 1, muestra el papel de la descripción de suelos como paso inicial en la clasificación de suelos y la evaluación de la aptitud de uso del sitio.

FIGURA 1
El proceso de descripción del suelo, clasificación, calidad del sitio y evaluación de la aptitud



Los suelos son afectados por las actividades humanas, como la industrial, la municipal y la agrícola, que a menudo resulta en la degradación del suelo y pérdida o reducción de sus funciones. Para prevenir la degradación de suelos y rehabilitar el potencial de los suelos degradados, se requiere como pre-requisito datos edáficos confiables, como insumo para el diseño de sistemas de uso de la tierra y prácticas de manejo de los suelos apropiados, así como para lograr un mejor entendimiento del medio ambiente.

Con la actual internacionalización o globalización, el uso de un lenguaje común es de vital importancia para la ciencia del suelo. La creciente necesidad de reglas y sistemas para la descripción y clasificación de suelos que sean aceptados internacionalmente, ha llevado al desarrollo de varios conceptos de clasificación de suelos; por ejemplo: la *Leyenda para el Mapa Mundial del Suelo* FAO-UNESCO (FAO-UNESCO, 1974, 1988) y la *Taxonomia del Suelo* (USDA Servicio de Conservación de Suelos 1975, 1999), y los mapas de suelos, como por ejemplo: *El Mapa Mundial del Suelo* (FAO-UNESCO, 1970-1981; FAO, 2002), *Mapa de Suelos de la Comunidad Europea* (ECSC-EEC-EAEC, 1985) y *El Atlas de Suelo de Europa* (EC, 2005).

Esta guía esta basada en la *Guía para la Descripción de Suelos* (FAO, 1990) que fue aceptada internacionalmente. Algunos nuevos desarrollos internacionales en cuanto a sistemas de información y clasificación de suelos, como el *Field Book for Describing and Sampling Soils* (Schoeneberger *et al*., 2002) y *Claves para la Taxonomía de Suelos* (USDA Servicio de Conservación de Suelos, 2003), *Base de Datos Actualizada Global y Nacional de Suelos y Terreno* (ISRIC, 2005) y la segunda edición de *Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo* (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006) han sido tomados en cuenta. Por razones prácticas, los contenidos de las fuentes principales han sido modificados, resumidos y re-ordenados.

Específicamente, varios capítulos de esta guía se basaron en las siguientes fuentes:

- Capítulo 2, descripción general del sitio – Guías para la Descripción de Suelos (FAO, 1990).
- Capítulo 3, descripción de los factores formadores del suelo - *Guías para la Descripción de Suelos* (FAO, 1990); SOTER versión actualizada (ISRIC, 2005); *Field Book for Describing and Sampling Soils* (Schoeneberger *et al*., 2002) y *Claves para la Taxonomía de Suelos* (USDA Servicio de Conservación de Suelos, 2003).
- Capítulo 4, descripción de suelos - *Guías para la Descripción de Suelos* (FAO, 1990) y en parte la *Guía Alemán de Mapeo 5* (Kartieranleitung 5; Adhoc-AG-Boden, 2005), el material de DVWK (1995), *Field Book for Describing and Sampling Soils* (Schoeneberger *et al*., 2002), así como la experiencia personal de los autores.
- Capítulo 5, designación de horizontes y clasificación de suelo - *Guías para la Descripción de Suelos* (FAO, 1990), *Field Book for Describing and Sampling Soils* (Schoeneberger *et al*., 2002), *Clave para la Taxonomía de Suelos* (USDA Servicio de Conservación de Suelos, 2003) y la segunda edición de la *Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo* (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006).

Para ayudar a los principiantes, se incluyeron algunas notas explicatorias, así como claves basadas en pruebas simples y observaciones para la determinación de las características de los suelo.

La guía provee un procedimiento completo para la descripción del suelo y para la recolección en campo, de los datos necesarios para la clasificación del suelo de acuerdo con la segunda edición de la Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006). Se adicionaron notas para propósitos de clasificación en cada capitulo, explicando la relevancia del elemento descrito para clasificar usando WRB. Para evitar ser excesivamente extenso, no está establecido si el elemento descrito es un único requisito o es uno de dos o más opciones.

Capítulo 2

Información general del sitio, registro y ubicación

Antes de realizar la descripción del recurso suelo, es necesario colectar información relevante relacionada con el registro e identificación del suelo a ser descrito, como por ejemplo: el número del perfil, estado de descripción, fecha de descripción, autor, ubicación, elevación, número de hoja de mapa, y grilla de referencia. Esta información, es necesaria para una fácil identificación y recuperación de la descripción del suelo, dentro el sistema de almacenamiento de datos.

NÚMERO DEL PERFIL

El número o código de identificación del perfil debe ser construido de forma tal que, reúna las necesidades locales y también permita una fácil y simple recuperación de cualquier descripción del perfil dentro una base de datos computarizada. El código de identificación del perfil debe ser construido a partir de la combinación del código del lugar (en letra) y un código numérico del perfil. El código letra debe consistir de la selección práctica de códigos referidos al país, preferentemente el código internacionalmente aceptado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), una referencia del mapa topográfico o cualquier otra área o pueblo. Ejemplo: AL/ST/HAL -0381 = Halle en Saxony – Anhalt en Alemania, perfil 381.

ESTADO O TIPO DE DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

El estado o tipo de descripción del perfil, se refiere a la calidad de la descripción del suelo y los datos analíticos. El estado es determinado después de la conclusión del análisis e indica la confiabilidad de la información del perfil del suelo que ingreso en la base de datos. La tabla 1 presenta las posibles clases.

FECHA DE LA DESCRIPCIÓN

Es importante que se indique siempre la fecha de descripción del perfil, ya que esto informará a los futuros usuarios de la actualidad de los datos de suelo. La fecha de descripción debe siguer el siguiente formato: aammdd (seis dígitos); por ejemplo: 8 de Enero de 2006, será codificado como 060108.

AUTORES

Las personas que realizaron la descripción deben ser reconocidas y agradecidas cuando se usen los datos de suelo. Adicionalmente, ellos son los encargados directos de la calidad de los datos. Se debe escribir los nombres o iniciales de los autores.

CUADRO 1
Estado de la descripción del perfil de suelo

	Estado	
1	Descripción del Perfil de Referencia	No faltan elementos esenciales o detalles en la descripción, muestreo o análisis. La exactitud y confiabilidad de la descripción y resultados analíticos, permiten la caracterización completa de todos los horizontes del suelo a una profundidad de 125 cm, o más si es requerido con propósitos de clasificación, o hasta el horizonte o capa C o R, cualquiera que sea más somero.
1.1		Si la descripción de los perfiles del suelo fue realizada sin muestreo.
2	Descripción de los perfiles de rutina	No faltan elementos esenciales en la descripción, muestreo o análisis. El número de muestras recolectadas es suficiente para caracterizar todos los horizontes mayores del suelo , pero no permite la definición precisa de todos los sub-horizontes, especialmente en suelos profundos. La profundidad del perfil es de 80 cm o más, o por debajo del horizonte C o R, pudiendo ser estos más superficiales. Se requerirá barrenar y realizar muestreo adicionales para una clasificación más detallada.
2.1		Si la descripción de los perfiles del suelo fue realizada sin muestreo.
3	Descripción Incompleta	Faltan ciertos elementos relevantes en la descripción, insuficiente número de muestras recolectadas en campo, o la confiabilidad de los datos analíticos no permite una caracterización completa del suelo. Sin embargo, la descripción puede ser útil para propósitos específicos y ya que puede provee una indicación satisfactoria de la naturaleza del suelo a altos niveles de clasificación.
3.1		Si la descripción de los perfiles del suelo fue realizada sin muestreo.
4	Descripción de suelos a través de barrenaciones	La barrenación de los suelos no permite una descripción de suelos completa. Las barrenaciones se realizan para la observación e identificación de las características de los suelos como procedimiento de rutina en el mapeo de suelos, y normalmente provee una información satisfactoria. Se puede obtener muestras en cada barrenación.
4.1		Si la descripción usando barreno no incluye recolección de muestras.
5	Otras descripciones	Faltan elementos esenciales en la descripción, lo cual impide la caracterización y clasificación de suelos satisfactoria.

Nota: Las descripciones a partir de barrenaciones o de otro tipo de observaciones de rutina con propósitos de mapeo, se deben de mantener en el formulario de campo original o se deben de incluir en la base de datos, indicando apropiadamente el estado o tipo de descripción.

UBICACIÓN

Se debe dar una descripción de la ubicación del perfil, en términos de distancia lo mas precisa posible, (en metros o kilómetros) y dirección del sitio a partir de elementos reconocibles en el campo, en un mapa topográfico y distancias a lo largo de las carreteras o intersecciones, relacionadas con un punto de referencia marcado (0.0 km). La descripción de la ubicación debe ser tal, que los lectores que no conocen el área sean capaces de ubicar la posición aproximada del sitio. Las unidades administrativas como región, provincia, distrito, comunidad o localidad deben ser incluidas en el código del perfil (explicado anteriormente). Ejemplo: Estación experimental agrícola Bad Lauchstadt, Sacasen-Anhalt.

ELEVACIÓN

La elevación o altitud del sitio debe ser obtenido lo más exactamente posible, preferentemente a partir de un mapa topográfico. Cuando esta herramienta no este disponible, es mejor estimarla a partir de mapas generales o a partir de la lectura de un del altímetro. Actualmente, la determinación de la elevación usando un GPS es inexacta e inaceptable. La elevación se proporciona en metros (1 pie=0.3048 m).

NÚMERO DE HOJA DE MAPA Y GRILLA DE REFERENCIA (COORDENADAS)

Corresponde al número de hoja del mapa topográfico preferentemente a escala 1:25.000 o 1:50.000, donde se encuentra la descripción del perfil. Ejemplo: TK50 L4536 Halle (Saale) = Mapa topográfico escala 1:50.000 Número L4536 de Halle.

El número de grilla de referencia, Universal Transverse Mercator (UTM) o el sistema local establecido, puede ser directamente leído en el mapa topográfico. La latitud o longitud del sitio debe ser obtenido lo mas exactamente posible (en grados, minutos, segundos y décimas de segundo); por ejemplo: directamente de los mapas topográficos o usando un GPS. Ejemplo: H: 56.95.250 o latitud: 51°23'30.84" N; R: 44.91.600 o longitud: 11°52'40.16" E.

Algunos países usan su propia longitud cero; por ejemplo: los mapas topográficos italianos, muestran el meridiano Monte Mario en Roma como cero. Para su uso internacional, éstos deben ser convertidos al meridiano cero del sistema Greenwich.

Capítulo 3

Factores de formación del suelo

Este capitulo provee la guía para la descripción de los factores que definen el tipo e intensidad de los procesos de formación del suelo. Estos factores también son parte importante de las cualidades del sitio.

La información puede ser derivada de una combinación de mediciones en campo, registros climáticos, observaciones en campo y evaluación de mapas y documentos del clima, de la topografía, geología y geomorfología. Para la vegetación y el uso de la tierra, se reportan las condiciones actuales.

CONDICIONES ATMOSFERICAS DEL CLIMA Y TIEMPO

Las condiciones climáticas del sitio son propiedades importantes que influencian el crecimiento de las plantas y la formación de suelos. Como mínimo, se debe recolectar información sobre la temperatura promedio mensual (en grados Celsius) y la precipitación media mensual (en milímetros), haciendo uso de datos existentes de la estación meteorológica más cercana al sitio.

Asimismo, cuando sea posible, se debe especificar la Duración del Periodo de Crecimiento (en días). Esta se define como el periodo con condiciones de humedad (exceso de precipitación en relación a la evapotranspiracion potencial), y con una temperatura ≥5°C (FAO 1978).

Se debe notar que el tiempo actual y las condiciones climáticas de los días anteriores al levantamiento, influencian la humedad y estructura del suelo. Adicionalmente, se debe reportar la condición climática prevaleciente en el momento de la descripción, así como la de días anteriores (Cuadro 2).

CUADRO 2
Códigos de las condiciones climáticas

Condiciones climáticas actuales (Schoeneberger *et.al*., 2002)	
SU	Soleado / despejado
PC	Parcialmente nublado
OV	Nublado
RA	Lluvioso
SL	Granizo
SN	Nieve
Condiciones climáticas pasadas (Ad-hoc-AG-boden, 2005)	
WC 1	Sin lluvia en el último mes
WC 2	Sin lluvia en la última semana
WC 3	Sin lluvia en las últimas 24 horas
WC 4	Lluvia ligera en las últimas 24 horas
WC 5	Lluvia torrencial por algunos días o tormenta en las últimas 24 horas
WC 6	Periodo extremadamente lluvioso o de deshielo

Nota: Por ejemplo: SU, 25°C; WC2 (=soleado, temperatura de 25°C; sin lluvia en la última semana).

REGIMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO

Cuando sea posible, se debe indicar los regimenes climáticos del suelo. Se deben mencionar específicamente, los regimenes de humedad y temperatura del suelo de acuerdo con la *Clave Taxonómica* (USDA, Servicio de Conservación de Suelos, 2003). (Tabla 3; explicaciones en Anexos 1 y 2). Cuando esta información no esté disponible o no

CUADRO 3
Códigos de los regimenes de temperatura y humedad del suelo

Régimen de temperatura del suelo				Régimen de humedad del suelo			
PG	= Pergélico			AQ	= Ácuico	PQ	= Perácuico
CR	= Críico			DU	= Údico	PU	= Perúdico
FR	= Frígido	IF	= Isofrígido	US	= Ústico		
ME	= Mésico	IM	= Isomésico	XE	= Xérico		
TH	= Térmico	IT	= Isotérmico	AR	= Arídico	TO	= Tórrico
HT	= Hipertérmico	IH	= Isohipertérmico				

pueda ser derivada confiablemente a través de información climática representativa, es preferible dejar el espacio en blanco. Otros parámetros agro climáticos que vale la pena mencionar son: la clasificación climática local, la zona agro-climática, duración del periodo de crecimiento, etc.

Nota para propósitos de clasificación

✓ La temperatura del suelo <0°C (régimen de temperatura pergélico) → Horizonte críico y Prefijo o Calificador Gélico.

GEOFORMA Y TOPOGRAFIA (RELIEVE)

La Geoforma se refiere a cualquier componente o rasgo físico de la superficie terrestre que ha sido formado por procesos naturales y que tiene una forma o cuerpo diferente. La topografía se refiere a la configuración de la superficie de la tierra descrita en cuatro categorías:

- La geoforma principal, que se refiere a la morfología de todo el paisaje;
- La posición del sitio dentro el paisaje;
- La forma de la pendiente;
- El ángulo de la pendiente.

Geoforma principal

Las geoformas se describen principalmente por su morfología y no por su origen genético o por los procesos responsables de su forma. La pendiente dominante es el criterio principal de diferenciación, seguido por la intensidad de relieve (Cuadro 4). La intensidad del relieve es la diferencia media entre el punto mas alto y el mas bajo en una distancia específica dentro el terreno. La distancia específica puede ser variable. La intensidad del relieve se da normalmente en metros por kilómetro.

Cuando hay paisajes complejos, las geoformas sobresalientes deben tener al menos 25 m de alto (sino debe ser considerada como mesorelieve) excepto para las terrazas, donde las principales deben tener diferencias de elevación de por lo menos 10 m. En áreas, las terrazas principales pueden estar cercanas unas a otras – particularmente en la parte baja de la planicie. Finalmente, los niveles más antiguos serian enterrados debido a las crecidas. Para paisajes complejos, se pueden usar las subdivisiones reportadas en el Cuadro 5. Estas subdivisiones se aplican principalmente a paisajes nivelados, a algunos paisajes de pendiente inclinada y en el caso de montañas, a los valles.

CUADRO 4
Jerarquía de las geoformas principales

1er nivel	2do nivel	Gradiente	Intensidad de relieve	Densidad de drenaje potencial
		(%)	(m km^{-1})	
L tierras a nivel	LP planicie	< 10	< 50	0–25
	LL meseta	< 10	< 50	0–25
	LD depresión	< 10	< 50	16–25
	LV piso de valle	< 10	< 50	6–15
S tierras con pendiente	SE zona escarpada de gradiente medio	10–30	50–100	< 6
	SH colina de gradiente medio	10–30	100–150	0–15
	SM montaña de gradiente medio	15–30	150–300	0–15
	SP planicie disectada	10–30	50–100	0–15
	SV valle de gradiente medio	10–30	100–150	6–15
T tierras escarpadas	TE zona escarpada de gradiente alto	> 30	150–300	< 6
	TH colina de gradiente alto	> 30	150–300	0–15
	TM montaña de gradiente alto	> 30	> 300	0–15
	TV valle de gradiente alto	> 30	> 150	6–15

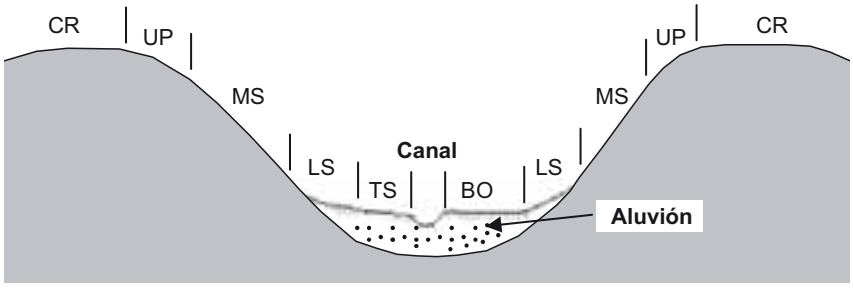
Notas: Cambios propuestos en el encuentro SOTER, Ispra, Octubre 2004.
La densidad de drenaje potencial es dada en número de píxeles "receptores" dentro una ventana de 10 * 10 píxeles.
Fuente: Updated (actualizado) SOTER, ISRIC, 2005.

CUADRO 5
Subdivisiones de las geoformas complejas

CU	= forma de cuesta	DO	= forma de domo
RI	= colinado	TE	= Terraceado
IN	= Inselberg cubierto (ocupando > 1% del nivel terrestre)	DU	= forma de duna
IM	= Con planicies intermontañas (los valles?)	KA	= Fuerte Karst
WE	= Con humedales (ocupando > 15%)		

Fuente: Updated (actualizado) SOTER, ISRIC, 2005

FIGURA 2
Posición de la pendiente en terrenos ondulados y montañosos



Nota:
Posición en terrenos ondulados a montañosos
CR = Cresta (cumbre)
UP = Pendiente alta (hombro)
MS = Pendiente media (espalda de ladera)
LS = Pendiente baja (pie de pendiente)
TS = Punta de pendiente o ladera
BO = Base (plano)

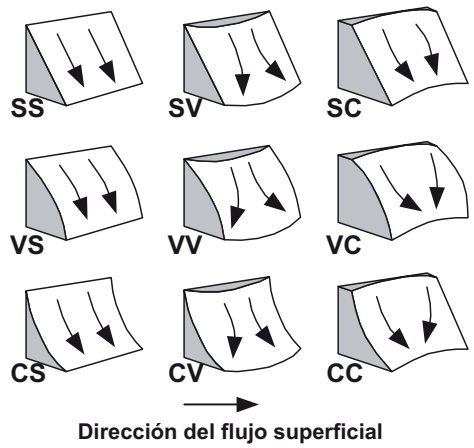
Posición en terrenos planos a casi planos
HI = Parte alta (subida)
IN = Parte intermedia
LO = Parte baja (y depresión)
BO = Base (línea de drenaje)

Fuente: Schoeneberger *et al*., 2002.

CUADRO 6
Clasificación de las formas de las pendientes

S	plano
C	cóncavo
V	convexo
T	terraceado
X	complejo (irregular)

FIGURA 3
Forma de pendiente y direcciones de la superficie



Fuente: Rediseñado a partir de Schoeneberger *et al.*, 2002.

CUADRO 7
Clases de gradiente de la pendiente

Clase	Descripción	%
01	Plano	0–0,2
02	Nivel	0,2–0,5
03	Cercano al nivel	0,5–1,0
04	Muy ligeramente inclinado	1,0–2,0
05	Ligeramente inclinado	2–5
06	Inclinado	5–10
07	Fuertemente inclinado	10–15
08	Moderadamente escarpado	15–30
09	Escarpado	30–60
10	Muy escarpado	> 60

Posición

Se debe indicar la posición relativa del sitio dentro la unidad de tierra. La posición afecta las condiciones hidrológicas del sitio (drenaje externo e interno; por ejemplo: escurrimiento subsuperficial), que puede ser interpretado como predominante receptor de agua, transportador de agua o ninguno de ellos.

Forma de la pendiente

La forma de la pendiente se refiere a la forma general de la pendiente en ambas direcciones: vertical y horizontal (Figura 3). El Cuadro 6 presenta las clases de formas de pendiente.

Gradiente y orientación de la pendiente

El grado de la pendiente se refiere a la pendiente de la superficie alrededor del sitio; se mide usando un clinómetro dirigido en la dirección de la pendiente mas empinada. Cuando no es posible la lectura del clinómetro se deben de integrar las estimaciones de campo con el grado de pendiente calculado a partir de las curvas de nivel presentes en un mapa topográfico.

Los gradientes de pendiente en terrenos casi planos son a menudo sobrestimados; mientras que en planicies abiertas, los gradientes de 0,2 por ciento son claramente visibles. Es importante realizar un registro apropiado de las variaciones mínimas del grado de pendiente, especialmente para erosión, riego y drenaje.

El grado de pendiente se determina de dos maneras: la primera y la más importante, es por medio de mediciones actuales en campo, y la segunda a través de la entrada en una de las siguientes clases; estas pueden requerir una de modificaciones para adecuarse a condiciones topográficas locales (Cuadro 7).

Además de los atributos de la pendiente que se reportan en el Cuadro 7, se deben registrar la longitud de la pendiente (particularmente arriba del sitio) y el aspecto (orientación). La orientación influencia por ejemplo: la precipitación, el régimen de temperatura, el riesgo por impacto del viento y el carácter del humus formado en latitudes más altas.

La orientación que una pendiente presenta se codifica como N para el norte, E para el este, S para el sur y W para el oeste; por ejemplo: SSW significa sud-sudoeste.

USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN

Uso de la tierra

El uso de la tierra implica el uso actual de la tierra, ya sea agrícola o no, en donde el suelo es localizado. El uso de la tierra tiene gran influencia en la dirección y en la tasa de formación del suelo; su registro realza considerablemente el valor interpretativo de los datos del suelo (Cuadro 8).

Para tierras de uso arable, se debe mencionar los tipos de cultivos que se siembran (sección de cultivos [debajo]), y toda la información posible referida a manejo de suelos, uso de fertilizantes, duración del periodo de descanso, sistemas de rotación y rendimiento.

Cultivos

Los cultivos son plantas que se siembran por su valor económico. La información sobre el tipo de cultivo(s) es importante porque da una idea de la naturaleza de la alteración del suelo como resultado de las prácticas de manejo así como de los requerimientos de nutrientes y manejo de suelos por parte de estos. Esta información se puede dar de manera general o detallada, de acuerdo con las necesidades. En el Cuadro 9 se reportan ejemplos de los cultivos más comunes con sus códigos respectivos.

Influencia humana

Se refiere a alguna evidencia de la actividad humana que probablemente afectó el paisaje o las propiedades físicas y químicas del suelo. La erosión es tratada de manera separada en el Capítulo 4. Cuando se tiene diferentes medio ambientes, es útil indicar el grado de alteración de la vegetación natural. La vegetación existente se describe en la sección de vegetación (abajo).

Ejemplos de influencia humana y sus códigos recomendados se proporcionan en el Cuadro 10.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Terrazas construidas → calificador escálico.
- ✓ Superficies de tierra elevadas → horizontes plágico y térrico.
- ✓ Arado → Horizontes antrácuico y antrico y calificador Árico.
- ✓ Límites de profundidades especiales si se presenta el piso de de arado → Fluvisoles, Chernozems y Cambisoles.

CUADRO 8
Clasificación del uso de la tierra

A = Agricultura (producción de cultivos)		
AA	= Cultivos anuales	
	AA1	= Agricultura migratoria (roza, tumba y quema
	AA2	= Agricultura de barbecho
	AA3	= Ley system cultivation
	AA4	= Agricultura de temporal
	AA5	= Cultivo de arroz bajo inundación
	AA6	= Agricultura bajo riego
AP	= Cultivos perennes	
	AP1	= Agricultura de temporal
	AP2	= Agricultura bajo riego
AT	= Cultivos arbóreos (frutales?) y arbustivos	
	AT1	= Cultivo arbóreo secanote temporal
	AT2	= Cultivo arbóreo bajo riego
	AT3	= Cultivo arbustivo de secano
	AT4	= Cultivo arbustivo bajo riego
Loa códigos adicionales se pueden usar para especificar con mayor detalle el tipo de uso de la tierra; Por ejemplo:		
	AA4	= Agricultura de temporal
	AA4T	= Tradicional
	AA4I	= Tradicional mejorada
	AA4M	= Tradicional mecanizada
	AA4C	= Comercial
	AA4U	= No especificado
M = Agricultura mixta		
MF	= Agroforestería	
MP	= Agropastoril	
H = Ganadería		
HE	= Pastoreo extensivo	
	HE1	= Nómada
	HE2	= Semi-nómada
	HE3	= Estabulada
HI	= Pastoreo Intensivo	
	HI1	= Producción animal
	HI2	= Lechería
F = Forestal		
FN	= Bosque natural	
	FN1	= Tala selectiva
	FN2	= Deforestación
FP	= Plantación forestal	
P = Protección de la naturaleza		
PN	= Preservación de la naturaleza y recreación	
	PN1	= Reservas
	PN2	= Parques
	PN3	= Manejo de la vida silvestre
PD	= Control de la degradación	
	PD1	= Sin interferencia
	PD2	= Con interferencia
S = Asentamientos, industria		
SR	= Uso residencial	
SI	= Uso industrial	
ST	= Transporte	
SC	= Uso recreacional	
SX	= Excavaciones	
SD	= Sitios de desechos	
Y = Área militar		
O = Otros usos de la tierra		
U = Sin uso ni manejo		

CUADRO 9
Código de cultivos

Ce = Cereales		**Fo = Plantas forrajeras**		**Fi = Cultivos de fibra**	
CeBa	= Cebada	FoAl	= Alfalfa	FiCo	= Algodón
CeMa	= Maíz	FoCl	= Trébol	FiJu	= Yute
CeMi	= Mijo	FoGr	= Pastos	**Ve = Vegetales**	
CeOa	= Avena	FoHa	= Heno	**Pu = Leguminosas**	
CePa	= Arroz en cáscara	FoLe	= Leguminosas	PuBe	= Habas
CeRi	= Arroz seco	FoMa	= Maíz	PuLe	= Lentejas
CeRy	= Centeno	FoPu	= Calabaza	PuPe	= Arvejas
CeSo	= Sorgo	**Ro = Raíces y tubérculos**		**Lu = Cultivos de lujo y tabaco**	
CeWh	= Trigo	RoCa	= Yuca	LuCc	= Cacao
Oi = Oleaginosas		RoPo	= Papas	LuCo	= Café
OiCc	= Coco	RoSu	= Remolacha azucarera	LuTe	= Té
OiGr	= Maní	RoYa	= Batata, camote	LuTo	= Tabaco
OiLi	= Linaza	**Fr = Frutos y melones**		**Ot = Otros cultivos**	
OiOl	= Olivo	FrAp	= Manzana	OtSc	= Caña de azúcar
OiOp	= Palma aceitera	FrBa	= Plátano	OtRu	= Goma
OiRa	= Rape	FrCi	= Cítricos	OtPa	= Palmera (fibra, almendra)
OiSe	= Ajonjolí	FrGr	= Uvas, Vinos, Pasas		
OiSo	= Soya	FrMa	= Mangos		
OiSu	= Girasol	FrMe	= Melones		

CUADRO 10
Códigos recomendados para influencia humana

N	= Sin influencia	BU	= Terraplén
NK	= No conocida	BR	= Incendio
VS	= Vegetación ligeramente perturbada	TE	= Terraceo
VM	= Vegetación moderadamente perturbada	PL	= Barbecho
VE	= Vegetación fuertemente perturbada	MP	= Plaggen
VU	= Vegetación perturbada (no especificado)	MR	= Orillas elevadas (propósitos agrícolas)
IS	= Riego por aspersión	ME	= Orillas elevadas (propósitos de ingeniería)
IF	= Riego por surcos	MS	= Adiciones de arena
ID	= Riego por goteo	MU	= Adiciones minerales (no especificado)
IP	= Riego por inundación	MO	= Adiciones orgánicas (no especificado)
IB	= Riego por lindera	PO	= Contaminación
IU	= Riego (no especificado)	CL	= Matarrasa o chaqueo
AD	= Drenaje artificial	SC	= Compactación superficial
FE	= Aplicación de fertilizantes	SA	= Áreas sin cobertura
LF	= Rellenos de tierra (también sanitarios)	BP	= Cantera
LV	= Nivelación	DU	= Vertedero (no especificado)
AC	= Arqueológico	MI	= Mina (superficie, incluido hoyo abierto, gravilla y explotaciones de canteras
CR	= Impacto del cráter		

CUADRO 11
Clasificación de la vegetación

F = Bosque cerrado [1]	**D = Arbustos enanos**
FE = Bosque siempre verde de hoja ancha	DE = Arbustos enanos perennifolios
FC = Bosque de coníferas	DS = Arbustos enanos semi-deciduos
FS = Bosque semidesiduo	DD = Arbustos enanos deciduos
FD = Bosque desiduo	DX = Arbustos enanos xeromórficos
FX = Bosque xeromórfico	DT = Tundra
W = Sabana arbolada [2]	**H = Herbaceous**
WE = Sabana arbolada perennifolia	HT = Pradera alto
WS = Sabana arbolada semi-decidua	HM = Pradera mediana
WD = Sabana arbolada decidua	HS = Pradera pequeña
WX = Sabana arbolada xeromórfica	HF = No gramínea
S = Arbustos	**M = Turbera pantanoso alimentado por agua de lluvia**
SE = Arbustos perennifolios	**B = Turbera pantanoso alimentado por agua subterránea**
SS = Arbustos semi-deciduos	
SD = Arbustos deciduos	
SX = Arbustos xeromórficos	

[1] Estrato de árboles continuos, copas sobrepuestas, gran número de árboles y especies de arbustos en distintos estratos.
[2] Estrato continuo de árboles, copas usualmente sin chocar, se puede presentar emergentes.

