

BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO



SICS-AISS-IBG

Sociedad Internacional
de las Ciencias del Suelo



ISRIC

Centro Internacional
de Referencia e Información
en Suelos



Organización
de las
Naciones
Unidas
para la
Agricultura
y la
Alimentación

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-51
ISBN 92-5-304141-2

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse a la Dirección de Información, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

ã FAO, ISRIC y SICS, 1999

Prefacio

Luego de cuatro años de trabajo intensivo desde que el 15° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo tuvo lugar en Acapulco, México, en 1994, se han preparado tres publicaciones en nombre del Grupo de Trabajo Base Referencial Mundial del Recurso Suelo de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, las que destacan el nivel de desarrollo actual de la 'Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB)'. Las publicaciones comprenden:

1. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo: Introducción
2. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo: Atlas
3. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo

La primera publicación pretende servir como una primera vía de acceso al conocimiento de la diversidad de los suelos y la distribución de los mismos, accesible a otras disciplinas que no sean la 'ciencia del suelo en su sentido estricto' y a un público más amplio. La segunda es un atlas que proporciona una apreciación global de la distribución de los grupos de suelos de referencia en el mundo. La tercera, presentada aquí, puede considerarse un manual técnico, específicamente para edafólogos. Esta proporciona las definiciones y criterios de diagnóstico de los horizontes del suelo, propiedades y materiales del suelo, y contiene una clave para clasificar los grupos de suelos de referencia y sus calificadores.

Estas publicaciones han sido posibles gracias a los esfuerzos sostenidos de un grupo grande de autores expertos, y la cooperación y apoyo logístico de la ISSS, ISRIC y FAO.

Se espera que estas publicaciones contribuyan a la comprensión de la ciencia del suelo en el debate público y en la comunidad científica.

J.A. Deckers (Presidente), O.C. Spaargaren (Vice Presidente) y F.O. Nachtergaele (Secretario)
Grupo de Trabajo Base Referencial ISSS

L.R. Oldeman, Director
International Soil Reference and Information Centre
(ISRIC)

R. Brinkman, Director
Land and Water Development Division
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
(FAO)

Agradecimientos

El texto de esta publicación está basado en las siguientes contribuciones: *Acrisoles* – Schargel (Venezuela); *Albeluvisoles* - Langohr (Bélgica) y Targulian (Rusia); *Alisoles* – Delvaux (Bélgica), Herbillon y Volkov (Francia) y Constantini (Italia); *Andosoles* - Quantin (Francia) y Shoji (Japón); *Antrosoles* – Gong Zi-tong (China) y Kosse (USA); *Arenosoles* – Remmelzwaal (FAO) y Laker (Sudáfrica); *Calcisoles* – Ruellan (Francia); *Cambisoles* – Laker (Sudáfrica) y Spaargaren (Países Bajos); *Durisoles* – Ellis (Sudáfrica); *Ferralsoles* – Eswaran (USA) y Klamt (Brasil); *Fluvisoles* – Creutzberg (Países Bajos); *Gleysoles* – Blume (Alemania) y Zaidelman (Rusia); *Gipsisoles* – Ilaiwi (Siria) y Boyadgiev (Bulgaria); *Histosoles* – Driessen (Países Bajos) y Okruszko (Polonia); *Leptosoles* – Bridges (Reino Unido); *Lixisoles* – Schargel (Venezuela); *Luvisoles* – Deckers y Dudal (Bélgica); *Nitisoles* – Sombroek (FAO) y Muchena (Kenia); *Planosoles* – Brinkman (FAO); *Plintosoles* – Sombroek (FAO); *Podzoles* – Righi (Francia); *Regosoles* – Arnold (USA); *Solonchaks* – Loyer (Francia); *Solonetz* – Tursina (Rusia); *Umbrisoles* – Hollis (Reino Unido) y Nemecek (República Checa); *Vertisoles* – Seghal (India).

Dos grupos temáticos desarrollaron definiciones, descripciones y subdivisiones más detalladas de los *Criosoles* por un lado, y los *Chernozem*, *Kastanozem* y *Phaeozem* por el otro. Los *Criosoles* fueron tratados por Tarnocai y Smith (Canadá), Jakobsen (Dinamarca), Blume, Broll y Sletten (Alemania), Gilichinsky, Konyushkov, Naumov y Sokolov (Rusia), y Bockheim, Kimble, Ping y Swanson (USA), mientras que el grupo de trabajo sobre *Chernozem*, *Kastanozem* y *Phaeozem* incluyó a Bronger (Alemania), Gerasimova, Lebedeva, Makeev, Rozanov, Shoba y Sotnikov (Rusia) y Pazos (Argentina).

Encomendado por FAO, F.R. Berding revisó las contribuciones y literatura existente sobre *Andosoles*, *Phaeozems* y *Podzoles*. Muchas de sus sugerencias fueron incorporadas, particularmente sobre las separaciones de nivel inferior de los grupos de suelos de referencia.

Muchos otros contribuyeron a través de comentarios escritos o a través de la participación activa durante las reuniones de la WRB o la anterior Base Internacional de Referencia (IRB). Todas estas contribuciones se reconocen con agradecimiento ya que ayudaron a construir, refinar y actualizar la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.

Un especial agradecimiento para J. Lozet y J. Chapelle (Bélgica) quienes llevaron a cabo la meticulosa tarea de traducir las publicaciones de la WRB al francés. También se reconocen con agradecimiento los esfuerzos de E.M. Bridges (Reino Unido) al revisar los textos.

Contenido

	Página
1 ANTECEDENTES	1
Historia	1
Objetivos	3
Principios	4
Elementos de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo	6
Discusión	9
2 CLAVE DE LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA	13
Clave para los grupos de suelos de referencia de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo	13
3 HORIZONTES, PROPIEDADES Y MATERIALES DE DIAGNÓSTICO	19
Horizontes de diagnóstico	19
Horizonte álbico	20
Horizonte ándico	21
Horizonte antrácico	22
Horizontes antropedogénicos	22
Horizonte árgico	25
Horizonte cálcico	27
Horizonte cámbico	28
Horizonte chérmico	29
Horizonte crítico	30
Horizonte dúrico	31
Horizonte ferrálico	31
Horizonte férrico	32
Horizonte fólico	33
Horizonte frágico	33
Horizonte fúlvico	34
Horizonte gípsico	35
Horizonte hístico	35
Horizonte hidrárgico	36
Horizonte hórtico	36
Horizonte irrágico	36
Horizonte melánico	36
Horizonte mólico	36
Horizonte nátrico	38
Horizonte nítico	39
Horizonte ócrico	40
Horizonte petrocálcico	41

	Página
Horizonte petrodúrico	42
Horizonte petrogíptico	42
Horizonte petroplántico	43
Horizonte plágico	44
Horizonte plántico	44
Horizonte sálico	45
Horizonte spódico	45
Horizonte sulfúrico	46
Horizonte takírico	46
Horizonte térrico	47
Horizonte úmbrico	47
Horizonte vértico	48
Horizonte vítrico	49
Horizonte yérmico	50
Propiedades de diagnóstico	50
Cambio textural abrupto	50
Lenguas albelúvicas	51
Propiedades álicas	51
Propiedades arídicas	51
Roca dura continua	52
Propiedades ferrálicas	52
Propiedades géricas	53
Propiedades gléyicas	53
Permafrost	54
Carbonatos secundarios	54
Propiedades stágnicas	54
Propiedades fuertemente húmicas	55
Materiales de diagnóstico	55
Material de suelo antropogeomórfico	55
Material de suelo calcárico	56
Material de suelo flúvico	56
Material de suelo gipsírico	56
Material de suelo orgánico	57
Material de suelo sulfídico	57
Material de suelo téfrico	57
4 SUBDIVISIONES CLASIFICATORIAS DE LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA	59
Principios generales para distinguir unidades de nivel inferior	60
Definiciones de elementos formativos para unidades de nivel inferior	62
REFERENCIAS	80
Apéndice 1: Designación de horizontes del suelo	83
Apéndice 2: Códigos para los grupos de suelos de referencia y subunidades de suelos	87

Lista de tablas

	Página
1 Procesos antropedogénicos	23
2 Algunos materiales antropogeomórficos de suelos	55
3 Lista alfabética de nombres de suelos de nivel inferior	63
4 Listado de prioridad de unidades de nivel inferior de los grupos de suelos de referencia	76

Capítulo 1

Antecedentes

Un tema de gran preocupación ha sido el hecho de que después de cien años de ciencia del suelo moderna todavía no se haya sido adoptado universalmente un sistema de clasificación de suelos de aceptación general (Dudal, 1990). Esta situación proviene en parte del hecho de que los suelos constituyen un continuum que, a diferencia de las plantas y animales fácilmente identificables, necesita ser dividido en clases por convención. Para remediar esta situación el trabajo en sistemática de suelos de los últimos 20 años se concentró en el desarrollo de una *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*.

HISTORIA

La *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* (WRB) es la sucesora de la Base Internacional de Referencia para la Clasificación de Suelos (IRB), una iniciativa de FAO, apoyada por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP) y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, que data de 1980. La intención del proyecto IRB fue trabajar hacia el establecimiento de un esquema a través del cual se pudieran correlacionar los sistemas de clasificación de suelos existentes y armonizar los trabajos de clasificación de suelos en ejecución. El objetivo final era alcanzar un acuerdo internacional sobre los grupos de suelos principales a reconocerse a escala global así como sobre los criterios y metodología a aplicar para definirlos e identificarlos. Tal acuerdo intentaba facilitar el intercambio de información y experiencia, proporcionar un idioma científico común, fortalecer las aplicaciones de la ciencia del suelo, y reforzar la comunicación con otras disciplinas.

Luego de las discusiones preliminares en 1978 en Canadá, se convocaron tres reuniones en Sofía, Bulgaria, en 1981 y 1982, para iniciar un programa internacional hacia un sistema común de clasificación de suelos. Se formularon bosquejos de definiciones de 16 grupos principales de suelos, *suelos débilmente desarrollados*, *suelos con expansión/contracción*, *suelos influenciados por capa de agua*, *suelos salinos/alcalinos*, *suelos cálcicos/gípsicos*, *suelos mólicos*, *suelos úmbricos y someros*, *suelos siálicos*, *suelos fersiálicos*, *suelos ferrálicos*, *suelos ándicos*, *suelos influenciados por agua superficial*, *suelos podzolizados*, *suelos hísticos*, *suelos pergélicos* y *suelos antropogénicos*.

El proyecto para crear una Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos se inició en 1982 como uno de los programas propuestos para implementar una Política Mundial de Suelos a través de la UNEP. Se preveía que la Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos iba a ser utilizada como base para revisar la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1974).

En 1982, en Nueva Delhi, India, el 12° Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) avaló este programa y lo confió a un Grupo de Trabajo dentro de la Comisión V (Génesis, Clasificación y Cartografía de Suelos).

En 1986, en el 13° Congreso de la ISSS en Hamburgo, Alemania, el programa IRB designó a la Comisión V bajo la responsabilidad de su presidente, asistido por un grupo central. Se solicitó a colaboradores seleccionados desarrollar en mayor detalle las definiciones de los agrupamientos de suelos principales y atributos de diagnóstico relevantes, para hacer propuestas para ulteriores subdivisiones en un segundo/tercer nivel, y para establecer la correlación con unidades de suelos existentes de los principales sistemas de clasificación de suelos.

El desarrollo posterior de la IRB se discutió en consultas que tuvieron lugar en Roma, Italia, en 1987 y en Almaty (Alma-Ata), Kazakstan, en 1988. Se informó el progreso en 1990 en un simposio dedicado a la Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos durante el 14° Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo en Kioto, Japón. A esta altura se habían identificado 20 agrupamientos principales de suelos sobre la base de su representatividad de la cubierta edáfica del mundo, a saber. Suelos *orgánicos*, *ántricos*, *vérticos*, *ándicos*, *gléyicos*, *stágnicos*, *ferrálicos*, *pódzicos*, *lúvicos*, *núticos*, *lúxicos*, *flúvicos*, *gúpsicos*, *cálcicos*, *sálicos*, *sódicos*, *chérnicos*, *módicos*, *cámbicos* y *prímicos*. Los atributos usados para definir estos agrupamientos de suelos se seleccionaron en base a poder reflejar los principales factores formadores de suelos.

Mientras tanto la FAO había publicado la Leyenda Revisada del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1988). El número de agrupamientos principales de suelos en esta leyenda se incrementó de 26 a 28 y el de las unidades de suelos de 106 a 153. Algunos de los cambios principales incluían la amalgama de *Litosoles*, *Rendzinas* y *Rankers* en *Leptosoles*, la división de los *Luvsoles* en *Luvsoles* y *Lixisoles* y, de la misma manera, la separación de *Acrisoles* en *Acrisoles* y *Alisoles*, la eliminación de *Xerosoles* y *Yermosoles*, y la introducción de *Antrosoles*, *Plintosoles*, *Calcisoles* y *Gipsisoles*. Se adaptaron algunos criterios, otros se definieron de nuevo (por ejemplo horizontes B árgico y ferrálico, y propiedades ándicas, flúvicas, gléyicas, stágnicas, núticas, sálicas y sódicas).

Como continuación del Congreso de 1990, se convocó a una consulta en Montpellier, Francia, en 1992, para tomar acción sobre el estado actual de la IRB a la luz de las discusiones mantenidas en el Simposio de Kioto. Parecía que algunos de los 20 agrupamientos principales de suelos propuestos eran tan amplios que resultaba difícil preparar definiciones consistentes. Estos agrupamientos principales de suelos necesitaban ser divididos para obtener subdivisiones más significativas. Al comparar la lista de Kioto de 20 unidades de IRB y los 28 agrupamientos principales de suelos de FAO en la Leyenda Revisada, surgió la pregunta de si estaba justificado desarrollar dos sistemas a la par. Si tenía lugar una división adicional de algunas unidades IRB, se terminaría con listas de unidades prácticamente idénticas. Más aún, como tanto la IRB como el Mapa de Suelos del Mundo eran co-patrocinadas por la ISSS, se sentía como impropio proseguir con dos programas separados que esencialmente tenían el mismo objetivo, es decir, arribar a un inventario racional del recurso suelo global. Un motivo primario para hacerlo había sido que la Leyenda de FAO-UNESCO 1974 solamente se había pensado para servir al único propósito del Mapa de Suelos del Mundo 1:5 000 000. Desde entonces, la Leyenda ha sido progresivamente desarrollada para abarcar los principales suelos del mundo en tres niveles de generalización y actualmente se usa ampliamente para relevamientos tanto en países en desarrollo como desarrollados. Más aún, la terminología es bien conocida y aceptada generalmente.

Por consiguiente se decidió que la IRB debería adoptar la Leyenda Revisada de FAO como estructura básica para sus actividades futuras. Sería la tarea de la IRB aplicar sus principios de definiciones y relaciones de suelos a las unidades de FAO existentes, proporcionando mayor profundidad y respaldo. La fusión de los dos esfuerzos se lanzó bajo el nombre: 'Base Referencial Mundial del Recurso Suelo', una tarea de ISSS/FAO/ISRIC.

Cuando se publicó la Leyenda Revisada en 1988, FAO solicitó comentarios y posibles enmiendas. La WRB se ha esforzado en identificar posibles brechas y sugerir ajustes acordes. Los ajustes propuestos se presentaron en borrador durante el 15º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Acapulco, México (ISSS-ISRIC-FAO, 1994) los que se analizaron durante las reuniones y giras de campo en Alemania (1995), Rusia (1996), Sudáfrica (1996), Argentina (1997) y Austria (1997).

OBJETIVOS

El objetivo principal de la *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* es **proporcionar profundidad y base científica a la Leyenda Revisada de FAO 1988**, incorporando los últimos conocimientos relacionados con el recurso suelo global y sus interrelaciones. Para incluir algunos de los más recientes estudios pedológicos y para expandir el uso del sistema desde una base agrícola a otra ambiental más amplia, se reconoció que se estaban volviendo necesarios un número limitado de cambios importantes en la Leyenda de 1988.

Más específicamente, los objetivos son:

- desarrollar un sistema internacionalmente aceptable para delinear el recurso suelo, al cual puedan vincularse y relacionarse las clasificaciones nacionales, usando la Leyenda Revisada de FAO como estructura básica;
- proporcionar una sólida base científica a esta estructura para que también pueda servir en diferentes aplicaciones, en áreas relacionadas como agricultura, geología, hidrología y ecología;
- reconocer dentro de la estructura importantes relaciones espaciales de suelos y horizontes del suelo como se caracterizan por topo- y cronosecuencias; y
- enfatizar la caracterización morfológica de suelos más que seguir una aproximación analítica basada puramente en laboratorio.

La WRB está diseñada como **un medio de comunicación sencillo entre científicos** para identificar, caracterizar y nombrar tipos principales de suelos. No pretende reemplazar los sistemas nacionales de clasificación de suelos, sino ser una herramienta para una mejor **correlación entre sistemas nacionales**. Aspira a actuar como un denominador común a través del cual puedan compararse los sistemas nacionales. La WRB también sirve como un campo común entre personas con un interés en los recursos naturales y de la tierra.