- ✓ Requerimientos especiales si un horizonte eluvial es parte de un piso de arado → horizontes argico y nátrico.
- ✓ No forman parte de un piso de arado → horizonte cámbico.
- ✓ Mezcla de estratos de suelo o promontorios de cal → horizonte ántrico.
- ✓ Marcas de azadones → horizonte plágico.

Vegetación

La vegetación es un factor dominante en la información del suelo, ya que es la fuente primaria de la materia orgánica y por su importante rol en el reciclaje de nutrientes e hidrología del sitio. No existe aceptación uniforme de un sistema para la descripción de la vegetación natural o semi-natural. El tipo de vegetación puede ser descrito usando un sistema local, regional o internacional. Un ejemplo común es el sistema de clasificación de la vegetación UNESCO (1973, ver SOTER actualizado; ISRIC, 2005), presentado en el Cuadro 11 con los códigos respectivos.

En adición, se pueden registrar otras características de la vegetación, como la altura de los árboles o la cubierta del dosel.

MATERIAL PARENTAL

El material parental es el material de donde presumiblemente el suelo se formó. El material parental debe ser descrito de la manera mas precisa posible, indicando su origen y su naturaleza. Existen básicamente dos grupos de material parental sobre el cual el suelo se formó: materiales no consolidados (mayormente sedimentos) y material intemperizado que se encuentra sobre las rocas que le dio origen. Existen casos transicionales, como los materiales parcialmente consolidados y que fueron transportados, por agua, llamados alluvium (fluvial si fue transportado por un río),

o por gravedad, (llamado coluvial). Existen también materiales de suelo natural realmacenado o sedimentos, así como materiales tecnogénicos. La confiabilidad de la información geológica y el conocimiento de la litología local determinarán si se da una definición general o específica del material parental.

Para rocas intemperizadas, primero se introduce el código WE, seguido por el código del tipo de roca. El código SA, para la saprolita, se recomienda cuando el material intemperizado *in situ* está completamente descompuesto y rico en arcilla pero aun mostrando estructura de roca. Los depósitos aluviales y coluviales se pueden especificar con mayor detalle si se especifica el tipo de roca de origen. Cuando un material parental cubre otro, se indican ambos.

El material parental es codificado de acuerdo con la versión SOTER actualizada (ISRIC, 2005) al nivel mas bajo de jerarquía posible. Como SOTER fue desarrollado para trabajar con mapas a escala 1:1 000 000, fue un requisito no tener muchos tipos de roca. Para poder trabajar a escalas más detalladas, algunos materiales parentales naturales y antropogénicos se incluyen en el Cuadro 12. Para la identificación en campo, se proveen una clave para los tipos de rocas más importantes por debajo de la lista jerárquica extendida SOTER.

Nota para propósitos de clasificación

- ✓ Permanece intacto cuando una muestra de 25-30 mm es sumergida en agua por una hora; las raíces no pueden penetrar excepto a lo largo de fisuras verticales que tienen un espacio promedio horizontal de ≥ 10cm y que ocupan < 20 por ciento (por volumen); no se da un desplazamiento significante → roca continua.
- ✓ Diferencias en litología → discontinuidad litológica.
- ✓ Sedimentos recientes sobre el suelo que se clasifica en cualquier Grupo de Referencia del Suelo (RSG) → calificador Nóvico.
- ✓ Sedimentación a través de la erosión inducida por el hombre → material coluvial.
- ✓ Tierra coprogenica o turba sedimentaria, tierra diatomeacea, marga o gyttja → material límnico.
- ✓ Remanentes de aves o actividad de aves → material ornitogénico.
- ✓ Material orgánico consistente de ≥ 75 por ciento de fibra de musgo → espesor más grueso de material orgánico requerido por los Histosoles.
- ✓ Turba saturada predominantemente con agua de lluvia → calificador Ómbrico.
- ✓ Turbera saturada predominantemente con agua subterránea o agua superficial → calificador Réico.

EDAD DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

La edad del paisaje es información importante de la cual se pueden derivar la posible duración de ocurrencia de los procesos de formación del suelo. Debido a que muchos suelos se forman de materiales pre-intemperizados o transportados, o que han sido derivados de un ensamblaje de materiales autóctonos fluviales y eólicos, muchas veces es difícil obtener información precisa. Sin embargo, un estimado ayudará a interpretar los datos de suelo y su interacción entre diferentes procesos formadores del suelo. También puede indicar los posibles cambios climáticos durante la formación del suelo.

CUADRO 12
Jerarquía de la litología

Clase mayor		Grupo		Tipo	
I	Rocas Ígneas	IA	Ígnea ácida	IA1	Diorita
				IA2	grano-diorita
				IA3	quarzo-diorita
				IA4	Riolita
		II	Ígnea intermedia	II1	andesita, traquita, folonita
				II2	diorita-sienita
		IB	Ígnea básica	IB1	Gabro
				IB2	Basalto
				IB3	Dolerita
		IU	Ígnea ultrabásica	IU1	Pteridotita
				IU2	piroxenita
				IU3	ilmenita, magnetita,roca férrica, serpentina
		IP	Piroclástico	IP1	Toba
				IP2	escoria/brecha volcánica
				IP3	ceniza volcánica
				IP4	Ignimbrita
M	Roca metamórfica	MA	metamórfica acida	MA1	Cuarcita
				MA2	gneis, migmatita
				MA3	Pizarra, filita (rocas peliticas)
				MA4	Pizarra
		MB	metamórficas básicas	MB1	Pizarra, filita (rocas peliticas)
				MB2	Pizarra (verde)
				MB3	gneis rico en minerales Fe-Mg
				MB4	piedra caliza metamórfica (mármol)
				MB5	amfibolita
				MB6	eclogita
		MU	metamórfica ultra básica	MU1	serpentinita, eaquisto verde
S	Roca sedimentaria (consolidada)	SC	sedimentos clásticos	SC1	conglomerado, brecha
				SC2	arenisca, greywacka, arkosa
				SC3	limolita, lutita
				SC4	esquisto
				SC5	roca ferrosa
		SO	carbónico, orgánico	SO1	piedra caliza, otras rocas carbónicas
				SO2	marga y otras mezclas
				SO3	carbón, betún y rocas relacionadas
		SE	evaporitas	SE1	anhidrita, yeso
				SE2	halita
U	Rocas sedimentarias (no consolidadas)	UR	residuo intemperizado	UR1	bauxita, laterita
		UF	fluvial	UF1	arena y grava
				UF2	Limo, arcilla, franco
		UL	lacustrino	UL1	arena
				UL2	limo y arcilla
		UM	marino, estuarina	UM1	arena
				UM2	arcilla y limo
		UC	coluvial	UC1	depósitos de pendiente
				UC2	lahar
		UE	eólico	UE1	loes
				UE2	arena
		UG	glacial	UG1	morrena
				UG2	arena fluvio-glacial
				UG3	grava fluvio-glacial
		UK	* Criogénico	UK1	roca peri glacial derrumbe
				UK2	capa peri glacial de solifluxión

CUADRO 12
Jerarquía de la litología *(continuación)*

Clase mayor	Grupo		Tipo	
	UO	orgánico	UO1	turba negra alimentado por agua de lluvia
			UO2	turbera pantanosa alimentado por agua subterránea
	UA	antropogénico/ tecnogénico	UA1	material natural redepositado
			UA2	depósitos industriales/artesanales
	UU	* depósitos no especificados	UU1	arcilla
			UU2	limo y franco
			UU3	arena
			UU4	arena gravosa
			UU5	grava, rocas destruidas

* Extendido.
Fuente: SOTER actualizado; ISRIC, 2005.

El Cuadro 13 provee una codificación provisional.

Los materiales (naturales y antropogénicos/tecnogénicos) depositados por el hombre son codificados:

- ✓ d…= descartado,
- ✓ s... = dañado.

El Capitulo 4 provee más detalles sobre los materiales hechos por el hombre.

CUADRO 13
Codificación provisional para la edad de la superficie de la tierra

vYn	Natural muy joven (1-10 años): con perdida por erosión o deposición de materiales como en planicies de marea, de dunas costeros, en valles de ríos, derrumbes o áreas desérticas.
vYa	Antropogénico muy joven (1-10 años): con perturbación completa de superficies naturales (y suelos) como en áreas urbanas, industriales y mineras con un desarrollo muy antiguo del suelo de materiales naturales frescos o tecnogénicos o materiales asociados.
Yn	Natural joven (10-100 años): con perdida por erosión o deposición de materiales como en planicies de marea, de dunas costeros, en valles de ríos, derrumbes o áreas desérticas.
Ya	Antropogénico joven (10-100 años): con perturbación completa de superficies naturales (y suelos) como en áreas urbanas, industriales y mineras con un desarrollo muy antiguo del suelo de materiales naturales frescos o tecnogénicos o asociados, o restricción de inundaciones por diques.
Hn	Natural holoceno (100-10000 años): con perdida por erosión o deposición de materiales como en planicies de marea, de dunas costeros, en valles de ríos, derrumbes o áreas desérticas.
Ha	Antropogénico holoceno (100-10000 años): modificaciones del relieve realizadas por el hombre, como las terrazas o colinas o valles formadas por antiguas civilizaciones o durante las Eras Medias o más antiguos, restricción de inundaciones por diques, o elevación de superficies.
lPi	Pleistoceno reciente, cubierto por hielo, comúnmente con una formación de suelo reciente en materiales frescos
lPp	Pleistoceno reciente, peri glacial, comúnmente con una formación de suelo reciente en materiales pre-intemperizados.
lPf	Pleistoceno reciente, sin influencia peri glacial.
oPi	Pleistoceno antiguo, cubierto por hielo, comúnmente la formación reciente de suelo en más joven sobre más antiguo, materiales pre-intemperizados.
oPp	Pleistoceno antiguo, con influencia peri glacial, comúnmente la formación reciente de suelo mas joven sobre mas antiguo, materiales preintemperizados.
oPf	Pleistoceno antiguo, con influencia peri glacial.
T	Superficies de terreno terciaria, comúnmente planicies altas, terrazas o peneplanicies, excepto valles cortados, frecuente ocurrencia de paleo suelos.
O	Antiguo, superficies de terreno pre-terciaria, comúnmente planicies altas, terrazas o peneplanicies, excepto valles cortados, frecuente ocurrencia de paleo suelos.

Capítulo 4

Descripción de suelos

Este capítulo presenta el procedimiento para describir la diferente morfología y otras características del suelo. Este se realiza de mejor manera utilizando un perfil o calicata recién excavado, lo suficientemente grande para permitir la examinación y descripción necesaria de los diferentes horizontes del suelo. Se puede hacer uso de perfiles existentes como los cortes de camino o zanjas, pero para su uso correcto, se debe raspar un grosor suficiente que permita ver el suelo verdadero sin influencias externas. Primero se registran las características de la superficie del suelo o sitio. Luego, se realiza la descripción del suelo, horizonte por horizonte, comenzando con el superior.

Las reglas de la descripción del suelo y la codificación de atributos se basan generalmente en las guías para la descripción del suelo de acuerdo con FAO (1990). Las adiciones son citadas.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

Si se presentan, se deben registrar las características de la superficie del suelo, como afloramientos rocosos, fragmentos gruesos rocosos, erosión inducida por el hombre, encostramiento y agrietamiento. También se pueden describir y registrar otras características de la superficie del suelo como son:, la ocurrencia de sales, arena descolorida, restos orgánicos, restos de lombrices, camino de hormigas, etc.

Afloramientos rocosos

La exposición de la roca madre puede limitar el uso de equipamiento moderno de mecanización agrícola. Los afloramientos rocosos deben ser descritos en términos de porcentaje de cobertura en la superficie, junto con información adicional relevante al tamaño, espaciamiento y dureza de los afloramientos.

El Cuadro 14 muestra las clases recomendadas de porcentaje de la cobertura en la superficie del suelo, distancia promedio entre afloramientos (singulares o cluster).

CUADRO 14
Clasificación recomendada de afloramientos rocosos

Cobertura en la superficie		(%)	Distancia entre afloramientos rocosos (m)	
N	Ninguna	0		
V	Muy poca	0–2	1	> 50
F	Poca	2–5	2	20–50
C	Común	5–15	3	5–20
M	Mucha	15–40	4	2–5
A	Abundante	40–80	5	< 2
D	Dominante	> 80		

Fragmentos gruesos superficiales

Los fragmentos gruesos superficiales que incluyen aquellos que se exponen parcialmente, deben de ser descritos en términos de porcentaje de cobertura superficial

CUADRO 15
Clasificación de los fragmentos gruesos superficiales

Cobertura en superficie		(%)	Clases de tamaño (indicando la dimensión mas grande)		
					(cm)
N	Ninguno	0	F	Grava fina	0,2–0,6
V	Muy pocos	0–2	M	Grava media	0,6–2,0
F	Pocos	2–5	C	Grava gruesa	2–6
C	Común	5–15	S	Piedras	6–20
M	Muchos	15–40	B	Cantos	20–60
A	Abundantes	40–80	L	Cantos grandes	60–200
D	Dominantes	> 80			

CUADRO 16
Clasificación de la erosión por categoría

N	Sin evidencias de erosión	M	Movimiento en masa (derrumbes y fenómenos relacionados)
W	Erosión hídrica o deposición	NK	No conocido
	WS Erosión laminar	A	Erosión eólica o deposición
	WR Erosión por surcos		AD Deposición por el viento
	WG Erosión por cárcavas		AM Erosión eólica y deposición
	WT Erosión por galería (túneles)		AS Movimientos de arena
	WD Deposición por agua		AZ Deposición de sales
WA	Erosión hídrica y eólica		

CUADRO 17
Clasificación del área total afectada por erosión y deposición

	%
0	0
1	0–5
2	5–10
3	10–25
4	25–50
5	> 50

CUADRO 18
Clasificación del grado de erosión

S	Ligero	Alguna evidencia de daño a los horizontes superficiales del suelo. Las funciones bióticas originales se encuentran intactas.
M	Moderado	Evidencia clara de remoción de los horizontes superficiales del suelo. Las funciones bióticas originales se encuentran parcialmente destruidas.
V	Severo	Horizontes superficiales completamente removidos y los horizontes sub-superficiales expuestos. Las funciones bióticas originales ampliamente destruidas.
E	Extremo	Remoción sustancial de los horizontes sub-superficiales ("badlands", tierras malas). Las funciones bióticas originales fueron completamente destruidas.

y tamaño de los fragmentos. Las clases de ocurrencia de los fragmentos gruesos superficiales están correlacionadas con las de los afloramientos rocosos, como se observa en el Cuadro 15.

Notas para propósitos de clasificación

✓ Pavimento (consistente de afloramientos rocosos o fragmentos gruesos superficiales) que esta barnizado o incluye grava o piedra moldeada por el viento o esta asociado con una capa vesicular → Horizonte yérmico

Erosión

En la descripción de la erosión del suelo, se debe dar más énfasis a la erosión acelerada o la inducida por el hombre. No siempre es fácil distinguir entre la erosión natural y la acelerada ya que están a menudo muy relacionadas. La erosión inducida por el hombre es el resultado de un uso irracional y manejo pobre, como las prácticas agrícolas inapropiadas, sobrepastoreo y extracción o sobreexplotación de la vegetación natural.

Categorías principales

La erosión puede ser clasificada como erosión hídrica o eólica (Cuadro 16), e incluye efectos externos como la deposición; una tercera gran categoría es el movimiento en masa (derrumbes y los fenómenos relacionados).

Área afectada

Toda el área afectada por erosión y deposición se puede estimar

siguiendo las clases definidas por SOTER (FAO, 1995) como en la Cuadro 17.

CUADRO 19
Clasificación del periodo de actividad de la erosión

A	Activa actualmente
R	Activa en el pasado reciente (50-100 años previos)
H	Activa en tiempos históricos
N	Periodo de actividad no conocido
X	Sin distinción entre la erosión acelerada y la natural

Grado

Es difícil definir las clases del grado de erosión que pueden ser equitativamente apropiadas para todos los suelos y medio ambientes, y que pueda también encajar o acomodarse a los varios tipos de erosión hídrica y eólica. Se recomiendan cuatro clases (Cuadro 18), que pueden mejor definir cada tipo o combinación de erosión y deposición en un medio ambiente específico. Por ejemplo, en el caso de la erosión en surcos y cárcavas, se requiere registrar la profundidad y espaciamiento; para la erosión laminar, la perdida de suelo de la superficie; para las dunas, la altura; y para la deposición, el grosor de la capa o estrato.

Actividad

Se describe el periodo de actividad de la erosión acelerada o deposición usando las clases recomendadas en el Cuadro 19.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Evidencia de actividad eólica: partículas de arena redondeadas y subangulares mostrando una superficie alfombrada; fragmentos rocosos formados por el viento; aeroturbación; erosión eólica o sedimentación → propiedades arídicas.

Encostramiento

El encostramiento se usa para describir las costras que se desarrollan en la superficie del suelo después de que la parte superior del suelo se seca. Estas costras pueden impedir la germinación de la semilla, reducir la infiltración del agua e incrementar el escurrimiento. Los atributos del encostramiento son la consistencia, cuando esta seco, y el grosor de la costra, como se reporta en en Cuadro 20.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Costras superficiales que no se ondulan completamente con el secado → Horizonte takírico
- ✓ Costras superficiales → calificador Hiperócrico.

Grietas superficiales

Las grietas superficiales se desarrollan en suelos ricos en arcillas que se contraen y expanden luego de secarse. El ancho (promedio, o ancho promedio y ancho máximo) de las grietas en la superficie se indica en centímetros. La distancia promedio

CUADRO 20
Clasificación de atributos del encostramiento

Grosor		(mm)	Consistencia	
N	Ninguno		S	Ligeramente duro
F	Delgado	< 2	H	Duro
M	Medio	2–5	V	Muy duro
C	Grueso	5–20	E	Extremadamente duro
V	Muy grueso	> 20		

CUADRO 21
Clasificación de las grietas superficiales

Ancho		(cm)	Distancia entre grietas		(m)
F	Fino	< 1	C	Muy estrechamente espaciado	< 0,2
M	Medio	1–2	D	Estrechamente espaciado	0,2–0,5
W	Ancho	2–5	M	Moderadamente espaciado	0,5–2
V	Muy ancho	5–10	W	Ampliamente espaciado	2–5
E	Extremadamente ancho	> 10	V	Muy espaciado	> 5
Profundidad					
S	Superficial	< 2			
M	Medio	2–10			
D	Profundo	10–20			
V	Muy profundo	> 20			

CUADRO 22
Clasificación de las características de las sales

Cobertura		(%)	Espesor		(mm)
0	Ninguno	0–2	N	Ninguno	
1	Bajo	2–15	F	Delgado	< 2
2	Moderado	15–40	M	Medio	2–5
3	Alto	40–80	C	Grueso	5–20
4	Dominante	> 80	V	Muy grueso	> 20

CUADRO 23
Clasificación de las características de arena blanqueada

		%
0	Ninguno	0–2
1	Bajo	2–15
2	Moderado	15–40
3	Alto	40–80
4	Dominante	> 80

entre grietas también se puede indicar en centímetros. El Cuadro 21 indica las clases sugeridas.

Nota para propósitos de clasificación
✓ Grietas que se abren y cierran periódicamente → Vertisoles.
✓ Grietas que se abren y cierran periódicamente, ≥ 1cm de ancho → Propiedades vérticas.
✓ Grietas expandibles poligonales ≥ 2 cm de profundidad cuando el suelo esta seco → Horizonte takírico.

Otras características de la superficie
Se pueden registrar un número de otras características de la superficie, como la ocurrencia de sales, arena blanquecina? descolorida, litera, desechos de lombrices, etc.

Presencia de sal
La ocurrencia de sales en la superficie puede describirse en términos de cobertura, apariencia y tipo de sal. El Cuadro 22 indica las clases para el porcentaje de cobertura superficial y el espesor.

Nota para propósitos de clasificación
✓ Costras rodeadas por cristales de sal → calificador púfico.

Arena descolorida
La presencia de granos de arena sueltos y blanquecinos en la superficie es típico de ciertos suelos e influye en las características de reflectancia del área y, por lo tanto, en la imagen obtenida mediante teledetección. El Cuadro 23 indica las clases basadas en los porcentajes de superficie cubierta.

LÍMITE DEL HORIZONTE

Los límites del horizonte proveen información de los procesos formadores del suelo dominantes que han formado a ese suelo. En algunos casos, estos reflejan los impactos antropogénicos en el paisaje del pasado. Los límites de los horizontes son descritos en términos de profundidad, distinción y topografía.

Profundidad

La mayoría de límites de suelo son zonas de transición más que líneas puntuales de división. La profundidad de los limites superiores e inferiores de cada horizonte se reporta en centímetros; se mide desde la superficie (incluyendo cobertura orgánica y mineral) del suelo hacia abajo.

Se usan anotaciones precisas expresadas en centímetros donde los límites son abruptos o claros. Se registran cifras redondeadas (al más cercano de 5 cm) cuando los límites sean graduales o difusos, se debe evitar la sugerencia de niveles de exactitud falsos. Sin embargo, si las profundidades de los límites están cerca de los límites diagnóstico, no se deben usar cifras redondeadas. En este caso, la profundidad es indicada como un valor medio para la zona transicional (si comienza a 16 cm y termina a 23 cm, la profundidad debería ser de 19.5 cm).

La mayoría de horizontes no tienen una profundidad constante. La variación o irregularidad de la superficie del límite se describe por la topografía en términos de suave, ondulado, irregular y fracturado. Si se requiere, los rangos en profundidad deben darse en adición a la profundidad promedio; por ejemplo: 28 (25-31) cm a 45 (39-51) cm.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Muchos horizontes y propiedades diagnóstico se encuentran a una cierta profundidad. Las profundidades de límites de suelos importantes son 10, 20, 25, 40, 50, 100 y 120 cm.

Distinción y topografía

La distinción del límite se refiere al espesor de la zona en donde el límite del horizonte puede ser localizado sin estar en uno de los horizontes adyacentes (Cuadro 24).

La topografía del límite indica la el contraste de la variación de profundidad del límite.

Nota para propósitos de clasificación

- ✓ Crioturbación → Horizonte críico, Criosoles y Calificador túrbico.
- ✓ Lenguas de un horizonte mólico o úmbrico dentro una capa subyacente → Calificador Glósico o Umbriglósico.
- ✓ TLenguas de un horizonte álbico eluvial dentro un horizonte árgico → Calificador Lenguas albelúvicas y Glosálbico.
- ✓ Horizontes de limites difusos → Nitisoles.

CUADRO 24
Clasificación de los límites de horizontes por su distinción y topografía

Distinción			Topografía		
		(cm)			
A	Abrupto	0–2	S	Suave	Superficie casi plana
C	Claro	2–5	W	Ondulado	Cavidades menos profundas que anchas
G	Gradual	5–15	I	Irregular	Cavidades más profundas que anchas
D	Difuso	> 15	B	Fracturado	Discontinua

CONSTITUYENTES PRIMARIOS

Esta sección presenta el procedimiento en la descripción de la textura del suelo y la naturaleza de las rocas primarias y fragmentos

minerales, los cuales se subdividen en: (i) la fracción de tierra fina; y (ii) la fracción de fragmentos gruesos.

Textura de la fracción de tierra fina

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo (Figura 4). Los nombres para las clases de tamaño de partícula corresponden estrechamente con la terminología estándar comúnmente utilizada, incluida aquella del sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Sin embargo, muchos sistemas nacionales que describen el tamaño de las partículas y las clases texturales usan más o menos los mismos nombres pero diferentes fracciones de grano de arena, limo y arcilla, y clases texturales. Esta publicación utiliza el sistema 2000-63-2-µm para las fracciones del tamaño de partícula.

Clases texturales de suelo

Los nombres de las clases texturales (que describe clases de tamaño de partícula combinadas) del material de suelo descrito son codificados como en la Figura 4.

En adición a la clase textural, se da un estimado en campo del porcentaje de arcilla. Este estimado es útil para indicar el incremento y decremento en contenido de arcilla dentro de las clases texturales y para comparar estimaciones de campo con los resultados analíticos. La relación entre las clases texturales básicas y los porcentajes de arcilla, limo y arena se indican en una forma triangular en la Figura 4.

Subdivisión de la fracción arena

Las texturas arenosas, areno francosas y franco arenosas se subdividen de acuerdo con las proporciones de arena muy gruesa a gruesa, media, fina y muy fina en la fracción arena. Las proporciones son calculadas de la distribución del tamaño de las partícula, tomando el total de la fracción de arena como el 100 por ciento (Figura 4).

Estimación de las clases texturales en campo

La clase textural puede ser estimada en campo a través de pruebas simples y sintiendo los constituyentes del suelo (Cuadro 25). Para esto, la muestra de suelo debe estar en un estado húmedo a débilmente mojado. Se deben remover las gravas u otros constituyentes > 2mm.

Los constituyentes tienen la siguiente sensación:

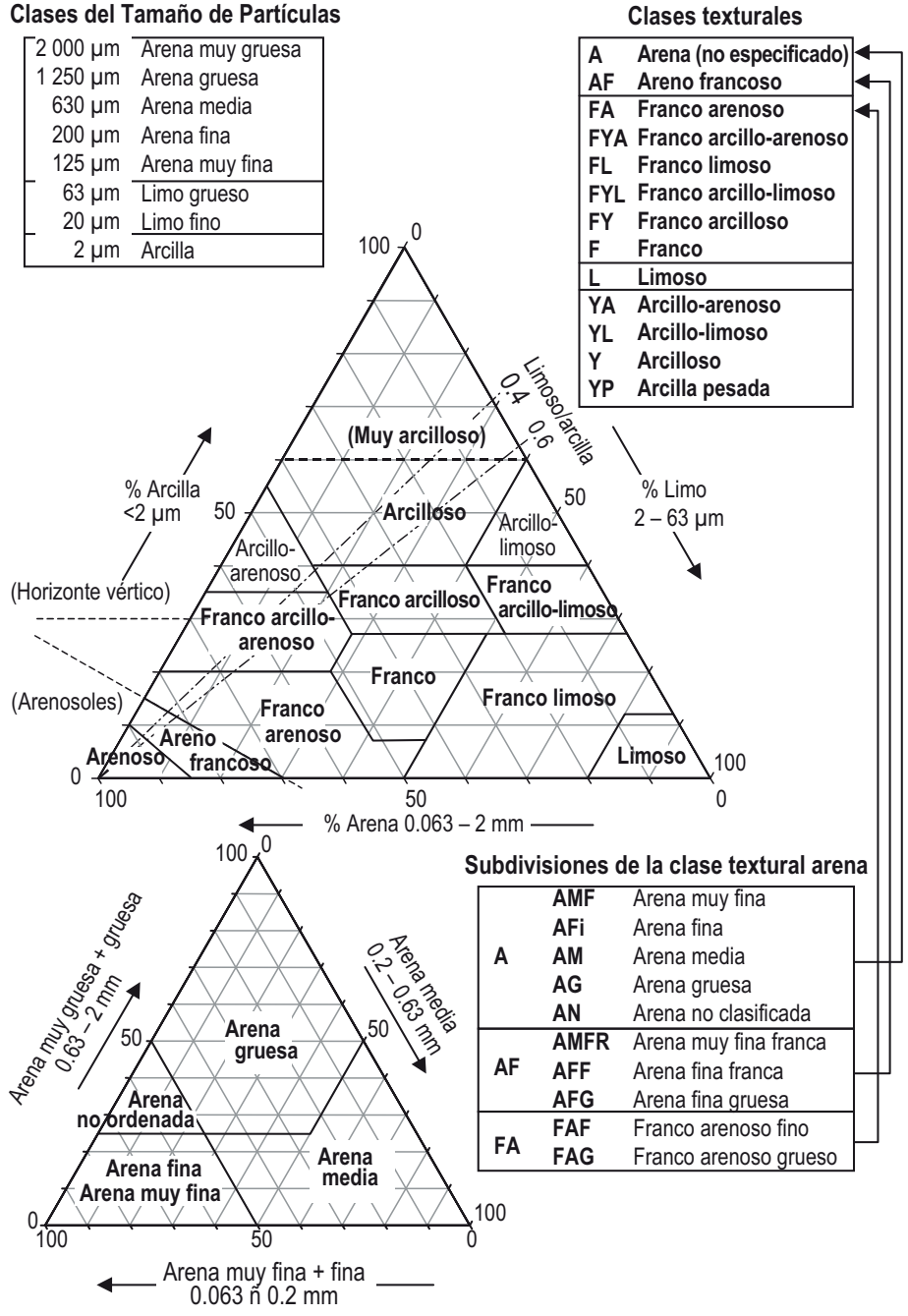
- Arcilla: se adhiere a los dedos, es cohesivo (pegajoso), es moldeable, tiene una alta plasticidad y tiene una superficie brillosa luego de apretar entre los dedos.
- Limo: se adhiere a los dedos, no es pegajoso, es débilmente moldeable, tiene una superficie áspera y rasposa luego de apretarlo entre los dedos y una sensación harinosa (como el polvo del talco).
- Arena: no se puede moldear, no se adhiere a los dedos y se siente muy granuloso.