La WRB también es una herramienta para **identificar estructuras pedológicas** y su significado. Sirve como **un lenguaje básico en ciencia del suelo** para facilitar:

- comunicación científica;
- implementación de inventarios de suelos y transferencia de datos pedológicos, elaboración de diferentes sistemas de clasificación teniendo una base común, interpretación de mapas;
- reconocimiento de las relaciones entre suelos y horizontes del suelo como se caracteriza por topo- y cronosecuencias;

- utilización internacional de datos pedológicos, no sólo por edafólogos sino también por otros usuarios del suelo y la tierra, tal como geólogos, botánicos, agrónomos, hidrólogos, ecólogos, agricultores, forestadores, ingenieros civiles y arquitectos, teniendo como objetivo particular el mejorar en:
 - el uso de datos de suelos para el beneficio de otras ciencias;
 - la evaluación del recurso suelo y el uso potencial de distintos tipos de cubiertas edáficas;
 - el monitoreo de suelos, particularmente el desarrollo del suelo que depende de la manera en que los suelos son utilizados por la comunidad humana;
 - la validación de métodos experimentales de uso del suelo para el desarrollo sostenible, que mantengan y, si es posible, mejoren el potencial del suelo;
 - la transferencia de tecnologías de uso del suelo de una región a otra.

PRINCIPIOS

Los principios generales en que se basa la WRB se formularon durante las primeras reuniones en Sofía en 1981 y 1982, y de ahí en más elaborados por los Grupos de Trabajo a los que se confió su desarrollo. Estos principios generales pueden resumirse como sigue:

- la clasificación de los suelos se basa en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes y características de diagnóstico, las que en el mayor grado posible deben ser medibles y observables en el campo;
- la selección de horizontes y características de diagnóstico toma en cuenta su relación con procesos formadores de suelos. Se reconoce que una comprensión de los procesos formadores de suelos contribuye a una mejor caracterización de los suelos pero no deben, como tales, ser usados como criterios diferenciadores;
- hasta donde sea posible en un alto nivel de generalización se intenta seleccionar rasgos de diagnóstico que sean de importancia para propósitos de manejo;
- no se aplican parámetros climáticos en la clasificación de suelos. Se entiende completamente que ellos deben usarse para propósitos de interpretación, en combinación dinámica con propiedades del suelo, pero no deben ser parte de las definiciones de suelos;
- la WRB está pensada como un sistema comprensivo de clasificación que permite a la gente acomodar su propio sistema nacional de clasificación. Comprende dos rangos de detalle categórico:
 1. la "Base referencial" que está limitada solamente al primer nivel, tiene 30 grupos de suelos de referencia; y
 2. el "Sistema de Clasificación WRB" que consiste de combinaciones de un conjunto de prefijos como calificadores (o modificadores) únicos agregados a los grupos de suelos de referencia, que permiten la caracterización y clasificación muy precisa de los perfiles de suelos individuales;
- las unidades de suelos de referencia en la WRB deberían ser representativas de las regiones principales de suelos de modo que proporcionen una apreciación global comprensiva de la cubierta edáfica del mundo;

- la base referencial no pretende sustituir los sistemas nacionales de clasificación de suelos sino más bien servir como un denominador común para la comunicación en el ámbito internacional. Esto implica que las categorías de nivel inferior, posiblemente una tercera categoría de la WRB, podrían acomodar la diversidad local a nivel de país. Concurrentemente los niveles inferiores podrían enfatizar rasgos del suelo que son importantes para el uso de la tierra y manejo del suelo;
- la Leyenda Revisada del Mapa de Suelos del Mundo de FAO/UNESCO se usó como una base para el desarrollo de la WRB como manera de tomar ventaja del trabajo internacional de correlación de suelos que ya ha sido llevado adelante a través de este proyecto;
- las definiciones y descripciones de las unidades de suelos deben reflejar las variaciones en las características del suelo tanto vertical como lateralmente de modo que se esclarezcan las transiciones espaciales dentro del paisaje;
- el término ‘Base Referencial’ es connotativo de la función de denominador común que asumirá la WRB. Sus unidades deben tener suficiente amplitud para estimular la armonización y correlación de los sistemas nacionales existentes;
- además de servir como un vínculo entre los sistemas de clasificación existentes la WRB también puede servir como una herramienta de comunicación consistente para compilar bases de datos de suelos globales y para el inventario y monitoreo del recurso suelo mundial.
- la nomenclatura usada para distinguir grupos de suelos va a retener los términos que han sido usados tradicionalmente o que pueden ser fácilmente introducidos en el lenguaje en uso. Estos términos están definidos con precisión para evitar la confusión que ocurre cuando los nombres se usan con connotaciones diferentes.

Aunque se adoptó la estructura básica de la Leyenda de FAO, con sus dos niveles categóricos y directivas para desarrollar clases en un tercer nivel, se decidió fusionar los niveles inferiores. Cada grupo de suelos de referencia de la WRB está provisto de un listado de calificadores posibles en una secuencia priorizada, a partir del cual el usuario puede construir varias unidades de nivel inferior. Los amplios principios que gobiernan la diferenciación de clases de WRB son:

- en el **nivel categórico superior** las clases se diferencian principalmente de acuerdo al proceso pedogenético primario que ha producido los rasgos de suelo característicos, excepto cuando materiales originarios ‘especiales’ son de importancia determinante; y
- en los **niveles categóricos inferiores** las clases se diferencian de acuerdo a cualquier proceso formador de suelos secundario predominante que haya afectado significativamente los rasgos primarios del suelo. En ciertos casos pueden tenerse en cuenta características del suelo que tienen efecto significativo para el uso.

Se reconoce que varios grupos de suelos de referencia pueden ocurrir bajo diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, se decidió no introducir separaciones por causa de características climáticas de modo que la clasificación de suelos no esté subordinada a la disponibilidad de datos climáticos.

ELEMENTOS DE LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO

Los grupos de suelos de referencia de la WRB

Luego de revisar la Leyenda Revisada de FAO, se identificaron 30 grupos de suelos de referencia para constituir la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Se incluyeron tres nuevos grupos de suelos de referencia: los *Crisoles*, *Durisoles* y *Umbrisoles*. Los *Greyzems* se fusionaron con los *Phaeozems*, y los *Podzoluvisoles* se renombraron *Albeluvisoles*.

Los 30 grupos principales de suelos son *Acrisoles*, *Albeluvisoles*, *Alisoles*, *Andosoles*, *Antrosoles*, *Arenosoles*, *Calcisoles*, *Cambisoles*, *Chernozems*, *Crisoles*, *Durisoles*, *Ferralsoles*, *Fluvisoles*, *Gleysoles*, *Gipsisoles*, *Histosoles*, *Kastanozems*, *Leptosoles*, *Lixisoles*, *Luvisolos*, *Nitisoles*, *Phaeozems*, *Planosoles*, *Plintosoles*, *Podzoles*, *Regosoles*, *Solonchaks*, *Solonetz*, *Umbrisoles*, y *Vertisoles*.

Los *Crisoles* se introdujeron en el nivel más alto para identificar un grupo de suelos que ocurren bajo las condiciones ambientales únicas de congelamiento y deshielo alternantes. Estos suelos tienen permafrost dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo y están saturados con agua durante el período de deshielo. Además, muestran evidencias de crioturación. Los *Durisoles* comprenden los suelos en ambientes semiáridos que tienen acumulación de sílice, ya sea en forma de nódulos, o como una capa masiva, endurecida. Los *Umbrisoles* cubren los suelos que tienen o un horizonte úmbrico, o un horizonte mólico y saturación con bases menor de 50 por ciento en algunas partes dentro de los 125 cm superiores desde la superficie del suelo. Son la contraparte lógica de los *Chernozems*, *Kastanozems* y *Phaeozems*.

Los *Plintosoles* reúnen los *Plintosoles* de la Leyenda Revisada y los suelos que tienen una capa petroplíntica a poca profundidad. En la Leyenda Revisada los últimos suelos pertenecen a los *Leptosoles*. Para la Base Referencial Mundial se decidió excluir de los *Leptosoles* a los suelos con horizontes pedogenéticos tales como horizontes cálcico o gípsico endurecidos o plintita endurecida. Esto hizo necesario el definir un grupo de suelos de referencia que incluyera estos suelos. Aunque se reconoce que los suelos con capas petroplínticas someras y los suelos con plintita normalmente ocupan diferentes posiciones en el paisaje, se consideró apropiado agruparlos por estar genéticamente relacionados.

Los *Podzoluvisoles* se renombraron *Albeluvisoles*. El nombre *Podzoluvisoles* sugiere que en estos suelos tienen lugar tanto el proceso de queluvación (que conduce a los *Podzoles*) como la acumulación subsuperficial de arcilla (que resulta en *Luvisolos*), mientras que de hecho el proceso dominante consiste en remoción de arcilla y hierro/manganeso a lo largo de zonas preferenciales (caras de agregados, grietas) en el horizonte árgico. Se considera entonces más apropiado el nombre *Albeluvisoles*, expresando la presencia de un horizonte eluvial decolorado ("*horizonte albico*"), un horizonte enriquecido en arcilla ("*horizonte árgico*") y la ocurrencia de "*lenguas albelúvicas*".

Horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de la WRB

Se había acordado previamente que los grupos de suelos deberían definirse en términos de una combinación específica de horizontes de suelo, llamados '*horizontes de referencia*' mejor que '*horizontes de diagnóstico*'. Los horizontes de referencia fueron pensados para reflejar horizontes genéticos, los que se reconoce ocurren frecuentemente en los suelos. Lamentablemente, la diferenciación entre horizontes de diagnóstico y de referencia creó confusión y se acordó retener la terminología de FAO de horizontes de diagnóstico lo mismo que propiedades de diagnóstico.

Además, pareció necesario definir materiales de suelo de diagnóstico. Todos estos juntos resultaron en una lista comprensiva de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de WRB, definidos en términos de características morfológicas y/o criterios analíticos. En línea con los objetivos de la WRB, los atributos se describen tanto como sea posible para ayudar a la identificación de campo.

Modificaciones de las definiciones de horizontes y propiedades de diagnóstico de FAO

De los 16 horizontes de diagnóstico de la Leyenda Revisada solamente no se retuvo el *horizonte A fímico*. Este cubre un rango demasiado amplio de capas superficiales hechas por el hombre y se reemplazó en la WRB por los horizontes hórtico, plágico y térrico.

Para la WRB, la definición del *horizonte hístico* se amplió reduciendo su espesor mínimo a 10 cm y removiendo el espesor máximo. Esto se debe a un segundo uso de la definición. En la Leyenda Revisada el horizonte H hístico se usa para distinguir suelos en segundo nivel para identificar unidades de suelo hísticas; en la WRB también se usa en el nivel más alto para definir los *Histosoles*. Se acordó que los *Histosoles* sobre roca dura continua deberían tener un espesor mínimo de 10 cm para evitar que capas orgánicas muy finas sobre roca sean clasificadas como *Histosoles*.

El requisito de contenido de P_2O_5 para los horizontes A mólico y úmbrico de FAO se eliminó de las definiciones de los *horizontes mólico* y *úmbrico* de la WRB. Este requisito no puede considerarse de diagnóstico ya que horizontes espesos de color oscuro, hechos por el hombre en China, por ejemplo, también tienen poca cantidad de fosfato. Deben encontrarse otros criterios para separar horizontes mólicos y úmbricos de horizontes antropogénicos.

Un *horizonte chérnico* se define como una clase especial de horizonte mólico. La definición presente del horizonte mólico se consideró demasiado amplia como para reflejar adecuadamente las características únicas de los horizontes superficiales profundos, negruzcos, porosos, que son tan típicos de los *Chernozems*.

La definición del *horizonte ócrico* es similar a la del horizonte A ócrico. El requisito de color para el *horizonte álbico* se cambió ligeramente comparado con el horizonte E álbico de FAO, para satisfacer los horizontes álbicos que muestran un cambio considerable de croma por humedecimiento. Tales condiciones se encuentran con frecuencia en suelos del hemisferio sur.

La definición del *horizonte árgico* difiere de la del horizonte B árgico de la Leyenda Revisada en que el porcentaje de barnices de arcilla en ambas caras de agregados horizontal y vertical y en poros se incrementó de uno a cinco por ciento. Se espera que esto proporcione una mejor correlación con el requisito anterior de por lo menos uno por ciento de arcilla orientada en cortes delgados.

Se agregaron directivas para reconocer discontinuidades litológicas a la descripción del horizonte árgico, si no son claras a partir de las observaciones de campo. Pueden identificarse por el porcentaje de arena gruesa, arena fina y limo, calculados sobre base libre de arcilla (distribución por tamaño de partícula internacional o usando el sistema de agrupamientos adicionales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) u otro), o por cambios en el contenido de gravas y fracciones más gruesas. Se reconoce como diagnóstico de una discontinuidad litológica un cambio relativo de por lo menos 20 por ciento en cualquiera de las fracciones de tamaño de partícula principales. Sin embargo, sólo debe tenerse en cuenta si está

localizada en la sección del solum donde ocurre el incremento de arcilla y si hay evidencia de que la capa suprayacente era de textura más gruesa.

Los ajustes que se hicieron en la descripción del horizonte árgico también se aplican al **horizonte nátrico**.

La definición del horizonte B cámbico de FAO se corrigió ligeramente eliminando el requisito '*...y tiene por lo menos ocho por ciento de arcilla*'. Este requisito fuerza algunos suelos que tienen un horizonte B estructural bien desarrollado y textura franco limosa o limosa con bajo contenido de arcilla, como los que se encuentran, por ejemplo, en los depósitos fluvio-glaciarios de los países nórdicos, dentro de los *Regosoles* antes que en los *Cambisoles*. Como este requisito tampoco es necesario para separar los *Cambisoles* de los *Arenosoles* (definidos en la WRB como suelos que tienen textura arenosa franca o más gruesa) no se utilizó en la definición propuesta para el **horizonte cámbico** de la WRB.

Se hicieron alteraciones importantes en la definición del **horizonte spódico**. Se puso de acuerdo con las modificaciones recientes de la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1996) con respecto a la definición de materiales spódicos. Se agregaron requisitos de color, se usa un límite de 0.5 o más en el porcentaje de aluminio más la mitad de hierro extractables con oxalato, y se introdujo un valor de 0.25 o más para la densidad óptica del extracto de oxalato (DOEO). Además, el límite superior de los horizontes spódicos se estableció a 10 cm de profundidad.

Se eliminó la relación limo-arcilla de 0.2 o menos de la definición del **horizonte ferrálico**. Se consideró este criterio como demasiado estricto; la fracción de tamaño limo se incrementó de 2-50 a 2-63 μm (FAO, 1990). Se propusieron otros valores (relación limo-arcilla 0.7 o menos; relación limo fino-arcilla 0.2 o menos) pero, hasta ahora, no se ha alcanzado consenso.

Se hicieron algunas alteraciones en las definiciones de los **horizontes cálcico** y **gípsico**. Para los propósitos de la WRB se dividen en horizontes cálcico/gípsico y **horizontes hipercálcico** /**hipergípsico**. Estos últimos horizontes tienen un contenido de carbonato de calcio equivalente y yeso, respectivamente, de 50 y 60 por ciento, pero no están cementados.

La definición del **horizonte sulfúrico** permanece igual que en la Leyenda Revisada.

Además de estos horizontes de diagnóstico, se proponen 19 nuevos. Algunos se adoptaron de las propiedades de diagnóstico de FAO, otros son nuevos. En conjunto llevan a 34 el total de horizontes de diagnóstico reconocidos en la WRB. Las definiciones de nuevos horizontes de diagnóstico son los horizontes *ándico*, *antropedogénico*, *chérnico*, *críco*, *dúrico*, *férrico*, *fólico*, *frágico*, *fúlvico*, *melánico*, *nítico*, *petrodúrico*, *petroplántico*, *plántico*, *sálico*, *takírico*, *vértico*, *vítico* y *yérmico*. Las definiciones y descripciones se dan en el *Capítulo 3*.

Una combinación de un **horizonte antrácuico** en superficie con un **horizonte hidrúrgico** subyacente, totalizando juntos un espesor de por lo menos 50 cm, define ciertos *Antrosoles* que muestran evidencias de alteración a través de prácticas de cultivo anegado. Esto comprende una capa enlodada, un piso de arado y un horizonte iluvial subsuperficial. Esta combinación es característica de suelos que han sido usados para cultivo de arroz anegado por largos períodos.

Las propiedades y materiales de diagnóstico nuevas son *lenguas albelúvicas*, *propiedades álicas* y *arídicas*, y *materiales de suelo antropogeomórfico*, *calcárico*, *flúvico*, *gipsírico*, *orgánico*, *sulfuroso* y *téfrico*. Las descripciones y definiciones también se dan en el *Capítulo 3*.

Las *propiedades gléyicas* y *stágnicas* se reformularon. Se hicieron ligeros cambios en las definiciones de FAO de *cambio textural abrupto* y *propiedades géricas*, mientras que las definiciones de *permafrost* y calcáreo pulverulento blando, renombrado *carbonatos secundarios*, se adoptaron sin cambio.

En la descripción de *propiedades gléyicas* y *stágnicas* se introdujo la ocurrencia de 'patrones de color gléyicos' y 'stágnicos'. Estos términos se aplican al patrón de distribución específico de (hidr)óxidos de Fe/Mn causados por saturación con agua freática o agua superficial estancada. Un patrón de color gléyico tiene rasgos 'oximórficos' en el exterior de elementos estructurales, a lo largo de canales de raíces y poros, o como un gradiente hacia arriba en el suelo. Por otra parte, un patrón de color stágnico muestra estos rasgos en el centro de agregados o como un gradiente hacia abajo resultante del impedimento de flujo de agua.

Los cambios ligeros en las descripciones de *cambio textural abrupto* y *propiedades géricas* se refieren a una profundidad diferente en la que debe ocurrir el cambio de textura y otra manera de calcular la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)¹, respectivamente.

DISCUSIÓN

Cubierta edáfica: morfología vertical y lateral y su funcionamiento

Cubierta edáfica

La cubierta edáfica es un cuerpo natural continuo que tiene tres dimensiones espaciales y una temporal. Los tres rasgos principales que gobiernan la cubierta edáfica son:

- Está formada por **constituyentes orgánicos y minerales** e incluye fases sólida, líquida y gaseosa.
- Los constituyentes están organizados en **estructuras**, específicas para el medio pedológico. Estas estructuras forman el aspecto morfológico de la cubierta edáfica, equivalente a la anatomía de un ser viviente. Ellas son el resultado de la historia de la cubierta edáfica y de su dinámica y propiedades actuales. El estudio de las estructuras de la cubierta edáfica facilita la percepción de las propiedades físicas, químicas y biológicas, permite comprender el pasado y presente del suelo y predecir su futuro.
- La cubierta edáfica está en **constante evolución**, dando así al suelo su cuarta dimensión, tiempo.

¹ CICE: capacidad de intercambio catiónico efectiva (suma de bases intercambiables **más** acidez extractable).

Estructura del suelo

La organización morfológica de la cubierta edáfica existe en varias escalas de observación: desde el arreglo básico de partículas que puede observarse con el microscopio, hasta el arreglo de sistemas pedológicos a escala de paisaje. Hay cuatro tipos de estructuras, que se corresponden con cuatro niveles de organización y observación de la cubierta edáfica, que son particularmente importantes de ser descritos, medidos y comprendidos:

1. **Organizaciones elementales:** estructuras compuestas de constituyentes. Son visibles a simple vista o con un microscopio. Los tipos principales de organizaciones elementales son agregados (peds), poros (porosidad), cutanes, nódulos, rasgos de actividad biológica; el color del material de suelo ayuda a reconocer y comprender la organización elemental.
2. **Ensamblajes:** volúmenes pedológicos determinados por la presencia de varias organizaciones elementales. Ejemplos de ensamblajes son ándico, cálcico, ferrálico, vértico, etc.; cada uno de estos ensamblajes puede reconocerse en términos de asociaciones específicas de color, agregados, poros, cutanes, nódulos, etc.
3. **Horizontes:** volúmenes pedológicos más o menos paralelos a la superficie de la tierra. Un horizonte se describe por la presencia de uno o más tipos de ensamblajes y por la relación entre estos ensamblajes. También se describe por su espesor, por su extensión lateral, y por sus límites morfológicos vertical y lateral. A escala de paisaje, los horizontes nunca son infinitos; lateralmente desaparecen o se funden en otro horizonte.
4. **Sistemas pedológicos:** distribuciones y relaciones espaciales de horizontes a escala de paisaje (Ruellan y Dosso, 1993). La estructura de un sistema pedológico puede describirse por el arreglo de los horizontes: organizaciones elementales y ensamblajes de los horizontes, superposición vertical y sucesiones laterales de horizontes, tipos de límites que separan los horizontes.

Hasta ahora, los estudios pedológicos han considerado principalmente la caracterización y el significado genético de las organizaciones elementales, de los ensamblajes, de los propios horizontes y de las secuencias verticales de horizontes. Se han hecho relativamente pocos estudios detallados con respecto a la organización espacial, tridimensional, de la cubierta edáfica y con respecto a la dinámica histórica y actual de las organizaciones tridimensionales. Tales estudios son necesarios para comprender las entidades edáficas o unidades de suelo dinámicas, a escala de paisaje y ecosistemas, y para desentrañar las relaciones entre la pedosfera y los otros componentes de la tierra: litosfera, hidrosfera, atmósfera, biosfera.

Un sistema de referencia morfogenético de suelos como la WRB se basa en organizaciones elementales, ensamblajes, horizontes, y las superposiciones verticales de horizontes. Sin embargo, todavía no puede construirse con suficiente precisión un sistema de referencia comprensivo para distribuciones laterales. Se reconoce la existencia de estas distribuciones laterales siempre que sea posible, en la definición de los componentes de la WRB, abriendo así la posibilidad de comenzar una Base Referencial Mundial acerca de sistemas pedológicos (litosecuencias, toposecuencias, cronosecuencias, biosecuencias, climosecuencias, etc.)

Problemas encontrados

Una filosofía básica en la WRB es que los grupos de suelos finales deben mostrar coherencia en distribución geográfica y carácter pedogenético, y que los suelos deben caracterizarse

preferiblemente por su expresión morfológica más que por datos analíticos. En varios grupos principales de suelos propuestos esto ha llevado a divisiones y en otros a amalgamas. Por ejemplo, los *Leptosoles* de FAO comprenden “suelos limitados en profundidad por... una capa continua cementada dentro de los 30 cm desde la superficie”, es decir capa petrocálcica, petrogípsica, petroférica o duripan. Estas capas se consideran como horizontes pedogenéticos en la WRB y los suelos que tienen tales capas deberían entonces clasificarse con sus grupos apropiados. Consecuentemente, los suelos someros sobre horizonte petrocálcico, petrodúrico, petrogípsico o petroplíntico se agrupan en la Base Referencial Mundial con los *Calcisoles*, *Durisoles*, *Gipsisoles* y *Plintosoles*, respectivamente. Debe enfatizarse, sin embargo, que los suelos someros sobre horizonte petroplíntico pueden ocupar diversas posiciones diferentes en el paisaje que aquellos que tienen horizonte plíntico. Los últimos ocurren generalmente en depresiones y en planicies extendidas, mientras que los primeros se encuentran frecuentemente en posiciones elevadas, por ejemplo, como corazas, coronando mesetas, en el oeste de Africa.

Los *Leptosoles* también comprenden suelos con muy alto contenido de fragmentos gruesos. Esta combinación hace a los *Leptosoles* un raro grupo de suelos tanto someros como relativamente profundos, con poca humedad disponible como característica común. Hubo una propuesta de agrupar los *Leptosoles* más profundos con los *Regosoles*. Esto habría purificado los *Leptosoles* pero 'contaminado' los *Regosoles*. Por lo tanto, los suelos con fragmentos gruesos se retuvieron en los *Leptosoles*.

Una preocupación mayor fue la de cómo tratar los suelos influenciados por el hombre que no califican como *Antrosoles*. Especialmente en los grupos de suelos de referencia *Podzoles*, *Umbrisoles* y *Arenosoles*, ocurren suelos en los que la capa superficial ha sido modificada por fertilización y encalado hasta tal punto que han desaparecido las características originales de baja saturación con bases. Si se los dejara a la naturaleza, con el tiempo volvería la baja saturación con bases inicial. Siguiendo el principio de que los efectos de manejo de corto plazo no deben influenciar el agrupamiento de suelos, este tipo de suelos se mantienen con los *Podzoles*, *Umbrisoles* y *Arenosoles*, y puede usarse un modificador “ántrico” para indicar influencia humana.

Las interfases entre algunos suelos en la Leyenda Revisada son arbitrarias. La separación de *Luvisoles*, *Alisoles*, *Acrisoles* y *Lixisoles* de FAO puede ser muy útil, pero su identificación está basada en gran medida en datos analíticos, mientras que las diferencias entre los suelos son difíciles de detectar en el campo. En un momento se propuso agrupar los *Luvisoles* junto con *Alisoles* y *Acrisoles* con *Lixisoles*. El resultado hubiera sido que dos suelos muy diferentes en Africa habrían sido clasificados juntos, y que los fértiles *Luvisoles* de la franja de loess en Europa occidental se habrían agrupado junto con los *Alisoles* al pie de los Andes o en Kalimantan, ignorando así el principio de la WRB de relaciones en distribución geográfica de suelos. Se decidió entonces retener la separación hecha en la Leyenda Revisada, basar la diferencia entre *Luvisoles* y *Alisoles* principalmente en “propiedades álicas”, y continuar la búsqueda de criterios morfológicos y otros asociados que permitan distinguir mejor en el campo los cuatro suelos 'lúvicos'. Tales criterios deberían basarse, por ejemplo, en el desarrollo de estructura.

Existen problemas similares entre *Andosoles* y *Podzoles*, especialmente entre los *Andosoles* que están dominados por complejos alúmino-orgánicos, y *Podzoles* sin un horizonte álbico. No han podido establecerse criterios de campo seguros para diferenciarlos, aparte de la evidencia circunstancial derivada de la geografía del área, y por lo tanto, la distinción clara entre estos dos suelos todavía necesita el apoyo de pruebas analíticas.

El límite entre *Ferralsoles* y *Nitisoles* en la Leyenda Revisada no es satisfactorio. Muchos suelos tipo *Nitisol* tienen propiedades nítricas y también un horizonte B ferrálico; consecuentemente se clasifican como *Ferralsoles*. El concepto general de los *Ferralsoles*, sin embargo, es el de suelos que tienen estructura débilmente desarrollada y tienen bajo Si, Al y Fe activos. En contraste, las propiedades nítricas se aplican a materiales de suelo fuertemente estructurados y con alto contenido de hierro activo (FAO, 1988). Esta contradicción aparente se eliminó de la WRB excluyendo la presencia de horizonte nítrico en los *Ferralsoles* y, al mismo tiempo, proporcionando la posibilidad de un intergrado en *Nitisoles* hacia *Ferralsoles* por el calificador "Ferrálico".

Se alcanzó consenso respecto del problema de prioridad entre horizontes ferrálicos y horizontes árgicos que contienen arcillas de baja actividad. Los horizontes con una CIC de $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla o menos califican para ferrálicos, siempre que se cumplan todos los demás requisitos. Sin embargo, si el horizonte ferrálico tiene por encima un horizonte que califica como horizonte árgico y que contiene en sus 30 cm superiores más del 10 por ciento de arcilla dispersable en agua, el horizonte árgico toma precedencia sobre el horizonte ferrálico subyacente a los propósitos de clasificación.

Se usaron profundidades estándar de 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100, 150 y 200 cm, a menos que haya un argumento precedente que no lo permita. Un argumento tal puede ser el uso de otro valor de profundidad en el sistema de clasificación nacional del cual se ha tomado una descripción. Esto asegura el cumplimiento de otro de los principales objetivos de la WRB, es decir, servir como un esquema de aceptación internacional para delinear el recurso suelo, al cual pueden adjuntarse y relacionarse las clasificaciones nacionales.

Correlación con sistemas de clasificación existentes

Obviamente, al haber tomado la WRB el esquema de la Leyenda Revisada como guía, esto conlleva muchas similitudes con ella. Se adoptó la nomenclatura y, cuando fue necesario se aplicaron reglas fijas. Se incorporaron sus conceptos de horizontes y propiedades de diagnóstico, complementados con materiales de suelo de diagnóstico.

La Leyenda de FAO original (FAO-UNESCO, 1974) se construyó sobre el conocimiento y experiencia de muchos científicos de suelos de todo el mundo y refleja el consenso derivado de varios sistemas de clasificación. Por ejemplo, los *Greyzems*, *Chernozems* y *Kastanozems* provienen de la vieja clasificación rusa de suelos Grises de Bosque, *Chernozems* y suelos Castaños. De modo similar, los *Cambisoles* coinciden en gran medida con el 'Braunerde' alemán y los 'Sols bruns' franceses, mientras que los *Ferralsoles* siguen estrechamente a los Oxisoles americanos y los Latosoles de Brasil.

La *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* continúa construyendo sobre sistemas de clasificación existentes. Los *Antrosoles* contienen muchos elementos del *Chinese Soil Taxonomic Classification System* (CSTC Research Group, 1995), la descripción y definición de *Andosoles* se correlaciona estrechamente con los Andisoles del *Référentiel Pédologique* (AFES, 1995), como es el caso, en menor grado, con los *Podzols* y los *Podzosols* franceses. Por otra parte, algunas de las propuestas para *Solonchaks*, *Gleysoles*, *Plintosoles*, *Ferralsoles*, *Durisoles*, *Alisoles*, *Umbrisoles* y *Regosoles* resultaron de ideas originales todavía no reflejadas en los sistemas de clasificación vigentes.

Capítulo 2

Clave de los grupos de suelos de referencia

Para describir y definir los grupos de suelos de referencia de la *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*, se hace uso de características, propiedades y horizontes del suelo, los que se combinan para definir los suelos y sus relaciones.

Las **Características del suelo** son parámetros únicos que son observables o mensurables en el campo o laboratorio, o pueden analizarse usando técnicas microscópicas. Incluyen características tales como color, textura y estructura del suelo, rasgos de actividad biológica, arreglo de poros y concentraciones pedogénicas (moteados, cutanes, nódulos, etc.) así como determinaciones analíticas (reacción del suelo, distribución por tamaño de partículas, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, cantidad y naturaleza de sales solubles, etc.).

Las **Propiedades del suelo** son combinaciones ("ensambles") de características del suelo que se sabe que ocurren en suelos y que se consideran indicativas de procesos formadores de suelos presentes o pasados (por ejemplo, propiedades vérticas, que son una combinación de textura pesada, mineralogía esmectítica, slickensides, consistencia dura en seco, adhesivo en húmedo, contracción en seco y expansión en húmedo).

Los **Horizontes del suelo** son cuerpos pedológicos tridimensionales más o menos paralelos a la superficie de la tierra. Cada horizonte contiene una o más propiedades, que ocurre sobre una cierta profundidad, las que lo caracterizan. El espesor varía entre unos pocos centímetros y varios metros; lo más común es del orden de unos pocos decímetros. Los límites superior e inferior ("límites") son graduales, claros o abruptos. Lateralmente, la extensión de un horizonte del suelo varía mucho, desde un metro a varios kilómetros. Sin embargo, un horizonte de suelo nunca es infinito. Lateralmente, desaparece o cambia en otro horizonte.

Los **Suelos** se definen por la combinación vertical de horizontes que ocurren dentro de una profundidad definida, y por la organización lateral ("secuencia") de horizontes de suelo, o por su ausencia, a escala que refleje el relieve o una unidad de tierra.

CLAVE PARA LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA DE LA BASE REFERENCIAL MUNDIAL DEL RECURSO SUELO

Suelos que tienen un horizonte *hístico* o *fólico*,

1. ***o bien*** a. de 10 cm o más de espesor desde la superficie del suelo hasta un contacto lítico o paralítico;
o b. de 40 cm o más de espesor y comienza dentro de los 30 cm desde la superficie del suelo; y
2. no tienen un horizonte *ándico* o *vítrico* que comienza dentro de los 30 cm desde la superficie del suelo.

HISTOSOLES (HS)

Otros suelos que tienen uno o más horizontes *críticos* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

CRIOSOLES (CR)

Otros suelos que tienen, **o bien**

1. un horizonte *hórtico, irrágrico, plágico* o *térrico* de 50 cm o más de espesor; **o**
2. un horizonte *antrácuico* y un horizonte *hidrárgico* subyacente con un espesor combinado de 50 cm o más.

ANTROSOLES (AT)

Otros suelos, que **o bien**

1. están limitados en profundidad por *roca dura continua* dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo; **o**
2. están suprayaciendo a un material con más del 40 por ciento de carbonato de calcio equivalente dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo; **o**
3. contienen menos del 10 por ciento (en peso) de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm o más desde la superficie del suelo; **y**
4. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *mólico, ócrico, úmbrico, yérmico* o *vértico*.

LEPTOSOLES (LP)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *vértico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; **y**
2. luego que los 20 cm superiores han sido mezclados, 30 por ciento o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 100 cm o más, o hasta una capa contrastante (contacto lítico o paralítico, horizonte *petrocálcico, petrodúrico* o *petrogípsico*, discontinuidad sedimentaria, etc.) entre 50 y 100 cm; **y**
3. grietas^{1/} que se abren y cierran periódicamente.

VERTISOLES (VR)

Otros suelos que tienen

1. material de suelo *flúvico* que comienza dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo y continúa hasta una profundidad de por lo menos 50 cm desde la superficie del suelo; **y**
2. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *hístico, mólico, ócrico, takírico, úmbrico, yérmico, sálico* o *sulfúrico*.

FLUVISOLES (FL)

2 Una grieta es una separación entre poliedros gruesos. Si la superficie está fuertemente auto-estructurada ('*self-mulching*'), por ejemplo, una masa de gránulos ("*grúmico*"), o si el suelo es cultivado mientras las grietas están abiertas, las grietas pueden llenarse principalmente por materiales granulares de la superficie del suelo pero están abiertas en el sentido de que los poliedros están separados. Una grieta se considera como abierta si ella controla la infiltración y percolación de agua en suelo arcilloso, seco (Soil Survey Staff, 1996). Si el suelo está regado, los 50 cm superiores tienen un coeficiente de extensibilidad lineal (COEL) de 0.06 o más en todo el espesor.

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *sálico* que comienza dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo; y
2. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *hístico*, *mólico*, *ócrico*, *takírico*, *yérmico*, *cálcico*, *cámbico*, *dúrico*, *gípsico* o *vértico*.