Nota para propósitos de clasificación

Las características diagnósticas más importantes derivadas de las clases texturales son:

- ✓ Una textura que es areno francosa o más grueso a una profundidad ≥ 100 cm → Arenosol.
- ✓ Una textura franco arenoso fina o más grueso en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm dentro los 100 cm de la superficie del suelo → Calificador Arénico.
- ✓ Una textura limosa, franco limoso, franco arcillo limoso o arcillo limoso en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm, dentro los 100 cm de la superficie del suelo → Calificador Siltíco.
- ✓ Una textura arcillosa en una capa u horizonte de espesor ≥ 30 cm, dentro los 100 cm de la superficie del suelo → Calificador Cláyico.
- ✓ Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento dentro un espesor de 25 cm → Horizonte Vértico.
- ✓ Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento dentro un espesor de 15 cm → Propiedades Vérticas.
- ✓ Contenido de arcilla ≥ 30 por ciento entre la superficie del suelo y un horizonte vértico → Vertisol.
- ✓ ≥ de 30 por ciento de arcilla, < de 20 por ciento de cambio (relativo) en contenido de arcilla sobre 12 cm de horizontes inmediatamente superior e inferior, una relación de limo/arcilla < 0,4 → Horizonte nítico.
- ✓ Franco arenoso o textura más fina → Horizonte ferrálico.
- ✓ Una textura en la fracción de tierra fina de arena muy fina, areno francoso muy fino o más fino → Horizonte cámbico.
- ✓ Una textura en la fracción de tierra fina más gruesa que la arena fina o areno francoso muy fino → Calificador brunico.
- ✓ Una textura areno francoso o más fina y ≥ de 8 por ciento de arcilla → Horizonte árgico.
- ✓ Una textura arenosa, areno francoso, franco arenoso o franco limoso o una combinación de ellos → Horizonte plágico.
- ✓ Un mayor contenido de arcilla que el suelo inferior y diferencias relativas entre arena media, fina y muy fina y arcilla < 20 por ciento → Horizonte irrágrico.
- ✓ Una textura franco arcillo arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limoso o más fina → Horizonte takírico.
- ✓ ≥ 8 por ciento de arcilla en la capa inferior y dentro los 7,5 cm ya sea el doble de contenido de arcilla si la capa superior tiene menos de 20 por ciento o 20 por ciento (absoluto) más de arcilla → Cambio textural abrupto.
- ✓ Un cambio abrupto en la distribución del tamaño de las partícula que no está asociado solamente con un cambio en contenido de arcilla resultado de la pedogénesis o un cambio relativo de ≥ 20 por ciento en las proporciones entre arena gruesa, arena media, y arena fina → discontinuidad litológica.
- ✓ La cantidad requerida de carbón orgánico depende del contenido de arcilla, si la capa u horizonte está saturado con agua por ≥ 30 días consecutivos en la mayoría de años → Materiales orgánicos y minerales.

FIGURA 4
Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena



Fuente: Secundo FAO (1990)

- ✓ La cantidad requerida de carbón orgánico depende de la textura → propiedades arídicas.
- ✓ La profundidad donde un horizonte árgico empieza depende de la textura → Alisoles, Acrisoles, Luvisoles, Lixisoles, y calificadores Alico, Acrico, Lúvico y Líxico.

CUADRO 25
Clave para las clases texturales del suelo

				~% arcilla
1	No es posible enrollar y formar un cordón cilindro o chorizo de un diámetro cercano a 7mm (como el diámetro de un lápiz)			
1.1	no ensucia, no es harinoso, no deja material fino en los dedos:	arena	A	< 5
	• Si el tamaño de granos es mixto:	arena no clasificada	AN	< 5
	• Si la mayoría de granos son muy gruesos (> 0,6 mm):	arena muy gruesa y gruesa	AG	< 5
	• Si la mayoría de granos son de tamaño medio (0,2-0,6 mm):	arena media	AM	< 5
	• Si la mayoría de granos son de tamaño fino (< 0,2 mm) pero aún granuloso:	arena fina	AFi	< 5
	• Si la mayoría de granos son de tamaño muy fino (< 0,12 mm), tendiendo a ser harinoso:	arena muy fina	AMF	< 5
1.2	no es harinoso, granuloso, material escasamente fino entre los dedos, débilmente moldeable, ligeramente adhesivo a los dedos:	areno francoso	AF	< 12
1.3	Similar a 1,2 pero moderadamente harinoso:	franco arenoso	FA (pobre en arcilla)	< 10
2	Es posible enrollar y formar un cordón cilindro o chorizo de un diámetro de 3-7 mm (cerca a la mitad del diámetro de un lápiz) pero se rompe cuando se trata de formar el cordón cilindro de 2-3 cm de diámetro, moderadamente cohesivo, se adhiere a los dedos			
2.1	Muy harinoso y no cohesivo			
	• Se sienten algunos granos:	franco limoso	FL (pobre en arcilla)	< 10
	• No se sienten granos:	limoso	L	< 12
2.2	Moderadamente cohesivo, se adhiere a los dedos, tiene una superficie áspera y desmenuzada luego de apretarla entre los dedos y			
	• Muy granuloso y no pegajoso:	franco arenoso	FA (rico en arcilla)	10–25
	• Granos moderadamente arenosos:	franco	F	8–27
	• No granuloso pero distintamente harinoso y algo pegajoso:	franco limoso	FL (rico en arcilla)	10–27
2.3	De superficie áspera y moderadamente brillante luego de apretarlo entre los dedos, es pegajoso y granuloso a muy granuloso:	franco arcillo arenoso	FYA	20–35
3	Es posible enrollar y formar un cordón chorizo de más o menos 3 mm de diámetro (menos de la mitad del diámetro de un lápiz) y formar un aro de 2-3 cm en diámetro, cohesivo, pegajoso, rechinamiento entre los dientes, tiene una superficie moderadamente brillante luego de apretarlo entre los dedos.			
3.1	muy granuloso:	arcillo arenoso	YA	35–55
3.2	Se ve y se sienten algunos granos, rechinamiento entre los dientes			
	• Moderadamente plástico, superficie moderadamente brillante:	franco arcilloso	FY	25–40
	• Alta plasticidad, superficie brillante:	arcilloso	Y	40–60
3.3	No hay granos visibles, ni se sienten, no hay rechinamiento entre los dientes			
	• Plasticidad baja:	franco arcillo limoso	FYL	25–40
	• Plasticidad alta, superficie moderadamente brillante:	arcillo limoso	YL	40–60
	• Plasticidad alta, superficie brillante:	arcilla pesada	YP	> 60

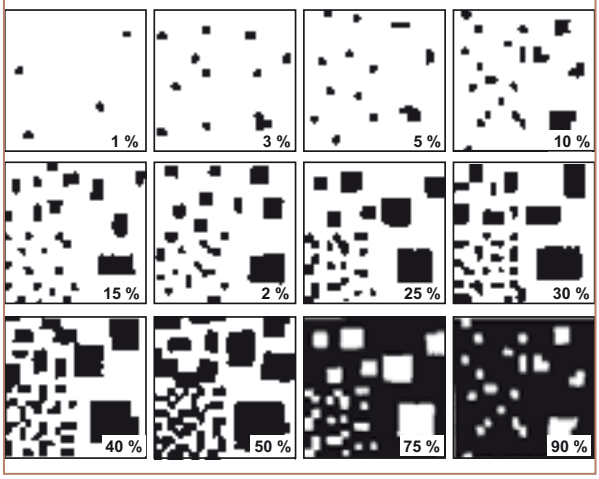
Nota: La determinación de la textura en campo puede depender de la composición mineralógica de las arcillas. La clave anterior funciona especialmente para suelos que tienen en su composición illita, clorita y/o vermiculita. Las arcillas esmécticas son más plásticas, y las arcillas caolinitas son más pegajosas, Así, el contenido de arcilla puede ser sobrestimado para la primera y subestimada para la seguna .

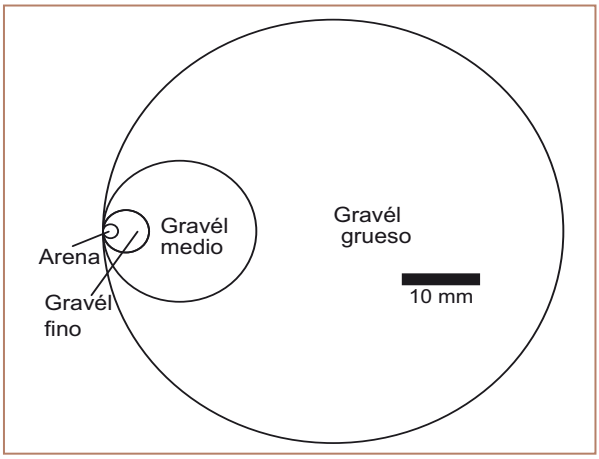
Fuente: Adaptado de Schlichting, Blume y Stahr (1995).

CUADRO 26
Abundancia de los fragmentos rocosos y artefactos, por volumen

		%
N	Ninguno	0
V	Muy pocos	0–2
F	Pocos	2–5
C	Común	5–15
M	Muchos	15–40
A	Abundante	40–80
D	Dominante	> 80
S	Línea rocosa	cualquier contenido, pero concentrado a distinta profundidad del horizonte

FIGURA 5
Clave para la estimación de cobertura de fragmentos gruesos y moteados





- ✓ Un horizonte árgico en el que el contenido de arcilla no decrece por más de 20 por ciento o más (relativo) de su máximo dentro los 150 cm → Calificador profóndico.
- ✓ Un incremento absoluto de arcilla ≥ a 3 por ciento → Calificador Hipolúvico.
- ✓ Una relación limo/arcilla < 0.6 → Calificador Hiperálico.

Fragmentos rocosos y artefactos

La presencia de fragmentos rocosos influye en el estado de los nutrientes del suelo, el movimiento del agua, uso y manejo del suelo. También refleja el origen y estado de desarrollo del suelo.

Los artefactos (secciones sobre artefactos y descripción de artefactos [abajo]) son útiles para identificar la coluviación, ocupación humana y procesos industriales.

Las rocas y fragmentos minerales grandes (>2 mm) y los artefactos son descritos de acuerdo con: abundancia, tamaño, forma, estado de intemperización y naturaleza de los fragmentos. Los límites de las clases de abundancia corresponden con las clases de los fragmentos gruesos superficiales y los nódulos minerales y el 40 por ciento del límite coincide con los requerimientos de la fase esquelética (Cuadro 26 y Figura 5). Se debe indicar claramente, el lugar donde los fragmentos rocosos no están distribuidos regularmente dentro un horizonte pero forman una “línea pedregosa”.

CUADRO 27
Clasificación de fragmentos rocosos y artefactos

	Fragmentos rocosos	(mm)		Artefactos	(mm)
F	Grava fina	2–6	V	Artefactos muy finos	< 2
M	Grava media	6–20	F	Artefactos finos	2–6
C	Grava gruesa	20–60	M	Artefactos medios	6–20
S	Piedras	60–200	C	Artefactos gruesos	> 20
B	Cantos	200–600			
L	Cantos grandes	> 600			
Combinación de clases					
FM	Grava fina y media/artefactos				
MC	Grava media y gruesa/artefactos				
CS	Grava gruesa y piedras				
SB	Piedras y cantos				
BL	Cantos y cantos grandes				

Tamaño de los fragmentos rocosos y artefactos

El Cuadro 27 indica la clasificación para los fragmentos rocosos y artefactos.

CUADRO 28
Clasificación de la forma de los fragmentos rocosos

F	Plano
A	Angular
S	Sub-redondeado
R	Redondeado

Notas para propósitos de clasificación

Las características diagnósticas importantes derivadas de la cantidad de fragmentos rocosos son:

- ✓ < de 20 por ciento (por volumen) de tierra fina promediado sobre una profundidad de 75 cm o a roca continua → Leptosoles y calificador hyper-esquelético.
- ✓ ≥ de 40 por ciento (por volumen) de grava u otros fragmentos gruesos promediado a:
  - ➢ una profundidad de 100 cm o a roca continua → Calificador esquelético;
  - ➢ una profundidad de 50-100 cm → Calificador endo-esquelético;
  - ➢ una profundidad de 20-50 cm → Calificador epi-esquelético;
- ✓ ≥ de 20 (por volumen, por peso promedio) artefactos en los 100 cm superiores → Tecnosoles
- ✓ < de 40 por ciento (por volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos en todas las capas o estratos dentro los 100 cm o a un horizonte petroplíntico, plíntico o sálico → Arenosoles.
- ✓ Materiales fragmentables, en que los intersticios son rellenados con material orgánico → Histosoles.

Forma de los fragmentos rocosos

La forma general o redondez de los fragmentos rocosos pueden ser descritas usando los términos en el Cuadro 28.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ A los estratos con fragmentos rocosos de forma angular sobreponen o subyacen

CUADRO 29
Clasificación de la intemperización de los fragmentos rocosos

F	Fresco o ligeramente intemperizado	Los fragmentos muestran pocos signos o ausencia de intemperismo.
W	Intemperizado	El intemperismo parcial es indicado mediante la decoloración y pérdida de forma cristalina en las partes externas de los fragmentos mientras los centros permane cen relativamente frescos y los fragmentos han perdido un poco de su fortaleza original.
S	Fuertemente intemperizado	Todos, menos los minerales mas resistentes, están intemperizados, fuertemente decolorado y alterado a través de los fragmentos, que tiende a desintegrarse solo bajo presiones moderadas.

CUADRO 30
Códigos para fragmentos minerales primarios

QU	Cuarzo
MI	Mica
FE	Feldespasto

capas con fragmentos de roca de forma redondeada o con diferencias marcadas en tamaño y formas de minerales resistentes entre capas super-impuestas → discontinuidad litológica.

Estado de intemperización de los fragmentos rocosos y artefactos

El estado de intemperización de los fragmentos gruesos se describe utilizando el Cuadro 29.

Notas para propósitos de clasificación

✓ Un estrato con fragmentos rocosos sin costras intemperizadas cubriendo una capa con fragmentos rocosos con costras intemperizadas → discontinuidad litológica.

Naturaleza de los fragmentos rocosos

La naturaleza de los fragmentos rocosos se describe usando la misma terminología que se usó para la descripción del tipo de roca (Cuadro 12). Para los fragmentos minerales primarios se pueden usar otros códigos, por ejemplo, como en el Cuadro 30.

Los fragmentos de minerales individuales intemperizables (por ejemplo; feldespastos y micas) pueden ser más pequeños que un diámetro de 2 mm. Sin embargo, donde se presente en cantidades apreciables, estos fragmentos deben ser mencionados de manera separada en la descripción. Para los artefactos, ver la sección sobre artefactos (abajo).

Notas para propósitos de clasificación

✓ Los fragmentos rocosos que no tienen la misma litología que la roca continua subyacente → discontinuidad litológica.

Grado de descomposición y humificacion de la turba

En la mayoría de las capas o estratos orgánicos no es posible la determinación de la clase textural. Es más valioso realizar un estimado del grado de descomposición y humificación del material orgánico. Se pueden usar el color y el porcentaje del tejido vegetal reconocible dentro el material orgánico tanto en seco como en húmedo, para estimar el grado de descomposición (Cuadro 31).

CUADRO 31
Estimación y codificación del grado de descomposición y humificación de la turba en campo

	Código	Grado de descomposición/ humificación	Atributos de la turba seca		Atributos de la turba húmeda		
			Color	Tejidos vegetales visibles	Va entre los dedos al apretar en la mano		Remanente
Fíbrico	D1	muy bajo	blanco a pardo claro	solo	± claro	agua	no turbio
	D2	Bajo	pardo oscuro	mayoría	pardo a turbio		
	D3	Moderado	pardo oscuro a negro	más de 2/3	turbio	lodo	turbio
Hemico	D4	Fuerte		1/3 a 2/3	1/2 a 2/3		estructura de la planta mas visible que antes
	D5.1	moderadamente fuerte		1/6 a 1/3	más o menos todo		solo remanentes pesados descompostables
Sáprico	D5.2	muy fuerte		menos de 1/6			sin remanentes

Fuente: Adaptado de Ad-hoc-AG-Boden, 2005

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Histosoles que tienen más de dos tercios (por volumen) de tejido vegetal reconocible → Calificador fíbrico.
- ✓ Histosoles que tienen entre dos tercios y un sexto (por volumen) de tejido vegetal reconocible → Calificador hémico.
- ✓ Histosoles que tienen menos de un sexto (por volumen) de tejido vegetal reconocible → Calificador sáprico.

Capas o estratos orgánicos aeromórficos en pisos forestales

En suelos forestales, especialmente bajo climas temperados y fríos, la materia orgánica se acumulada comúnmente en capas más o menos descompuestas bajo condiciones terrestres. En suelos minerales ácidos y pobres en nutrientes, la provisión de nutrientes de las capas orgánicas es de vital interés para la cobertura vegetal. Las tres mayores formas, humus original, moder y mull, se describen a continuación:

- ➢ Humus original (humus bruto) (mor aeromórfico): usualmente con un gran grosor de acumulación de materia orgánica (5-30 cm) que está muy inalterado debido a la falta de agentes de descomposición. Este tipo de capa de materia orgánica se desarrolla en suelos extremadamente pobres en nutrientes y de textura gruesa bajo vegetación que produce una capa de liter que es difícil de descomponer. Usualmente es una secuencia de capas Oi-Oe-Oa sobre un horizonte A delgado, fácil de separar una capa u horizonte del otro y es muy ácido, con una relación C/N de > 29.
- ➢ Moder (mantillo): más descompuesto que el humus original pero caracterizado por una capa de materia orgánica por encima de un suelo mineral, con un límite difuso entre la capa de materia orgánica y un horizonte A. En la secuencia de capas u horizontes Oi-Oe-Oa, es difícil separar una capa de la otra. Se desarrolla en condiciones moderadamente pobres en nutrientes,

usualmente bajo climas fríos húmedos. Usualmente es ácido, con una relación C/N de 18-29.

- Mull: se caracteriza por la ausencia periódica de acumulación de materia orgánica sobre la superficie debido a los rápidos procesos de descomposición y la mezcla de materia orgánica y el suelo mineral por bio-turbación. Usualmente es ligeramente ácido a neutro, con una relación C/N de 10-18.

COLOR DEL SUELO (MATRIZ)

El color del suelo refleja la composición así como las condiciones pasadas y presentes de oxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

El color de la matriz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible) usando las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Carta o en Tabla de Colores de Suelo Munsell (Munsell, 1975). El matiz, es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el valor, es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el croma, es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). Cuando no haya un color de suelo matriz dominante, el horizonte se describe como moteado y se dan dos o más colores. En adición a las notaciones de color, se pueden dar los nombres de colores estándar Munsell.

Para descripciones de rutina, se deben determinar los colores del suelo sin la incidencia directa de los rayos solares y mediante la comparación de un agregado (ped) recientemente quebrado con la ficha de color de la Carta de Color de Suelo Munsell. Para propósitos especiales, como para la clasificación del suelo, se pueden requerir los colores adicionales de material molido o frotado. Se pueden anotar la ocurrencia del contraste de colores relacionado con la organización estructural del suelo, como las superficies de los agregados.

Cuando sea posible, el color del suelo se debe determinar bajo condiciones uniformes. Las lecturas realizadas temprano en la mañana y al anochecer no son exactas. Es más, la determinación del color por el mismo o diferente individuo a menudo puede ser inconsistente. Ya que el color del suelo es importante con respecto a muchas propiedades del suelo, incluido los contenidos de materia orgánica, el "barniz" o revestimiento y el estado de oxidación o reducción, y para la clasificación del suelo, se recomiendan las revisiones cruzadas y debe estar establecido en una base de rutina.

Notas para propósitos de clasificación

Los colores intermedios se deben registrar cuando se lo desee para la distinción entre dos horizontes de suelos y para propósitos de clasificación e interpretación del perfil del suelo. Los matices intermedios (importantes para calificadores, como el Crómico o el Ródico, y para horizontes diagnósticos, como el Cámbico) que se pueden usar son: 3.5, 4, 6, 6.5, 8.5 y 9 YR. Por ejemplo, cuando se anota 3,5

YR, significa que el matiz intermedio es más cercano al 2,5 YR que al 5 YR; 4 YR significa más cercano a 5 YR, y así sucesivamente.

Si los valores y cromas están cerca de los limites de diagnóstico, no se deben usar figuras redondeadas, pero se deben hacer registros precisos usando valores intermedios o mediante la adición de un + o un -.

Los matices, valores y cromas diagnóstico importantes son:

- ✓ Los cambios abruptos en color que no son resultado de la pedogénesis → Discontinuidad litológica.
- ✓ Matiz rojizo, valor o croma más alto que la capa subyacente o suprayacente → Horizonte cámbico.
- ✓ Matiz más rojizo que 10 YR o croma ≥ 5 (húmedo) → Propiedades ferrálicas, Calificador Hypoferrálico o Rúbico.
- ✓ Matiz 7,5 YR o ms amarillo y un valor ≥ 4 (húmedo) y croma ≥ 5 (húmedo) → Calificador Xántico.
- ✓ Matiz más rojizo que 7,5 YR o ambos, o? matiz 7,5 YR y croma > 4 (húmedo) → Calificador Crómico.
- ✓ Matiz más rojizo que 5 YR, valor < 3,5 (húmedo) → Calificador Ródico.
- ✓ Matiz 5 YR o más rojizo, o matiz 7,5 YR y valor ≤ 5 y croma ≤ 5, o matiz 7,5 YR y valor ≤ 5 y croma de 5 o 6, o matiz de 10 YR o neutral y valor y croma ≤ 2, o 10 YR 3/1 (todos húmedos) → Horizonte espódico.
- ✓ Matiz de 7,5 YR o más amarillo o GY, B o BG; valor ≤ 4 (húmedo); croma ≤ 2 (húmedo) → Capa fangosa (horizonte antracuico)
- ✓ Matiz N1 a N8 o 2,5 Y, 5Y, 5G o 5B → colores reductimórficos del color patrón gleico.
- ✓ Matiz 5 Y, GY o G → gittja (material límnico).
- ✓ Croma < 2,0 (húmedo) y valor < 2,0 (húmedo) y < 3,0 (seco) → Horizonte vorónico.
- ✓ Croma ≤ 2 (húmedo) → Chernozem.
- ✓ Croma ≤ 3 (húmedo) y valor ≤ 3 (húmedo) y ≤ 5 (seco) → Horizontes móllico y úmbrico.
- ✓ VValor y croma ≤ 3 (húmedo) → Horizonte hórtico.
- ✓ Valor ≤ 4 (húmedo) y ≤ 5 (seco) y croma ≤ 2 (húmedo) → Horizonte plágico.
- ✓ Valor > 2 (húmedo) o croma > 2 (húmedo) → Horizonte fúlvico.
- ✓ Valor ≤ 2 (húmedo) y croma ≤ 2 (húmedo) → Horizonte melánico.
- ✓ Valor 4 a 8 y croma 4 o menos (húmedo) y valores 5-8 y croma 2-3 (seco) → Horizonte albico.
- ✓ Valor o croma más bajo que el horizonte suprayacente → Horizonte sómbrico.
- ✓ Valor ≥ 3 (húmedo) y ≥ 4,5 (seco) y croma ≥ 2 (húmedo) → Propiedades arídicas.
- ✓ Valor ≤ 4 (húmedo) → tierra coprogenea o turba sedimentaria (material límnico).
- ✓ Valor 3, 4 o 5 (húmedo) → tierra diatomacea (material límnico).

✓ Valor ≥ 5 (húmedo) → marga (material límnico).
✓ Valor ≤ 3,5 (húmedo) y croma ≤ 1,5 (húmedo) → Calificador Pélico.
✓ Valor ≥ 5 (seco) → Calificador Hiperócrico.

MOTEADOS

Los moteados son manchas de diferentes colores o sombras de color intercalado con el color dominante del suelo. Indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación).

El moteado de la matriz del suelo se describe en términos de abundancia, tamaño, contraste, límite y color. Adicionalmente, se puede describir la forma, posición y cualquier otro rasgo.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Moteados de oxidaciones en formas de barnices o en patrones tipo laminar, poligonal o reticular son diagnóstico para los horizontes antraquico (pie de arado), hidragrico, férrico, plíntico y petroplíntico y para los patrones de color gléyicas.
- ✓ Moteados de óxidos en forma de concreciones o nódulos son diagnósticos para horizontes hidragricos, férricos, plínticos, petroplínticos y pisoplínticos y para patrones de colores estágnicas.
- ✓ Zonas reducidas, redox en macroporos, con un valor ≥ 4 y un croma ≥ 2 son diagnósticos para el Horizonte hidragrico.
- ✓ Los moteados o barnices de jarosita o schwertmannita son diagnóstico para el Horizonte tiónico y el Calificador Acérico.
- ✓ Los moteados en forma de concreciones amarillas son diagnóstico para el Horizonte tiónico.

Color de los moteados

Usualmente es suficiente describir el color de los moteados en términos generales, correspondientes a la Tabla de Color de Suelo Munsell.

Abundancia de los moteados

La abundancia de los moteados se describe en términos de clases, indicando el porcentaje de la superficie expuesta que los moteados ocupan (Cuadro 32). Los límites de clases corresponden a aquellos de los nódulos minerales. Cuando la abundancia de los moteados no permite la distinción de una matriz singular predominante o al color original, los colores predominantes se deben determinar y registrarse como los colores de la matriz del suelo.

CUADRO 32
Clasificación de la abundancia de moteados

		%
N	Ninguno	0
V	Muy pocos	0–2
F	Pocos	2–5
C	Común	5–15
M	Muchos	15–40
A	Abundante	> 40

Tamaño de los moteados

El Cuadro 33 muestra las clases usadas para indicar el diámetro aproximado de los moteados individuales.

Corresponden a las clases de tamaño de los nódulos minerales.

Contraste de los moteados

El contraste de color entre los moteados y la matriz del suelo se puede describir usando el Cuadro 34.

Límites de los moteados

Los limites entre moteados y la matriz es descrita como el grosor de la zona, dentro la cual el color de transición puede localizarse sin estar en el mote ni tampoco en la matriz. (Cuadro 35).

CUADRO 33
Clasificación del tamaño de los moteados

		mm
V	Muy fino	< 2
F	Fino	2–6
M	Medio	6–20
A	Grueso	> 20

CUADRO 34
Clasificación del contraste de los moteados

F	Débil	Los moteados son evidentes solo con observaciones a detalle. Los colores del suelo tanto en la matriz y moteados tienen una relación de matices, cromas y valores similar.
D	Distinto	Aunque no tan impresionante, los moteados son bien vistos. La matiz, croma y valor de la matriz son fácilmente distinguibles de los moteados. Pueden variar por mas de 2.5 unidades de matiz o muchas unidades en croma o valor.
P	Prominente	Los moteados son claros y el moteado es uno de los rasgos más prominentes del horizonte. El matiz, croma y valor, tanto solos como en combinación, son al menos varias unidades aparte.

CUADRO 35
Clasificación del límite entre el moteado y la matriz

		mm
S	Agudo	< 0,5
C	Claro	0,5–2
D	Difuso	> 2

POTENCIAL REDOX DEL SUELO Y CONDICIONES REDUCTORAS

Determinación del potencial redox mediante el método de campo

El potencial redox del suelo es un parámetro físico-químico importante usado para caracterizar el estado de aireación del suelo y la disponibilidad de algunos nutrientes (Cuadro 36). El potencial redox también es utilizado en la clasificación WRB para clasificar los suelos redoximórficos.

Para medir el potencial redox (DIN/ISO Draft, DVWK, 1995) se hace un hoyo dentro el suelo usando una vara rígida (herramienta inoxidable de 20-100 cm de largo con un diámetro que es 2 mm más grande que los electrodos redox) a una profundidad de 1-2 cm menos que la profundidad deseada a medir. Inmediatamente, se limpia la superficie de platino del electrodo redox con papel lija e se inserta el electrodo cerca a 1 cm más adentro del hoyo preparado. Se deben instalar por lo menos dos electrodos para cada profundidad a ser medida. Luego de 30 minutos se mide el potencial redox con un minivoltimetro contra un electrodo de referencia (por ejemplo: Ag/AgCl en KCl del vidrio del electrodo de la medición de pH, instalado en un hoyo pequeño de la parte superior del suelo que tiene que estar llenado con solución 1-*M* KCl). Para la parte superior del suelo seco, un puente salino (tubo de plástico de 2 cm de diámetro con ambos lados abiertos, llenado con 0,5 por ciento (M/M) de agár en solución de KCl) se debe de instalar en un hoyo al lado y a la profundidad de los electrodos de platino. En este tubo, se debe instalar el electrodo de referencia.

El voltaje medido (Em) está relacionado al voltaje del electrodo hidrógeno estándar mediante la adición del potencial del electrodo de referencia (es decir,

CUADRO 36
Características redoximorficas del suelo y su relación con los valores rH y procesos en el suelo

Características redoximorficas	valores rH y estado		Procesos
Sin características redoximórficas a potenciales permanentemente altos	permanentemente	> 35	fuertemente aireado
		< 33	reducción NO_3^-
Concreciones negras de Mn	temporalmente	< 29	formación de Mn^2
Moteados y/o concreciones pardas de Fe, en condiciones húmedas	temporalmente	< 20	formación de Fe^2
Color verde azulado a plomo; iones Fe^2 siempre presente	permanentemente	13–19	formación de óxidos de Fe^2/Fe^3 (sarro verde)*
Color negro debido a metales sulfuros, presencia de metano flamable.	permanentemente	< 13	formación de sulfuro
	permanentemente	< 10	formación de metano

* Para pruebas de campo, ver sección sobre condiciones reductoras (abajo).

+224 milivoltios a 10ºC de Ag/AgCl en 1 MKCl, +287 de electrodo Calomel).

Para propósitos de interpretación, los resultados deben ser transformados a valores rH usando la fórmula: rH = 2pH + 2Eh/59 (Eh en mV a 25 ºC).

Anotar el valor de rH en la hoja de descripción.

Condiciones reductoras

Las propiedades reductoras de la matriz del suelo refleja permanentemente la humedad o por lo menos las condiciones reductoras (Cuadro 37). Están expresados por colores neutros (blanco y negro: Munsell N1 a N) o azulados a verduzcos (Munsell 2.5Y, 5Y, 5G, 5B). El patrón del color cambia a menudo por la aireación en minutos a días debido a los procesos de oxidación.

La presencia de iones Fe^2 puede ser probada rociando la superficie recién expuesta del suelo con una solución ∞, ∞ dipiridil al 0,2 por ciento de (M/V) en un solución de ácido acético al 10-por ciento (V/V). La prueba produce un color rojizo-anaranjado en presencia de iones Fe^2 pero no dan un color rojo fuerte en materiales de suelo con una reacción neutra o alcalina. Es necesario tener cuidado ya que el químico es ligeramente tóxico.

CUADRO 37
Patrones de color reductimórfico y ocurrencia de compuestos de Fe

Color	Color Munsell	Fórmula	Mineral
Verde grisáceo, azul claro	5–GY–5–B2–3/1–3	Fe^2/Fe^3	Compuestos de Fe mezclado (óxidos verde-azulados)
Blanco, pardo luego de la oxidación	N7–8 ⟶ 10 YR4/5	Fe^2CO_3	Siderita
Blanco, azul luego de la oxidación	N7–8 ⟶ 5–B	$Fe^2_3(PO_4)_2 \cdot 8\ H_2O$	Vivianita
Negro azulado (con 10%HCl; olor a H_2S)	5–10–B1–2/1–3	FeS, FeS_2 (or Fe_3S_4)	sulfuros de Fe
Blanco, después de oxidación blanco	N8 ⟶ N8	- -	Perdida completa de compuestos de Fe

Fuente: Schlichting *et al.*(1995).