SOLONCHAKS (SC)

Otros suelos que tienen

1. propiedades *gléyicas* dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo; y
2. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *antrácuico*, *hístico*, *mólico*, *ócrico*, *takírico*, *úmbrico*, *ándico*, *cálcico*, *cámbico*, *gípsico*, *plíntico*, *sálico*, *sulfúrico* o *vítrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

GLEYSOLES (GL)

Otros suelos que tienen

1. ***o bien*** un horizonte *vítrico* ***o*** un horizonte *ándico* que comienza dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo; y
2. no tienen otros horizontes de diagnóstico (a menos que estén enterrados a más de 50 cm) que no sean un horizonte *hístico*, *fúlvico*, *melánico*, *mólico*, *úmbrico*, *ócrico*, *dúrico* o *cámbico*.

ANDOSOLES (AN)

Otros suelos que tienen un horizonte *spódico* que comienza dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo, subyaciendo a un horizonte *álbico*, *hístico*, *úmbrico* u *ócrico*, o un horizonte *antropedogénico* de menos de 50 cm de espesor.

PODZOLES (PZ)

Otros suelos que tienen ***o bien***

1. un horizonte *petroplíntico* que comienza dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo; ***o***
2. un horizonte *plíntico* que comienza dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo; ***o***
3. un horizonte *plíntico* que comienza dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo cuando subyace ***o bien*** a un *horizonte álbico* o a un horizonte con propiedades *stágnicas*.

PLINTOSOLES (PT)

Otros suelos

1. que tienen un horizonte *ferrálico* a alguna profundidad entre 25 y 200 cm desde la superficie del suelo; y
2. no tienen un horizonte *nítico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; y
3. no tienen una capa que cumple los requisitos de un horizonte *árgico* y que tiene en los 30 cm superiores, 10 por ciento o más de arcilla dispersable en agua (a menos que el material de suelo tenga propiedades *géricas* o más de 1.4 por ciento de carbono orgánico).

FERRALSOLES (FR)

Otros suelos que tienen un horizonte *nátrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

SOLONETZ (SZ)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte eluvial, cuyo límite inferior está marcado, dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, por un *cambio textural abrupto* asociado con propiedades *stágnicas* por encima del límite; **y**
2. no tienen *lenguas albelúvicas*.

PLANOSOLES (PL)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *mólico* con un croma húmedo de 2 o menos si la textura es más fina que franco arenosa, o menos de 3.5 si la textura es franco arenosa o más gruesa, ambos hasta una profundidad de por lo menos 20 cm, o que tienen estos cromas directamente por debajo de una capa arable; **y**
2. concentraciones de *carbonatos secundarios* que comienzan dentro de los 50 cm del límite inferior del horizonte Ah pero dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo; **y**
3. no tienen horizonte *petrocálcico* entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo; **y**
4. no tienen yeso secundario; **y**
5. no tienen granos de limo y arena sin revestir sobre las superficies de agregados estructurales.

CHERNOZEMS (CH)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *mólico* con un croma húmedo de más de 2 hasta una profundidad de por lo menos 20 cm, o que tienen este croma directamente por debajo de una capa arable; **y**
2. concentraciones de *carbonatos secundarios* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; **y**
3. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *árgico*, *cálcico*, *cámbico*, *gípsico* o *vértico*.

KASTANOZEMS (KS)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *mólico*; **y**
2. una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 por ciento o más y una matriz del suelo libre de carbonato de calcio por lo menos hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo, o hasta una capa contrastante (contacto lítico o paralítico, horizonte *petrocálcico*) entre 25 y 100 cm; **y**
3. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *álbico*, *árgico*, *cámbico* o *vértico*, o un horizonte *petrocálcico*³ en el substrato.

PHAEOZEMS (PH)

Otros suelos que tienen

1. **o bien** un horizonte *gípsico* o *petrogípsico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, **o** 15 por ciento (en volumen) o más de yeso, que se ha acumulado bajo condiciones hidromórficas, promediado sobre una profundidad de 100 cm; **y**

3 Localmente puede haber un horizonte *petrocálcico* (por ejemplo, la "Tosca" en Argentina). Tales horizontes petrocálcicos se consideran como poligenéticos y pueden manejarse mejor, a los propósitos de la clasificación, a nivel de fase (por ejemplo, Phaeozem Lúvico, fase Tosca).

- no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *ócrico* o *cámbico*, un horizonte *árgico* impregnado con yeso o carbonato de calcio, un horizonte *vértico*, o un horizonte *cálcico* o *petrocálcico* subyaciendo al horizonte gípsico.

GIPSISOLES (GY)

Otros suelos que tienen un horizonte *dúrico* o *petrodúrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

DURISOLES (DU)

Otros suelos que tienen

- un horizonte *cálcico* o *petrocálcico* dentro de los 100 cm desde la superficie; y
- no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *ócrico* o *cámbico*, un horizonte *árgico* que es calcáreo, un horizonte *vértico*, o un horizonte *gípsico* subyaciendo a un horizonte petrocálcico.

CALCISOLES (CL)

Otros suelos que tienen un horizonte *árgico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo con un límite superior irregular resultado de *lenguas albelúvicas* dentro del horizonte árgico.

ALBELUVISOLES (AB)

Otros suelos que tienen

- un horizonte *árgico*, que tiene una capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) de $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla o más, que comienza dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, o dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo si por encima del horizonte árgico la textura es arenoso franca o más gruesa en todo el espesor; y
- propiedades *álicas* en la mayor parte entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo; y
- no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *ócrico*, *úmbrico*, *álbico*, *ándico*, *férrico*, *nítico*, *pléntico* o *vértico*.

ALISOLES (AL)

Otros suelos que tienen

- un horizonte *nítico* que comienza dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; y
- límites graduales a difusos entre el horizonte superficial y el subyacente; y
- ausencia de horizonte *férrico*, *pléntico* o *vértico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

NITISOLES (NT)

Otros suelos que tienen

- un horizonte *árgico*, que tiene una capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) menor de $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla en alguna parte, comenzando dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo, o dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo si por encima del horizonte árgico la textura es arenoso franca o más gruesa en todo el espesor; y

2. la saturación con bases (por NH_4OAc 1M) es menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 25 y 100 cm.

ACRISOLES (AC)

Otros suelos que tienen un horizonte árgico con una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 M) igual o mayor a $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla en todo su espesor.

LUVISOLES (LV)

Otros suelos que tienen un horizonte *árgico*.

LIXISOLES (LX)

Otros suelos que tienen

1. un horizonte *úmbrico*; *y*
2. no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sea un horizonte *antropedogénico* de menos de 50 cm de espesor, o un horizonte *álbico* o *cámbico*.

UMBRISOLES (UM)

Otros suelos que tienen *o bien*

1. un horizonte *cámbico*; *o*
2. un horizonte *mólico* por encima de un subsuelo que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en alguna parte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; *o*
3. uno de los siguientes horizontes de diagnóstico dentro de la profundidad especificada desde la superficie del suelo:
 - a. un horizonte *ándico*, *vértico* o *vítrico* que comienza entre 25 y 100 cm;
 - b. un horizonte *plíntico*, *petroplíntico* o *sálico* que comienza entre 50 y 100 cm, en ausencia de textura arenoso franca o más gruesa por encima de estos horizontes.

CAMBISOLES (CM)

Otros suelos que tienen

1. una textura arenoso franca o más gruesa *o bien* hasta una profundidad de por lo menos 100 cm desde la superficie del suelo, *o* hasta un horizonte *plíntico*, *petroplíntico* o *sálico* entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo; *y*
2. menos de 35 por ciento (en volumen) de fragmentos de roca u otros fragmentos gruesos dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo; *y*
3. no tiene otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte *ócrico*, *yérmico* o *álbico*, o un horizonte *plíntico*, *petroplíntico* o *sálico* debajo de los 50 cm desde la superficie del suelo, o un horizonte *árgico* o *spódico* debajo de los 200 cm de profundidad.

ARENOSOLES (AR)

Otros suelos.

REGOSOLES (RG)

Capítulo 3

Horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico

Los horizontes, propiedades y materiales del suelo pretenden reflejar rasgos que se reconocen ampliamente como que ocurren en suelos y que pueden usarse para describir y definir clases de suelos. Se considera que son de "diagnóstico" cuando alcanzan un grado de expresión mínimo, que se determina por criterios de apariencia, mensurabilidad, importancia, relevancia y cuantitativos. Para ser considerados de diagnóstico, los horizontes del suelo también requieren un espesor mínimo, que debe ser evaluado en relación con factores bioclimáticos (por ejemplo, no se espera que un horizonte álbico en regiones boreales tenga tanto espesor como uno en los trópicos).

Los horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico se describen, dentro de lo posible, dando una descripción general, los criterios de diagnóstico, posibilidades de identificación en el campo y características adicionales. También se dan algunas relaciones con otros horizontes de diagnóstico importantes.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), usada como criterio en la definición de horizontes o propiedades de diagnóstico así como en la clave para los grupos de suelos de referencia, esencialmente pretende reflejar la naturaleza del componente mineral del complejo de intercambio. Sin embargo, la CIC determinada sobre la fracción tierra total también está influenciada por la cantidad y tipo de materia orgánica presente. Cuando la arcilla de baja actividad es una propiedad de diagnóstico, puede ser deseable deducir la CIC ligada a la materia orgánica, usando un método gráfico⁴ para perfiles individuales (Bennema y Camargo, 1979; Brinkman, 1979; Klamt y Sombroek, 1988).

La terminología usada para describir la morfología de suelos es la adoptada en la *Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos* (FAO, 1990). Las notaciones de color son de acuerdo a las *Munsell Soil Color Charts* (KIC, 1990). Las características químicas y físicas se expresan basándose en los métodos dados en *Procedures for Soil Analysis* (Van Reeuwijk, 1995).

HORIZONTES DE DIAGNÓSTICO

Para los propósitos de la WRB se usaron como base los horizontes de diagnóstico definidos en la Leyenda Revisada (FAO, 1988), con la excepción del horizonte *fímico* que no se retuvo. Se introducen otros nuevos, tales como horizontes *ándico*, *antropedogénico* (horizontes *antrácuico*, *hidrágico*, *hórtico*, *irrágico*, *plágico* y *térrico*), *chérnico*, *crúico*, *dúrico*, *férrico*, *fóllico*, *frágico*,

4 El método involucra la regresión de la cantidad de C orgánico (expresada en g) contra la CIC medida (pH 7) expresada en $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de arcilla. Con la ecuación resultante puede calcularse la contribución del C orgánico a la CIC, y puede determinarse la CIC corregida de la arcilla. Debe asumirse mineralogía de arcilla uniforme a lo largo del perfil.

fúlvico, melánico, nítico, petrodúrico, petroplúntico, plúntico, sálico, takárico, vértico, vítrico y yérmico. Algunos de estos horizontes reemplazan propiedades de diagnóstico y fases de FAO.

HORIZONTE ÁLBICO

Descripción general. El horizonte álbico (del L. *albus*, blanco) es un horizonte subsuperficial de color claro del cual han sido removidos la arcilla y óxidos de hierro libres, o en el cual los óxidos han sido segregados a tal grado que el color del horizonte está determinado por el color de las partículas de arena y limo más que por los revestimientos de estas partículas. Generalmente tiene estructura de suelo débilmente expresada o carece completamente de estructura. Normalmente, los límites superior e inferior son abruptos o claros. La morfología de los límites es variable y a veces asociada con *lenguas albelúvicas*. Los horizontes álbicos generalmente tienen textura más gruesa que los horizontes supra- o subyacentes, aunque esta diferencia con respecto a un horizonte spódico subyacente puede ser sólo ligera. Muchos horizontes álbicos están asociados con exceso de agua y contienen evidencias de propiedades *gléyicas* o *stágnicas*.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte álbico debe tener:

1. Color Munsell, seco:
 - a. value de 7 u 8 y un croma de 3 o menos; o
 - b. value de 5 o 6 y un croma de 2 o menos; y
2. Color Munsell, húmedo:
 - a. un value de 6, 7 u 8 con un croma de 4 o menos; o
 - b. un value de 5 y un croma de 3 o menos; o
 - c. un value de 4 y un croma de 2 o menos⁵. Un croma de 3 se permite si los materiales originarios tienen un hue de 5YR o más rojo, y el croma se debe al color de los granos de limo o arena sin revestimientos; y
3. espesor: por lo menos de 1 cm.

Identificación en el campo. La identificación de los horizontes álbicos en el campo se basa en los colores del suelo Munsell. Además de la determinación del color, pueden realizarse controles usando una lupa de mano de 10x para verificar la ausencia de revestimientos en las partículas de tamaño arena y limo.

Características adicionales. La presencia de revestimientos alrededor de granos de arena y limo puede determinarse usando un microscopio óptico para analizar cortes delgados. Los granos no revestidos generalmente muestran un borde muy fino en su superficie. Los revestimientos pueden ser de naturaleza orgánica, consistir de óxidos de hierro, o ambos, y son de color oscuro bajo luz translúcida. Los revestimientos de hierro se vuelven de color rojizo bajo luz reflejada, mientras que los revestimientos orgánicos permanecen negro-parduscos.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes álbicos normalmente están por debajo de horizontes superficiales enriquecidos en humus (horizontes *mólico*, *úmbrico* u *ócrico*) pero pueden estar en la superficie debido a erosión o remoción artificial de la capa superficial. Pueden considerarse como un tipo extremo de horizonte eluvial, y generalmente ocurren asociados con horizontes iluviales tales como un horizonte *árgico*, *nátrico* o *spódico*, al que suprayacen. En materiales arenosos los horizontes álbicos pueden alcanzar considerable espesor, hasta varios metros, especialmente en regiones tropicales húmedas, y los horizontes de diagnóstico asociados pueden ser difíciles de establecer.

⁵ Los requisitos de color se cambiaron ligeramente con respecto a los definidos en FAO (1988) y Soil Survey Staff (1996) para acomodar horizontes álbicos que muestran un cambio considerable en croma por humedecimiento. Tales horizontes álbicos ocurren frecuentemente, por ejemplo, en la región del sur de África.

HORIZONTE ANDICO

Descripción general. El horizonte ándico (del Japonés *An*, oscuro, y *Do*, suelo) es un horizonte que resulta de la meteorización moderada de depósitos principalmente piroclásticos. Sin embargo, también pueden encontrarse asociados con materiales volcánicos (por ejemplo, productos de la meteorización de loess, argilitas y productos de meteorización ferralítica). Su mineralogía está dominada por minerales de bajo grado de ordenamiento, y son parte de la secuencia de meteorización en los depósitos piroclásticos (material de suelo *téfrico*® horizonte *vítrico*® horizonte *ándico*).

Los horizontes ándicos pueden encontrarse tanto en la superficie como subsuperficialmente. También ocurren frecuentemente como capas, separadas por capas no ándicas. Como horizonte superficial, los horizontes ándicos generalmente contienen elevada cantidad de materia orgánica (más del 5 por ciento), son de color muy oscuro (el value y croma Munsell, húmedo, es 3 o menos), tienen macroestructura esponjosa y con frecuencia, consistencia grasosa. Son livianos en peso (tienen baja densidad aparente), y mayormente tienen textura franco limosa o más fina. Los horizontes ándicos superficiales ricos en materia orgánica pueden ser muy profundos, alcanzando con frecuencia un espesor de 50 cm o más (característica *páquica*). Los horizontes ándicos subsuperficiales generalmente son de color algo más claro.

Los horizontes ándicos pueden tener propiedades diferentes dependiendo del tipo de proceso de meteorización dominante que actúa sobre el material de suelo. Pueden exhibir tixotropía, es decir, el material de suelo cambia, bajo presión o por frotamiento, de un sólido plástico a un estado fluido y nuevamente a la condición sólida. En climas perhúmedos, los horizontes ándicos ricos en humus pueden contener más del 100 por ciento de agua (en volumen) comparado con su volumen seco en estufa (característica *hídrica*).

Se reconocen dos tipos principales de horizontes ándicos, uno en el cual el alofano y minerales similares son predominantes (el tipo *sil-ándico*), y otro en el cual prevalece el aluminio acompañado por ácidos orgánicos (el tipo *alu-ándico*). El horizonte sil-ándico tiene una reacción ácida a neutra, mientras que el horizonte alu-ándico varía de extremadamente ácido a ácido.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte ándico debe tener las siguientes propiedades físicas, químicas y mineralógicas (Shoji *et al.*, 1996; Berding, 1997):

1. densidad aparente del suelo a capacidad de campo (sin secado previo) menor de 0.9 kg dm⁻³; y
2. 10 por ciento o más arcilla y un valor $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ ⁶ en la fracción tierra fina de 2 por ciento o más; y
3. retención de fosfato de 70 por ciento o más; y
4. contenido de vidrio volcánico en la fracción tierra fina menor de 10 por ciento; y
5. espesor de por lo menos 30 cm.

Los horizontes sil-ándicos tienen sílice extractable (Si_{ox}) en oxalato ácido (pH 3) de 0.6 por ciento o más, mientras que los horizontes alu-ándicos tienen Si_{ox} menor de 0.6 por ciento (o, alternativamente, una relación Al_{pi}^7/Al_{ox} menor de 0.5 y 0.5 o más, respectivamente).

Identificación en el campo. Los horizontes ándicos pueden identificarse usando la prueba de campo de pH NaF desarrollada por Fieldes y Perrott (1966). Un pH NaF de más de 9.5 indica una

⁶ Al_{ox} y Fe_{ox} son aluminio y hierro extractables en oxalato ácido, respectivamente (método de Blakemore *et al.*, 1987).

⁷ Al_{pi} : aluminio extractable en pirofosfato.

presencia abundante de productos alofánicos y/o complejos alúmino-orgánico. La prueba es indicativa para la mayoría de los horizontes ándicos, excepto para aquellos muy ricos en materia orgánica. Sin embargo, la misma reacción ocurre en horizontes *spódicos* y en ciertos suelos arcillosos ácidos, que son ricos en minerales interstratificados con aluminio.

Los horizontes sil-ándicos generalmente tienen un pH (H₂O) de campo de 5 o más, mientras que los horizontes alu-ándicos tienen principalmente un pH (H₂O) de campo menor de 4.5. Si el pH (H₂O) está entre 4.5 y 5, pueden ser necesarias pruebas adicionales para establecer el carácter 'alu-' o 'sili-' del horizonte ándico.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes *vítricos* se distinguen de los horizontes ándicos por su menor grado de meteorización. Esto se evidencia por mayor contenido de vidrio volcánico en horizontes vítricos (>10 por ciento de la fracción tierra fina) y una menor cantidad de minerales pedogenéticos no cristalinos o para-cristalinos, que se caracteriza por una cantidad moderada de aluminio y hierro extractables ($Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox} = 0.4-2.0$ por ciento) en oxalato ácido (pH 3), por una mayor densidad aparente (DA de los horizontes vítricos está entre 0.9 y 1.2 kg dm⁻³), y por una menor retención de fosfatos (25-<70 por ciento).

Para separar horizontes ándicos ricos en materia orgánica de horizontes *hísticos* y *fólicos*, no se permite que los horizontes ándicos contengan más del 20 por ciento de carbono orgánico, mientras que no se permite que los horizontes hísticos con un contenido de carbono orgánico entre 12 y 20 por ciento tengan propiedades asociadas con horizontes ándicos.

Los horizontes *spódicos*, que también contienen complejos de sesquióxidos y sustancias orgánicas, pueden tener características similares a los horizontes ándicos ricos en complejos alúmino-orgánicos. A veces solamente pruebas analíticas pueden discriminar entre los dos. Los horizontes *spódicos* tienen por lo menos el doble de $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ que un horizonte *úmbrico*, *ócrico* o *álbico* suprayacente. Normalmente esto no se aplica a los horizontes ándicos en los cuales los complejos alúmino-orgánicos son virtualmente inmóviles.

HORIZONTE ANTRÁCUICO (ver Horizontes antropedogénicos)

HORIZONTES ANTROPEDOGÉNICOS

Descripción general. Los horizontes antropedogénicos (del Gr. *anthropos*, humano, y *pedogénesis*) comprenden una variedad de horizontes superficiales y subsuperficiales que son el resultado del cultivo prolongado y continuado. Las características y propiedades de estos horizontes dependen mucho de las prácticas de manejo del suelo utilizadas (ver Tabla 1). Los horizontes antropedogénicos difieren de los *materiales de suelo antropogénicos*, que son materiales minerales u orgánicos no consolidados que resultan en gran parte de rellenos de tierras, desechos de minería, rellenos urbanos, vertederos de basura, dragados, etc., producidos por actividades humanas. Estos materiales, sin embargo, **no** han estado sujetos a períodos de tiempo suficientemente largos como para recibir la marca de procesos pedogenéticos.

Los horizontes antropedogénicos que se distinguen son los horizontes *térrico*, *irrágrico*, *plágico*, *hórtico*, *antrácuico* e *hidrárgico*. Ocurren en áreas pequeñas en muchas partes del mundo, de manera notable en las antiguas tierras arables de Europa occidental, en antiguas planicies regadas del Cercano Oriente y China, en los antiguos paisajes aterrizados en la región Mediterránea y la península Arábiga, y en sitios aislados en Norte- y Sudamérica asociados con ocupación indígena continua y prolongada, así como en las áreas donde se ha cultivado arroz inundado por largo tiempo.

TABLA 1
Procesos antropedogénicos

Labranza profunda	Operaciones mecánicas continuas que se extienden por debajo de la profundidad normal de las operaciones de campo
Fertilización intensiva	Aplicación continua de fertilizantes orgánicos/inorgánicos sin adiciones sustanciales de materia mineral (por ejemplo, abonos, desechos domésticos, compost, efluentes cloacales, etc.)
Adiciones extrañas	Aplicaciones continuas de materiales terrosos que involucran adiciones sustanciales de materia mineral (por ejemplo, tierra vegetal ('sods'), arena de playa, abonos terrosos, etc.)
Riego	Aplicación continua de agua de riego con cantidades sustanciales de sedimentos (también puede incluir fertilizantes, sales solubles, materia orgánica, etc.)
Labranza inundada	Procesos asociados con submergencia durante el cultivo; enlodado ('puddling') de la capa arable; generalmente involucrando cambios en condiciones ácuicas. Bajo labranza inundada pueden desarrollarse rasgos de diagnóstico en el subsuelo, tales como revestimientos iluviales de hierro-manganeso, dependiendo de la profundidad de la capa de agua, textura, presencia de materia orgánica, etc.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte **térrico** (del L. *terra*, tierra) se desarrolla a través de la adición de abonos terrosos, compost o barro por un largo período de tiempo. Tiene una diferenciación textural desuniforme con la profundidad. Su color se relaciona con el material de origen o el sustrato subyacente. La saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) es de más del 50 por ciento.

Un horizonte **irrágrico** (del L. *irrigare*, regar, y *agricolare*, cultivar) es una capa superficial de color claro (value y croma Munsell, húmedo, es más de 3), uniformemente estructurada, desarrollada a través del riego continuo y prolongado con aguas ricas en sedimentos. Arcilla y carbonatos tienen distribución homogénea y tiene mayor contenido de arcilla, particularmente arcilla fina, que el suelo original subyacente. Entre las fracciones arena media, fina y muy fina las diferencial relativas no son mayores del 20 por ciento. Tiene un contenido promedio ponderado de carbono orgánico de más de 0.5 por ciento, disminuyendo con la profundidad pero siendo por lo menos 0.3 por ciento en el límite inferior del horizonte irrágrico.

Un horizonte **plágico** (del holandés *plag*, tierra vegetal ('sod')) tiene una textura uniforme, generalmente arenosa o arenosa franca. El contenido promedio ponderado de carbono orgánico es más del 0.6 por ciento. La saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) es menor del 50 por ciento mientras que el contenido de P_2O_5 extractable en ácido cítrico al 1 por ciento es alto, por lo menos más del 0.025 por ciento dentro de los 20 cm desde la superficie, pero frecuentemente más del 1 por ciento.

Un horizonte **hórtico** (del L. *hortus*, huerta) resulta de la labranza profunda, fertilización intensiva y/o aplicación continua y prolongada de desechos humanos y animales y otros residuos orgánicos. Es un horizonte de color oscuro con value y croma Munsell (húmedo) de 3 o menos. Tiene un contenido promedio ponderado de carbono orgánico de 1 por ciento o más, y el contenido de P_2O_5 extractable en NaHCO_3 0.5 M es más de 100 mg kg^{-1} de tierra fina en los 25 cm superiores (Gong *et al.*, 1997). La saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) es 50 por ciento o más.

⁸ Conocido como el método de rutina de Olsen (Olsen *et al.*, 1954).

Un horizonte **antrácico** (del Gr. *anthropos*, humano, y L. *agua*, agua) comprende una *capa enlodada* ('puddled') y un *piso de arado*. Característicamente, el piso de arado tiene estructura laminar. Es compactado y tiene tasa de infiltración muy baja. Muestra moteados herrumbre pardo amarillentos, pardos o pardo rojizos a lo largo de grietas y canales de raíces. La densidad aparente del piso de arado es de por lo menos 20 por ciento (relativo) mayor que la de la capa enlodada, mientras que su porosidad es 10 a 30 por ciento (relativo) inferior que la porosidad de la capa enlodada. La porosidad no capilar es 2 a 5 por ciento (alrededor de 60 por ciento (relativo) de la porosidad no capilar de la capa enlodada asociada).

Un horizonte **hidrágico** (del Gr. *hydros*, agua, y L. *agricolare*, cultivar) es un horizonte subsuperficial asociado con la labranza inundada, con una o más de las siguientes características:

- capas de acumulación de hierro-manganeso o revestimientos iluviales de Fe y Mn; **o**
- el hierro extractable en ditionito-citrato es 2 veces o más, o el manganeso extractable en ditionito-citrato es 4 veces o más, el del horizonte(s) superficial; **o**
- concentraciones redox; **o**
- empobrecimientos redox con un $\text{value} \geq 4$ y $\text{croma} \leq 2$ en macroporos asociados con labranza inundada; y
- espesor de más de 10 cm.

Identificación en el campo. Los horizontes **térrico**, **irrágrico** y **plágico** todos muestran evidencias de elevación de la superficie, lo que puede inferirse tanto de la observación en el campo como de los registros históricos. Los horizontes están completamente mezclados y generalmente contienen artefactos tales como fragmentos de alfarería, restos o desechos culturales, los que frecuentemente son muy pequeños (menos de 1 cm de diámetro) y muy desgastados. Los horizontes térrico y plágico se construyen gradualmente hacia arriba a partir de adiciones terrosas (abonos, tierra vegetal o materiales terrosos mezclados con estiércol de corral, basura, barro, arenas de playa, etc.) y pueden contener piedras clasificadas y distribuidas al azar, mientras que el horizonte irrágrico se construye gradualmente hacia arriba a partir de depósitos de riego.

Son pocas las características de suelo que diferencian al horizonte térrico del plágico. El horizonte térrico generalmente muestra una alta actividad biológica, tiene reacción del suelo neutra a ligeramente alcalina (el pH (H₂O) normalmente es más de 7.0), y puede contener calcáreo libre. El color está fuertemente relacionado con el material de origen o el sustrato subyacente. Pueden observarse suelos enterrados en la base del horizonte, aunque el contacto puede estar disimulado por mezcla.

El horizonte plágico tiene color pardusco o negruzco, relacionado con el material de origen y su reacción del suelo es ligeramente a fuertemente ácida. Muestra evidencias de operaciones agrícolas tales como marcas de palas así como antiguas capas de laboreo. Los horizontes plágicos generalmente están por encima de suelos enterrados aunque las capas superficiales originales pueden estar mezcladas. El límite inferior generalmente es claro.

El **horizonte irrágrico** muestra evidencias de actividad biológica considerable y tiene más del 25 por ciento en volumen de canales de lombrices rellenos. El límite inferior es claro y puede haber depósitos de irrigación por debajo.

El **horizonte hórtico** también está completamente mezclado y no se preserva estratificación si la hubo originalmente. Los artefactos y restos culturales son comunes, pero generalmente muy

desgastados. Las cuevas de lombrices rellenas ocupan más del 25 por ciento del volumen. Puede haber marcas de labranzas o evidencias del mezclado del suelo. Pueden preservarse suelos enterrados pero generalmente están incorporados en el horizonte.

El **horizonte antrácuico** comprende la capa enlodada (*'puddled'*) y el piso de arado de un suelo bajo cultivo inundado continuo y prolongado. La capa enlodada tiene colores asociados con reducción, acompañados por moteados de bajo hue y cutanes de Fe-Mn sobre caras de agregados y paredes de poros. Es muy dispersable, presenta ordenamiento de agregados y tiene poros vesiculares.

El **horizonte hidrágico** tiene o bien rasgos de reducción en poros tales como revestimientos o halos con un hue de 2.5Y o más amarillo y un croma (húmedo) de 2 o menos, o segregaciones de hierro y/o manganeso en la matriz como resultado del ambiente oxidante. Generalmente muestra cutanes grises de arcilla y limo fino y cutanes de arcilla, limo y humus sobre caras de agregados.

HORIZONTE ÁRGICO

Descripción general. El horizonte árgico (del L. *argilla*, arcilla blanca) es un horizonte subsuperficial que tiene claramente mayor contenido de arcilla que el horizonte suprayacente. La diferenciación textural puede estar causada por una acumulación iluvial de arcilla, por formación pedogenética de arcilla predominante en el subsuelo o destrucción de arcilla en el horizonte superficial, por erosión superficial selectiva de arcilla, por actividad biológica, o por una combinación de dos o más de estos diferentes procesos. La sedimentación de materiales superficiales que son más gruesos que el horizonte superficial pueden intensificar una diferenciación textural pedogenética. Sin embargo, una mera discontinuidad litológica, tal como puede ocurrir en depósitos aluviales, no califica como un horizonte árgico.

Los suelos con horizontes árgicos frecuentemente tienen un conjunto específico de propiedades morfológicas, físico-químicas y mineralógicas además del mero incremento de arcilla. Estas propiedades permiten distinguir varios tipos de horizontes 'árgicos' y trazar sus vías de desarrollo (Sombroek, 1986). Los principales subtipos son horizonte lixi-, luvi-, abrupti- y plan-árgico, y horizontes nátrico y nítico.

Se toma como referencia el horizonte B árgico como está definido en la Leyenda Revisada del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1988), con una modificación. El requisito de observar en el campo '*... por lo menos 1 por ciento de barnices de arcilla sobre caras de agregados y en poros ...*' se cambió a **5** por ciento. Este cambio se basa en la noción de que no hay una correspondencia 1 : 1 entre la cantidad de barnices de arcilla sobre caras de agregados y en poros, y el porcentaje del corte delgado ocupado por arcilla orientada. Aún si el 100 por ciento de las caras de agregados estuviera cubierto por barnices de arcilla, el corte delgado estaría en su mayor parte ocupado por la matriz del suelo y poros.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte árgico debe tener:

1. textura franco arenosa o más fina y por lo menos 8 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina; y
2. más arcilla total que el horizonte suprayacente de textura más gruesa (excluyendo las diferencias que resultan sólo de una discontinuidad litológica) de modo que:
 - a. si el horizonte suprayacente tiene menos del 15 por ciento de arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte árgico debe contener por lo menos 3 por ciento más de arcilla; *o*

- b. si el horizonte suprayacente tiene 15 por ciento o más y menos del 40 por ciento de arcilla total en la fracción tierra fina, la relación de arcilla en el horizonte árgico a la del horizonte suprayacente debe ser 1.2 o más; **o**
- c. si el horizonte suprayacente tiene 40 por ciento o más arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte árgico debe contener por lo menos 8 por ciento más arcilla; **y**
3. un incremento en el contenido de arcilla dentro de una distancia vertical de 30 cm si un horizonte árgico está formado por iluviación de arcilla. En cualquier otro caso el incremento en el contenido de arcilla entre el horizonte suprayacente y el árgico debe alcanzarse dentro de una distancia vertical de 15 cm; **y**
4. ausencia de estructura de roca autóctona en por lo menos la mitad del volumen del horizonte; **y**
5. espesor de por lo menos un décimo de la suma del espesor de todos los horizontes suprayacentes y por lo menos 7.5 cm de espesor. Si el horizonte árgico está completamente compuesto de lamelas, las lamelas deben tener un espesor combinado de por lo menos 15 cm. El horizonte de textura más gruesa por encima del horizonte árgico debe tener por lo menos 18 cm de espesor o 5 cm si la transición textural al horizonte árgico es abrupta (ver *cambio textural abrupto*).

Identificación en el campo. La diferenciación textural es el rasgo principal para reconocer los horizontes árgicos en el campo. La naturaleza iluvial puede establecerse en el campo usando una lupa de mano de 10x si ocurren barnices de arcilla claros sobre superficies de agregados, en fisuras, en poros y en canales. Un horizonte árgico 'iluvial' debería mostrar barnices de arcilla por lo menos en alguna parte en por lo menos 5 por ciento de ambas caras horizontales y verticales de agregados y en los poros.

Los barnices de arcilla frecuentemente son difíciles de detectar en suelos con una mineralogía esmectítica ya que estos se destruyen regularmente por movimientos de expansión-contracción. La presencia de barnices de arcilla en posiciones 'protegidas', por ejemplo, en poros, debería ser suficiente para cumplir los requisitos de un horizonte árgico 'iluvial'.

Características adicionales. El carácter iluvial de un horizonte árgico puede establecerse mejor usando cortes delgados. Los horizontes de diagnóstico árgicos 'iluviales' deben mostrar áreas con arcilla orientada que constituyan en promedio por lo menos 1 por ciento de todo el corte transversal. Otras pruebas involucradas son el análisis de la distribución por tamaño de partícula, para determinar el incremento en contenido de arcilla en una profundidad especificada, y el análisis arcilla fina⁹/arcilla total. En horizontes árgicos 'iluviales' la relación arcilla fina/arcilla total es mayor que en los horizontes suprayacentes, causada por la eluviación preferencial de partículas de arcilla fina.

Si el suelo muestra una **discontinuidad litológica** sobre o dentro del horizonte árgico, o si el horizonte superficial ha sido removido por erosión, o si sólo hay una capa arable por encima del horizonte árgico, la naturaleza iluvial debe establecerse claramente.