Notas para propósitos de clasificación

✓ Un valor rH < 20 es diagnóstico para condiciones reductoras en: Gleisoles, Planosoles y Estagnosoles, y niveles bajos de unidades estágnicas y gléicas de otros GRSs. Las emisiones gaseosas (metano, dióxido de carbono, etc.) son diagnóstico para el calificador Redúctico.

CARBONATOS

Contenido

Los carbonatos en los suelos son ya sea residuos del material parental o el resultado de la neo-formación (carbonatos secundarios). Estos últimos se concentran principalmente en forma de cal polvorienta suave, barnices o revestimientos en los agregados (peds) o agregados, concreciones, costras superficiales o en el subsuelo, o bancos sólidos. La presencia de carbonato de calcio ($CaCO_3$) se establece a través de la adición al suelo de gotas de HCl (ácido clorhídrico) al 10-por ciento. El grado de efervescencia del gas de dióxido de carbono es indicativo de la cantidad de carbonato de calcio presente en el suelo. En muchos suelos, es difícil distinguir en campo entre carbonatos primarios y secundarios. Las clases para la reacción de carbonatos en la matriz del suelo se definen en el Cuadro 38.

La reacción al ácido depende de la textura del suelo y es usualmente más vigoroso en material arenoso que en materiales de textura fina con el mismo contenido de carbonato. Otros materiales, como las raíces, también dan una reacción auditiva. La Dolomita reacciona comúnmente más lentamente y menos vigorosamente que la calcita. Los carbonatos secundarios se deben probar separadamente; normalmente reaccionan mucho más intensamente con HCl.

CUADRO 38

Clasificación de la reacción del carbonato en la matriz del suelo

	%		
N	0	No calcáreo	No detectable visiblemente ni efervescencia audible
SL	≈ 0–2	Ligeramente calcáreo	Se escucha la efervescencia pero no es visible
MO	≈ 2–10	Moderadamente calcáreo	Efervescencia visible
ST	≈ 10–25	Fuertemente calcáreo	Efervescencia fuertemente visible. Las burbujas forman poca espuma
EX	≈ > 25	Extremadamente calcáreo	Reacción extremadamente fuerte. Se forma la espuma espesa rápidamente

Formas

Las formas de los carbonatos secundarios en los suelos son diversas y se consideran informativos en los diagnósticos de la génesis del suelo. Las concentraciones de carbonatos suaves se consideran iluviales, mientras que las concreciones duras se consideran generalmente de naturaleza hidrogénica. Las formas de los carbonatos secundarios se deben indicar siguiendo el Cuadro 39.

CUADRO 39

Clasificación de las formas de los carbonatos secundarios

SC	concreciones suaves
HC	concreciones duras
HHC	concreciones duras huecas
D	cal polvorienta dispersa
PM	pseudomicelio* (poros rellenados con carbonatos, parecido al micelio)
M	capa de greda
HL	capa dura cementada o capas de carbonatos (menos de 10 cm de grosor)

* Carbonatos de pseudomicelio no se consideran como "carbonatos secundarios" si migran estacionalmente y no tienen profundidad permanente.

Notas para propósitos de clasificación

Contenidos importantes de carbonato para fines de clasificación son:

- ✓ ≥ 2 por ciento de carbonato de calcio equivalente → Material calcárico.
- ✓ ≥ 15 por ciento de carbonato de calcio equivalente en la tierra fina, al menos parcialmente secundario → Horizonte cálcico.
- ✓ Capa endurecida con carbonato de calcio, al menos parcialmente, secundario → Horizonte petrocálcico.
- ✓ 15-25 por ciento de carbonato de calcio equivalente en la tierra fina, al menos parcialmente secundario → Calificador Hipocálcico.
- ✓ ≥ 50 por ciento de carbonato de calcio equivalente en la tierra fina, al menos parcialmente secundario → Calificador Hipercálcico.
- ✓ Cuando un suelo tenga un horizonte cálcico a 50-100 cm de la superficie del suelo, es solamente un Calcisol si la matriz del suelo está entre 50 cm de la superficie del suelo y el horizonte cálcico es calcáreo.
- ✓ Los Calcisoles y Gipsisoles sólo pueden tener un horizonte árgico cuando este horizonte esta impregnado con carbonato de calcio (Calcisoles) o carbonato de calcio o yeso (Gipsisoles).

YESO

Contenido de yeso

El yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) se puede encontrar en forma de residuos de material parental gipsírico o nuevos elementos formados. Este último corresponde a la forma de pseudomicelios, cristales de tamaño grueso (individualizados, como nidos, barnices o revestimientos o como agrupaciones de cristales fibrosos elongados) o acumulaciones polvorientas de sueltas a compactas. Esta última forma da al horizonte gípsico una estructura masiva y una textura arenosa.

Cuando las sales más solubles están ausentes, el yeso se puede estimar en el campo mediante mediciones de conductividad eléctrica (EC en dS m^{-1}) en suspensiones de suelo de diferentes relaciones suelo-agua (Cuadro 40) luego de 30 minutos (en el caso de yeso finamente granulado).

Formas de yeso secundario

Las formas de yeso secundario en los suelos son diversas y se consideran como caracteres informativos para diagnósticos de la génesis del suelo. Las formas de carbonatos secundarios se indican en el Cuadro 41.

CUADRO 40
Clasificación del contenido de yeso

	%		
N	0	No gipsírico	EC = < 1,8 dS m^{-1} en 10 g suelo/25 ml H_2O, EC = < 0,18 dS m^{-1} en 10 g suelo/250 ml H_2O
SL	≈ 0–5	Ligeramente gipsírico	EC = < 1,8 dS m^{-1} en 10 g suelo/250 ml H_2O
MO	≈ 5–15	Moderadamente gipsírico	EC = > 1,8 dS m^{-1} en 10 g suelo/250 ml H_2O
ST	≈ 15–60	Fuertemente gipsírico	valores mas altos pueden ser diferenciados por la abundancia de H2O- pseudomicelio soluble /cristales y color del suelo
EX	≈ > 60	Extremadamente gipsírico	

Los contenidos de yeso que son importantes con fines de clasificación, son:

Important contents of gypsum for classification are:

- ✓ ≥ 5 por ciento (por volumen) de yeso " Material gipsírico.
- ✓ ≥ 5 por ciento (por masa) de yeso y ≥ 1 por ciento (por volumen) de yeso secundario → Horizonte gípsico.
- ✓ Capa endurecida con ≥ 5 por ciento (por masa) de yeso y ≥ 1 por ciento (por volumen) de yeso secundario → Horizonte petrogípsico.
- ✓ 15-25 por ciento (por masa) de yeso y ≥ 1 por ciento (por volumen) de yeso secundario → Calificador Hipogípsico.
- ✓ ≥ 50 por ciento (por masa) de yeso y ≥ 1 por ciento (por volumen) de yeso secundario → Calificador Hipergípsico.
- ✓ Los Gipsisoles sólo pueden tener un horizonte árgico, si éste está impregnado con carbonato de calcio o yeso.

CUADRO 41
Clasificación de las formas de yeso secundario

SC	concreciones suaves
D	yeso en polvo disperso
G	"gazha" (capa arcillosa saturada de agua con alto contenido de yeso)
HL	capa fuerte cementada o capas de yeso (menos de 10 cm de grosor)

SALES FACILMENTE SOLUBLES

Los suelos de zonas costeras o de desiertos pueden ser enriquecidos especialmente con sales solubles en agua o sales más solubles que el yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$; log Ks = -4,85 at 25 °C). El contenido de sal del suelo se puede estimar a grueso modo a través de la CE (en dS m^{-1} = mS cm^{-1}) medido en una pasta de suelo saturada o en una suspensión más diluida de suelo en agua (Richards, 1954). Convencionalmente, la CE se mede en laboratorio en el extracto de saturación (CE_{SE}). La mayoría de valores y datos de clasificación acerca de la sensitividad de los cultivos a la sal se refieren al CE_{SE}.

Un método más fácil para la determinación de la CE en campo es utilizando una suspensión de 20 g suelo/50 ml H_2O (agua destilada) (EC 2,5); se calcula CE_{SE} dependiendo de la textura y el contenido de materia orgánica (Cuadro 43).

Procedimiento

Usar una copa de plástico transparente con marcas para 8 cm^3 de suelo (~ 10 g) y 25 ml de agua y mezclar cuidadosamente con un palo de plástico. La CE se mide con un conductivimetro de campo luego de 30 minutos en la solución. Usar agua con una CE < 0,01 dS m^{-1}.

El contenido de sal (NaCl equivalente) se puede estimar del EC 2,5 mediante:

$$\text{sal [\%]} = CE_{2,5}\,[\text{mS cm}^{-1}] \cdot 0{,}067 \cdot 2{,}5.$$

La $CE_{2,5}$ puede ser convertida a CE_{SE} dependiendo de la textura y el contenido de humus de acuerdo con la siguiente formula y el Cuadro 43.

$$CE_{SE} = \frac{250 \bullet CE_{2,5}}{WC_{SE}}$$

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Los valores umbrales ≥ 8 y ≥ 15 dS m^{-1} (CE_{SE}, 25 °C) → Horizonte sálico.
- ✓ ≥ 4 dS m^{-1} (CE_{SE}, 25 °C) en al menos algunas capas dentro 100 cm → Calificador Hiposálico.
- ✓ ≥ 30 dS m^{-1} (CE_{SE}, 25 °C) en por lo menos algunas capas dentro 100 cm → Calificador Hipersálico.

PH DEL SUELO EN CAMPO

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas así como a muchos procesos del suelo.

Cuando el pH es medido en campo, el método utilizado se debe de indicar en la cartilla de campo. El pH del suelo medido en campo no debe ser un sustituto para su determinación en el laboratorio. Si es posible, las mediciones de pH del suelo en campo deben ser correlacionadas con las determinaciones de laboratorio.

En campo, el pH se puede estimar ya sea usando indicadores de papel (método colorimétrico), indicadores líquidos (por ejemplo, Hellinge), o un phmetro portátil en una suspensión de suelo (1 parte de suelo y 2,5 partes de solución 1 *M* KCl o 0,1 *M* $CaCl_2$). La solución se debe de agitar y dejar reposar por 15 minutos, después se lee el valor del

CUADRO 42
Clasificación del contenido de sal del suelo

		EC_{SE} = dS m^{-1} (25 °C)
N	(cerca) No salino	< 0,75
SL	Ligeramente salino	0,75–2
MO	Moderadamente salino	2–4
ST	Fuertemente salino	4–8
VST	Muy fuertemente salino	8–15
EX	Extremadamente salino	> 15

Fuente: DVWK (1995).

CUADRO 43
Dependencia del contenido de agua del extracto de saturación sobre la textura y el contenido de humus para suelos minerales y sobre descomposición para suelos turba

Clase textural	**Contenido de agua de extracto de saturación WC_{SE} in g/100 g**					
Suelos minerales	**Contenido de humus**					
	< 0.5%	**0.5–1%**	**1–2%**	**2–4%**	**4–8%**	**8–15%**
Grava, SC	5	6	8	13	21	35
AM	8	9	11	16	24	38
AF	10	11	13	18	26	40
AF, FA $_{<10\%\ arcilla}$	14	15	17	22	30	45
FL $_{<10\%\ arcilla}$	17	18	20	25	34	49
L	19	20	22	27	36	51
FA $_{10–20\%\ arcilla}$	22	23	26	31	39	55
F	25	26	29	34	42	58
FL $_{10–27\%\ arcilla}$	28	29	32	37	46	62
FYA	32	33	36	41	50	67
FA, FYL	44	46	48	53	63	80
YA	51	53	55	60	70	88
YL, Y $_{40–60\%\ arcilla}$	63	65	68	73	83	102
Y $_{>60\%\ arcilla}$	105	107	110	116	126	147
Suelos turba	**Grado de descomposición (ver sección 3.3.3)**					
	D1 fibric	**D2 bajo**	**D3 moderado**		**D4 fuerte**	**D5 sapric**
	80	120	170		240	300

Fuente: Adaptado de DVWK (1995), recalculado a las clases texturales FAO.

pH. Para la medición, usar una copa plástica de 50 ml con marcas para 8 cm^3 de suelo (~10g) y solución de 25 ml.

Notas para propósitos de clasificación

Como el valor de pH en muchos suelos se correlaciona con la saturación de bases, este puede ser usado en campo para propósitos de clasificación preliminar (Cuadro 44). Sin embargo, es necesario el análisis en laboratorio.

CUADRO 44
Clasificación de los valores de pH

pH_{CaCl_2} de	< 5.1, si > 15% MO	es una indicación para un calificador Dístrico (= saturación de base)
	< 4.6, si 4–15% MO	
	< 4.2, si < 4% MO	(<50%), de otro modo → calificador Etrico
	< 3.6, si > 15% MO	es una indicación para una saturación de bases menor de 10%
	< 3.4, si 4–15% MO	
	< 3.2, si < 4% MO	y para una alta saturación de Al → calificador Hiperálico

Fuente: Adaptado de Schlichting, Blume y Stahr (1995).

OLOR DEL SUELO

Registrar la presencia de cualquier olor fuerte en cada horizonte (Cuadro 45). El no anotar implica que no hay olor.

CUADRO 45
Clasificación del olor del suelo

	Tipo de olor	Criterios
N	Ninguno	Olor no detectado
P	Petroquímico	Presencia de gasolina liquida o gaseosa, aceite, creosol, etc
S	Sulfuroso	Presencia de H2S (sulfuro de hidrógeno; "huevos podridos"); comúnmente asociado con suelos fuertemente reducidos con compuestos sulfurosos.

CARACTERÍSTICAS ANDICAS Y VIDRIOS VOLCÁNICOS

Los suelos formados a partir de materiales volcánicos recientes a menudo tienen *propiedades ándicas*: una densidad aparente de 0,9 kg dm^{-3} o menos, y una consistencia untuosa (debido al contenido alto de alófano y/o ferrihidrita). Los horizontes superficiales con características ándicas son normalmente negros debido a los altos contenidos de humus. Las características andicas se pueden identificar en campo usando la prueba pH_{NaF} desarrollado por Fieldes y Perrott (1996). Un pH_{NaF} de más de 9,5 indica la presencia abundante de productos alofánicos y/o complejos órgano/alumínicos. El método depende en iones fluorados que absorben activamente el aluminio, con la subsiguiente liberación de iones OH^-. La prueba es indicativa para la mayoría de estratos con propiedades ándicas, excepto para aquellos ricos en materia orgánica. Sin embargo, la misma reacción ocurre en horizontes espódicos y en ciertos suelos arcillosos ácidos que son ricos en minerales arcillosos de aluminio intercalado; los suelos con carbonatos libres también reaccionan. Antes de aplicar en campo una prueba de NaF, es importante observar el pH del suelo (la prueba no es apropiada para suelos alcalinos) y la presencia de carbonatos libres (usando la prueba de campo HCl).

Procedimiento

Poner una pequeña cantidad de material de suelo en un papel filtro previamente remojado en fenolftaleino y adicionar algunas gotas de 1*M* NaF (ajustado a pH 7,5). Se indica una reacción positiva mediante un rápido cambio de color a un rojo intenso. Alternativamente, medir el pH de una suspensión de 1 g de suelo en 50 ml

1*M* NaF (ajustado a pH 7,5) luego de 2 minutos. Si el pH es mayor de 9,5, es una indicación positiva. Tomar nota en la cartilla de descripción el signo + ó -.

En adición, los suelos con características ándicas pueden exhibir tixotropía; el material de suelo cambia bajo presión o por frotamiento de un sólido plástico a un estado de licuefacción y regresa a condiciones sólidas.

Notas para propósitos de clasificación

✓ Pruebas positivas de campo para productos alofánicos y/o complejos çorgano-alumínicos → Propiedades ándicas.

✓ Tixotropía → Calificador Tixotrópico.

Ocurren en muchos materiales volcánicos recientes, vidrios volcánicos, agregados vítreos y otros materiales primarios cubiertos de vidrio. Las fracciones gruesas pueden ser revisadas por un lente de mano a ×10; las fracciones más finas deben ser revisadas mediante microscopio.

✓ ≥ 5 por ciento (por conteo de granos) de vidrios volcánicos, agregados vítreos y otros materiales primarios cubiertos de vidrio, en la fracción 0,05-2 mm o en la fracción 0,02-0,25 mm → Propiedades vítricas.

✓ ≥ 30 por ciento (por conteo de granos) de vidrios volcánicos, materiales primarios cubiertos de vidrio y agregados vítreos en la fracción de tamaño-partícula 0,02-2 mm → Material téfrico.

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que este descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición. Generalmente es sinónimo con el humus aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta llamada sustancias húmicas.

CUADRO 46
Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla Munsell

Color	Valor Munsell	Suelo húmedo			Suelo seco		
		A	AF, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YA, YL, Y	A	AF, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YA, YL, Y
		(%)					
Gris claro	7				< 0,3	< 0,5	< 0,6
Gris claro	6,5				0,3–0,6	0,5–0,8	0,6–1,2
Gris	6				0,6–1	0,8–1,2	1,2–2
Gris	5,5			< 0,3	1–1,5	1,2–2	2–3
Gris	5	< 0,3	< 0,4	0,3–0,6	1,5–2	2–4	3–4
Gris oscuro	4,5	0,3–0,6	0,4–0,6	0,6–0,9	2–3	4–6	4–6
Gris oscuro	4	0,6–0,9	0,6–1	0,9–1,5	3–5	6–9	6–9
Gris negro	3,5	0,9–1,5	1–2	1,5–3	5–8	9–15	9–15
Gris negro	3	1,5–3	2–4	3–5	8–12	> 15	> 15
Negro	2,5	3–6	> 4	> 5	> 12		
Negro	2	> 6					

Nota: Si el croma está entre 3,5-6, adicionar 0,5 al valor; si el croma es > 6, adicionar 1,0 al valor.
Fuente: Adaptado de Schlichting, Blume y Stahr (1995).

El contenido de materia orgánica de los horizontes minerales se puede estimar mediante el color del suelo seco y/o húmedo en la tabla Munsell, tomando en cuenta su clase textural (Cuadro 46). Esta estimación se basa en la suposición de que el color del suelo (valor) es debido a la mezcla de sustancias orgánicas de color oscuro y minerales de color claro.

Esta estimación no funciona muy bien en subsuelos fuertemente coloreados ya que tiende a sobrestimar el contenido de materia orgánica en suelos de regiones secas, y subestimar el contenido de materia orgánica en algunos suelos tropicales. Por lo tanto, los valores de materia orgánica siempre deberan ser comprobados en el lugar ya que proveen sólo una gruesa estimación.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Si está saturado con agua por ≥ 30 días consecutivos la mayor parte de los años (excepto si esta drenado): ≥ [12 + (porcentaje de arcilla de la fracción mineral × 0,1)] % carbón orgánico o ≥ 18 por ciento de carbón orgánico, si no ≥ 20 por ciento de carbón orgánico → Material orgánico.
- ✓ Material orgánico saturado con agua por ≥ 30 días consecutivos la mayor parte de los años (excepto si esta drenado) → Horizonte hístico.
- ✓ Material orgánico saturado con agua por < 30 días consecutivos la mayor parte de los años (excepto si esta drenado) → Horizonte fólico.
- ✓ Promedio pesado de ≥ 6 por ciento de carbón orgánico, y ≥ 4 por ciento de carbón orgánico en todas partes → Horizonte fúlvico y melánico.
- ✓ Contenido de carbón orgánico de ≥ 0,6 por ciento → Horizontes mólico y úmbrico.
- ✓ Contenido de carbón orgánico de ≥ 1,5 por ciento → Horizonte vorónico.

(Nota: la proporción de carbón orgánico con la materia orgánica es cerca de 1:1,7-2.)

Escribir el rango o valor promedio en la cartilla de descripción.

ORGANIZACIÓN DE LOS CONSTITUYENTES DEL SUELO

Esta sección describe la organización física primaria del arreglo de los constituyentes del suelo, junto con la consistencia de los constituyentes. La organización primaria se considera como el arreglo general de la masa del suelo sin concentraciones, reorientaciones y adiciones biológicas. No siempre será posible hacer distinciones claras entre los elementos primarios y secundarios de la organización. Los vacíos (poros), que se relacionan con la organización estructural del suelo, se describen en una sección posterior.

Estructura del suelo

La estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo en unidades de suelo discretas agregados o peds que resultan de procesos pedogenéticos. Los agregados están separados entre sí mediante poros o vacíos. Es preferible describir la estructura del suelo cuando se encuentre en condición seca o ligeramente húmeda. Para la descripción de la estructura del suelo, se debe tomar

CUADRO 47
Clasificación de la estructura de suelos agregados

WE	Débil	Los agregados son apenas observables en el sitio y sólo hay un arreglo débil de las superficies naturales. Cuando está poco disturbado, el material de suelo se rompe en una mezcla de agregados completos, muchos agregados rotos, y muchos materiales sin caras agregadas. La cara superficial de los agregados difiere de alguna manera del interior de los agregados.
MO	Moderado	Los agregados son observables en sitio y hay un arreglo distinto de las superficies naturales. Cuando está disturbado, el material del suelo se rompe en una mezcla de muchos agregados completos, algunos agregados rotos y poco material sin caras agregadas. La cara superficial de los agregados muestra generalmente diferencias distintas con los interiores de los agregados.
ST	Fuerte	Los agregados son claramente observables en sitio y hay un arreglo prominente de las superficies naturales de debilidad. Cuando está disturbado, el material del suelo se separa principalmente en agregados completos. La superficie de los agregados difiere generalmente de manera marcada de los interiores de los agregados.
Las clases combinadas pueden ser construidas como sigue:		
WM	Débil a moderado	
MS	Moderado a fuerte	

CUADRO 48
Clasificación de tipos de estructura del suelo

Blocosa (bloques)	Bloques o poliedros, casi equidimensionales, con superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de caras de los agregados vecinos. Se recomienda la subdivisión en angular, con caras intersectando a ángulos relativamente agudos y bloques subangulares con las caras intersectando a ángulos redondeados.
Granular	Esferoides o poliedros, que tienen superficies curvilíneas o irregulares que no son moldes de las caras de los agregados vecinos.
Laminar	Planos con dimensiones verticales limitadas; generalmente orientados sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuestos.
Prismática	Las dimensiones están limitadas en el plano horizontal y extendido a lo largo del plano vertical; las caras verticales están bien definidas; tienen superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de las caras de los agregados circundantes. Las caras intersectan normalmente a los ángulos relativamente agudos. Las estructuras prismáticas que tienen una cubierta o casquete redondeado son distinguidas como Columnar.
Estructura rocosa	La estructura rocosa incluye la estratificación fina en sedimentos no consolidados y pseudomorfos de minerales intemperizados reteniendo sus posiciones relativas cada una y los minerales no intemperizados en saprolita de rocas consolidadas.
Forma de cuña	Lentes unidos, elípticos que terminan en ángulos afilados, confinados por caras de fricción; no limitado a materiales vérticos.
Migajas, conglomerados y terrones	Creado principalmente por alteración artificial; por ejemplo: la labranza.

un terrón de suelo grande del perfil, de varias partes del horizonte si es necesario, más que solamente una observación de la estructura del suelo *in situ*.

La estructura del suelo se describe en términos de grado, tamaño y tipo de agregados. Cuando un horizonte contenga agregados de más de un grado, tamaño o tipo, los diferentes tipos de agregados se deben describir por separado e indicar sus relaciones.

Grado

En la descripción del grado o el desarrollo de la estructura, la primera división es en suelos desagregados (suelos sin estructura) y suelos agregados (suelos con estructura).

En suelos desagregados o sin estructura, no se observan agregados en sitio y no existe una organización definitiva de las superficies naturales de debilidad.

Los suelos sin estructura se dividen en granos simples y masivos (ver abajo). Los granos simples tienen una consistencia suelta, suave o muy friable y consiste en la ruptura de más de 50 por ciento de partículas minerales discretas. Los suelos con estructura masiva tienen normalmente una consistencia más fuerte y es más coherente en cuanto a ruptura. Los suelos de estructura masiva pueden ser adicionalmente definidos por la consistencia (abajo) y porosidad (abajo).

El grado de estructura de los suelos pedales se definen en el Cuadro 47.

CUADRO 49
Códigos para los tipos de estructura del suelo

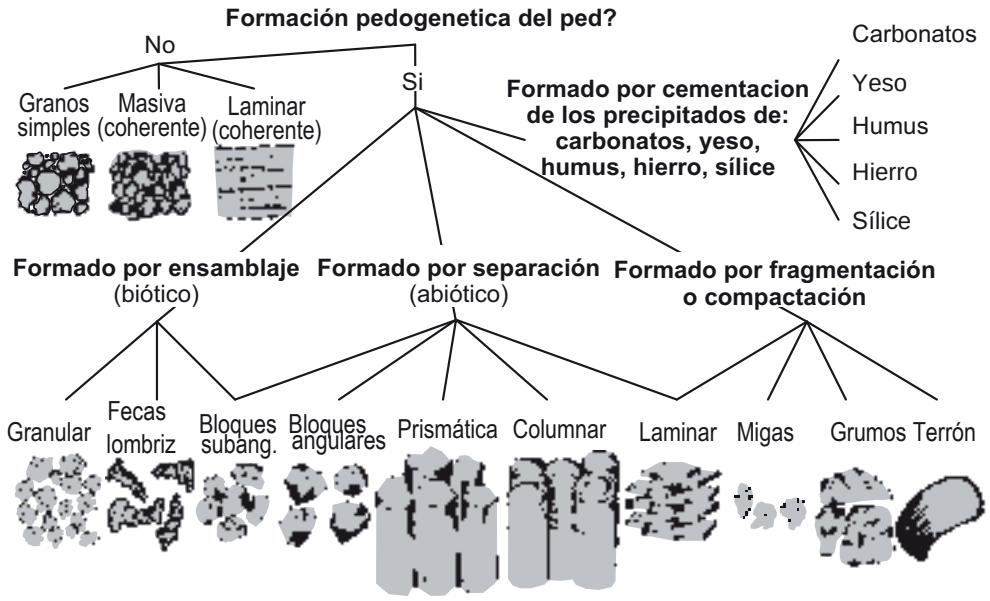
RS	Estructura rocosa	
	SS	Estructura estratificada
SG	Grano simple	
MA	Masiva	
PM	Masiva porosa	
BL	Bloque	
	AB	Bloques angulares
	AP	Bloques angulares (paralelepípedo)
	AS	Bloques angulares y sub-angulares
	AW	Bloques angulares (de forma de cuña)
	SA	Bloques sub-angulares y angulares
	SB	Bloques sub-angulares
	SN	Bloques sub-angulares en forma de nuez
PR	Prismática	
	PS	Prismática sub-angular
WE	Forma de cuña	
CO	Columnar	
GR	Granular	
WC	Moldes de lombrices	
PL	Laminar	
CL	Aterronado	
CR	Desmenuzable	
LU	Grumoso	

Tipo

Los tipos básicos naturales de estructura (Figura 6) se definen en el Cuadro 48.

Cuando se requiera, se pueden distinguir casos especiales o combinaciones de estructuras, que

Tipos de estructura del suelo y su formación



CUADRO 50
Clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo

		Granular/laminar	Prismática/columnar/ forma de cuña	Blocosa/terrones/ desmenuzable/grumos
		(mm)	(mm)	(mm)
VF	Muy fino/delgado	< 1	< 10	< 5
FI	Fino/delgado	1–2	10–20	5–10
ME	Medio	2–5	20–50	10–20
CO	Grueso/espeso	5–10	50–100	20–50
VC	Muy grueso/espeso	> 10	100–500	> 50
EC	Extremadamente grueso	–	> 500	–

CUADRO 51
Clases de tamaño combinadas para los tipos de estructura de suelo

FF	Muy fino y fino
VM	Muy fino a medio
FM	Fino a medio
FC	Fino a grueso
MC	Medio a grueso
MV	Medio a muy grueso
CV	Grueso a muy grueso

CUADRO 52
Combinaciones de tipo de estructura de los suelos

CO + PR	Ambas estructuras presentes
PR → AB	Estructura primaria cambiando con una secundaria
PL / PR	Una estructura fusionándose a otra

son subdivisiones de las estructuras básicas. Los códigos recomendados se proporcionan en el Cuadro 49.

Tamaño

Las clases de tamaño varían con el tipo de estructura. Para las estructuras prismática, columnar y laminar, las clases de tamaño se refieren a las medidas de la dimensión más pequeña de los agregados (Cuadro 50).

Las clases combinadas se pueden estructurar usando la Cuadro 51. Cuando se presente una segunda estructura, se debe describir su relación con la primera estructura. Ambas estructuras deben estar presentes (por ejemplo: estructuras columnar y prismática). La estructura primaria se puede dividir en una estructura secundaria (por ejemplo: de una estructura prismática a blocosa angular). La estructura primaria se puede fusionar a la segunda estructura (por ejemplo: la estructura laminar fusionándose con la prismática). Estas se pueden indicar como en la Cuadro 52.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Estructura de suelo, o ausencia de estructura rocosa (el término "estructura de roca" también se aplica a sedimentos no consolidados cuando la estratificación es aún visible) en la mitad del volumen o más de la tierra fina → horizonte cámbico.
- ✓ Estructura de suelo suficientemente fuerte que el horizonte no es masivo y fuerte o muy fuerte cuando está seco (prismas de diámetro más grande que 30 cm se incluyen en la definición de masiva si no hay una estructura secundaria dentro) → horizontes mólico, úmbrico y antrico.
- ✓ Estructura de suelo granular o bloques sub-angulares finos (y moldes de lombrices) → horizonte vorónico.
- ✓ Estructura columnar o prismática en alguna parte del horizonte o una estructura blocosa con lenguas de un horizonte eluvial → horizonte nátrico.

- ✓ Estructura de bloques angulares moderado a fuertemente desarrollados?, que se rompe en elementos de caras planas o formas de nuez con caras brillantes en los agregados (peds) → horizonte nítico.
- ✓ Agregados estructurales en forma de cuña con una inclinación del eje longitudinal de 10-60º con respecto a la horizontal → horizonte vértico.
- ✓ Agregados en forma de cuña → propiedades vérticas.
- ✓ Estructura laminar → capa de lodo (horizonte antracuico).
- ✓ Uniformemente estructurado → horizonte irragrico.
- ✓ Separaciones entre unidades de suelo estructurales que permite que la entrada de las raíces tenga un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm → horizonte frágico.
- ✓ Estructura laminar o masiva → horizonte takírico.
- ✓ Capa laminar → horizonte yérmico.
- ✓ Estructura fuerte, más fina que granular muy gruesa → calificador Grúmico.
- ✓ Masiva y fuerte a muy fuerte en los primeros 20 cm del suelo → calificador Mázico.
- ✓ Una estructura laminar y una superficie costrosa → calificador Hiperócrico.
- ✓ Estratificación en ≥ 25 por ciento del volumen del suelo → material flúvico.

Consistencia

La consistencia se refiere al grado de cohesión o adhesión de la masa del suelo. Incluye las propiedades del suelo como la friabilidad, plasticidad, adhesividad, y resistencia a la compresión. Depende en gran medida de la cantidad y tipo de arcilla, materia orgánica y contenido de humedad del suelo.

Para las descripciones de referencia (Estado1, Capítulo 2), se requiere un registro de la consistencia del suelo para los estados seco, húmedo y mojado (adhesividad y plasticidad). Cuando sea aplicable, también se pueden registrar la tixotropía y la fluidez. Para las descripciones de rutina, se debe describir la consistencia del suelo en las condiciones naturales de humedad del perfil. En la mayoría de casos, la consistencia en saturado? casi siempre se la puede describir, al igual que en condiciones húmedas cuando el suelo está seco, mediante adición de agua a la muestra de suelo.

Consistencia en seco

La consistencia en seco (Cuadro 53) se determina mediante el rompimiento de una masa de suelo seco entre los dedos o en la mano.

CUADRO 53
Consistencia del suelo en seco

LO	Suelto	No coherente.
SO	Suave	La masa de suelo es muy débilmente coherente y frágil; se disgrega a polvo o a granos individuales bajo presión muy ligera.
SHA	Ligeramente duro	Débilmente resistente a la presión; se disgrega fácilmente entre los dedos.
HA	Duro	Moderadamente resistente a la presión; puede disgregarse entre las manos; no así entre con los dedos.
VHA	Muy duro	Muy resistente a la presión; puede disgregarse en las manos solo con dificultad.
EHA	Extremadamente duro	Extremadamente resistente a la presión; no puede disgregarse en las manos.

Nota: Los códigos adicionales, que sean ocasionalmente requeridos para distinguir dos horizontes o capas son: SSH, suave a ligeramente duro; SHH, ligeramente duro a duro; y HVH, duro a muy duro.

CUADRO 54
Consistencia de la masa del suelo en húmedo

LO	Suelto	No coherente.
VFR	Muy friable	El material de suelo se aplasta bajo presión leve, pero es coherente cuando se lo presiona todo al mismo tiempo.
FR	Friable	El material de suelo se aplasta fácilmente bajo presión suave a moderada entre los dedos, y se vuelve coherente cuando se lo presiona junto.
FI	Firme	El material de suelo se aplasta bajo presiones moderadas entre los dedos, pero su resistencia es distintamente evidente.
VFI	Muy firme	El material de suelo se aplasta a presiones fuertes; apenas aplastable entre los dedos.
EFI	Extremadamente firme	El material de suelo se aplasta solo a presiones muy fuertes; no puede aplastarse entre los dedos.

Nota: Los códigos adicionales son: VFF, muy friable a friable; FRF, friable a firme; y FVF, firme a muy firme.

CUADRO 55
Clasificación de la adhesividad del suelo

NST	No adherente	Después de liberar la presión, prácticamente el suelo no se adhiere a los dedos.
SST	Ligeramente adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere a los dedos pero se desprende completamente de cualquiera de las partes. No se extiende apreciablemente cuando los dedos se separan.
ST	Adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere a los dedos y tiende a extenderse bastante cuando se separa los dedos.
VST	Muy adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere fuertemente a los dedos y es decididamente extensible cuando estos se separan.

Nota: Los códigos adicionales son: SSS, ligeramente adherente a adherente; y SVS, adherente a muy adherente.

CUADRO 56
Clasificación de la plasticidad del suelo

NPL	No plástico	No se forma el cordón.
SPL	Ligeramente plástico	Se forma el cordón pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro; la masa de suelo se deforma por una muy ligera fuerza.
PL	Plástico	Se forma el cordón pero se rompe al doblarlo en forma de aro; se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa de suelo.
VPL	Muy plástico	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro; se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa de suelo.

Nota: Los códigos adicionales son: SPP, ligeramente plástico a plástico; y PVP, plástico a muy plástico.

Consistencia en húmedo

La consistencia en húmedo (Cuadro 54) se determina mediante el intento de aplastar una masa de suelo húmedo o ligeramente húmedo.

Consistencia en mojado: máxima adhesividad y plasticidad

La adhesividad del suelo depende de la magnitud a la que la estructura del suelo es destruida y en la cantidad de agua presente. La determinación de la adhesividad se debe realizar bajo condiciones estándar en una muestra de suelo cuya estructura este completamente destruida y en la que contenga suficiente agua para mostrar su máxima adhesividad. En este caso, se determinará la máxima adhesividad y será factible la comparación entre grados de adhesividad de varios suelos. El mismo principio se aplica para determinar la plasticidad del suelo.

La adhesividad es la calidad de adhesión del material del suelo a otros objetos determinados, notando la adherencia del suelo con la presión entre los dedos (Cuadro 55).

La plasticidad es la habilidad del material del suelo a cambiar de forma continua bajo la influencia de una presión aplicada y retener esa forma cuando se quita esa presión. Se la determina enrollando el suelo en las manos hasta formar un cordón de cerca de 3 mm de diámetro. (Cuadro 56).

CUADRO 57
Clases del estado de humedad del suelo

Aplastamiento	Formación (esfera)	Humedecimiento	Frotamiento (en la mano)	Humedad	pF*
polvoriento o duro	no es posible	tornado muy oscuro	no liviano	muy seco	5
no polvoriento	no es posible	tornado oscuro	dific. liviano	seco	4
no polvoriento	posible (no arena)	tornado levemente oscuro	obviamente liviano	levemente húmedo	3
es adherente	dedo húmedo y frío, débilmente brillante	sin cambio de color	obviamente liviano	húmedo	2
agua libre	gotas de agua	sin cambio de color		Saturado?	1
agua libre	gotas de agua sin aplastar	sin cambio de color		muy mojado	0

* pF (p = potential, F = free energy of water) is log hPa.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Consistencia extremadamente fuerte en estado seco → horizonte petrocálcico.
- ✓ Superficie costrosa con una consistencia muy dura en estado seco, y una consistencia muy plástica y adhesiva cuando esta saturado? → horizonte takírico.
- ✓ Terrones secados al el aire, de 5-10 cm de diámetro, se remoja o disgrega? en agua dentro 10 minutos → horizonte frágico.
- ✓ Resistencia a la penetración a capacidad de campo de ≥ 50 kN m^{-1} → horizonte frágico.
- ✓ Resistencia a la penetración a capacidad de campo de ≥ 450 N cm^{-2} → horizonte petroplíntico.

Estado de humedad del suelo

Estado de humedad del suelo es el término usado para describir la condición de humedad de un horizonte al tiempo en que el perfil es descrito. El estado de humedad se puede estimar en el campo siguiendo la Cuadro 57.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Las definiciones de materiales minerales y orgánicos, y de horizontes hístico, fólico y cryico dependen del estado de humedad del suelo.
- ✓ Temporalmente saturado por el agua → Calificadores Geliestágnico, Oxiaquico y Reductaquic.
- ✓ Material orgánico flotando sobre el agua → Calificador floático.
- ✓ Permanentemente sumergido bajo el agua < 2m → Calificador subaquico.
- ✓ Inundado por agua de marea, pero no cubierto con marea media → Calificador tidalico.
- ✓ Horizonte hístico drenado artificialmente → Calificador draínico.

DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

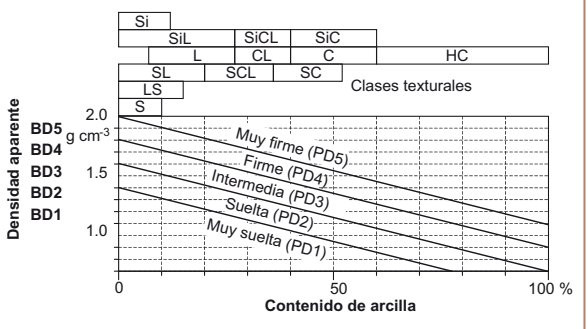
La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 kg dm^{-3}) indican generalmente

CUADRO 58
Estimación en campo de la densidad aparente de suelos minerales

Observación	Forma frecuente del ped	Densidad aparente (kg dm^{-3}) Código
Suelos arenosos, limosos y francos con bajo contenido de arcilla		
Muchos poros, materiales húmedos se sueltan rápidamente de la barrena; materiales con poros vesiculares, suelos minerales con propiedades ándicas.	granular	< 0,9 BD1
La muestra se desintegra al momento del muestreo, muchos poros visibles en la pared del perfil.	granos simples, granular	0,9–1,2 BD1
La muestra se desintegra en fragmentos después de la aplicación de fuerza leve.	granos simples, sub-angular, bloque angular	1,2–1,4 BD2
El cuchillo puede ser introducido dentro del suelo húmedo con poca fuerza; la muestra se desintegra en pocos fragmentos, los cuales puede aun ser divididos.	bloques angulares y sub-angulares, prismática, laminar	1,4–1,6 BD3
El cuchillo penetra solo 1-2 cm dentro el suelo húmedo, se requiere algo de esfuerzo, la muestra se desintegra en pocos fragmentos, los cuales no pueden ser sub-divididos.	Prismática, laminar y bloque angular	1,6–1,8 BD4
Se requiere de gran fuerza para introducir el cuchillo dentro del suelo, la muestra no puede ser desintegrada posteriormente	prismática	> 1,8 BD5
Suelos francos con alto contenido de arcilla, suelos arcillosos		
Cuando se la deja caer, la muestra se desintegra en numerosos fragmentos, desintegración posterior de sub-fragmentos después de la aplicación de fuerza leve.	bloques angulares	1,0–1,2 BD1
Cuando se la deja caer, la muestra se desintegra en pocos fragmentos, desintegración posterior de sub-fragmentos después de la aplicación de fuerza media.	bloques angulares, prismática, laminar, columnar	1,2–1,4 BD2
Cuando se la deja caer, la muestra se mantiene mayormente intacta, mayor desintegración es posible si se aplica una gran fuerza.	coherente, prismática, laminar (columnar, bloques angulares, laminar, forma de cuña)	1,4–1,6 BD3
Cuando se la deja caer, la muestra se mantiene intacta, no se puede lograr mayor desintegración aun si se aplica una muy gran fuerza.	Coherente (prismática, columnar, forma de cuña)	>1,6 BD4, 5

Nota: si la materia orgánica es >2%, la densidad aparente debe ser reducida por 0.03 kg dm-3 por cada 1% de incremento en el contenido de la materia orgánica.

FIGURA 7
Calificación de la densidad aparente



Fuente: de acuerdo con Ad-hoc-AG-Boden, 2005

una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua.

Existen muchos métodos para determinar la densidad aparente del suelo. Uno de ellos consiste en obtener un volumen de suelo conocido, secarlo para remover el agua y pesar la masa seca. Otro utiliza un instrumento especial (cilindro metálico) para obtener una muestra de suelo de volumen conocido sin disturbar la estructura natural del suelo, y después determinar

la masa seca. Para horizontes superficiales, un método simple consiste en excavar un pequeño hueco y llenarlo completamente con un volumen de arena conocido.

Las determinaciones de la densidad aparente en campo se pueden obtener a través de la estimación de la fuerza requerida para introducir un cuchillo en la cara de un horizonte expuesto en condiciones naturales de humedad del perfil (Cuadro 58).

Notas para propósitos de clasificación

✓ Densidad aparente de 0,90 kg dm^{-3} o menor → Propiedades ándicas.

✓ En el pie de arado, una densidad aparente ≥ 20 por ciento (relativa) mayor que aquella de la capa de barro → Horizonte antraquico.

La penetración de las raíces no sólo está limitada por la densidad aparente, sino también por la textura del suelo. Los suelos de textura fina contienen pocos poros en tamaño y abundancia requeridos para el crecimiento irrestricto de las raíces. Por lo tanto, la evaluación de la densidad aparente debe también tomar en cuenta la textura del suelo. Para propósitos de evaluación también se puede usar la "densidad de empaque" (PD=BD + 0,009 % de arcilla) (Figura 7).

La densidad aparente y el volumen de sólidos de los suelos orgánicos se pueden estimar después del estado de descomposición o la extensión del drenaje de la turba. Los materiales turba que están débilmente drenados y descompuestos, se caracterizan por tener un baja densidad aparente y un bajo nivel de sólidos en relación con el material orgánico bien drenado y fuertemente descompuesto (Cuadro 59).

Los horizontes orgánicos superficiales de suelos minerales, pueden ser tratados como capas de turba fuertemente descompuestos.

ESPACIOS VACÍOS O POROS (POROSIDAD)

Incluyen todos los espacios vacíos en el suelo. Están relacionados con el arreglo de los constituyentes primarios del suelo, patrones de enraizamiento, cámaras ?(madrigueras) de animales o cualquier otro proceso formador del suelo, como agrietamiento, desplazamiento y percolación. El término espacio vacío es casi equivalente al termino poro, pero este último es más usado de forma restrictiva y no incluye por ejemplo: fisuras o planos.

CUADRO 59

Estimación en campo de la densidad aparente y volumen de sólidos de suelos orgánicos

Condiciones de drenaje		Características de la turba	Clases de descomposición		Volumen sólido	Densidad aparente
Pantano	Cienaga				Vol. (%)	g cm^{-3}
No drenado	No drenado	Casi nadando	D1	Muy bajo (fíbrico)	< 3 SV1	< 0,04
Débilmente drenado	Débilmente drenado	Suelto	D2	Bajo (fíbrico)	3– < 5 SV2	0,04–0,07
Moderadamente drenado	Débilmente drenado	Casi suelto	D3	Moderado (fíbric)	5– < 8 SV3	0,07–0,11
Bien drenado	Moderadamente drenado	Casi suelto	D4	Fuerte (hémico)	8– < 12 SV4	0,11–0,17
Bien drenado	Bien drenado	Denso	D5	Muy fuerte (sáprico)	≥ 12 SV5	> 0,17

Fuente: de acuerdo con Ad-hoc-AG-Boden, 2005

Los poros se describen de acuerdo con: tipo, tamaño y abundancia. Adicionalmente, también se puede registrar la continuidad, orientación y otro tipo de elemento.

Porosidad

La porosidad es una indicación del volumen total de espacios porosos discernibles con una lupa x10; se mide por área y se registra como el porcentaje de superficie ocupada por poros (Cuadro 60).

Tipo

Existe una gran variedad en la forma y origen de los espacios porosos. Es impráctico y usualmente no necesario describir ampliamente todos los tipos de espacios porosos. Se debe dar énfasis a la estimación de los espacios porosos continuos y alongados. Los tipos principales de espacios porosos se pueden clasificar de forma simplificada siguiendo el Cuadro 61.

En la mayoría de casos, es recomendable que se describan solamente el tamaño y la abundancia de los canales, los cuales son mayormente poros continuos tubulares (Figura 8). Para los otros tipos de espacios porosos, las siguientes clases de tamaño y abundancia servirán como guía para la construcción de clases aptas para cada categoría.

CUADRO 60
Clasificación de la porosidad del suelo

		%
1	Muy baja	< 2
2	Baja	2–5
3	Media	5–15
4	Alta	15–40
5	Muy alta	> 40

Tamaño

El diámetro de los espacios porosos alongados o tubulares se reporta en el Cuadro 62.

Abundancia

Se registra la abundancia por unidad de área en un decímetro cuadrado

CUADRO 61
Clasificación de espacios porosos

I	Intersticial	Controlado por el tejido o arreglo de las partículas del suelo, también conocido como espacios texturales. Se pueden subdividir en espacios simples de empaquetamiento, que se refieren a los espacios entre partículas de arena, y los espacios compuestos que resultan del empaquetamiento de los agregados (peds) no acomodados. Son de forma predominantemente irregular e interconectados, difíciles de cuantificar en el campo.
B	Vesicular	Espacios discontinuos de forma esférica o elipsoidal (cámaras) de origen sedimentario o formado por compresión del aire; por ejemplo: burbujas de gas en costras humedecidas después de una fuerte lluvia. Su importancia es relativa en conexión con el crecimiento de las plantas.
V	Cavidades	Espacios mayormente irregulares, equidimensionales de origen animal, o como resultado de labranza o alteración de otros espacios. Discontinuos o interconectados. Pueden ser cuantificados en casos específicos.
C	Canales	Espacios alongados de origen animal o vegetal, son en su mayoría de forma tubular y continua, variando fuertemente en su diámetro. Cuando son más anchos que pocos centímetros (madrigueras), se describen de forma mas adecuada en la sección de actividad biológica.
P	Planos	La mayoría de planos son espacios extra-pedales, relacionados con superficies de acomodamiento de los agregados (peds)) o patrones de agrietamiento. No son persistentes y varían en tamaño, forma y cantidad, dependiendo de la condición de humedad del suelo. Los espacios planares se pueden describir usando el ancho y frecuencia.

de los poros muy finos y alargados en un grupo y los poros medianos a gruesos en otro (Cuadro 63).

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Capa vesicular por debajo de una capa laminar o pavimento con una capa vesicular → Horizonte yérmico.
- ✓ Agregados del suelo ordenados y poros vesiculares → Horizonte antraquico.

CONCENTRACIONES

Esta sección se ocupa de la descripción de las concentraciones

CUADRO 62
Clasificación del diámetro de los poros

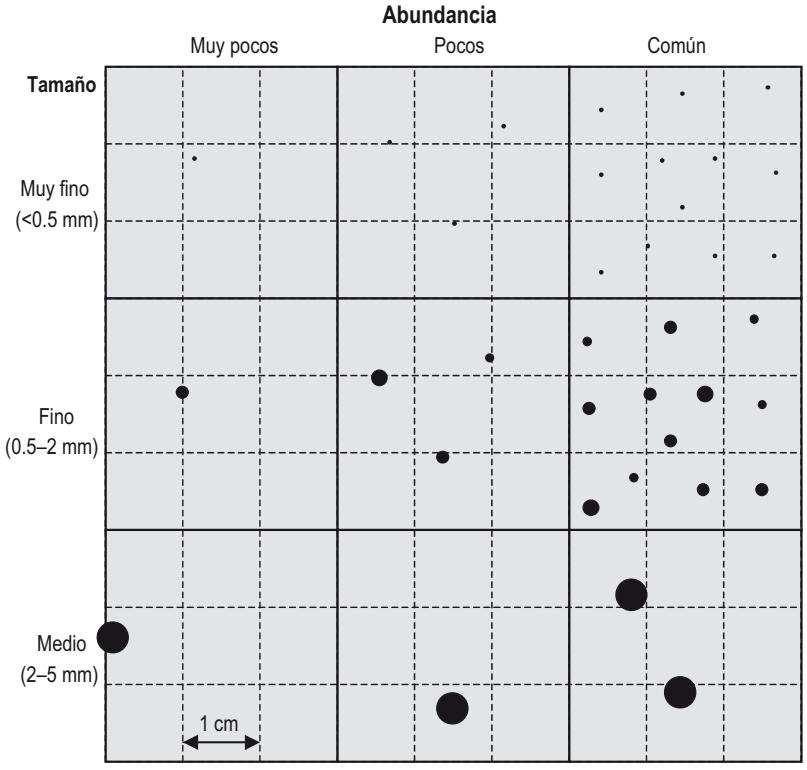
		mm
V	Muy finos	< 0,5
F	Finos	0,5–2
M	Medio	2–5
C	Gruesos	5–20
VC	Muy gruesos	20–50

Nota: códigos adicionales: FM, fino a medio; FF, fino a muy fino; y MC, medio a grueso

CUADRO 63
Clasificación de la abundancia de poros

		< 2 mm (número)	> 2 mm
N	Ninguno	0	0
V	Muy pocos	1–20	1–2
F	Pocos	20–50	2–5
C	Comunes	50–200	5–20
M	Muchos	> 200	> 20

FIGURA 8
Cuadros para la estimación del tamaño y abundancia de los poros



CUADRO 64
Clasificación de la abundancia de los revestimientos

		%
N	Ninguno	0
V	Muy poco	0–2
F	Poco	2–5
C	Común	5–15
M	Mucho	15–40
A	Abundante	40–80
D	Dominante	> 80

CUADRO 65
Clasificación del contraste de los revestimientos

F	Débil	La superficie del barniz muestra solamente poco contraste en color, uniformidad o cualquier otra propiedad comparada con la superficie adyacente. Los granos finos de arena son fácilmente evidentes en el cutan. Las lamelas tienen un espesor menor de 2 mm.
D	Distinto	La superficie del revestimiento es mas uniforme o diferente en color en relación con la superficie adyacente. Los granos finos de arena son encubiertos por el revestimiento, pero sus contornos son visibles todavía. Las lamelas tienen un espesor entre 2-5 mm.
P	Prominente	La superficie de los revestimientos contrasta fuertemente en uniformidad y color con las superficies adyacentes. Los contornos de los granos de arena no son visibles. Las lamelas tienen un espesor mayor de 5 mm.

de materiales más comunes del suelo, incluyendo enriquecimientos secundarios, cementaciones y re-orientaciones.

Revestimientos

Esta sección describe los rasgos de la iluviación de arcilla o arcilla mixta, revestimientos de otra composición (como carbonato de calcio, manganeso, limo u material orgánico), reorientaciones [como caras de fricción (superficies pulidas y acanaladas)] y concentraciones asociadas con superficies pero que ocurren como manchas en la matriz ("barnices hipodérmicos"). Todos estos rasgos se describen de acuerdo con su abundancia, contraste, naturaleza, forma y localización.

Abundancia

Para los revestimimientos se hace una estimación de cuanto

CUADRO 66
Clasificación de la naturaleza de los revestimientos

C	Arcilla
S	Sesquióxidos
H	Humus
CS	Arcilla y sesquióxidos
CH	Arcilla y humus (materia orgánica)
CC	Carbonato de Calcio
GB	Gibsita
HC	Barnices hipodérmicos (los barnices hipodérmicos, como se los usa en esta guía, son rasgos a escala de campo, comúnmente expresado como rasgos hidromórficos. Barnices hipodérmicos micro-morfológicos incluyen rasgos o elementos no-redox [Bullock *et al*., 1985])
JA	Jarosita
MN	Manganeso
SL	Sílice
SA	Revestimientos de arena
ST	Revestimientos de limo
SF	Superficies brillosas (como en el horizonte nítico)
PF	Superficies o caras de presión
SI	Caras de fricción con intersección total (las caras de fricción son superficies pulidas y acanaladas de agregados que son producidas a través del deslizamiento y frotamiento de los agregados.
SP	Caras de fricción, con intersección parcial
SN	Caras de fricción, sin intersección

Fuente: adaptado de Shoeneberger *et al*. (2002).

esta cubierto el ped o la cara del agregado (Cuadro 64). Se debe aplicar criterios de correspondencia cuando el revestimiento o cután esté relacionado con otras superficies (poros y fragmentos gruesos) u ocurre como lamelas.

CUADRO 67
Clasificación de la forma de los revestimientos

C	Continua
CI	Continua irregular (no uniforme, heterogénea)
DI	Discontinua irregular
DE	Dendroide
DC	Discontinua circular
O	Otra

Contraste

El Cuadro 65 muestra la clasificación del contraste de los revestimientos.

CUADRO 68
Clasificación de la localización de los revestimientos y acumulación de arcilla

P	Caras del agregado (Pedfaces)
PV	Caras de agregado verticales
PH	Caras de agregados horizontales
CF	Fragmentos gruesos
LA	Lamelas (bandas de arcilla)
VO	Poros
BR	Puentes entre los granos de arena
NS	Sin localización especifica

Nature

La naturaleza de los revestimientos se puede describir de acuerdo con el Cuadro 66.

Forma

Para algunos revestimientos, la forma puede ser un indicativo de su génesis (Cuadro 67). Por ejemplo, barnices de manganeso y ferro-manganeso de forma dendroide, indican que su formación se debe a la pobre infiltración y condiciones de reducción periódicas debido a la precolación de agua.

Localización

En el Cuadro 68 se indica la localización de los barnices o acumulación de arcilla. En el caso de las superficies de presión y caras de deslizamiento, no se requiere especificar su localización, ya que por definición estas se localizan en las caras de los agregados (pedfaces).

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Evidencia de acumulación de sílice, por ejemplo como barnices → Horizonte petrodúrico.
- ✓ Caras de deslizamiento → Horizonte vértico y propiedades vérticas.
- ✓ Evidencia de iluviación de arcilla → Horizontes árgico y nátrico.
- ✓ Barnices quebrados en granos de arena → Horizonte spódico.
- ✓ Granos de arena y limo sin barnizar → Calificador greyico.
- ✓ Barnices de arcilla en el horizonte árgico → Calificador cutánico.
- ✓ Iluviación en la forma de lamelas en el horizonte árgico, nítrico y espodico → Calificador lámelico.
- ✓ Barnices que tienen un color diferente al de la matriz (sección sobre moteados [arriba]).

CUADRO 69
Clasificación de la continuidad de la cementación/compactación

B	Quebrada	La capa está cementada o compactada en menos de 50%, y muestra una apariencia irregular.
D	Discontinua	La capa está cementada o compactada entre 50-90%, y muestra en general una apariencia regular.
C	Continua	La capa está cementada o compactada en más de 90%, y es interrumpida solamente en algunos lugares por grietas o fisuras.

CUADRO 70
Clasificación de la estructura de la capa cementada/ compactada

P	Laminar	Las partes cementadas o compactadas son tipo laminar y tienen una orientación horizontal o sub-horizontal.
V	Vesicular	La capa tiene poros grandes y equidimensionales que pueden ser llenados con material no cementado.
P	Pisolítica	La capa está construida en su mayoría a partir de nódulos esféricos cementados.
D	Nodular	La capa está construida en su mayoría a partir de nódulos cementados o concreciones de forma irregular.

CUADRO 71
Clasificación de la naturaleza de la cementación/compactación

K	Carbonatos
Q	Sílice
KQ	Carbonatos-sílice
F	Hierro
FM	Hierro-manganeso (sesquióxidos)
FO	Hierro-materia orgánica
I	Hielo
GY	Yeso
C	Arcilla
CS	Arcilla-sesquióxidos
M	Mecánica
P	Arado
NK	No conocida

Cementación y compactación

La ocurrencia de cementación y compactación en panes se describe de acuerdo con su naturaleza, continuidad, estructura, agente y grado.

El material compactado tiene una consistencia firme o más fuerte en estado de humedad y un empaque de partículas cerrados. El material cementado no se humedece después de una hora de inmersión en agua.

Continuidad

El Cuadro 69 indica la clasificación de la continuidad de la cementación/ compactación.

Estructura

El tejido o estructura de la capa cementada o compactada se puede describir de acuerdo con el Cuadro 70.

Naturaleza

La naturaleza de la cementación o compactación se describe de acuerdo con el agente cementante o actividad compactante;para ello se recomienda seguir el Cuadro 71.

Grado

El Cuadro 72 indica la clasificación del grado de cementación/ compactación.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Hielo que yace encima de materia orgánica → Histosoles.
- ✓ Cementación por hielo o cristales de hielo visibles → Horizonte críico.
- ✓ ≥ 75% de hielo (por volumen) → Calificador glácico.
- ✓ Cementación por materia orgánica y aluminio → Horizonte espódico.
- ✓ Horizonte espódico cementado → Calificador orsteínico.
- ✓ Pan de hierro que tiene un espesor de 1-25 mm y está cementado continuamente por una combinación de materia orgánica, hierro y/o aluminio → Calificador plácico.

CUADRO 72
Clasificación del grado de cementación/compactación

N	No cementada y no compactada	No se observa ni compactación ni cementación (se humedece en agua).
Y	Compactada pero no cementada	La masa compactada es apreciablemente dura o más quebradiza que otra masa de suelo comparable (se humedece en agua).
W	Débilmente cementada	La masa cementada es resquebradiza y dura, pero puede ser rota en las manos.
M	Moderadamente cementada	La masa cementada no puede ser destruida en las manos, pero es discontinua (menos de 90% de la masa del suelo).
C	Cementada	La masa cementada no puede ser rota en las manos y es continua (mas de 90% de la masa del suelo).
I	Endurada	La masa cementada no puede ser destruida por el peso del cuerpo humano (peso estándar de un edafólogo de 75 kg) (mas de 90% de la masa del suelo).

- ✓ Fuertemente cementado o endurado → Horizontes petrocálcico, dúrico, gípsico y plíntico; Calificadores pétrico, petrogleyico y petrosélico.
- ✓ Cementación en remojo y secado repetido → Horizonte plíntico.
- ✓ Las raíces no pueden penetrar excepto a través de las fracturas verticales que tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥10 cm y ocupan <20% (por volumen) de la capa → Horizontes petrocálcico, petrodúrico y petrogípsico.
- ✓ Horizonte fuertemente cementado o endurecido que consiste de terrones con una longitud horizontal promedio de <10 cm → Calificadores fractipétrico y fractiplíntico.
- ✓ Compactación natural o artificial → Calificador dénsico.

CUADRO 73
Clasificación de la abundancia de las concentraciones minerales por volumen

		%
N	Ninguna	0
V	Muy pocas	0–2
F	Pocas	2–5
C	Común	2–15
M	Muchas	15–40
A	Abundantes	40–80
D	Dominantes	> 80

Concentraciones minerales

Las concentraciones minerales cubren una gran variedad de concentraciones secundarias cristalinas, micro-cristalinas y amorfas de substancias inorgánicas como rellenos, concreciones suaves, concentraciones irregulares (moteados), y nódulos de materiales formados principalmente por pedogénesis. Existen transiciones graduales a través de los moteados, algunos de los cuales pueden ser considerados como expresiones débiles de los nódulos. Las concentraciones minerales se describen de acuerdo con: su abundancia, tipo, tamaño, forma, dureza, naturaleza y color.