Una discontinuidad litológica, si no es clara en el campo (datos), puede identificarse por el porcentaje de arena gruesa, arena fina y limo, calculados sobre base libre de arcilla (distribución por tamaño de partícula internacional o usando los agrupamientos adicionales del sistema del USDA u otro), o por cambios en el contenido de gravas y fracciones más gruesas. Un cambio de por lo menos 20 por ciento (relativo) de cualquiera de las principales fracciones por tamaño de partícula pueden considerarse como de diagnóstico para una discontinuidad

⁹ Arcilla fina: <0.2 µm.

litológica. Sin embargo, sólo debe tenerse en cuenta si está localizada en la sección del perfil donde ocurre el incremento de arcilla y si hay evidencia de que la capa suprayacente era de textura más gruesa.

Aunque esta es una manera simplificada de tratar las discontinuidades litológicas, no puede hacerse mucho más con los datos comúnmente disponibles. Por otra parte, las discontinuidades de tamaño de partícula son de interés principal para el horizonte árgico y van a mostrar si el material suprayacente era muy diferente y más grueso, aún sin considerar pérdida de arcilla debida a eluviación u otros procesos.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes árgicos normalmente están asociados con y situados debajo de horizontes eluviales, por ejemplo, horizontes de los cuales han sido removidos arcilla y hierro. Aunque inicialmente formados como un horizonte subsuperficial, los horizontes árgicos pueden ocurrir en la superficie como resultado de erosión o remoción de los horizontes suprayacentes.

Algunos horizontes con incremento de arcilla pueden tener el conjunto de propiedades que caracterizan al horizonte *ferrálico*, por ejemplo, una CIC y CICE (CIC efectiva) bajas, un bajo contenido de arcilla dispersable en agua y un bajo contenido de minerales meteorizables, en una profundidad de 50 cm. En tales casos un horizonte ferrálico tiene preferencia sobre un horizonte árgico para propósitos de clasificación. Sin embargo, un horizonte árgico prevalece si está por encima de un horizonte ferrálico y tiene, en su parte superior por una profundidad de 30 cm, 10 por ciento o más arcilla dispersable en agua, a menos que el material de suelo tenga propiedades *géricas* o más de 1.4 por ciento de carbono orgánico.

Los horizontes árgicos tampoco tienen la estructura y saturación con sodio que son características del *horizonte nátrico*.

HORIZONTE CÁLCICO

Descripción general. El horizonte cálcico (del L. *calxis*, calcáreo) es un horizonte en el cual se ha acumulado carbonato de calcio (CaCO_3) secundario o bien en **forma difusa** (carbonato de calcio presente sólo en forma de partículas finas de 1 mm o menos, dispersado en la matriz) o como **concentraciones discontinuas** (pseudomicelios, cutanes, nódulos blandos y duros, o venas). La acumulación puede estar en el material originario, o en horizontes subsuperficiales, pero también puede ocurrir en horizontes superficiales como resultado de la erosión. Si la acumulación de carbonatos blandos se vuelve tal que desaparecen todas o la mayor parte de las estructuras pedológicas y/o litológicas y prevalecen **concentraciones continuas** de carbonato de calcio, el horizonte se denomina horizonte *hipercálcico* (del Gr. *hyper*, sobre, y L. *calxis*, calcáreo).

Criterios de diagnóstico. Un horizonte cálcico debe tener:

1. contenido de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina de 15 por ciento o más (para horizontes hipercálcicos más del 50 por ciento de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina); y
2. espesor de por lo menos 15 cm, también para el horizonte hipercálcico.

Identificación en el campo. La presencia de carbonato de calcio puede identificarse en el campo usando una solución al 10% de HCl. El grado de efervescencia (sólo audible, visible como burbujas individuales, o como espuma) es un indicio de la cantidad de calcáreo presente. Esta prueba es importante si sólo se encuentran presentes distribuciones difusas.

Otras señales de la presencia de un horizonte cálcico o hipercálcico son:

1. colores del suelo que son más o menos blanco, rosado a rojizo, o gris; y
2. baja porosidad (la porosidad inter-agregados en el horizonte (hiper-)cálcico generalmente es menor que la del horizonte inmediatamente por encima y posiblemente también menor que en el horizonte inmediatamente por debajo).

El contenido de carbonato de calcio puede disminuir con la profundidad, pero esto es frecuentemente difícil de establecer, particularmente si el horizonte cálcico ocurre en el subsuelo profundo. Por eso la acumulación de calcáreo secundario es suficiente para diagnosticar un horizonte (hiper-)cálcico.

Características adicionales. La determinación de la cantidad de carbonato de calcio (en peso) y los cambios dentro del perfil de suelo del contenido de carbonato de calcio son los principales criterios analíticos para establecer la presencia de un horizonte cálcico. La determinación del pH (H₂O) permite diferenciar acumulaciones con un carácter básico ('cálcico') (pH 8.0 - 8.7) debido al predominio de CaCO₃, de aquellas con un carácter ultrabásico ('no-cálcico') (pH >8.7) debido a la presencia de MgCO₃ o Na₂CO₃.

Además, el análisis microscópico de cortes delgados puede revelar la presencia de formas de disolución en horizontes por encima o por debajo de un horizonte cálcico, evidencia de epigénesis de silicato (sustitución isomórfica de cuarzo por calcita), o la presencia de otras estructuras de acumulación de carbonato de calcio, mientras que el análisis de la mineralogía de arcilla de los horizontes cálcicos frecuentemente muestra arcillas características de ambientes confinados, tal como montmorillonitas, attapulgitas y sepiolitas.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Cuando los horizontes hipercálcicos se vuelven endurecidos, tiene lugar la transición al horizonte *petrocálcico*, cuya expresión puede ser estructuras masivas o laminares.

En regiones secas y en presencia de soluciones del suelo o freáticas ricas en sulfato, los horizontes cálcicos ocurren asociados con horizontes *gípsicos*. Los horizontes cálcico y gípsico generalmente ocupan posiciones diferentes en el perfil de suelo debido a la diferencia en solubilidad del carbonato de calcio y el yeso, y normalmente pueden distinguirse uno de otro con claridad por la diferencia en morfología. Los cristales de yeso tienden a ser aciculares, con frecuencia visibles a simple vista, mientras que los cristales de carbonato de calcio son de tamaño mucho más pequeños.

HORIZONTE CÁMBICO

Descripción general. El horizonte cámbico (del L. *cambiare*, cambiar) es un horizonte subsuperficial que muestra evidencias de alteración respecto de horizontes subyacentes. No tiene el conjunto de propiedades de diagnóstico de un horizonte *ferrálico*, *árgico*, *nátrico* o *spódico* ni el color oscuro, contenido de materia orgánica y estructura de un horizonte *hístico*, *fólico*, *mólico* o *úmbrico*.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte cámbico debe tener:

1. textura franco arenosa o más fina en la fracción tierra fina; y
2. estructura del suelo por lo menos moderadamente desarrollada o la estructura de roca autóctona está ausente en por lo menos la mitad del volumen del horizonte; y
3. evidencia de alteración en una o más de las siguientes formas:

- a. croma más fuerte, hue más rojo, o mayor contenido de arcilla que el horizonte subyacente; **o**
 - b. evidencia de remoción de carbonatos. Un horizonte cámbico siempre tiene menos carbonato que un horizonte subyacente con acumulación de carbonato de calcio. Sin embargo, no todos los carbonatos primarios tienen que ser lavados de un horizonte para que éste califique como horizonte cámbico. Si todos los fragmentos gruesos en el horizonte subyacente están completamente revestidos con calcáreo, algunos de estos fragmentos en el horizonte cámbico están parcialmente libres de revestimientos. Si los fragmentos gruesos en el horizonte que muestra acumulación de carbonato de calcio están revestidos sólo en la parte inferior, aquellos en el horizonte cámbico deben estar libres de revestimientos; **o**
 - c. si los carbonatos están ausentes en el material originario y en el polvo que cae sobre el suelo, la evidencia de alteración requerida se satisface por la presencia de estructura de suelo y ausencia de estructura de roca; **y**
4. no tiene la consistencia quebradiza (en húmedo) típica de un horizonte **frágico**; **y**
 5. **o bien**-capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 *M*) de más de $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla;
 - o** -una capacidad de intercambio catiónico efectiva (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 *M*) menor de $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla;
 - o** -un contenido de 10 por ciento o más de minerales meteorizables en la fracción 50-200 μm ¹⁰.
 6. espesor de por lo menos 15 cm y una base por lo menos a 25 cm debajo de la superficie del suelo.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los requisitos de capacidad de intercambio catiónico/capacidad de intercambio catiónico efectiva/minerales meteorizables separan al horizonte *cámbico* del horizonte *ferrálico*.

HORIZONTE CHÉRNICO

Descripción general. El horizonte chérnico (del ruso *chern*, negro) es un tipo especial de horizonte *mólico*. Es un horizonte superficial profundo, bien estructurado, negruzco, con alta saturación con bases, elevado contenido de materia orgánica y actividad biológica alta.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte chérnico debe tener:

1. estructura de suelo granular o en bloques subangulares finos; **y**
2. ambas muestras partidas y apelmazadas con croma Munsell menor de 2.0 en húmedo, value más oscuro que 2.0 en húmedo y 3.0 en seco. Si hay más del 40 por ciento de calcáreo finamente dividido, o si la textura del horizonte es franco arenosa o más gruesa, se omiten los límites del value en seco; el value, húmedo, debe ser 3 o menos. El value debe ser por lo menos una unidad más oscuro que el del C^{11} (ambos húmedo y seco), a menos que el suelo derive de material originario de color oscuro, en cuyo caso se omite el requisito de contraste de color. Si no hay presente un horizonte C, la comparación debe hacerse con el horizonte inmediatamente por debajo del horizonte superficial. Los requisitos de color mencionados

¹⁰ En vez de analizar el contenido de minerales meteorizables, este requisito puede reemplazarse por el análisis de la reserva total de bases ($\text{RTB} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{K}$ y Na intercambiable más mineral). Una RTB de $25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo se correlaciona bien con una cantidad de 10 por ciento de minerales meteorizables en la fracción de 50-200 μm .

¹¹ Aquí se hace referencia a la nomenclatura de horizontes principales utilizada en *Guidelines for Soil Profile Description* (FAO, 1990); ver Apéndice 1.

- se aplican a los 15 cm superiores del horizonte chérmico, o inmediatamente por debajo de una capa arable; **y**
3. 50 por ciento o más (en volumen) del horizonte consiste en canales de lombrices, y canales de lombrices y cuevas de animales rellenos; **y**
 4. un contenido de carbono orgánico de por lo menos 1.5 por ciento (2.5 por ciento de materia orgánica) en todo el espesor del suelo mezclados. El contenido de carbono orgánico es por lo menos 6 por ciento si los requisitos de color se omiten debido a calcáreo finamente dividido, o 1.5 por ciento más que el horizonte C si los requisitos de color se omiten por el color oscuro del material originario; **y**
 5. una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 80 por ciento o más; **y**
 6. espesor de por lo menos 35 cm. La medida del espesor de un horizonte chérmico incluye horizontes transicionales en los cuales dominan las características del horizonte superficial - por ejemplo, AB, AE o AC.

Identificación en el campo. El horizonte chérmico puede identificarse por su color negrozco, causado por la acumulación de materia orgánica, estructura bien desarrollada (usualmente granular), alta actividad biológica, principalmente lombrices y otros animales excavadores, y su espesor.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. El carácter especial del horizonte chérmico con respecto al horizonte *mólico* se expresa por su mayor contenido de carbono orgánico, los requisitos de colores más oscuros, la alta contribución biológica a la estructura del suelo, y su mayor profundidad mínima. El límite superior del contenido de carbono orgánico es de 12 por ciento (20 por ciento de materia orgánica) que es el límite inferior del horizonte *hístico* o 20 por ciento, el límite inferior del horizonte *fólico*.

HORIZONTE CRÍCO

Descripción general. El horizonte críco (del Gr. *kryos*, frío, hielo) es un horizonte del suelo permanentemente congelado en materiales de suelo *mineral* u *orgánico*.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte críco debe tener:

1. temperatura del suelo en o debajo de 0°C por dos o más años sucesivos; **y**
2.
 - a. en presencia de suficiente agua del suelo intersticial, evidencia de crioturbación, levantamiento por helada, selección criogénica, agrietamiento térmico, o segregación de hielo; **o**
 - b. en ausencia de suficiente humedad del suelo intersticial, evidencia de contracción térmica del material de suelo congelado; **y**
3. macroestructura laminar o en bloques como resultado del desarrollo de venas de hielo, y microestructuras orbicular, conglomerática y en bandas como resultado de la selección del material de suelo grueso.

Identificación en el campo. Si hay presente humedad del suelo, los horizontes crícos muestran evidencia de segregación de hielo perenne y/o procesos criogénicos (material de suelo mezclado, ruptura de horizontes del suelo, involuciones (patrones tipo remolino en los horizontes del suelo), intrusiones orgánicas, levantamiento por helada, separación de material de suelo grueso del fino, grietas, rasgos de patrones de superficie tales como lomas de tierra, montículos de helada, círculos de piedra, redes y polígonos).

Si el agua intersticial presente es insuficiente, los horizontes crícos son secos pero ocurren rasgos de contracción térmica, aunque más débilmente desarrollados que aquellos en horizontes crícos con mayor contenido de humedad.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes crícos pueden tener características de horizontes *hístico*, *ándico* o *spódico*, y pueden ocurrir asociados con horizontes *sálico*, *cálcico*, *mólico*, *úmbrico* u *ócrico*. En regiones áridas frías los horizontes *yérmicos* pueden encontrarse asociados con horizontes crícos.

HORIZONTE DÚRICO

Descripción general. El horizonte dúrico (del L. *durum*, duro) es un horizonte subsuperficial que presenta nódulos débilmente cementados hasta endurecidos, cementados por sílice (SiO_2), presumiblemente en forma de ópalo y formas microcristalinas de sílice ("durinodes").

Criterios de diagnóstico. Un horizonte dúrico debe:

1. tener 10 por ciento o más (en volumen) de durinodes con las siguientes propiedades:
 - a. no se rompen en ácido clorhídrico concentrado (HCl), pero se rompen en hidróxido de potasio concentrado caliente (KOH) luego de tratamiento con HCl; y
 - b. son firmes o muy firmes, y quebradizos en mojado, tanto antes como después de tratamiento con ácido; y
 - c. tienen un diámetro de 1 cm o más; y
2. tener un espesor de 10 cm o más.

Características adicionales. Los durinodes secos no se disgregan apreciablemente en agua, pero el remojado prolongado puede resultar en descamación de laminillas muy finas y en algo de disgregación. En corte transversal la mayoría de los durinodes son aproximadamente concéntricos, y pueden observarse filamentos concéntricos de ópalo bajo lupa de mano.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. En regiones áridas los horizontes dúricos ocurren asociados con horizontes *gípsico*, *petrogípsico*, *cálcico* y *petrocálcico*. En climas más húmedos el horizonte dúrico puede gradar a un horizonte *frágico*.

HORIZONTE FERRÁLICO

Descripción general. El horizonte ferrálico (del L. *ferrum*, hierro, y *alumen*, alumbre) es un horizonte subsuperficial que resulta de meteorización intensa y prolongada, en el cual la fracción arcilla está dominada por arcillas de baja actividad, y las fracciones limo y arena por minerales altamente resistentes, tales como óxidos de hierro, aluminio, manganeso y titanio.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte ferrálico debe tener:

1. un tamaño de partícula franco arenoso o más fino y menos del 90 por ciento (en peso) de gravas, piedras o concreciones petroplínticas (hierro-manganeso); y
2. una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 M) de $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla o menos y una capacidad de intercambio catiónico efectiva (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 M) menor de $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla; y
3. menos del 10 por ciento de arcilla dispersable en agua, a menos que el material de suelo tenga propiedades *géricas* o más de 1.4 por ciento de carbono orgánico; y
4. menos del 10 por ciento de minerales meteorizables en la fracción de 50-200 μm ; y
5. no tiene características de diagnóstico del horizonte *ándico*; y
6. espesor de por lo menos 30 cm.

Identificación en el campo. Los horizontes ferrálicos están asociados con superficies geomórficas antiguas y estables. Generalmente, la macroestructura parece moderada a débil a

primera vista. Sin embargo, los horizontes ferrálicos típicos tienen microagregación fuerte ('pseudoarena'). La consistencia es generalmente friable, lo que da la apariencia de que 'el material de suelo fluye como harina entre los dedos'. Las muestras de mano de horizontes ferrálicos usualmente son relativamente livianas en peso por la baja densidad aparente. El sonido a hueco que producen muchos horizontes ferrálicos al palmearlos es indicativo de la porosidad elevada.

Generalmente faltan rasgos de iluviación y tensión tales como barnices de arcilla y caras de presión, aunque pueden ocurrir algunos cutanes de iluviación en la parte inferior del horizonte. Los límites de un horizonte ferrálico normalmente son difusos y puede detectarse poca diferenciación en color o distribución por tamaño de partículas dentro del horizonte. Tiene una textura que es franco arenosa o más fina en la fracción tierra fina y tiene menos de 90 por ciento (en peso) de gravas, piedras o concreciones petroplínticas.