Abundancia (por volumen)

El Cuadro 73 describe la clasificación de la abundancia de las concentraciones minerales.

CUADRO 74
Clasificación de los tipos de concentraciones minerales

T	Cristales	
C	Concreción	Cuerpo discreto con una estructura interna concéntrica, generalmente cementado.
SC	Concreción suave	
S	Agregación suave (o acumulación suave)	Difiere de la masa de suelo alrededor en color y composición, pero no es fácilmente separable como cuerpo discreto.
N	Nódulo	Cuerpo discreto sin organización interna.
IP	Poros rellenos	Incluye pseudomicelium de carbonatos.
IC	Grietas rellenadas	
R	Fragmento rocoso residual	Cuerpo impregnado discreto que aún muestra su estructura rocosa
O	Otro	

CUADRO 75
Clasificación del tamaño y forma de las concentraciones minerales

	Tamaño	(mm)		Forma
V	Muy fino	< 2	R	Redondeado (esférico)
F	Fino	2–6	E	Elongado
M	Medio	6–20	F	Plano
C	Grueso	> 20	I	Irregular
			A	Angular

CUADRO 76
Clasificación de la dureza de las concentraciones minerales

H	Dura	No puede quebrarse entre los dedos.
S	Suave	Puede quebrarse entre los dedos.
B	Dura y suave	

CUADRO 77
Ejemplos de la naturaleza de las concentraciones minerales

K	Carbonatos (calcáreos)
KQ	Carbonatos-sílice
C	Arcilla
CS	Arcilla-sesquióxidos
GY	Yeso
SA	Sal
GB	Gibsita
JA	Jarosita
S	Azufre
Q	Sílice (silicio)
F	Hierro
FM	Hierro-manganeso (sesquióxidos)
M	Manganeso
NK	No conocida

Tipo
El Cuadro 74 describe la clasificación de los tipos de concentraciones minerales.

Tamaño y forma
El Cuadro 75 describe la clasificación del tamaño y forma de las concentraciones minerales.

Dureza
El Cuadro 76 describe la clasificación de la dureza de las concentraciones minerales.

Naturaleza
Las concentraciones minerales se describen de acuerdo con su composición o sustancia impregnante. El Cuadro 77 provee algunos ejemplos.

Color
Los nombres de los colores proporcionados en el Cuadro 78 son usualmente suficientes para describir el color de los nódulos (similar a los moteados) u otros artefactos.

Notas para propósitos de clasificación
- ✓ ≥ 10% (por volumen) de nódulos débilmente cementados a endurecidos, ricos en sílice → Horizonte dúrico.
- ✓ Nódulos de color rojizo a negruzco en los cuales, al menos la parte exterior esta levemente cementada o endurada → Horizonte férrico.
- ✓ Nódulos o moteados firmes a débilmente cementados con un chroma más fuerte o hue más rojizo que el material vecino → Horizonte plíntico.

✓ Nódulos rojizos negruzcos fuertemente cementados o endurecidos → Horizonte pisoplíntico.

ACTIVIDAD BIOLOGICA

En esta sección se describe la evidencia de la actividad biológica actual y pasada, incluyendo la actividad humana.

Raíces

El registro del tamaño y abundancia de las raíces es en general suficiente para caracterizar la distribución de raíces en el perfil de suelo. En casos específicos, se puede anotar información adicional como los cambios bruscos en la orientación de la raíz.

La abundancia de las raíces solo puede ser comparada dentro la misma clase de tamaño. La abundancia de raíces finas y muy finas se puede registrar similarmente a la descripción de los poros (Figura 8), expresada en el número de raíces por decímetro cuadrado.

Tamaño (diámetro)

El Cuadro 79 indica la clasificación del tamaño de las raíces.

Abundancia

El Cuadro 80 indica la clasificación de la abundancia de las raíces.

CUADRO 78
Nombres de los colores de las concentraciones minerales

WH	Blanco
RE	Rojo
RS	Rojizo
YR	Rojo amarillento
BR	Marrón
BS	Parduzco
RB	Rojo parduzco
YB	Amarillo parduzco
YE	Amarillo
RY	Amarillo rojizo
GE	Verdusco
GR	Gris
GS	Grisáceo
BU	Azul
BB	Negro-azul
BL	Negro
MC	Multicolor

CUADRO 79
Clasificación del diámetro de las raíces

		mm
VF	Muy fina	< 0,5
F	Fina	0,5–2
M	Media	2–5
C	Gruesa	> 5

Nota: códigos adicionales: FF, muy fina a fina; FM fina a media; y MC media a gruesa

CUADRO 80
Clasificación del diámetro de las raíces

		< 2 mm	> 2 mm
N	Ninguna	0	0
V	Muy pocas	1–20	1–2
F	Pocas	20–50	2–5
C	Común	50–200	5–20
M	Muchas	> 200	> 20

Otros rasgos biológicos

Los rasgos biológicos, como las krotovinas, madrigueras de termitas, nidos de insectos, túneles de lombrices y madrigueras de animales más grandes se describen en términos de abundancia y tipo. Adicionalmente, se pueden registrar otras características como la localización especifica, patrones, tamaño, composición, etc.

Abundancia

La abundancia de la actividad biológica es registrada siguiendo los términos generales de el Cuadro 81.

CUADRO 81
Clasificación de la abundancia de la actividad biológica

N	Ninguna
F	Poca
C	Común
M	Mucha

CUADRO 82
Clasificación de la abundancia de la actividad biológica

A	Artefactos
B	Madrigueras (sin especificar)
BO	Madrigueras grandes abiertas
BI	Madrigueras grandes rellenas
C	Carbón
E	Canales de lombrices
P	Pedotubulos
T	Canales y nidos de termitas u hormigas
I	Otra actividad de insectos

Tipo

El Cuadro 82 muestra ejemplos de rasgos biológicos.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ ≥ 50% (por volumen) de agujeros de lombrices o gusanos, o túneles → Horizonte vorónico y Calificador vérmico.
- ✓ ≥ 25% (por volumen) de poros animales, coprolitos u otros restos de actividad animal → Horizontes hórtico e irrágico.

MATERIALES HECHOS POR EL HOMBRE

Con el crecimiento de la influencia o actividad humana en el mundo, especialmente en áreas urbanas y de explotación minera, es cada vez más importante documentar el tipo y grado de influencia. Son de particular importancia los materiales hechos por el hombre y que se encuentran en el suelo. Su edad, cantidad, estado y composición, determinan en gran magnitud la duración de la influencia humana y el impacto en el medio ambiente.

Artefactos

Los artefactos (IUSS Working Group WRB, 2006) son substancias sólidas o líquidas que son: (i) creadas y modificadas sustancialmente por el hombre como parte de un proceso de manufacturación industrial o artesanal; o (ii) traídas a la superficie por la actividad humana a partir de una profundidad donde no eran influenciadas por procesos superficiales. Poseen propiedades sustancialmente diferentes a las del ambiente en que son depositadas, y tienen las mismas propiedades cuando fueron manufacturas, modificadas o excavadas.

Esta definición tiene muchas implicaciones:

- ➢ "Liquido" incluye sustancias químicas de origen industrial.
- ➢ No incluye sobrecarga minera que ha sido influenciada por procesos superficiales o suelo transportado.
- ➢ Incluye líquidos y sólidos naturales que fueron excavados, como el carbón mineral, derrame de petróleo y brea.
- ➢ El origen humano debe ser evidente en el propio material, no si viene de registros escritos o inferencias.
- ➢ Si este ha sido transformado y su origen es irreconocible, ya no se considera artefacto.

Algunos ejemplos de artefactos son:

- Sólidos sintéticos (compuestos que no se encuentran en la naturaleza): chatarra y plástico;
- Líquidos sintéticos: creosota e hidrocarburos refinados;
- Deshechos líquidos: aguas hervidas (por ejemplo, de embotelladoras y municipales).
- Materiales naturales reconociblemente re-trabajados por el hombre: cuchillos pedernales y puntas de flechas;
- Materiales naturales procesados por el hombre dentro una forma o composición que no se encuentra en la naturaleza: alfarería, ladrillos, concreto, asfalto y balas de plomo;
- Materiales mixtos: escombros de una construcción;
- Polvos industriales (naturales y sintéticos);
- Pavimento y adoquines;
- Materiales naturales procesados de manera mínima pero mezclados de una forma artificial: deshechos orgánicos.
- Deshechos mineros o petróleo crudo.

Notas para propósitos de clasificación

✓ ≥ 20% (por volumen, por peso promedio) de artefactos → Tecnosoles.

Material transportado por el hombre (MTH)

El material transportado por el hombre (MTH) es cualquier material en el suelo a ser clasificado que haya sido traído de "afuera", generalmente usando maquinaria. Este puede ser con propósitos agrícolas (por ejemplo, terraceo a gran escala, re-vegetación de áreas mineras abandonadas), para asentamientos humanos, o simplemente para depositar material que no es deseado en su sitio original (por ejemplo, escombros). Es un material parental para la pedogénesis, por analogía a los sedimentos fluviales y coluviales.

Se ha definido como: "Material transportado por el hombre (abreviación 'MTH') a cualquier material líquido o sólido que haya sido depositado en el suelo, a partir de una fuente que se encuentra fuera de su vecindad a través de la actividad humana intencional, usualmente con la ayuda de maquinaria, sin necesidad de desplazamiento substancial por fuerzas naturales" (Rossiter, 2004).

Esta definición tiene muchas implicaciones:

- La restricción a "intencional" excluye las partículas de polvo generados por la erosión eólica o movimiento en masa causados por actividad humana. La intención debe ser inferida del tipo de material y la manera de deposición, no de registros históricos.
- "Líquidos" pueden ser de cualquier viscosidad e incluye lechadas, estiércol líquido, hidrocarburos y otros químicos industriales transportados por el hombre.
- Si el material transportado originalmente por el hombre ha sido removido adicionalmente por fuerzas naturales, como erosión (hídrica o eólica) o por inundación, la influencia humana es reducida y ya no se considera como MTH.

Es un sustrato diferente y puede ser referido como "coluvio de MTH".

- De manera similar, si el material es re-trabajado substancialmente en el sitio (por ejemplo, por una helada), la influencia humana es reducida y ya no se considera como MTH. Puede ser referido como "material edáfico crioturbado originalmente transportado por el hombre".
- El requerimiento de que los materiales han sido transportados de lugares que no son "inmediatamente vecinos" excluye materiales que vienen de la apertura de una zanja, del terraceo, etc, donde el material transportado es colocado lo más próximo a su fuente de origen; la "transportación" es muy local.

MTH puede ser mezclado con material no-transportado; por ejemplo, deshecho que es labrado o roturado e incorporado dentro el suelo natural. Así, una capa de suelo puede consistir de parte de MTH y otra parte de material no transportado (pero re-trabajado *in situ*). MTH puede tener pedogénesis substancial y aún ser identificado como tal.

MTH se puede identificar de varias formas:

- por evidencia de procesos de deposición después de la transportación (por ejemplo, poros, compactación, y fragmentos desorganizados de horizontes diagnóstico);
- por artefactos (no siempre presentes), aunque los artefactos aislados pueden estar mezclados con suelo no transportado a través de la labranza o bioturbación.
- por ausencia de evidencia de transportación por fuerzas naturales (por ejemplo, estratificación por inundación) o re-trabajo *in situ* (por ejemplo, crioturbacion);
- por ausencia de pedogénesis que camufla la evidencia de deposición.

En cada caso, el clasificador debe establecer la evidencia específica para el MTH. La evidencia histórica, por ejemplo, planos, puede ser utilizada como una indicación de donde se puede encontrar MTH, pero no es un diagnóstico; esto es el mismo caso para sedimentos fluviales, que deben ser identificados sólo a partir de la morfología, y no a partir de registros de inundación.

Notas para propósitos de clasificación

✓ MTH → Calificador transpórtico.

Geo-membranas y roca artificial

Una geo-membrana (IUSS Working Group WRN, 2006) es una membrana sintética colocada sobre la superficie o dentro del suelo u otro substrato. Muchas geo-membranas están hechas de cloruro de polivinilo (PVC) o de polietileno de alta densidad (HDPE). La roca artificial (IUSS Working Group WRN, 2006) es material consolidado, resultado de un proceso industrial con propiedades substancialmente diferentes de aquellos materiales naturales.

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ Geo-membrana construida, continua, muy baja a impermeable que comienza dentro de los 100 cm de la superficie del suelo → Tecnosoles con Calificador Línico.
- ✓ Roca artificial que comienza dentro los 5 cm de la superficie del suelo y cubriendo ≥ 95% de la extensión horizontal del suelo → Tecnosoles con Calificador Ekránico.

CUADRO 83
Clasificación de los tipos de artefactos

AN	Material natural artesanal
ID	Desecho industrial
MM	Material mixto
OG	Basura orgánica
PS	Pavimento y adoquines
SL	Líquido sintético
SS	Sólido sintético
WL	Desecho líquido

Descripción de artefactos

Artefacts are described according to their abundance, kind, size, hardness, weathering stage, and colour, if applicable.

Abundancia

La abundancia se describe usando las mismas reglas de los fragmentos rocosos (arriba).

Tipo

El Cuadro 83 lista los tipos de artefactos clasificados.

Tamaño

El tamaño se describe usando las mismas reglas de los fragmentos rocosos (arriba) o los nódulos minerales (arriba).

Dureza

La dureza se describe usando las mismas reglas de los nódulos minerales (arriba).

Intemperización

El estado de intemperización del material se describe usando las mismas reglas de los fragmentos rocosos (arriba).

Color

El color se describe utilizando las mismas reglas de los nódulos minerales (arriba).

Notas para propósitos de clasificación

- ✓ ≥ 35 % de los artefactos consisten de materiales de desecho orgánico → Calificador gárbico.
- ✓ ≥ 35% de los artefactos consisten de materiales de desecho industrial (desecho minero, escombros, etc) → Calificador espólico.

✓ ≥ 35% de los artefactos consisten de escombros y basura procedente de asentamientos urbanos → Calificador úrbico.

Descripción y determinación del material transportado por el hombre

Cuando el MTH es dominante, es decir, que ocupa más de 50% (por volumen) del suelo, es suficiente para identificar el tipo de MTH. Use la tabla de determinación (Cuadro 84) y registre el código correspondiente.

MUESTREO

Se deben dar y registrar el código y profundidad de muestreo.

Se recomienda que el número dado a la muestra, sea el número del perfil del suelo o calicata, seguido por una letra mayúscula (A, B, C, D, etc.) y el rango de profundidad a la cual cada muestra ha sido tomada comenzando de la parte inferior a la superior, sin importar el horizonte del que hayan sido tomadas (algunos pueden haber no sido muestreado mientras que otros más de una vez). Las muestras nunca se toman en los límites de los horizontes. El peso de cada muestra es usualmente 1 kg.

CUADRO 84
Tabla de determinación y códigos para los depósitos hechos por el hombre

1	Observación al perfil del suelo		
	a) estratificado (materiales descompuestos)	ir al paso 2	s...
	b) no estratificado, pero terrones de diferente color, textura y/o artefactos (substrato vacío)	ir al paso 3	d...
2	Prueba para color y textura		
	a) gris claro a oscuro, arena fina a limo, granos mas gruesos tienen poros vesiculares	ceniza en la parte inferior	...UA2
	b) gris oscuro a negro, partículas de carbón visible	barro	...UA2
	c) pardo claro a oscuro, arena fina a limo, concentraciones pequeñas de Fe/Mn	barro dragado de ríos	...UA1
	d) gris oscuro a negro, olor a H_2S	barro dragado de lagos	...UA1
	e) gris oscuro a negro, olor a NH_3, artefactos	lodo de alcantarilla	...UA2
	f) gris oscuro a negro, olor fecal, artefactos	lodo fecal	...UA2
3	Prueba para textura, consistencia y color		
	a) terroso, humito (gris a gris negruzco)	material del topsoil	...UA1
	b) franco, con carbonatos	marga calcárea	...UU3
	c) principalmente arena	arena	...UU3
	d) arcilloso	arcilla	...UU1
	e) mezcla de arena, limo y arcilla	franco	...UU2
	f) principalmente grava	grava	...UU5
	g) principalmente roca desintegrada	roca	...UU5
	h) >30% pedazos de escoria parda-rojiza	escoria	...UA2
	i) >30% pedazos de ladrillo, concreto y mortero	escombros de construcción	...UA2
	j) gris a negro, olor a H2S, >30% de artefactos (vidrio, cerámica, cuero, madera, plástico, metales)	basura	...UA2

Fuente: de acuerdo con Meuser (1996), resumido

Los símbolos de los horizontes no deben ser usados como códigos de muestreo ya que la clasificación o nomenclatura de los horizontes puede cambiar después.

Existen básicamente dos métodos de muestreo:

- Tomar la muestra en proporciones iguales sobre todo el horizonte. Este método se recomienda y debe ser usado para descripciones de referencia (Estado 1), cuando se requiere un muestreo denso.
- Tomar la muestra en proporciones iguales dentro una profundidad de 20 cm, ya sea de la parte central del horizonte (área de máxima expresión), o si se pretende tomar más de una muestra del mismo horizonte, a intervalos balanceados.

En ambos métodos, el área límite no se debe muestrear. En descripciones de suelos detalladas con horizontes no más gruesos que 30-40 cm, existirá una diferencia practica entre los dos métodos.

Se recomienda que la parte superior del suelo sea muestreada dentro los primeros 20 cm de la superficie del suelo, o más superficial si la profundidad del horizonte es menor. Esto facilitará la comparación de las características de la parte superior del suelo (topsoil) en los inventarios de suelos y la evaluación de tierras. Si se asume la presencia de un horizonte mólico, la profundidad de muestreo para un suelo con solum mayor de 60 cm de espesor puede ser más de 20 cm, pero no exceder los 30 cm.

Los criterios de profundidad de los horizontes y propiedades diagnóstico deben ser tomados en cuenta a la hora de determinar la profundidad de muestreo. Para indicar la ocurrencia de un horizonte árgico que está definido por tener un incremento de arcilla especifico sobre una distancia vertical de 15 o 30 cm, las muestras deben tomarse preferiblemente a ese intervalo de profundidad (por ejemplo: A 0-20 cm, B 20-30 cm o 30-50 cm). Otro ejemplo es para la clasificación de Nitisoles: se debe tomar una muestra a una profundidad de 140-160 cm, en adición a la colectada en aquella parte del horizonte B, cuando se asume que el contenido de arcilla es mayor.

Capítulo 5

Interpretación genética y sistemática – clasificación de suelos

DESIGNACION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

La designación de los horizontes del suelo, resume muchas observaciones de la descripción del suelo y da una impresión acerca de los procesos genéticos que han formado el suelo bajo observación. En este capitulo se presentan, la morfología del suelo y otras características descritas por horizonte.

Los símbolos de los horizontes consisten de una o dos letras mayúsculas para el horizonte mayor y letras minúsculas para las distinciones subordinadas, con o sin figura de sufijo. Para la presentación y comprensión de la descripción del perfil del suelo, es esencial dar el símbolo correcto a cada horizonte.

Horizontes y capas mayores

Las letras mayúsculas H, O, A, E, B, C, R, I, L y W representan a los horizontes mayores o capas de suelos o asociados con suelos. Las letras mayúsculas son los símbolos base a los cuales se añaden otros caracteres con el fin de de completar la designación. A la mayoría de horizontes y estratos se les asigna una letra mayúscula, pero algunos requieren dos.

Actualmente, se reconocen diez horizontes mayores y estratos, y siete horizontes transicionales.

Los horizontes maestros y sus subdivisiones representan capas o estratos que muestran evidencia de cambio y algunos estratos que no han cambiado. La mayoría son horizontes de suelo genéticos, que reflejan una valoración cualitativa acerca del tipo de cambios que han sucedido. Los horizontes genéticos no son equivalentes a los horizontes diagnóstico, aunque pueden ser idénticos en los perfiles de suelos. Los horizontes diagnostico son rasgos u objetos definidos cuantitativamente con fines de clasificación.

Se identificaron tres capas o estratos adicionales y que están relacionados con suelos;estos son: I para hielo, L para materiales límnicos y W para agua.

Horizontes o capas H

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico formado a partir de acumulaciones de material orgánico no decompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que puede estar bajo agua. Todos los horizontes H están

saturados con agua por periodos prolongados, o estuvieron saturados alguna vez pero ahora tienen drenaje artificial. Un horizonte H se puede encontrar encima de suelos minerales o a alguna profundidad de la superficie del suelo, si este fuese un horizonte enterrado.

Horizontes o capas O

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico que consiste de deshechos intactos y parcialmente descompuestos, como hojas, ramas, musgos y líquenes, que se han acumulado sobre la superficie; se pueden encontrar sobre suelos minerales u orgánicos. Los horizontes O no se encuentran saturados con agua por periodos prolongados. La fracción mineral de este tipo de material es sólo un porcentaje del volumen de material y es generalmente la mitad del peso total.

Un horizonte O debe estar en la superficie de un suelo mineral o a cualquier profundidad de la superficie si este fuese enterrado. Un horizonte A formado por iluviación de material orgánico en un subsuelo mineral no es un horizonte O, aunque algunos horizontes formados de esta manera contengan mucha materia orgánica.

Horizontes A

Estos son horizontes minerales que se formaron en la superficie del suelo o por debajo de un horizonte O, en el que toda o parte de la estructura de la roca original ha sido desintegrada y están caracterizados por uno o más de los siguientes puntos:

- Una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no despliega propiedades características de los horizontes E o B (ver abajo);
- Propiedades resultado de la labranza, pastoreo, o tipos similares de perturbación;
- Una morfología que es diferente del horizonte B o C subyacente, resultado de los procesos relacionados con la superficie.

Si un horizonte superficial (o epipedón) tiene propiedades de ambos horizontes A y E, pero el rasgo dominante es la acumulación de materia orgánica humificada, se lo denomina horizonte A. En algunos lugares, cuando prevalecen climas calientes y áridos, el horizonte superficial no disturbado es menos oscuro que el horizonte subyacente y contiene pequeñas cantidades de materia orgánica. Tiene una morfología distinta del horizonte o capa C, aunque la fracción mineral puede ser inalterada o sólo levemente alterada por intemperización. Este tipo de horizonte se designa como A porque se encuentra en la superficie. Ejemplo de epipedones que tienen estructura o morfología diferente que deben esa característica a procesos superficiales son: los Vertisoles, suelos en panes o playas con vegetación escasa, y suelos de los desiertos.

Sin embargo, los depósitos aluviales o eólicos recientes que retienen estratificación fina, no son considerados como horizonte A, al menos que estos sean labrados.

Horizontes E

Estos son horizontes minerales donde el rasgo principal es la perdida de arcilla silicatada, hierro, aluminio, o la combinación de estos, dejando una concentración

de arena y partículas de limo, y en el que la mayor parte de la estructura rocosa original ha sido completamente desintegrada.

Un horizonte E es usualmente, pero no necesariamente, más claro en color que el horizonte subyacente B. En algunos suelos, el color es aquel de las partículas de arena y limo, pero en muchos suelos, los revestimientos de oxido de hierro u otros compuestos enmascaran el color de las partículas primarias. Un horizonte E se diferencia comúnmente de un subyacente B en el mismo perfil: por el color de un alto valor o bajo croma, o ambos; por la textura más gruesa; o por la combinación de esas propiedades. Un horizonte E se encuentra comúnmente cerca de la superficie, por debajo de un horizonte O o A y por encima de un horizonte B. Sin embargo, el símbolo E puede ser usado sin tener en cuenta la posición dentro el perfil por cualquier horizonte que reúna los requerimientos y que haya sido resultado de la génesis del suelo.

Horizontes B

Estos son horizontes que han sido formados por debajo de un horizonte A, E, H u O, y en el que los rasgos o elementos dominantes son la obliteración o desintegración de toda o la mayoría de la estructura rocosa original, junto con una o la combinación de:

- Concentración iluvial, individual o en combinación de arcilla silicatada, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice;
- Evidencia de remoción de carbonatos;
- Concentración residual de sesquióxidos;
- Revestimientos de sesquióxidos que hacen al horizonte conspicuamente bajo en valor, más alto en croma, o más rojo en el matiz que los horizontes suprayacente y subyacente sin aparente iluviación de hierro;
- Alteración que forma silicatos de arcilla o libera óxidos o ambos, y que forma una estructura granular, blocosa o prismática, si los cambios de volumen acompañan cambios en el contenido de humedad;
- Fragilidad

Todos los tipos de horizontes B son o fueron originalmente horizontes sub-superficiales. Incluidos como horizontes B se encuentran las capas de concentración iluvial de carbonatos, yeso o sílice que son resultado de procesos pedogenéticos (estas capas o estratos pueden o no estar cementados) y capas frágiles que tienen otra evidencia de alteración, como la estructura prismática o la acumulación iluvial de arcilla.

Algunos ejemplos de capas o estratos que no son horizontes B, son: capas en las que las películas de arcilla recubren fragmentos rocosos o se encuentran sobre sedimentos estratificados finos no consolidados, cuando las películas fueron formadas insitu o por iluviación; capas o estratos donde los carbonatos han sido iluviados pero que no son contiguos a un horizonte genético suprayacente; y capas con propiedades gleyicas pero sin otros cambios pedogenéticos.

Horizontes o capas C

Estos son horizontes o capas, excluyendo la roca madre dura, que han sido afectados por los procesos pedogenéticos de manera mínima y no poseen las propiedades de los horizontes H, O, A, E o B. La mayoría son estratos o capas minerales; sin embargo, se incluyen algunos estratos silicios y calcáreos como conchas marinas, residuos corales y diatomáceos. El material de los horizontes C puede o no ser parecido a aquel que se formó en el solum. Un horizonte C puede haber sido modificado aún si no existe evidencia de ningún proceso pedogenético. Las plantas de las raíces pueden penetrar los horizontes C, proveyendo un medio de crecimiento importante.

Se incluyen como horizontes C, los sedimentos, saprofita y la roca madre en estado no consolidado, así como otros materiales geológicos que se saturan comúnmente dentro de 24 horas cuando el aire se seca o cuando se sitúan trozos de secado dentro el agua y cuando el material rocoso en condición húmeda puede ser atravesado por una pala. Algunos suelos forman material que ya se encuentra altamente intemperizado; este material no reúne los requisitos de los horizontes A, E o B, por lo que se lo designa como horizonte C. Los cambios que no se consideran pedogenéticos, son aquellos no relacionado con los horizontes suprayacentes. Los horizontes o capas que contienen sílice, carbonatos o yeso, aun si están cementados pueden ser incluidos como horizontes C, al menos que el horizonte este afectado por procesos pedogenéticos; caso en el que sería considerado horizonte B.

Capas R

Estos consisten de lechos de roca dura que subyacen al suelo. Ejemplos son: granito, basalto, cuarcita y caliza endurada. Cualquier trozo de un estrato R que sea introducido en agua, nunca se saturara dentro de 24 horas. La capa R es lo suficientemente coherente para ser excavada, aunque se puede mellar o astillars. Algunas capas R se pueden desmenuzar con equipo pesado. El lecho de roca puede contener grietas, pero estas son muy pocas y pequeñas para que las raíces puedan penetrar. Las grietas pueden estar revestidas o rellenadas con arcilla u otro material.

Capas I

Estos son cristales y cuñas de hielo que contienen al menos 75% de hielo (por volumen) y que separan distintivamente las capas orgánicas o minerales en el suelo. El hielo va y viene en suelos afectados por permafrost. Los cuerpos de hielo en el suelo pueden crecer a tal punto que forman cristales de cuñas que separan capas de suelos completas. En el caso en que las concentraciones de hielo ocurran dentro la profundidad de descripción del suelo, se pueden designar como una capa I. El símbolo I no se utiliza en la designación de horizontes de transición.

Capas L

Estos son sedimentos depositados en cuerpos de agua (sub-acuoso) compuesto de materiales orgánicos e inorgánicos, también conocidos como material límnico. El material límnico es aquel: (i) depositado por precipitación o a través de la acción

de los organismos acuáticos, como algas o diatomeas; o (ii) derivado bajo el agua y de las plantas acuáticas flotantes y modificadas subsecuentemente por los animales acuáticos (USDA Soil Survey Staff, 2003). Las capas L incluyen material coprogeno o turba sedimentaria (mayormente orgánica), material diatomáceo (en su mayoría silicico), y marga (mayormente calcárea). El símbolo L no se usa en la designación de horizontes de transición.

Capas W

Estas son capas de agua en los suelos o el agua sumergiendo suelos, ya sea permanente o cíclicamente dentro el periodo de tiempo de 24 horas. Algunos suelos orgánicos flotan sobre el agua. En tales casos, el símbolo W se puede utilizar al final de la descripción de suelos para indicar el carácter flotante. En otros casos, el agua superficial (es decir, no mayor de 1 m de profundidad) puede cubrir el suelo permanentemente, como es el caso de los lagos superficiales, o cíclicos, como en áreas de marea. El símbolo W se usa para indicar la profundidad de sumergimiento al inicio del horizonte o secuencia de capas. La ocurrencia de agua de marea puede ser indicada como (W).

Horizontes de transición

Existen dos tipos de horizontes de transición: aquellos con propiedades de dos horizontes sobrepuestos y aquellos con las dos propiedades separadas.

Para los horizontes dominados por propiedades de un horizonte mayor pero con propiedades de otro subordinado, se usa dos letras mayúsculas como AB, EB, BE y BC. El símbolo del horizonte mayor que se encuentra primero, designa el tipo de horizonte cuyas propiedades dominan el horizonte transicional. Por ejemplo, un horizonte AB tiene características de tanto un horizonte A como de un subyacente B, pero es más parecido a un A que a un B.

En algunos casos, un horizonte puede ser designado como transicional aun si uno de los horizontes mayores, al que se supuestamente es transicional, no se encuentra presente. Un horizonte BE se puede reconocer en un suelo truncado si sus propiedades son similares a aquellas de un horizonte BE en un suelo en el que el horizonte suprayacente E no ha sido removido por erosión. Un horizonte AB o un BA se pueden reconocer cuando un lecho de roca subyace al horizonte transicional. Un horizonte BC se puede reconocer aun si no se presenta ningún horizonte C subyacente; es transicional asumir que es el material parental. Un horizonte CR puede ser usado para la roca intemperizada que ha sido excavada pero en la que las raíces no pueden penetrar, excepto en el caso de las fracturas.