Características adicionales. Como alternativa al requisito de minerales meteorizables, puede ser indicativa una reserva total de bases (RTB = Ca, Mg, K y Na intercambiable más mineral) menor de 25 cmol_c kg⁻¹ de suelo.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes ferrálicos pueden cumplir el requisito de incremento de arcilla que caracteriza al horizonte *árgico*. Si los 30 cm superiores del horizonte con incremento de arcilla contienen 10% o más arcilla dispersable en agua, un horizonte árgico tiene preferencia sobre un horizonte ferrálico para propósitos de clasificación, a menos que el material de suelo tenga propiedades *géricas* o más de 1.4 por ciento de carbono orgánico.

El Fe, Al y Si (Al_{ox}, Fe_{ox}, Si_{ox}) extractables en oxalato de amonio ácido (pH 3) en horizontes ferrálicos es muy bajo, lo que lo separa de los horizontes *ándico* y *nítico*. Los horizontes ándicos tienen por lo menos Al_{ox} + 1/2Fe_{ox} > 0.4 (en presencia de más del 10 por ciento de partículas de vidrio volcánico en la fracción tierra fina), y los horizontes níticos tienen una cantidad significativa de óxidos de hierro activos: más del 0.2 por ciento de la fracción tierra fina de hierro extractable en oxalato ácido (pH 3) que, además, es más del 5 por ciento del hierro extractable en citrato-ditionito.

El límite con el horizonte *cámbico* está formado por los requisitos de capacidad de intercambio catiónico/capacidad de intercambio catiónico efectiva/minerales meteorizables. Algunos horizontes cámbicos tienen baja capacidad de intercambio catiónico; sin embargo, la cantidad de minerales meteorizables (o, alternativamente, la reserva total de bases) es demasiado alta para un horizonte ferrálico. Tales horizontes representan un estado avanzado de meteorización y forman la transición entre el horizonte cámbico y el ferrálico.

HORIZONTE FÉRRICO

Descripción general. El horizonte férrico (del L. *ferrum*, hierro) es un horizonte en el cual la segregación de hierro tiene lugar en tal grado que se forman grandes moteados o concreciones y la matriz entre moteados y entre concreciones está muy empobrecida en hierro. Generalmente, tal segregación lleva a una pobre agregación de las partículas del suelo en las áreas empobrecidas en hierro y compactación del horizonte.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte férrico debe tener:

1. muchos (más de 15 por ciento del área superficial expuesta) moteados gruesos con hues más rojos que 7.5YR y cromas más de 5, o ambos; *o*

2. nódulos discretos, de hasta 2 cm de diámetro, estando el exterior de los nódulos enriquecido y débilmente cementado o endurecido con hierro y tienen hues más rojos o croma más fuerte que el interior; y
- c. espesor de por lo menos 15 cm.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Si la cantidad de nódulos alcanza el 10 por ciento o más (en volumen) y los nódulos endurecen irreversiblemente hacia un hardpan o agregados irregulares por exposición a humedecimiento y secado repetidos con libre acceso de oxígeno, el horizonte se considera un horizonte *plíntico*. Por eso, los horizontes férricos pueden, en regiones tropicales o subtropicales, gradar lateralmente en horizontes plínticos. Con frecuencia, la transición entre los dos no es muy clara.

HORIZONTE FÓLICO

Descripción general. El horizonte fólico (del L. *folium*, hoja) es un horizonte superficial, o un horizonte subsuperficial que ocurre a poca profundidad, que consiste de material orgánico de suelo bien aireado.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte fólico debe tener:

1. más del 20 por ciento (en peso) de carbono orgánico (35 por ciento de materia orgánica); y
2. saturación con agua por menos de un mes en la mayoría de los años; y
3. espesor de más de 10 cm. Si un horizonte fólico tiene menos de 20 cm de espesor, los 20 cm superiores del suelo luego de mezclado contienen 20 por ciento o más carbono orgánico.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes *hísticos* tienen características similares al horizonte fólico; sin embargo, éstos están saturados con agua por un mes o más la mayoría de los años. Por otra parte, la composición del horizonte hístico generalmente es diferente a la del horizonte fólico ya que la cobertura vegetal con frecuencia es diferente.

HORIZONTE FRÁGICO

Descripción general. El horizonte frágico (del L. *fragilis*, *frangere*, romper) es un horizonte subsuperficial natural no cementado con un patrón de agregación y porosidad tal que las raíces y agua de percolación sólo penetran el suelo a lo largo de caras interpedales y vetas. El carácter natural excluye pisos de arado y panes superficiales por tráfico.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte frágico debe tener:

1. mayor densidad aparente respecto de los horizontes que se encuentran por encima; y
2. menos del 0.5 por ciento de carbono orgánico; y
3. resistencia a la penetración mayor de 50 kN m⁻¹; y
4. disgregación o fractura dentro de los 10 minutos de un terrón seco al aire cuando se lo coloca en agua; y
5. no ocurre cementación por humedecimiento y secado repetidos; y
6. espesor de por lo menos 25 cm.

Identificación en el campo. Un horizonte frágico tiene una estructura prismática y/o en bloques. Las partes interiores de los agregados pueden tener una porosidad total relativamente alta, incluyendo poros mayores de 200 µm, pero como resultado de una corteza externa densa de los

agregados no existe continuidad entre los poros dentro de agregados y los poros y fisuras entre agregados. El horizonte frágico está desprovisto de actividad de fauna excavadora, excepto ocasionalmente a lo largo de las vetas entre agregados. Como resultado de este 'sistema de caja cerrada', más del 90 por ciento del volumen del suelo no puede ser explorado por los sistemas de raíces y está aislado del agua de percolación. Una estimación o medida de este volumen de suelo sólo puede hacerse combinando ambos cortes vertical y horizontal del horizonte frágico.

Las superficies entre agregados o vetas tienen características de color, mineralógicas y químicas de un horizonte eluvial u horizonte *álbico*, o cumplen los requisitos de *lenguas albelúvicas*. En presencia de capa de agua fluctuante esta parte del suelo se empobrece en hierro y manganeso. Como el aire permanece atrapado dentro de los agregados, se observa una concomitante acumulación de hierro al nivel de la superficie de agregados y ocurren acumulaciones de manganeso dentro de los agregados (*patrón de color stágnico*).

Los horizontes frágicos comúnmente son francos, pero no están excluidas las texturas arenoso francas y arcillosas. En el último caso la mineralogía de arcillas es predominantemente caolinítica.

Los terrones secos son duros a extremadamente duros, los terrones húmedos son firmes a extremadamente firmes, y la consistencia en húmedo puede ser quebradiza. Un agregado o terrón de un horizonte frágico tiende a romperse de pronto más que a sufrir deformación paulatina cuando se aplica presión.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Un horizonte frágico puede estar por debajo, aunque no necesariamente directamente, de un horizonte *álbico*, *cámbico*, *spódico* o *árgico*, a menos que el suelo haya sido truncado. Puede superponerse parcial o completamente con un horizonte árgico. Lateralmente, los horizontes frágicos pueden gradar en horizontes (*petro-*) *dúricos* en regiones secas. Además, los horizontes frágicos pueden tener propiedades *stágnicas*.

HORIZONTE FÚLVICO

Descripción general. El horizonte fúlvico (del L. *fulvus*, amarillo oscuro) es un horizonte espeso, negro, en o cerca de la superficie, que generalmente está asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (generalmente alofano) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene elevada cantidad de materia orgánica.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte fúlvico debe tener:

1. propiedades características de horizontes *ándicos* en todo su espesor; y
2. un value Munsell (húmedo) y croma de 2 o menos; y
3. un índice melánico¹² de más de 1.7 en todo su espesor; y
4. un promedio ponderado de 6 por ciento o más carbono orgánico, y 4 por ciento o más carbono orgánico en todas sus partes; y
5. espesor acumulado de por lo menos 30 cm con menos de 10 cm de material "no fúlvico" entre medio.

Identificación en el campo. El color oscuro intenso, su espesor, así como su asociación usual con depósitos piroclásticos hacen al horizonte fúlvico fácil de reconocer en el campo. Sin embargo, la distinción entre el horizonte fúlvico y el *melánico* sólo puede hacerse luego de análisis de laboratorio.

¹² Ver Honna *et al.* (1988).

HORIZONTE GÍPSICO

Descripción general. El horizonte gípsico (del L. *gypsum*, yeso) es un horizonte no cementado que contiene acumulaciones secundarias de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en diversas formas.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte gípsico debe tener:

1. 15 por ciento o más de yeso; si el horizonte contiene 60 por ciento o más de yeso, se vuelve un horizonte *hipergípsico* (del Gr. *hyper*, sobre, y L. *gypsum*). El porcentaje de yeso se calcula como el producto del contenido de yeso, expresado como $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo, y el peso equivalente del yeso (86) expresado como porcentaje; y
2. espesor de por lo menos 15 cm, también para los horizontes hipergípsicos.

Identificación en el campo. El yeso puede encontrarse en forma de pseudomicelio, como cristales de tamaño grueso (individualizados, como nidos, barbas o revestimientos, o como agrupamientos elongados de cristales fibrosos) o como acumulaciones pulverulentas compactas. La última forma da al horizonte gípsico una estructura masiva y textura arenosa. La diferenciación entre acumulaciones pulverulentas compactas y las otras es importante en términos de potencialidad del suelo.

Los horizontes gípsicos pueden estar asociados con horizontes cálcicos pero siempre ocurren en posiciones separadas dentro del perfil de suelo, debido a la mayor solubilidad del yeso respecto del calcáreo.

Características adicionales. La determinación de la cantidad de yeso en el suelo para verificar el contenido e incremento requeridos, así como el análisis de cortes delgados, son útiles para establecer la presencia de un horizonte gípsico y la distribución del yeso en la masa del suelo.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Cuando los horizontes hipergípsicos se vuelven endurecidos, tiene lugar una transición hacia el horizonte *petrogípsico*, cuya expresión puede ser en estructuras masivas o laminares.

En regiones secas los horizontes gípsicos están asociados con horizontes *calcícos* o *sálicos*. Los horizontes cálcico y gípsico generalmente ocupan posiciones distintas en el perfil de suelo ya que la solubilidad del carbonato de calcio es diferente a la del yeso. Normalmente puede distinguirse claramente uno de otro por su morfología (ver horizonte cálcico). El horizonte sálico y gípsico también ocupan posiciones diferentes por las mismas razones.

HORIZONTE HÍSTICO

Descripción general. El horizonte hístico (del Gr. *histos*, tejido) es un horizonte superficial, o un horizonte subsuperficial que ocurre a poca profundidad, que consiste de material *orgánico* de suelo, pobremente aireado.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte hístico debe tener:

1. *o bien* - 18 por ciento (en peso) de carbono orgánico (30 por ciento de materia orgánica) o más si la fracción mineral comprende 60 por ciento o más arcilla;
o - 12 por ciento (en peso) de carbono orgánico (20 por ciento de materia orgánica) o más si la fracción mineral no tiene arcilla;
o - un límite inferior proporcional del contenido de carbono orgánico entre 12 y 18 por ciento si el contenido de arcilla de la fracción mineral está entre 0 y 60 por ciento. Si se encuentra presente en materiales característicos de horizontes

- ándicos*, el contenido de carbono orgánico debe ser más del 20 por ciento (35 por ciento de materia orgánica); **y**
2. saturación con agua por lo menos durante un mes en la mayoría de los años (a menos que estén drenados artificialmente); **y**
 3. espesor de 10 cm o más. Un horizonte hístico de menos de 20 cm de espesor debe tener 12 por ciento o más de carbono orgánico cuando se lo mezcla hasta una profundidad de 20 cm.

HORIZONTE HIDRÁRGICO (ver Horizontes antropedogénicos)

HORIZONTE HÓRTICO (ver Horizontes antropedogénicos)

HORIZONTE IRRÁGRICO (ver Horizontes antropedogénicos)

HORIZONTE MELÁNICO

Descripción general. El horizonte melánico (del Gr. *melanos*, negro) es un horizonte grueso, negro, en o cerca de la superficie, que está normalmente asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (generalmente alofano) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene elevada cantidad de materia orgánica de un tipo que se piensa que resulta de grandes cantidades de residuos de raíces aportados por una vegetación gramínea.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte melánico debe tener:

1. propiedades y características de horizontes *ándicos* en todo su espesor; **y**
2. un value Munsell (húmedo) y croma de 2 o menos; **y**
3. un índice melánico¹³ de 1.70 o menos en todo su espesor; **y**
4. un promedio ponderado de 6 por ciento o más de carbono orgánico, y 4 por ciento o más de carbono orgánico en todas sus partes; **y**
5. espesor acumulado de por lo menos 30 cm con menos de 10 cm de material "no melánico" entre medio.

Identificación en el campo. El color oscuro intenso, su espesor, así como su asociación usual con depósitos piroclásticos hacen al horizonte melánico fácil de reconocer en el campo. La relación con vegetación herbácea sólo puede establecerse bajo condiciones naturales, de lo contrario puede inferirse a partir de registros históricos. Sin embargo, pueden necesitarse análisis de laboratorio para determinar el tipo de materia orgánica para identificar inequívocamente el horizonte melánico.

HORIZONTE MÓLICO

Descripción general. El horizonte mólico (del L. *mollis*, blando) es un horizonte superficial bien estructurado, oscuro, con alta saturación con bases y moderado a alto contenido de materia orgánica.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte mólico debe tener:

1. estructura del suelo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez masivo y duro o muy duro en seco. Los prismas muy gruesos (prismas con más de 30 cm de

¹³ Ver Honna *et al.* (1988).

- diámetro) se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura secundaria dentro de los prismas; **y**
2. ambas muestras partidas y apelmazadas tienen un croma Munsell menor de 3.5 en húmedo, un valor más oscuro que 3.5 en húmedo y 5.5 en seco. Si hay más del 40 por ciento de calcáreo finamente dividido, se omiten los límites del valor en seco; el valor, húmedo, debe ser 5 o menos. El valor debe ser por lo menos una unidad más oscuro que el del horizonte C (ambos húmedo y seco), a menos que el suelo derive de material originario de color oscuro, en cuyo caso se omite el requisito de contraste de color. Si no hay presente un horizonte C, la comparación debe hacerse con el horizonte inmediatamente debajo del horizonte superficial; **y**
 3. un contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento (1 por ciento de materia orgánica) o más en todo el espesor del horizonte mezclado. El contenido de carbono orgánico es por lo menos 2.5 por ciento si se omite el requisito de color por calcáreo finamente dividido, o 0.6 por ciento más que el horizonte C si el requisito de color se omite por material originario de color oscuro; **y**
 4. una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 por ciento o más en promedio ponderado en todo el espesor del horizonte; **y**
 5. el siguiente espesor:
 - a. 10 cm o más si resta directamente sobre roca dura, un horizonte *petrocálcico*, *petrodúrico* o *petrogípsico*, o está encima de un horizonte *críico*; **o**
 - b. por lo menos 20 cm y más de un tercio del espesor del solum cuando el solum tiene menos de 75 cm de espesor; **o**
 - c. más de 25 cm cuando el solum tiene más de 75 cm de espesor.

La medición del espesor de un horizonte mólico incluye horizontes transicionales en los cuales las características del horizonte superficial son dominantes – por ejemplo, AB, AE o AC.

Los requisitos del horizonte mólico deben cumplirse después de mezclar los primeros 20 cm, como por arada.

Identificación en el campo. Un horizonte mólico puede identificarse fácilmente por su color oscuro, causado por la acumulación de materia orgánica, estructura bien desarrollada (generalmente estructura granular o en bloques subangulares finos), un indicio de alta saturación con bases, y su espesor.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. La saturación con bases de 50 por ciento separa al horizonte mólico del horizonte *úmbrico*, que por lo demás es similar. El límite superior de contenido de carbono orgánico varía entre 12 por ciento (20 por ciento de materia orgánica) a 18 por ciento de carbono orgánico (30 por ciento de materia orgánica) que es el límite inferior del horizonte *hístico* o 20 por ciento, el límite inferior del horizonte *fólico*.

El horizonte *chérnico* es un tipo especial de horizonte mólico. Tiene mayor contenido de carbono orgánico (1.5 por ciento o más), una estructura específica (granular o bloques subangulares finos), un color muy oscuro en su parte superior, una alta actividad biológica, y un espesor mínimo de 35 cm.

Los límites con los horizontes *fúlvico* y *melánico* con alta saturación con bases se establecen por la combinación de intenso color oscuro, el elevado contenido de carbono orgánico, el espesor y las características asociadas con horizontes ándicos en estos dos horizontes. Por otra parte, los horizontes mólicos frecuentemente ocurren en asociación con horizontes *ándicos*.