Los horizontes en los que las partes distintas tienen propiedades reconocibles de dos tipos de horizontes mayores se indican como en los casos anteriores, pero las dos letras mayúsculas se encuentran separadas por una diagonal (/), como en E/B, B/E, B/C, y C/R. Comúnmente, la mayoría de las partes individuales de uno de los componentes se encuentre rodeada por el otro.

Los símbolos I, L y W no se usan para designar horizontes transicionales.

CUADRO 85
Características subordinadas dentro los horizontes maestros

Sufijo	Descripción corta	Usado para
a	Material orgánico altamente descompuesto	Horizontes H y O
b	Horizonte genético enterrado	Horizontes minerales, no crioturbados
c	Concreciones o nódulos	Horizontes minerales
c	Tierra coprogenea	Horizontes L
d	Capa u horizonte denso (enraizamiento restringido)	Horizontes minerales, no con m
d	Tierra diatomea	Horizontes L
e	Material orgánico moderadamente descompuesto	Horizontes H y O
f	Suelo congelado	No en horizontes I y R
g	Condiciones estágnicas	Sin restricción
h	acumulación de materia orgánica	Horizontes minerales
i	Superficies de deslizamiento	Horizontes minerales
i	Materia orgánica ligeramente descompuesta	Horizontes H y O
j	Acumulación de Jarosita	Sin restricción
k	Acumulación de carbonatos pedogenéticos	Sin restricción
l	Franja capilar de moteados (gleyización)	Sin restricción
m	Fuerte cimentación o endurecimiento (pedogenético, masivo)	Horizontes minerales
m	Marga	Horizontes L
n	Acumulación pedogeneética de sodio intercambiable	Sin restricción
o	Acumulación residual de sesquióxidos (pedogenético)	Sin restricción
p	Labranza u otra acción humana	Sin restricción, E, B o C como Ap
q	Acumulación de sílice pedogenética	Sin restricción
r	Fuerte reducción	Sin restricción
s	Acumulación iluvial de sesquióxidos	Horizontes B
t	Acumulación iluvial de arcilla silicatada	Horizontes B y C
u	Materiales urbanos y otros antrópicos	Horizontes H, O, A, E, B y C
v	Ocurrencia de plintita	Sin restricción
w	Desarrollo de color o estructura	Horizontes B
x	Características fragipán	Sin restricción
y	Acumulación pedogenética de yeso	Sin restricción
z	Acumulación pedogenética de sales mas solubles que el yeso	Sin restricción
@	Evidencia de crioturbación	Sin restricción

Características subordinadas dentro las capas y horizontes maestros

Las designaciones de elementos y distinciones subordinadas dentro de las capas y los horizontes mayores, están basadas en las características observables del perfil en campo y son aplicadas durante la descripción del suelo en el sitio. Las letras minúsculas se usan como sufijos para designar tipos específicos de capas y horizontes mayores, y otros rasgos o elementos. La lista de términos y símbolos se muestra el Cuadro 85 y las explicaciones de ellos se reportan a continuación:

a. Material orgánico altamente descompuesto: usado solamente con los horizontes H y O, para indicar el estado de descomposición del material orgánico. El material orgánico altamente descompuesto contiene menos de un sexto (por volumen) de restos de plantas visibles.

b. Horizonte genético enterrado: usado en suelos minerales para indicar horizontes enterrados identificables con elementos genéticos principales que fueron

formados antes del entierro. Los horizontes genéticos pueden o no haberse formado en los materiales suprayacentes, los cuales pueden o no asumirse como los materiales parentales del suelo enterrado. El símbolo no se usa en suelos orgánicos, o para separar una capa orgánica de una mineral en suelos crioturbados, o con horizontes C.

c. Concreciones o nódulos: en un suelo mineral, su presencia indica una acumulación significativa de concreciones o nódulos. La naturaleza y consistencia de los nódulos se especifica en la descripción del horizonte y por otros sufijos.
Tierra copragea: Dentro el material límnico, denota la presencia de tierra o material coprageo, es decir, material orgánico depositado bajo el agua y dominado por material fecal de animales acuáticos.

d. Capa densa: Utilizado en suelos minerales para indicar una capa de material mayormente terreo, relativamente inalterado que no está cementado, pero que tiene una densidad aparente u organización interna que impide la penetración de las raíces, al menos si no es a través de grietas; el símbolo no se usa en combinación con los símbolos m (cementación) y x (fragipán).
Tierra diatomea: en combinación con material límnico L, se usa para indicar la presencia de tierra diatomea, es decir, materiales depositados bajo el agua y dominados por los restos silicios de la diatomea.

e. Materiales orgánicos moderadamente descompuestos: usados con los horizontes H y O solamente, para indicar el estado de descomposición del material orgánico. El material orgánico moderadamente descompuesto tiene entre un sexto a dos tercios (por volumen) de restos visibles de plantas.

f. Suelo congelado: horizontes o capas designadas que contienen hielo permanente o que tienen una temperatura permanente de 0°C. Este símbolo no es utilizado para las capas congeladas estacionalmente o para lechos de roca (R). Si es necesario, las capas de "suelo seco congelado" se pueden asignar como (f).

g. Condiciones estágnicas: designa horizontes en los que ocurre un patrón de moteado distinto que refleja condiciones de alternancia entre oxidación y reducción de sesquióxidos, causados por anegación o saturación estacional por agua superficial. Si los agregados están presentes (peds), el interior de los agregados mostrará colores de oxidación y las partes superficiales colores de reducción.

h. Acumulación de materia orgánica: designa la acumulación de materia orgánica en los horizontes minerales. La acumulación puede ocurrir en horizontes superficiales o sub-superficiales a través de la iluviación.

i. Superficies de deslizamiento: indica la ocurrencia de: superficies de deslizamientos en suelos minerales, es decir, caras oblicuas entre 20-60° de inclinación horizontal que se deben a la acción de contracción y expansión de las arcillas; agregados con forma de cuña y grietas en la superficie de suelo de carácter temporal.
Material orgánico ligeramente descompuesto: en suelos orgánicos y usados en combinación con los horizontes H u O, indica el estado de descomposición del material orgánico; el material orgánico ligeramente descompuesto presenta, en más de dos tercios (por volumen), restos visibles de plantas.

j. Jarosita: indica la presencia de moteados de jarosita, revestimientos o revestimientos hipodérmicos.
k. Acumulación de carbonatos pedogenéticos: indica la acumulación de carbonatos alcalinoterreos, comúnmente carbonato de calcio.
l. Franja capilar de moteados: indica el moteado causado por el ascenso del agua subterránea. Si los agregados están presentes, el interior de estos muestra colores de procesos de reducción y las partes superficiales colores de oxidación.
Fuerte cementación o endurecimiento: indica la casi continua o continua cementación en suelos minerales, y se usa solamente en horizontes que se encuentran cementados por más de 90%, aunque puedan estar fracturados. La capa u horizonte restringe la penetración de raíces, con la única excepción de los planos de fracturación. Se puede indicar el nombre del agente cementante dominante o co-dominante, para ello se debe utilizar letras sufijo individualmente o en pares. Si el horizonte ha sido cementado por carbonatos, se usa km; por sílice, qm; por hierro, sm; por yeso, ym; por cal y sílice; kqm; y por sales más solubles que el yeso, zm.
m. Marga: en combinación con material límnico se usa este símbolo para indicar la presencia de marga, es decir, materiales depositados bajo el agua y dominados por una mezcla de arcilla y carbonato de calcio; comúnmente de color plomo.
n. Acumulación pedogenética de sodio intercambiable: indica la acumulación de sodio intercambiable.
o. Acumulación residual de sesquióxidos: indica la acumulación residual de sesquióxidos. Difiere del uso del símbolo s que indica la acumulación iluvial de materia orgánica y complejos de sesquióxidos.
p. Labranza u otra acción humana: indica la alteración de la superficie del suelo ya sea debido al arado u otra práctica de labranza. Un horizonte orgánico alterado es asignado como Op u Hp. Un horizonte mineral alterado, aunque no un E, B o C, es designado como Ap.
q. Acumulación de sílice pedogenética: indica la acumulación de sílice secundaria. Si la sílice cementa la capa y la cementación es continua
r. Fuerte reducción: indica la presencia de hierro en estado de reducción. Si el código r es usado con B, implica un cambio pedogenético junto al proceso de reducción; si ningún otro cambio tuvo efecto, el horizonte se designa como Cr.
s. Acumulación de iluvial de sesquióxidos: se usa con el horizonte B para indicar la acumulación de complejos sesquióxidos, materia orgánica iluvial, amorfa y dispersable, si el valor y la pureza del color del horizonte es mayor de 3. El símbolo también puede ser utilizado en combinación con h como Bhs, si ambos componentes materia orgánica y sesquióxidos son significativos y tanto el valor y pureza son cerca de 3 o menos.
t. Acumulación de arcilla silicatada: usado con los horizontes B o C para indicar la acumulación de arcilla silicea que ha sido formada en el horizonte o ha sido transportada por iluviación, o ambas. Al menos una parte debe

mostrar evidencia de acumulación de arcilla en la forma de revestimientos sobre las superficies de los agregados o en los poros, como lamela, o como puentes entre granos minerales.

u. Materiales urbanico u otros materiales hechos por el hombre : usado para indicar la presencia dominante de materiales hechos por el hombre incluyendo los tecnogénicos. El símbolo puede ser usado en combinación con los horizontes H, O, A, E, B y C.

v. Ocurrencia de plintita: indica la presencia de material húmico pobre rico en hierro, que es firme o muy firme en condiciones húmedas y que se endurece irreversiblemente cuando se lo expone a la atmósfera. Una vez endurecido, ya no se lo llama plintita, más bien duripán, piedra de hierro, o fase petroférrica o esquelética. En ese caso, se usa v en combinación con m.

w. Desarrollo de color o estructura en B: usado con B sólo para indicar el desarrollo de color o estructura, o ambas. No se usa para indicar un horizonte transicional.

x. Características de fragipan: usado para indicar la firmeza o dureza, fragilidad o alta densidad aparente desarrollada genéticamente. Estos rasgos son característicos de los fragipanes, pero algunos horizontes designados con x no tienen todas las propiedades de un fragipn.

y. Acumulación pedogenética de yeso: indica la acumulación de yeso.

z. Acumulación pedogenética de sales más solubles que el yeso: indica la acumulación de sales más solubles que el yeso.

@ Evidencia de crío turbación: limites irregulares o rotos, fragmentos de roca ordenados (alineados en la superficie), o materia orgánica en el limite inferior entre la capa activa y la capa permafrost. El sufijo siempre se usa al último; por ejemplo: Hi@

Convenciones para el uso de las letras sufijo

Muchos de los horizontes mayores y capas que son simbolizadas por una sola letra mayúscula tendrán una o más letras minúsculas como sufijos. Es muy raro utilizar más de tres sufijos. Se aplican las siguientes reglas:

- Las letras sufijo debe seguir a la letra mayúscula inmediatamente.
- Cuando se requiere más de un sufijo, si son utilizadas las siguientes letras se escriben primero: r, s, t, u y w. El símbolo t tiene prioridad sobre los otros símbolos;, por ejemplo: Btr, Btu. En todas las otras combinaciones, los símbolos son listados alfabéticamente; por ejemplo: Cru.
- Si se necesita más de un sufijo y el horizonte no está enterrado, estos símbolos, si se utilizan, se escriben al último: c, f, g, m, v y x. Algunos ejemplos: Btc, Bkm y Bsv.
- Si el horizonte está enterrado, el sufijo b se debe de escribir al último.
- Un horizonte B que tiene acumulación significativa de arcilla y también muestra evidencia de desarrollo de color o de estructura, o ambas, es designado como Bt (t tiene prioridad sobre w, s y h). Un horizonte B que presente propiedades gleyicas o que tiene acumulaciones de carbonatos, sodio, sílice, yeso, sales más

solubles que el yeso o acumulación residual o sesquióxidos, lleva el símbolo apropiado g, k, n, q, y, z u o. Si al mismo tiempo se presenta arcilla iluvial, t precede a los otros símbolos, es decir Bto.

- Los sufijos h, s y w no se usan normalmente con g, k, n, q, y, z u o, al menos que se requieran con propósitos de explicación.
- Los sufijos a y e son usados solamente en combinación con H u O.
- Los sufijos c, d, i y m tienen dos significados diferentes dependiendo de la designación de los horizontes mayores. Las combinaciones diferentes son mutualmente exclusivas; por ejemplo: Bi indica la presencia de superficies de deslizamiento en el horizonte B, mientras que Hi indica un horizonte H levemente descompuesto. Similarmente, Bd indica un horizonte B denso, y Ld tierra de diatomea en una capa límnica.
- El sufijo @ siempre se utiliza al final y no puede ser combinado con b.
- A menos que se indique otra cosa, o, los sufijos se listan alfabéticamente.

Subdivisiones verticales

Los horizontes o capas designadas por una sola letra pueden ser subdivididos usando números arábicos, los cuales preceden a todas las letras. Por ejemplo: dentro C, las capas u horizontes sucesivos pueden ser C1, C2, C3, etc; o si la parte inferior es gléyica y la parte superior no lo es, las designaciones pueden ser C1-C2-Cg1-Cg2 o C-Cg1-Cg2-R.

Estas convenciones se aplican cualquiera que sea el propósito de la subdivisión. Un horizonte identificado por un juego simple de letras símbolo puede ser subdividido sobre la base de rasgos morfológicos como la estructura, color o textura. Estas subdivisiones son enumeradas consecutivamente. La numeración comienza con 1 en cualquier nivel dentro el perfil. Así, se usa Bt1-Bt2-Btk1-Btk2 y no Bt1-Bt2-Btk3-Btk4. La numeración de subdivisiones verticales dentro un horizonte no es interrumpida en una discontinuidad (indicada por un prefijo numérico), si la misma combinación de letras es usada en ambos materiales: se usa Bs1-Bs2-2Bs3-2Bs4 y no Bs1-Bs2-2Bs1-2Bs2. Los horizontes A y E pueden ser subdivididos similarmente;, por ejemplo: Ap, A1, A2; Ap1, Ap2; A1, A2, A3; y E1, E2, Eg1, Eg2.

Discontinuidades

En suelos minerales, los numerales Arábicos son usados como prefijos para indicar discontinuidades. Cuando sea necesario, se utilizan precediendo A, E, C, C y R. No se utilizan con I y W, ya que estos símbolos indican claramente discontinuidad. Estos prefijos son distintos de los numerales Arábicos usados como sufijos para denotar subdivisiones verticales.

Una discontinuidad es un cambio significativo en la distribución de las partículas del suelo o mineralogía e indica una diferencia en el material del cual los horizontes fueron formados o una diferencia significativa en la edad, o ambos; al menos que la diferencia en edad sea indicada por el sufijo b. Los símbolos para indicar discontinuidades son utilizados solamente cuando estos contribuyan substancialmente a la comprensión de los lectores de las relaciones entre

horizontes. La estratificación común en suelos formados a partir de aluviones no es designada como discontinuidad, al menos que la distribución de partículas del suelo difiera marcadamente de una capa a otra, aunque los horizontes genéticos se hayan formado en las capas contrastantes.

Cuando un suelo se ha formado completamente en un tipo de material, el prefijo es omitido del símbolo; todo el perfil es material 1. Similarmente, el material superficial en un perfil que tenga dos o más materiales contrastantes se entiende como material 1, pero el número es omitido. La numeración comienza con la segunda capa de material contrastante y se indica como material 2. Capas contrastantes subyacentes se enumeran consecutivamente. Aun cuando una capa por debajo del material 2 es similar al material 1, se debe designar como 3 en la secuencia. Los números indican un cambio en el material, no el tipo de material. En dos o más horizontes consecutivos formados sobre un mismo material, el mismo número de prefijo se aplica a todas las designaciones de esos horizontes en ese material: Ap-E-Bt1-2Bt2-2Bt3-2BC. El número de sufijos designado a las subdivisiones del horizonte Bt continúan de forma consecutiva a lo largo de la discontinuidad.

Si una capa R se encuentra por debajo del suelo que ha sido formado en el residuo y que se juzga que el material de R es similar al del suelo, no se usa el prefijo numeral Arábico. Si la capa R no produce material como aquel en el solum, el prefijo numérico es usado como: A-Bt-C-2R o A-Bt-2R. Si parte del solum ha sido formado a partir del residuo, se da el prefijo apropiado a R: Ap-Bt1-2Bt2-2Bt3-2C1-2C2-2R.

Los horizontes enterrados (designados b) son casos especiales. Un horizonte enterrado no es el mismo depósito como los horizontes en el depósito suprayacente. Sin embargo, algunos horizontes enterrados se forman de material litológico semejante al del horizonte suprayacente. No se usa un prefijo para distinguir material de aquel horizonte enterrado. Si el material en el que el horizonte de un suelo enterrado formo su parecido litológico al de un horizonte suprayacente, la discontinuidad es designada por números prefijos y el símbolo del horizonte enterrado es usado así: Ap-Bt1-Bt2-BC-C-2ABb-2Btb1-2Btb2-2C.

En suelos orgánicos, las discontinuidades entre tipos de capas diferentes no son identificadas. En la mayoría de casos, las diferencias se muestran a través de letras sufijos si las diferentes capas son orgánicas o por un símbolo mayor, si las diferentes capas son minerales.

Uso del primo

Las designaciones idénticas pueden ser apropiadas para dos o más horizontes o capas, separadas por al menos un horizonte o capa de un tipo diferente en el mismo pedón. La secuencia A-E-Bt-E-Btx-C es un ejemplo – el suelo tiene dos horizontes E. Para hacer de la comunicación más fácil, se usa un primo con el símbolo del horizonte mayor del más bajo de los dos horizontes tendiendo designaciones idénticas: A-E-Bt-E'-Btx-C. El primo es aplicado a la designación de letra mayúscula y cualquier símbolo en minúscula puede seguirlo: B't. El primo no es usado al menos que todas las letras de las designaciones de dos capas

diferentes sean idénticas. Raramente, tres capas tienen símbolos idénticos; un doble primo puede ser utilizado: E".

El mismo principio se aplica en la designación de capas de suelos orgánicos. El primo es usado sólo para distinguir dos o más horizontes que tienen símbolos idénticos: O-C-C'-C". El primo es incluido a la última capa para diferenciarla de la primera.

PRINCIPIOS DE CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON SISTEMA WRB

El edafólogo debe intentar clasificar el suelo en campo de la forma más precisa posible sobre la base de los rasgos morfológicos del suelo que han sido observados y descritos. La clasificación final se realizara tan pronto como los datos analíticos de laboratorio estén disponibles. Se recomienda hacer una lista de la ocurrencia y profundidad de los horizontes de diagnóstico, propiedades y materiales identificados (abajo).

Los principios generales en los que la clasificación según WRB (IUSS Grupo de Trabajo WRB 2006) esta basada, puede resumirse como sigue:

- La clasificación de suelos esta basada en las propiedades del suelo, definidas en términos de horizontes diagnóstico, propiedades y materiales, los cuales en la medida posible deben ser medibles y observables en campo.
- La selección de características de diagnóstico toma en cuenta su relación con procesos formadores del suelo. Está reconocido que el entender o comprender los procesos formadores del suelo contribuye a una mejor caracterización de los suelos pero no deben como tal ser usados como criterios diferenciadores.
- En lo posible, a un alto nivel de generalización, los elementos de diagnóstico son seleccionados de acuerdo con su importancia en el manejo de los suelos.
- Los parámetros climáticos no son utilizados en la clasificación de los suelos. Esta completamente entendido que esos deben ser utilizados con propósitos de interpretación, en combinación dinámica con las propiedades del suelo, pero no deben formar parte de las definiciones de suelo.
- El sistema WRB es un sistema de clasificación amplio que permite a los usuarios correlacionarlo con su sistema nacional de clasificación. Comprende dos grados de detalle categórico:
  - la Base de Referencia, limitada solo al primer nivel y tiene 32 grupos de referencia.
  - el sistema de clasificación WRB, consisteo de la combinación de un juego de calificadores-prefijos y sufijos- que están definidos de manera única y agragdos al nombre del grupo de referencia RSG, permitiendo una caracterización y clasificación muy precisa de perfiles de suelo individuales.
- Muchos grupos de referencia del sistema WRB son representativos de la mayoría de las regiones con suelos diferentes, de esa manera se provee una visión general de los suelos del mundo.
- La base de referencia no intenta sustituir los sistemas nacionales de clasificación de suelos, más bien pretende servir como un denominador común para la

comunicación a nivel internacional. Esto implica que categorías de bajo nivel, posiblemente una tercera categoría en el WRB, podría acomodar la diversidad local a nivel nacional. Concurrentemente, los niveles inferiores enfatizan elementos edafológicos que son importantes para el uso y manejo de la tierra.

- La Leyenda Revisada del Mapa Mundial de Suelos de la FAO/UNESCO (FAO, 1988) ha sido utilizado como la base para el desarrollo de la WRB de manera de tomar ventaja de la correlación internacional de suelos que ha ya fue conducida a través de ese proyecto y en muchos otros lugares.
- La primera edición de WRB, publicada en 1998 comprendía 30 Grupos de Referencia; la segunda edición, publicada en 2006 tiene 32 Grupos de Referencia.
- Las definiciones y descripciones de las unidades de suelo reflejan variaciones en las características del suelo tanto vertical como horizontal de manera de explicar los enlaces espaciales dentro el paisaje.
- El termino Base de Referencia es connotativo de la función del denominador común que la WRB asume. Sus unidades tienen suficiente anchura para estimular la armonización y correlación de sistemas nacionales existentes.
- Además, sirve como enlace entre sistemas de clasificación existentes. El WRB también es útil como una herramienta de comunicación para compilar bases de datos de suelo globales y para el inventario y monitoreo del recurso suelo del mundo.
- La nomenclatura usada para distinguir grupos de suelos conserva los términos que han sido usados tradicionalmente o que pueden ser introducidos fácilmente en el lenguaje actual. Ellos están definidos en forma precisa para evitar la confusión que ocurre cuando se usan nombres con diferente connotación.

Aunque el esquema básico de la leyenda de la FAO (con sus dos niveles categóricos y guías para desarrollar clases a un tercer nivel) fue adoptado, se ha decidido unir los niveles inferiores. Cada RSG del WRB es proveído con una lista de calificadores prefijos y sufijos posibles en una secuencia de prioridad, de la cual el usuario puede construir las unidades de segundo nivel.

Los amplios principios que gobiernan las clases de diferenciación WRB son:

- Al nivel categórico más alto, las clases son diferenciadas de acuerdo principalmente al proceso pedogenético primario que ha producido los elementos o propiedades características de los suelos, excepto aquellos donde los materiales parentales del suelo son de importancia dominante.
- Al segundo nivel, las unidades de suelos son diferenciadas de acuerdo con cualquier proceso formador de suelo secundario que ha afectado significativamente las características primarias del suelo. En ciertos casos, las características del suelo que tienen un efecto significativo en el uso de la tierra, deben ser tomados en cuenta.

Es reconocido que un número de grupos de referencia (RSGs) puede ocurrir bajo diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, se decidió no introducir separaciones de acuerdo con las características climáticas, para de esa manera evitar que la clasificación de suelos no este subordinada a la disponibilidad de datos climáticos.

Incluyendo la descripción de perfiles de suelo, la clasificación se realiza en cuatro pasos.

Paso 1

Se revisa la descripción del perfil del suelo para encontrar referencias de los procesos formadores del suelo (cualitativamente) y se los expresa en la designación de horizontes. Algunos ejemplos pueden ser:

- Oscurecimiento de la capa arable en comparación con el subsuelo → enriquecimiento con material orgánico → horizonte Ah.
- Empardecimiento y textura más fina en la parte intermedia del perfil del suelo, en comparación con el material parental → enriquecimiento de óxidos de Fe y arcilla → intemperización → horizonte Bw.

Paso 2

La descripción del perfil y la designación de horizontes se debe revisar y comparar si la expresión o símbolo, espesor y profundidad de ciertas características del suelo corresponden con los requerimientos de los horizontes de diagnóstico, propiedades y materiales de WRB. Estas son definidas en términos de características morfológicas y/o criterios analíticos (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006). En línea con los objetivos de WRB, los atributos son descritos al máximo para apoyar la identificación en campo.

Paso 3

La combinación de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico descritos, son comparados con la clave de clasificación WRB (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006) de manera de encontrar el Grupo de Referencia (RSG), que es el primer nivel del sistema de clasificación WRB. El usuario debe pasar a través de la Clave sistemáticamente, comenzando con el primer grupo y excluyendo los grupos que no reúnan los requerimientos. El suelo pertenece al primer grupo en el que los datos del perfil reúnan completamente los requerimientos de ese grupo.

Paso 4

Para encontrar el segundo nivel del sistema de clasificación WRB, se usan los Calificadores. Los calificadores son listados en la Clave con cada Grupo de Referencia como prefijos y sufijos. Los calificadores prefijos comprenden aquellos que son típicamente asociados con el grupo de referencia y los intermedios a otros RSGs. Todos los otros calificadores están listados como sufijos. Para la clasificación de suelos al segundo nivel, todos los calificadores que corresponden a ese suelo deben ser incluidos al nombre del Grupo de Referencia. Los calificadores redundantes (las características que ya están incluidas en un juego previo de calificadores) no son incluidos.

Los Especificadores pueden ser usados para indicar el grado de expresión de los calificadores. Las capas u horizontes enterrados pueden ser indicados por el especificador Thapto, que puede ser usado con cualquier calificador listado en el Grupo de Trabajo de la WRB de la IUSS (2006).

Cuando un suelo es sepultado por material nuevo, se deben aplicar las siguientes reglas:

1. El nuevo material suprayacente y el suelo enterrado es clasificado como uno si ambos califican como Histosol, Technosol, Cryosol, Leptosol, Vertisol, Fluvisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol o Arenosol.
2. De otro modo, el material nuevo es clasificado al primer nivel, si es 50 cm o más grueso, o si individualmente reúne los requisitos de un Regosol.
3. En todos los otros casos, el suelo enterrado es clasificado al primer nivel.
4. Si el suelo suprayacente es clasificado al primer nivel, el suelo enterrado es reconocido a través de especificador Thapto, y se añade ic al nombre del RSG del suelo enterrado. Todo este nombre debe estar entre paréntesis después del nombre del suelo suprayacente; por ejemplo: Technic Umbrisol (Gleyic) (Thapto-Podzolic). Si el suelo enterrado es clasificado al primer nivel, el material suprayacente es indicado con el calificador Novic.

Principios y uso de los calificadores en la WRB

Un sistema de dos hileras es utilizado para el nivel de calificador y comprende:

- Calificadores prefijo: calificadores asociados e intergrados o intermedios; la secuencia de los calificadores intergrado sigue aquella de los Grupos de Referencia en la Clave WRB, con la excepción de los Arenosoles; este intergrado está ordenado con los calificadores sufijo texturales (ver abajo). *Haplic* cierra la lista de los calificadores prefijo indicando que no aplican ni los calificadores asociados ni los intergrado.
- Calificadores sufijo: otros calificadores siguiendo la siguiente frecuencia: (1) calificadores relacionados con los horizontes de diagnóstico, propiedades y materiales; (2) calificadores relacionados con las características químicas; (3) calificadores relacionados con las características físicas; (4) calificadores relacionados con las características mineralógicas; (5) calificadores relacionados con las características superficiales; (6) calificadores relacionados con las características texturales, incluyendo fragmentos gruesos; (7) calificadores relacionados con el l color; y (8) calificadores restantes.

Los nombres de los calificadores prefijos se sitúan siempre antes del RSG; los nombres de los calificadores sufijos se sitúan siempre entre paréntesis después del nombre del RSG. No se permite la combinación de calificadores ya se para indicar un estado similar o de duplicación, como Thionic y Dystric, Calcaric y Eutric, o Rhodic y Chromic.

Los especificadores como Epi-, Endo-, Hyper-, Hypo-, Thapto-, Bathy-, Para-, Proto-, Cumuli- y Ortho-, son usados para indicar cierta expresión del calificador.

Cuando se clasifica un perfil de suelo, todos los calificadores aplicables de la lista deben ser registrados. Para propósitos de mapeo, la escala determinará el número de calificadores a usar. En ese caso, los calificadores prefijo tienen prioridad sobre los sufijos.

La lista de calificadores para cada RSG acomoda la mayoría de casos. Cuando se requiera de calificadores que no estén en la lista, se deberá documentar y reportar el caso al Grupo de Trabajo WRB.

La clasificación de campo provee una evaluación preliminar haciendo uso de todas las propiedades observables y medibles, así como de los rasgos de suelo asociados al terreno. La clasificación final es realizada cuando los datos analíticos se hacen disponibles. Se recomienda seguir el libro *Procedimientos para el Análisis de Suelo – Procedures for Soil Análisis* (Van Reeuwijk, 2006) para el análisis de las muestras en laboratorio.

Ejemplo de clasificación de suelos siguiendo WRB

Un suelo que tiene un horizonte férrico; la textura en la parte superior del horizonte férrico cambia de franco arenosa a arcillo-arenosa dentro los 15 cm. El pH se encuentra entre 5.5 a 6, indicando saturación de bases moderada a alta. El horizonte B es rojo oscuro; moteado por debajo de los 50 cm. La clasificación del suelo en campo: Lixic Ferralsol (Ferric, Rhodic). El análisis de laboratorio, revela que la capacidad de intercambio catinico del horizonte férrico es menor de 4 cmolc kg^{-1} arcilla, la clasificación final del suelo es: Lixic Vetic Ferralsol (Ferric, Rhodic).

CUADRO 86
Lista de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico WRB

Horizontes de diagnóstico		Propiedades de diagnóstico	Materiales de diagnóstico
Horizonte Albico	Horizonte Natrico	Cambio textural abrupto	Artefactos
Horizonte Anthraquico	Horizonte Nitico	Lenguas albeluvicas	Material calcarico
Horizonte Anthrico	Horizonte Petrocalcico	Propiedades andicas	Material coluvico
Horizonte Argico	Horizonte Petrodurico	Propiedades aridicas	Material fluvico
Horizonte Calcico	Horizonte Petrogypsico	Roca continua	Material gypsirico
Horizonte Cambico	Horizonte Petroplintico	Propiedades ferralicas	Material limnico
Horizonte Cryico	Horizonte Pisoplintico	Propiedades gericas	Material mineral
Horizonte Durico	Horizonte Plagico	Patrón de color gleyico	Material orgánico
Horizonte Ferralico	Horizonte Plintico	Discontinuidad litológica	Material ornitogenico
Horizonte Ferrico	Horizonte Salico	Condiciones de reducción	Material sulfidico
Horizonte Fólico	Horizonte Sombrico	Carbonatos secundarios	Roca dura technic
Horizonte Fragico	Horizonte Spodico	Patron de color stagnico	Material tephrico
Horizonte Fulvico	Horizonte Takyrico	Propiedades verticas	
Horizonte Gypsico	Horizonte Terrico	Propiedades vitircas	
Horizonte Histico	Horizonte Thionico		
Horizonte Hortico	Horizonte Umbrico		
Horizonte Hydragric	Horizonte Vertico		
Horizonte Irragric	Horizonte Voronico		
Horizonte Melanico	Horizonte Yermico		
Horizonte Molico			

LISTA DE LOS HORIZONTES, PROPIEDADES Y MATERIALES DE DIAGNSTICO DE LA WRB

Aun en campo, es aconsejable determinar o estimar para cada horizonte, las características de diagnóstico que se aplican al sistema de clasificación utilizado. El Cuadro 86 proporciona una lista de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico en el orden en que estas aparecen en el sistema WRB (Grupo de Trabajo IUSS, 2006).

AGREGANDO INFORMACION SOBRE LA TEXTURA Y MATERIAL PARENTAL AL GRUPO DE REFERENCIA DEL SUELO

En su estado actual, la WRB (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006) está, por historia y propósitos prácticos, mezclando información acerca de la génesis del suelo (por ejemplo: podzolizacion – Podzol, gleyziacion - Gleysol), textura (por ejemplo: Arenosol, subunidades esquelético, arénico, síltico y arcíllico), materiales parentales (por ejemplo: Anthrosoles, Fluvisoles, subunidades calcárico, gypsírico) y otros. El sistema distingue unidades de segundo nivel sólo de manera general por la textura y sólo en el material parental de algunos grupos de referencia RSGs. Para superar este problema y proveer a los usuarios con información más sistemática y precisa respecto a la textura, material parental y estratificación, se recomienda el siguiente esquema para las series de suelo de referencia (Jahn, 2004).

Ejemplo

Un Cambisol al cual sólo se aplica el calificador Dystric, que tiene variaciones en textura, en la parte superior se ha desarrollado a partir de loes con algo de arena fluvial con grava y la parte inferior se ha desarrollado a partir de arena con grava glacio-fluvial.

La descripción completa es:

Haplic Cambisol (Dystric); franco limoso a partir de loes con arena llena de grava glacio-fluvial sobre un esqueleto arenoso de grava glacio-fluvial.

Es codificado: CMdy; SiL(UE2, UG2)/SSK(UG3)

1 2 3 4 5

1 = Código de la unidad de suelo a partir de la WRB (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2006).

2 = Código de la clase textural para la parte superior del cuerpo de suelo. La textural para la tierra fina es usada de acuerdo con el Capitulo 4 y combinada con cuatro clases de fragmentos gruesos, es decir:

SiL = franco limoso con fragmentos gruesos <10% (por volumen);

skSiL= esqueleto franco limoso con fragmentos gruesos de 10 a <40% (por volumen);

silSK = esqueleto franco limoso con fragmentos gruesos de 40 a <80% (por volumen);

SK = esqueleto con fragmentos gruesos de 80% o más (por volumen).

3 = El material parental está dado en orden de importancia, descendente de izquierda a derecha en paréntesis. Por motivos de codificación, se usa

una lista litológica jerárquica basada en SOTER (ISRIC, 2005).

4 = Un cambio de material en profundidad (ya sea por textura o por material parental, o ambos, se codifica como:
...\... como "superficial…sobre…" cuando ocurre a una profundidad de 0-3dm;
.../... como "…sobre…" cuando ocurre a una profundidad de 3-7dm;
(el intermedio de 5 dm es correspondiente con –epi y –endo de WRB);
...//... como "…sobre profundo…" cuando ocurre a una profundidad de 7-12dm;

5 = La parte inferior del cuerpo de suelo se describe de acuerdo con a 2 y 3.

Algunas reglas adicionales para describir textura y material parental son:

- Por ejemplo: skSiL(UE2, UG2/UG3) cuando no hay cambio en textura pero si en el material parental;
- Por ejemplo: SiL/skSiL(UE2, UG3) cuando no hay cambio en material parental pero si en la textura;
- Por ejemplo: …/R (y litología) significa: sobre roca masiva;
- Los horizontes son combinados dentro un complejo y se decriben con el promedio de no más de un parámetro del total (tres): (1) textura (tierra fina); (2) fragmentos gruesos; y (3) la litología difiere por una clase. Horizontes muy delgados no se toman en cuenta (extensión <2cm).

Referencias

Ad-hoc-AG-Boden. 2005. *Bodenkundliche Kartieranleitung – 5*. Auflage. Hannover, Germany. 438 pp.

Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T. y Babel, U. 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine publications. 152 pp.

DVWK. 1995. *Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortscharakterisierung. Teil I: Ansprache von Böden*. DVWK Regeln 129. Bonn, Germany, Wirtschafts- und Verlagsges. Gas und Wasser.

ECSC–EEC–EAEC. 1985. *Soil map of the European Communities 1:1 000 000*. Luxembourg. 124 pp. y mapas.

European Commission Joint Research Centre. 2005. *Soil atlas of Europe*.

FAO. 1978. *Report on the agro-ecological zones project. Vol. 1. Methodology and results for Africa*. World Soil Resources Report No. 48/1. Roma.

FAO. 2002. FAO/UNESCO Digital Soil Map of the World and derived soil properties. *Land and Water Digital Media Series #1 rev 1.* FAO, Roma.

FAO–ISRIC. 1990. *Guidelines for profile description*. 3rd Edition. Roma.

FAO–UNESCO. 1970–1981. *Soil map of the world 1:5 000 000. Vol. 2–9.* Paris.

FAO–UNESCO. 1974. *Soil map of the world. Vol. I – legend*. Paris. 59 pp.

FAO–UNESCO. 1988. *Soil map of the world. Revised legend*. World Soil Resources Report No. 60. Roma.

Fieldes, M. y Perrott, K.W. 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *N. Z. J. Sci*., 9: 623–629.

International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). 2005. *Updated global and national soils and terrain digital databases (SOTER).*

IUSS Working Group WRB. 2006. *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. Roma, FAO.

Jahn, R. 2004. Research needs and new developments in soil classification and mapping: meeting the changing demands for soil information. *Proceedings of International Conference on Innovative Techniques in Soil Survey*, pp. 207–222. Cha-Am, Thailand.

Meuser, H. 1996. Ein Bestimmungsschlüssel für natürliche und technogene Substrate in Böden städtisch-industrieller Verdichtungsräume. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*., 159: 305–312.

Munsell. 1975. *Standard soil color charts*.

Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook No. 60. USDA

Rossiter, D.G. 2004. Proposal: classification of urban and industrial soils in the World Reference Base for Soil Resources (WRB). *In: Abstracts Eurosoil 2004*. Freiburg im Breisgau, Germany.

Schlichting, E., Blume, H.-P. y Stahr, K. 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. segunda edición. Berlin, Vienna, Blackwell. 295 pp.

Schoeneberger, P.J. Wysocki, D.A, Benham, E.C. y Broderson, W.D. 2002. *Field book for describing and sampling soils*. Version 2.0. Lincoln, USA, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, USDA.

UNEP–ISSS–ISRIC–FAO. 1995. *Global and national soils and terrain digital database (SOTER)*. World Soil Resources Report No. 74 Rev. 1. Roma.

United States Department of Agriculture (USDA) Soil Survey Staff. 1975. *Soil taxonomy*. Agricultural Handbook No. 436. Washington, DC. 754 pp.

United States Department of Agriculture (USDA) Soil Survey Staff. 1999. *Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd edition. Agricultural Handbook No. 436. Washington, DC. 869 pp.

United States Department of Agriculture (USDA) Soil Survey Staff. 2003. *Keys to soil taxonomy*. 9th edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA. 332 pp.

Van Reeuwijk, L.P. 2006. *Procedures for soil analysis*. 7th edition. Technical Report 9. Wageningen, Netherlands, ISRIC – World Soil Information.

Anexo 1

Explicación de los regimenes de temperatura del suelo[1]

La temperatura del suelo es una de sus propiedades importantes. Dentro de límites, la temperatura controla las posibilidades para el crecimiento de plantas y la formación de suelos. Por debajo del punto de congelamiento, no existe actividad biótica, el agua no se mueve como líquido, y a no ser que haya descongelamiento , el tiempo se detiene todavía para el suelo. Entre 0 a 5°C, el crecimiento de las raíces de la mayoría de especies y la germinación de la mayoría de semillas es imposible. Un horizonte con una temperatura de 5°C es una restricción térmica a las raíces de la mayoría de las plantas.

Cada pedón tiene un régimen de temperatura característico que puede ser medido y descrito. Para la mayoría de propósitos prácticos, el régimen de temperatura puede ser descrito por: la temperatura media anual; las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media; y la gradiente de temperatura más caliente y más fría por estación dentro la zona de enraizamiento, que es la zona con profundidad de 5 a 100 cm.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL SUELO

Cada pedón tiene una temperatura media anual que es esencialmente la misma en todos los horizontes, en todas las profundidades en el suelo y a profundidades considerables por debajo del mismo. La temperatura media medida es rara vez la misma en profundidades sucesivas en un sitio dado. Sin embargo, las diferencias son muy pequeñas, por lo que parece válido y útil tomar un valor como la temperatura media anual del suelo.

La temperatura media anual del suelo está relacionada cercanamente con la temperatura media anual atmosférica, pero esta relación es afectada hasta cierto punto por: la cantidad y la distribución de lluvia; la cantidad de nieve; la protección provista por la sombra y por los horizontes O en los bosques; el grado y orientación de la pendiente; y la irrigación. Otros factores, como el color del suelo, textura y contenido de materia orgánica tienen efectos insignificantes.

FLUCTUACION EN LA TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura media anual del suelo no es una lectura simple, sino una serie de lecturas. Cerca de la superficie, las lecturas pueden fluctuar completamente de

[1] Adaptación de USDA, 1999.

la media tanto como aquellas de la temperatura del aire, especialmente cuando no existe una cobertura protectora. Las fluctuaciones ocurren en ciclos diarios y anuales mientras que en los eventos climáticos lo hace algo irregular en ciertos lugares. Las fluctuaciones disminuyen con el incremento en la profundidad y al final último son amortiguadas en el substrato en una zona donde la temperatura es constante y es la misma que la temperatura media anual del suelo.

ESTIMACION DE LA TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura del suelo se puede estimar muchas veces a partir de datos climatológicos con una precisión que es adecuada para las necesidades actuales de los levantamientos de suelos. Cuando no sea posible hacer estimaciones precisas, la medición de la temperatura del suelo no necesita ser una tarea difícil o que tome mucho tiempo.

Con frecuencia, la temperatura media anual del suelo, para la mayoría del territorio de Estaos Unidos, es estimada a través de la adición de 1°C a la temperatura atmosférica media anual.

La temperatura media de verano del suelo puede también ser estimada a una profundidad específica. Para hacer esta estimación, se puede tomar las temperaturas promedio de los 100 cm superiores del suelo y corregirlos por el gradiente temperatura-profundidad añadiendo o substrayendo 0,6°C por cada 10 cm por debajo o por encima, a una profundidad de 50 cm. La temperatura media de invierno de muchos suelos de latitud media puede ser estimada a través de la diferencia entre las temperaturas medias anuales y las temperaturas medias de verano, ya que las diferencias son de la misma magnitud pero con signos opuestos.

CLASES DE LOS REGIMENES DE TEMPERATURA DEL SUELO

La siguiente es una descripción de los regímenes de temperatura del suelo usados en la definición de clases a varios niveles categóricos en la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos.

PG – Pergelico (Latín *per*, a lo largo del tiempo y espacio, y *gelare*, congelar; y significa hielo permanente). Los suelos con un régimen de temperatura pergélico tienen una temperatura media anual inferior de 0°C. Estos son suelos que tienen permafrost en caso de que esten húmedos, o escarcha seca en caso de que no haya excesos de agua.

CR – Cryico (Griego *kryos*, frialdad; significa suelos muy fríos). Los suelos en este régimen de temperatura tienen una temperatura media anual inferior de 8°C pero no tienen permafrost.

1. En suelos minerales, la temperatura media anual del suelo (Junio, Julio y Agosto en el Hemisferio Norte y Diciembre, Enero y febrero en el Hemisferio Sur) ya sea a una profundidad de 50 cm a partir de la superficie del suelo o a un contacto lítico, deésico o paralítico, cualquiera que sea más superficial, es como sigue:
   a. Si el suelo no está saturado con agua durante parte del verano y:
      (1) Si no existe un horizonte O: inferior de 15°C; o

(2) Si existe un horizonte O: menor de 8°C; o

b. Si el suelo está saturado con agua durante alguna parte del verano y:

(1) Si no existe un horizonte O: inferior de 13°C; o

(2) Si existe un horizonte O ó un epipedón hístico: menor de 6°C.

2. En suelos orgánicos, la temperatura media anual del suelo es menor de 6°C. Suelos Cryicos que tengan un régimen de humedad acuico son comúnmente cubiertos por el hielo.

Los suelos Isofrígidos pueden también tener un régimen de temperatura cryico, excepto, aquellos que contienen material orgánico en la parte superior. Los conceptos de los regiímenes de temperatura del suelo descritos en la parte inferior son usados en la definición de clases de suelos en las categorías bajas.

FR – Frígido

Un suelo con régimen de temperatura frígido es más caliente en verano que un suelo con régimen cryico. Sin embargo, su temperatura media anual es inferior de 8°C y la diferencia de temperaturas de suelo entre la media de verano (Junio, Julio y Agosto) y la media de invierno (Diciembre, Enero y Febrero) es mayor de 6°C ya sea a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico.

IF – Isofrígido

La temperatura media anual del suelo es menor de 8°C y la temperatura del suelo entre la media de verano y la media de invierno difiere por menos de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

ME – Mésico

La temperatura media anual del suelo es 8°C o mayor pero menor de 15°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

IM – Isomésico

La temperatura media anual del suelo es 8°C o mayor pero menor de 15°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor a 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto d´densico, lítico o paralítico, cualquiera que se más somera.

TH – Térmico

La temperatura media anual del suelo es 15°C o mayor pero menor de 22°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

IT – Isotérmico

La temperatura media anual del suelo es 15°C o mayor pero menor de 22°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera más superficial.

HT – Hipertérmico

La temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

IH – Isohipertérmico

La temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que se más somera.

Anexo 2

Explicación de los regímenes de humedad del suelo[1]

El termino "régimen de humedad del suelo" se refiere a la presencia o ausencia ya sea de agua subterránea o agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa (pF 4.2) en el suelo o en horizontes específicos durante periodos del año. El agua retenida a una presión de 1500 kPa o mayor, no está disponible para mantener vivas a la mayoría de plantas mesofíticas. La disponibilidad de agua también es afectada por las sales disueltas. Cuando un suelo está saturado con agua que es muy salina para estar disponible para las plantas, se considera salino en lugar de seco. En consecuencia, un horizonte es considerado seco cuando la tensión de humedad es 1500 kPa o más, y es considerado húmedo, cuando el agua está retenida a una tensión menor de 1500 kPa pero mayor a cero. Un suelo puede estar húmedo continuamente en algunos o todos los horizontes ya sea durante todo el año o parte de el. También puede estar húmedo en invierno y seco en verano o a la inversa. En el Hemisferio norte, el verano se refiere a Junio, Julio y Agosto y el invierno comprende Diciembre, Enero y Febrero.

SIGNIFICANCIA PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS

El régimen de humedad del suelo es una propiedad importante del mismo, así como determinante de los procesos que puedan ocurrir en el. Durante el tiempo geológico, existieron cambios significantes en el clima. Los suelos que podían formarse solamente en climas húmedos, ahora se encuentran preservados en climas áridos en algunos lugares. Ese tipo de suelos tienen elementos valiosos para reflejar el régimen de humedad pasado y otros rasgos que reflejan el régimen de humedad actual.

Cada uno de los regímenes de humedad en la historia del suelo, es un factor en la génesis del suelo y es la causa de muchas características accesorias. Sin embargo, la mayoría de estas características y aquellas más importantes para propósitos de interpretación están asociadas con el régimen de humedad presente, aun si el régimen actual difiere ampliamente respecto a algunos del pasado.

Lo más importante, el clima actual determina el uso y manejo de los suelos. Es una propiedad del suelo. Además, los regímenes de humedad de la mayoría de los suelos, son inferidos del clima actual y los mapas a escala pequeña pueden ser interpretados en términos de muchas características accesorias que son comunes a la mayoría de los suelos que tienen un clima común. Estas características incluyen:

[1] Adaptación de USDA, 1999.

cantidad, naturaleza y distribución de la materia orgánica; el estado de bases del suelo; y la presencia o ausencia de sales.

AÑOS NORMALES

En las discusiones que vendrán y a través de la clave, se usará el termino "años normales". Un año normal se define como un año que tiene +/- una desviación estándar de la precipitación media anual a largo plazo (largo plazo se refiere a 30 años o más). Adicionalmente, la precipitación media anual en un año normal debe ser +/- una desviación estándar de la precipitación mensual a largo plazo para 8 a 12 meses. Los años normales se pueden usualmente calcular a partir de la precipitación media anual. Sin embargo, cuando ocurren eventos catastróficos durante un año, se debe calcular la desviación estándar de las medias mensuales.

ESTIMACIÓN

La posición de cada suelo en el paisaje es tema de extremos en el clima. Mientras dos años no tienen exactamente las mismas condiciones climáticas, el estado de humedad del suelo debe ser caracterizado por probabilidad. Las probabilidades del clima pueden ser determinadas a través de registros y observaciones de largo plazo, y de cómo el suelo responde a condiciones climáticas modificadas por su posición en el paisaje.

Varios métodos han sido diseñados para relacionar la humedad del suelo a registros metereologicos. No obtsnate, todos estos métodos tienen algunas anomalías, aun en suelos de pendiente moderada en los que su contenido de humedad depende principalmente de la precipitación. El rocío y la neblina pueden añadir cantidades apreciables de humedad a algunos suelos, pero datos cuantitativos son raros de encontrar.

SECCIÓN DE CONTROL DE LA HUMEDAD DEL SUELO

La intención de definir la sección de control de humedad del suelo es facilitar la estimación de los regímenes de humedad del suelo a partir de datos climáticos. El limite superior de esta sección de control es la profundidad a la cual un suelo seco (tensión de mas de 1500 kPa, pero no aire seco) será humedecido por 2,5 cm de agua en 24 horas. EL limite inferior es la profundidad a la que un suelo seco será humedecido por 7,5 cm de agua dentro de 48 horas. Estas profundidades no incluyen la profundidad de humedecimiento a lo largo de grietas o túneles de animales que están abiertos a la superficie.

Los límites de la sección de control de la humedad del suelo corresponden a las profundidades de enraizamiento para muchos cultivos. Sin embargo, existen comunidades de plantas naturales que tienen sus raíces ya sea por encima o por debajo de la sección de control. Actualmente, se han realizado varios intentos para mejorar los parámetros de la sección de control de humedad del suelo.

Si 7,5 cm de agua humedece el suelo con un contacto densico, lítico, paralítico o petroférrico o a un horizonte petrocélcico o petrogypsico o a un duripán, el

contacto o el limite superior del horizonte cementado, constituye el limite inferior de la sección de control de humedad del suelo.

EL concepto de sección de control de humedad del suelo no se aplica de forma adecuada a las arcillas resquebradizas, ya que estas arcillas se rehumedecen desde la superficie y las bases de las grietas. Los patrones de humedad del suelo de estos suelos son definidos en términos del patrón del agrietamiento en el tiempo.

Si el humedecimiento ocurre de manera desigual, la profundidad de humedecimiento promedio en un pedón es usado para los límites de la sección de control de humedad.

La sección de control de humedad de un suelo se extiende aproximadamente:

- de 10 a 30 cm por debajo de la superficie del suelo, si la clase del tamaño de partícula del suelo es franco fina (>15% de partículas 0,1-75 mm y 18-35% de arcilla), limoso grueso (<15% de partículas 0,1-75 mm y <18 de arcilla en la sección fina), limoso fino (<15% de partículas 0,1-75 mm y 18-35% de arcilla en la sección fina), o arcillosa (>35% de arcilla);
- de 20 a 60 cm, si la clase del tamaño de partícula es franco limoso grueso (>15% de partículas 0,1-75 mm y <18 de arcilla en la sección fina);
- de 30 a 90 cm, si la clase del tamaño de partícula es arenoso (textura arenosa o areno francosa).

Si el suelo contiene fragmentos rocosos que no absorben y liberan agua, los límites de la sección de control de humedad son más profundos. Los límites de la sección de control de humedad del suelo no son afectados solamente por la clase de tamaño de las partículas sino también por las diferencias en la estructura del suelo o distribución de poros, o por otros factores que influencian el movimiento y retención del agua en el suelo.

CLASES DE REGIMENES DE HUMEDAD DEL SUELO

Los regímenes de humedad del suelo están definidos en términos del nivel de agua subterránea y en términos de la presencia o ausencia estacional de agua retenida a una tensión menor que 1500 kPa en la sección de control de humedad. Se asume en las definiciones que el suelo da soporte a cualquier tipo de vegetación que sea capaz de sostener, es decir, cultivos, pastos o vegetación nativa, y que la cantidad de humedad acumulada no está siendo incrementada por riego o barbecho. Estas prácticas culturales afectan las condiciones de humedad del suelo.

AQ – Régimen de humedad Aquico

El régimen de humedad Aquico (Latín, *aqua*, agua), es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxigeno disuelto porque está saturado por agua. Algunos suelos están saturados con agua en tiempos en que el oxígeno disuelto está presente, ya sea porque el agua está en movimiento o porque el ambiente no es favorable para los micro-organismos (por ejemplo, cuando la temperatura es menor de 1°C); este tipo de régimen no es considerado como aquico.

No se sabe cuanto tiempo un suelo debe estar saturado por agua para ser considerado que tiene un régimen de humedad Aquico. Sin embargo, la duración debe ser al menos unos días, ya que está implícito en el concepto que el oxígeno disuelto está virtualmente ausente.

PQ – Régimen de humedad Peraquico

Comúnmente, el nivel del agua subterránea fluctúa con las estaciones. Sin embargo, existen suelos en los que el nivel del agua subterránea está siempre muy cerca de la superficie del suelo. Como ejemplo, están los suelos en ciénagas marinas, o en depresiones cerradas alimentadas por ríos perennes. Este tipo de suelos tienen un régimen de humedad peraquico.

AR – Regimenes de humedad Aridico y TO – Tórrico (Latín *aridus*, seco, y *torridus*, caliente y seco)

Estos términos son usados para el mismo régimen de humedad del suelo, pero en categorías diferentes dentro la Taxonomía de suelos.

En el régimen de humedad aridico (tórrico), la sección de control de humedad en años normales es:

- seca en todas las partes por más de la mitad de días cumulativos por año cuando la temperatura del suelo, a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo, es por encima de los 5°C;
- húmeda en algunas o todas las partes por menos de 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo, a una profundidad de 50 cm, es mayor a 8°C.

Lo suelos que tienen un régimen de humedad arídico (tórrico) ocurren normalmente en áreas de climas áridos. Pocos se encuentran en climas semi-áridos y tienen ya sea, las propiedades físicas que los mantienen secos- como una superficie de corteza dura que imposibilita la infiltración del agua- o en pendientes empinadas con el escurriendo es muy alto. Poco o nada de precolación ocurre en este régimen de humedad, y las sales solubles se acumulan en los suelos, si existe una fuente disponible.

UD – Régimen de humedad Údico

El régimen de humedad údico (Latín *udus*, húmedo) es uno en el que la sección de control de humedad del suelo no está seca en ninguna parte por al menos 90 días cumulativos en años normales. Cuando la temperatura media anual del suelo sea menor de 22°C y cuando la media de invierno y media de verano a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo difieran por 6°C o más, la sección de control de humedad en años normales es seca en todas las partes por menos de 45 días consecutivos en los 4 meses siguientes al solsticio de verano. Adicionalmente, el régimen de humedad údico requiere, excepto por periodos cortos, un sistema de tres fases: sólido-liquido-gas, en partes o toda la sección de control de humedad cuando la temperatura del suelo es mayor de 5°C.

El régimen de humedad údico es común en los suelos de climas húmedos que: tienen una precipitación bien distribuida; tienen suficiente lluvia en verano y así la

cantidad de humedad almacenada mas la lluvia es aproximadamente igual o excede a la cantidad de evapotranspiración; o tiene lluvias de invierno para recargar los suelos y veranos frescos, como en las áreas costeras. El agua se mueve hacia abajo por el suelo en un tiempo en años normales.

PU – Régimen de humedad Perúdico (latín *per*, a lo largo del tiempo, y *udus*, húmedo)

En climas donde la precipitación excede la evapotranspiración en todos los meses de años normales, la tensión de humedad raramente alcanza 100 KPa (pF3) en la sección de control de humedad, aunque existen ocasionalmente periodos breves cuando la humedad almacenada es utilizada. El agua se mueve en el suelo en todos los meses cuando no está congelada. Ese tipo de régimen de humedad del suelo extremadamente húmedo es llamado perúdico.

US – Régimen de humedad ústico

El régimen de humedad ústico (Latín *ustus*, quemado; que implica sequedad) es intermedio entre el régimen arídico y el údico. Su concepto es uno de humedad que está limitado pero está presente una vez cuando las condiciones son aptas para el crecimiento de plantas. El concepto de régimen de humedad ústico no se aplica a suelos que tienen permafrost o a un régimen de temperatura del suelo cryico (definido arriba).

Si la temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, o si las temperaturas del suelo medias de verano e invierno difieren por menos de 6°C a una profundidad de 50 cm por debajo de la superficie del suelo, la sección de control de humedad del suelo en áreas del régimen de humedad ústico es seca en algunas partes o todas por 90 o mas días cumulativos en años normales. Sin embargo, es húmedo en alguna parte ya sea por 180 días cumulativos por año o por 90 o mas días consecutivos.

Si la temperatura media anual del suelo es menor de 22°C y si las temperaturas medias del suelo de verano e invierno difieren por 6°C o más a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo, la sección de control de humedad del suelo en áreas del régimen de humedad ústico es seca en algunas o todas partes por 90 o mas días cumulativos en años normales, pero no está seco en todas partes por más de la mitad de los días cumulativos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mas lata que 5°C. Si en años normales la sección de control de humedad es húmeda en todas las partes por 45 o mas días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de invierno, la sección de control de humedad es seca en todas partes por menos de 45 días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de verano.

En regiones tropicales y sub-tropicales que tienen un clima monsónico con una o dos estaciones secas, las estaciones de verano e invierno tienen poco significado. En ese tipo de regiones, el régimen de humedad es ústico, si existe al menos una estación lluviosa de tres meses o más. En regiones templadas de climas sub-húmedos o semi-áridos, las estaciones lluviosas son comúnmente primavera y verano o primavera y otoño, pero nunca invierno. Las plantas nativas son principalmente anuales o plantas que tienen un periodo de dormanza, mientras el suelo este seco.

XE – Régimen de humedad xerico

El régimen de humedad xerico (Griego *xeros*, seco) es el típico régimen de humedad en áreas de climas Mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y frescos y los veranos calientes y secos. La humedad, que cae durante invierno cuando la evapotranspiración es mínima, es particularmente efectiva para la precolación.

En áreas de régimen de humedad xérico, la sección de control de humedad del suelo en años normales es seca en todas partes por 45 o mas días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de verano y húmedo en todas partes por 45 o mas días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de invierno. Además, en años normales, la sección de control de humedad es húmeda en alguna parte por más de la mitad de días cumulativos por año, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo es mayor de 6°C por más de 90 o más días consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 8°C. La temperatura media anual del suelo es menor de 22°C, y las temperaturas medias de verano e invierno difieren por 6°C o más ya sea a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico o más superficial.

Annex 3
Equipo necesario para el campo

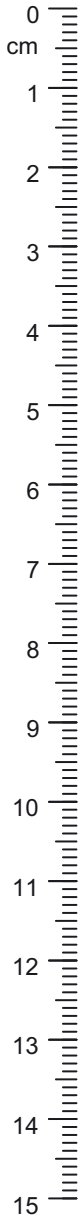
Mapas topográfico (al menos 1:25 000), geológico (si están disponibles, geomorfología, uso de la tierra, vegetación)
Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Compás

Guía para la descripción de suelos
Guía para la clasificación de suelos

Cuaderno de notas, formulario para llenado de datos
Tabla Munsell

Pala, azadón, picota, barreno y martillo
pHmetro/conductivimetro, soluciones estándar
Caja con:

- Regla de bolsillo
- Cuchillo pedológico
- Lupa (x10)
- Electrodos de platino (medición de condiciones redox)
- Botella con agua potable
- Botella con agua destilada
- Botella con solución 1 *M* KCL o 0,01 *M* $CaCl_2$ (25 ml por medición de pH)
- Cinco vasos plásticos transparentes con marcas para 8 cm^3 de suelo (~10 g) y 25 ml de agua, para medición de pH o CE.
- Gotero con 10% de HCL (~50 ml)
- Gotero con solución indicador de pH fenoltaleina (8,2…9,8) (~30 ml)
- Gotero con 1 *M* NaF ajustada a pH 7,5 (~30 ml)
- Gotero con 0,2% (M/V) α, 10% de solución α-dipyridyl (V/V) solución acido-acetica (~ 50 ml).



Universität Halle-Wittenberg,
Germany

Universität Kiel,
Germany

Leyte State University,
The Philippines

ISRIC – World Soil Information,
The Netherlands

Technische Universität München,
Germany