HORIZONTE NÁTRICO

Descripción general. El horizonte nátrico (del holandés *natrium*, sodio) es un horizonte denso subsuperficial con mayor contenido de arcilla que el o los horizontes suprayacentes. El incremento en contenido de arcilla entre el horizonte nátrico y el horizonte suprayacente debe cumplir los mismos requisitos que en un horizonte *árgico*. Además, tiene un elevado contenido de sodio y/o magnesio intercambiables.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte nátrico debe tener:

1. textura franco arenosa o más fina y por lo menos 8 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina; **y**
2. más arcilla total que el horizonte suprayacente de textura más gruesa (excluyendo las diferencias que resultan sólo de una discontinuidad litológica) tal que:
 - a. si el horizonte suprayacente tiene menos del 15 por ciento de arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico debe tener por lo menos 3 por ciento más arcilla; **o**
 - b. si el horizonte suprayacente tiene 15 por ciento o más y menos del 40 por ciento de arcilla total en la fracción tierra fina, la relación de arcilla en el horizonte nátrico a la del horizonte subyacente debe ser 1.2 o más; **o**
 - c. si el horizonte suprayacente tiene 40 por ciento o más de arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico debe tener por lo menos 8 por ciento más arcilla; **y**
3. un incremento en el contenido de arcilla dentro de una distancia vertical de 30 cm si el horizonte nátrico está formado por iluviación de arcilla. En cualquier otro caso el incremento en contenido de arcilla entre el horizonte suprayacente y el nátrico debe alcanzarse dentro de una distancia vertical de 15 cm; **y**
4. la estructura de roca está ausente en por lo menos la mitad del volumen del horizonte; **y**
5. una estructura columnar o prismática en alguna parte del horizonte, o una estructura en bloques con lenguas de un horizonte eluvial en la cual hay granos de limo o arena no revestidos, que se extienden más de 2.5 cm dentro del horizonte; **y**
6. un porcentaje de sodio intercambiable (PSI¹⁴) de más de 15 dentro de los 40 cm superiores, o más magnesio más sodio intercambiables que calcio intercambiable más acidez de intercambio (a pH 8.2) dentro de la misma profundidad si la saturación con sodio intercambiable es más de 15 por ciento en algún subhorizonte dentro de los 200 cm desde la superficie; **y**
7. espesor de por lo menos un décimo de la suma del espesor de todos los horizontes suprayacentes y por lo menos 7.5 cm de espesor.

Un horizonte de textura más gruesa por encima del horizonte nátrico debe tener por lo menos 18 cm de espesor o 5 cm si la transición textural al horizonte nátrico es abrupta (ver *cambio textural abrupto*).

Identificación en el campo. El color del horizonte nátrico va de pardo a negro, especialmente en la parte superior. La estructura es columnar o prismática gruesa, a veces en bloques, o puede incluso ser masiva. Son características las cabezas redondeadas de los elementos estructurales y con frecuencia de color blancuzco.

Ambas características de color y estructurales dependen de la composición de los cationes intercambiables y el contenido de sales solubles en las capas subyacentes. Con frecuencia ocurren cutanes de arcilla gruesos y de color oscuro u otras separaciones plásmicas, especialmente en la

¹⁴ PSI = Na intercambiable x 100 / CIC.

parte superior del horizonte. Los horizontes nátricos tienen una pobre estabilidad de agregados y muy baja permeabilidad en mojado. Cuando seco el horizonte nátrico se vuelve duro a extremadamente duro. La reacción del suelo es fuertemente alcalina; el pH (H₂O) es más de 8.5.

Características adicionales. Los horizontes nátricos se caracterizan por un alto pH (H₂O) el que frecuentemente es mayor de 9.0. Otra medida para caracterizar al horizonte nátrico es la relación de adsorción de sodio (RAS) que debe ser 13 cmol_c l⁻¹ o más. El RAS se calcula a partir de datos de la solución del suelo: $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0.5}$ cmol_c/l

Micromorfológicamente, los horizontes nátricos muestran una fábrica específica. El plasma peptizado muestra una fuerte orientación en un patrón de mosaico o estriado paralelo. Las separaciones plásmicas también muestran un alto contenido de humus asociado. Cuando el horizonte nátrico es impermeable aparecen microcostras, cutanes, pápulas y rellenos.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Un horizonte superficial generalmente rico en materia orgánica suprayace al horizonte nátrico. Este horizonte de acumulación de humus varía en espesor desde unos pocos centímetros hasta más de 25 cm, y puede ser un horizonte *mólico* u *ótrico*. Puede haber presente un *horizonte álbico* entre la superficie y el horizonte nátrico.

Frecuentemente, ocurre una capa afectada por sales debajo del horizonte nátrico. La influencia de sales puede extenderse dentro del horizonte nátrico el cual además de ser sódico también se vuelve salino. Las sales presentes pueden ser cloruros, sulfatos o (bi-)carbonatos.

HORIZONTE NÍTICO

Descripción general. El horizonte nítico (del L. *nitidus*, que brilla) es un horizonte subsuperficial rico en arcilla que tiene como principal rasgo una estructura poliédrica o nuciforme moderada a fuertemente desarrollada con muchas caras de agregados brillantes, que no pueden, o sólo parcialmente, atribuirse a iluviación de arcilla.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte nítico debe tener:

1. transición gradual a difusa hacia los horizontes inmediatamente por encima y por debajo (menos de 20 por ciento de cambio en el contenido de arcilla, en por lo menos 12 cm; no hay cambio abrupto de color); **y**
2.
 - a. más del 30 por ciento de arcilla; **y**
 - b. relación arcilla dispersable en agua/arcilla total menor de 0.10 (a menos que haya más de 0.6 por ciento de carbono orgánico); **y**
 - c. relación limo/arcilla menor de 0.40; **y**
3. estructura nuciforme o poliédrica moderada a fuerte, con muchas caras de agregados brillantes, que no pueden, o sólo parcialmente, ser asociadas con argilanes de iluviación en cortes delgados; **y**
4. value Munsell 5 o menos, y croma 4 o menos, pero sin motedos de naturaleza hidromórfica (propiedades *gléyicas* o *stágnicas*); **y**
5.
 - a. 4.0 por ciento o más hierro extractable en citrato-ditionito (hierro "libre") en la fracción tierra fina; **y**
 - b. más del 0.20 por ciento de hierro extractable en oxalato ácido (pH 3) (hierro "activo") en la fracción tierra fina; **y**
 - c. relación entre hierro "activo" y "libre" de 0.05 o más; **y**
6. espesor mínimo de 30 cm, con transición gradual o difusa a los horizontes inmediatamente encima y debajo del horizonte nítico.

Identificación en el campo. Un horizonte nítico tiene textura franco arcillosa o más fina, aunque el material se siente como franco. El cambio en contenido de arcilla con los horizontes supra- y subyacentes es gradual. Los colores son de value y croma bajo con frecuente hue 2.5YR, pero a veces más rojo o más amarillo. No hay cambio abrupto de color con los horizontes por encima y por debajo. No hay moteados indicativos de una naturaleza hidromórfica. La estructura es en bloques angulares moderada a fuerte que se separa fácilmente en elementos con bordes agudos o en forma de nuez mostrando caras de agregados brillantes que son o bien revestimientos de arcilla finos o caras de presión.

Los horizontes níticos con frecuencia contienen minerales magnéticos tales como maghemita. La presencia de tales minerales puede probarse utilizando un imán.

Características adicionales. La capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 *M*), corregida por materia orgánica, es menor de $36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla, y con frecuencia por debajo de $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla. La capacidad de intercambio catiónico efectiva (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 *M*) es alrededor de la mitad de la CIC. La CIC y CICE moderada a baja refleja el predominio de arcillas de retículo 1:1 siendo ambas caolinita y (meta-)halloisita.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. El horizonte nítico puede considerarse un tipo especial de horizonte *árgico*, o un horizonte *cámbico* fuertemente expresado, con propiedades específicas tales como poca cantidad de arcilla dispersable en agua y elevada cantidad de hierro "activo". Como tal, el horizonte nítico tiene preferencia sobre ambos a los propósitos de clasificación. Su mineralogía (caolínica/(meta-)halloisítica) los separa de la mayoría de los horizontes *vérticos* que tienen predominantemente una mineralogía esmectítica. Sin embargo, los horizontes níticos pueden gradar lateralmente en horizontes *vérticos* que ocurren en posiciones del paisaje más bajas. La estructura del suelo bien expresada, la elevada cantidad de hierro "activo", y frecuente capacidad de intercambio catiónico media en los horizontes níticos los separa de los horizontes *ferrálicos*.

HORIZONTE ÓCRICO

Descripción general. El horizonte ócrico (del Gr. *ochros*, pálido) es un horizonte superficial que no tiene estratificación fina y que o bien es de color claro¹⁵, o delgado, o tiene un bajo contenido de carbono orgánico, o es masivo y (muy) duro en seco.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte ócrico no tiene estratificación fina y tiene una (o más) de las siguientes características o propiedades:

¹⁵ En ambientes áridos y semiáridos ocurren horizontes ócricos que tienen un color claro o decolorado (comúnmente gris) cuando secos que se vuelven más oscuros por humedecimiento ("horizontes superficiales decolorados"). Ellos no califican para horizonte *álbico* por los requisitos de color en estado húmedo y seco. Se caracterizan por bajo contenido (generalmente <0.4%; resultados de Sudáfrica) de carbono orgánico y hierro libre. Tienen textura gruesa, muestran signos de desarrollo de estructura laminar y la presencia de una costra superficial fina. En Australia se lo conoce como horizonte A decolorado (Northcote, 1979), mientras que en Sudáfrica (Soil Classification Working Group, 1991) se lo define en el segundo nivel (familia) de clasificación como horizonte A decolorado (órtico). El horizonte superficial decolorado tiene muchas influencias negativas en el uso del suelo. Su baja estabilidad física causa que el subsuelo permanezca relativamente seco luego de la mayoría de los eventos de lluvia. Como resultado la emergencia de plántulas no tiene lugar fácilmente. Esto todavía se ve reforzado por la estructura laminar y formación de costra. En regiones áridas este fenómeno puede llevar a grandes áreas sin cobertura vegetal (tierras yermas '*barren land*'), que son altamente susceptibles a la erosión del suelo.

1. ambos masivo y duro o muy duro en seco. Prismas muy gruesos (prismas de más de 30 cm de diámetro) se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura secundaria dentro de los prismas; **o**
2. ambas muestras partidas y apelmazadas tienen un croma Munsell de 3.5 o más en húmedo, un valor de 3.5 o más en húmedo y 5.5 en seco. Si hay más de 40 por ciento de calcáreo finamente dividido, el valor, húmedo, debe ser más de 5; **o**
3. un contenido de carbono orgánico menor de 0.6 por ciento (1 por ciento de materia orgánica) en todo el espesor del horizonte mezclado. El contenido de carbono orgánico debe ser menos de 2.5 por ciento si hay más de 40 por ciento de calcáreo finamente dividido; **o**
4. espesor de:
 - a. menos de 10 cm si se apoya directamente sobre roca dura, un horizonte *petrocálcico*, *petrodúrico* o *petrogípsico*, o resta sobre un horizonte *críico*; **o**
 - b. menos de 20 cm o menos de un tercio del espesor del solum cuando el solum tiene menos de 75 cm de espesor; **o**
 - c. 25 cm o menos cuando el solum tiene más de 75 cm de espesor.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes ócricos tienen relación directa con horizontes *mólicos* o *úmbricos*. La ausencia de estratificación fina pone al horizonte ócrico aparte de sedimentos recientes inalterados.

HORIZONTE PETROCÁLCICO

Descripción general. Un horizonte petrocálcico (del Gr. *petros*, roca, y L. *calx*, calcáreo) es un horizonte cálcico endurecido, que está cementado por carbonato de calcio y, en algunos sitios, por carbonato de calcio y algo de carbonato de magnesio. Es de naturaleza masiva o laminar, y extremadamente duro.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte petrocálcico debe tener:

1. 50 por ciento (en peso) o más carbonato de calcio equivalente; **y**
2. cementación hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y las raíces no pueden entrar; **y**
3. consistencia extremadamente dura en seco de modo que no puede ser penetrado por pala o barreno; **y**
4. espesor de por lo menos 10 cm, o 2.5 cm si es laminar y resta directamente sobre roca.

Identificación en el campo. Los horizontes petrocálcicos ocurren como **calcretas no laminares**, de naturaleza masiva o nodular, o como **calcretas laminares**, de las cuales, los siguientes tipos son los más frecuentes:

- *calcreta lamelar*: capas petrificadas separadas superpuestas que varían en espesor desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros. El color generalmente es blanco o rosado.
- *calcreta petrificada lamelar*: una o varias capas extremadamente duras que tienen color gris o más frecuentemente rosado. Generalmente están más cementadas que la calcreta lamelar y la organización interna es muy masiva (no hay estructuras lamelares finas, pero puede haber estructuras lamelares gruesas).

Los poros no capilares en los horizontes petrocálcicos están rellenos, y la conductividad hidráulica es moderadamente lenta a muy lenta.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. En regiones áridas los horizontes petrocálcicos pueden ocurrir asociados con horizontes (*petro-*)*dúricos* en los cuales pueden gradar

lateralmente. Los horizontes petrocálcico y dúrico se diferencian por el agente cementante. En horizontes petrocálcicos el carbonato de calcio y algo de magnesio constituye el principal agente cementante mientras que puede haber algo de sílice accesorio. En los horizontes dúricos la sílice es el principal agente cementante, con o sin carbonato de calcio. Los horizontes petrocálcicos también ocurren asociados con horizontes *gípsico*, *hipergípsico*, o *petrogípsico*. Los horizontes superficiales asociados generalmente son horizontes *ócricos*.

HORIZONTE PETRODÚRICO

Descripción general. El horizonte petrodúrico (del Gr. *petros*, roca, y L. *durum*, duro), también conocido como duripán, es un horizonte subsuperficial, generalmente de color rojizo o pardo rojizo, que está cementado principalmente por sílice (SiO₂, presumiblemente ópalo y formas microcristalinas de sílice) secundaria. Los fragmentos secos al aire de horizontes petrodúricos no se disgregan en agua, aún después de remojo prolongado. El carbonato de calcio puede estar presente como agente cementante accesorio. Es masivo, o tiene estructura en plancha o laminar.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte petrodúrico debe tener:

1. cementación o endurecimiento en más del 50 por ciento de algún subhorizonte; y
2. evidencia de acumulación de sílice (ópalo u otras formas de sílice) por ejemplo como revestimientos en algunos poros, o algunas caras estructurales o como puentes entre granos de arena; y
3. menos del 50 por ciento del volumen se disgrega en HCl 1 M aún después de remojo prolongado, pero más del 50 por ciento se disgrega en KOH concentrado o en ácido y álcali alternados; y
4. una continuidad lateral tal que las raíces no pueden penetrar excepto a lo largo de fracturas verticales, que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más; y
5. espesor de 10 cm o más.

Identificación en el campo. Un horizonte petrodúrico tiene una consistencia muy a extremadamente firme en húmedo, y es muy o extremadamente duro en seco. Puede tener lugar efervescencia luego de aplicar HCl 10%, pero probablemente no es tan vigorosa como en horizontes *petrocálcicos* que se ven muy similares. Sin embargo, pueden ocurrir en conjunto con un horizonte petrocálcico.

Relaciones con otros horizontes de diagnóstico. En climas áridos y secos los horizontes petrodúricos pueden gradar lateralmente en horizontes *petrocálcicos*, y/o ocurrir en conjunto con horizontes *cálcico* o *gípsico* a los que normalmente suprayacen. En climas más húmedos los horizontes petrodúricos pueden gradar lateralmente en horizontes *frágicos*.

HORIZONTE PETROGÍPSICO

Descripción general. El horizonte petrogípsico (del Gr. *petros*, roca, y L. *gypsum*, yeso) es un horizonte no cementado que contiene acumulaciones secundarias de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Criterios de diagnóstico. Un horizonte petrogípsico debe tener:

1. 60 por ciento o más de yeso. El porcentaje de yeso se calcula como el producto del contenido de yeso, expresado en $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo, y el peso equivalente del yeso (86) expresado como un porcentaje; y
2. cementación hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y no puede ser penetrado por raíces; y
3. espesor de 10 cm o más.

Identificación en el campo. Los horizontes petrogípsicos son materiales duros blancuzcos que predominantemente contienen yeso. A veces, los horizontes petrogípsicos extremadamente duros y viejos están coronados por una capa laminar fina de alrededor de 1 cm de espesor.

Características adicionales. La determinación de la cantidad de yeso en el suelo para verificar el contenido e incremento requeridos, así como el análisis de cortes delgados, son técnicas útiles para establecer la presencia de un horizonte petrogípsico y la distribución del yeso en la masa del suelo.

En cortes delgados el horizonte petrogípsico muestra una microestructura compacta con sólo unas pocas cavidades. La matriz está compuesta de cristales de yeso lenticulares en empaquetamiento denso con pequeñas cantidades de material detrítico. La matriz tiene un color amarillo débil en luz plana. Nódulos irregulares formados por zonas transparentes incoloras consisten de agregados coherentes de cristales con una fábrica hipidiotópica o xenotópica y están principalmente asociados con poros (anteriores). A veces son visibles trazas de actividad biológica (pedotúbulos).

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Como el horizonte petrogípsico se desarrolla a partir de un horizonte *hipergípsico*, los dos están estrechamente ligados. El grado de cementación distingue a un horizonte petrogípsico de un hipergípsico.

Los horizontes petrogípsicos ocurren frecuentemente asociados con horizontes *cálcicos*. Las acumulaciones cálcicas y gípsicas generalmente ocupan posiciones diferentes en el perfil de suelo debido a que la solubilidad del carbonato de calcio es diferente a la del yeso. Normalmente pueden distinguirse claramente uno de otro por su morfología (ver horizonte cálcico).

HORIZONTE PETROPLÍNTICO

Descripción general. El horizonte petroplíntico (del Gr. *petros*, roca, y *plinthos*, ladrillo) es una capa no continua de material endurecido, en la cual el hierro es un cemento importante y en la cual la materia orgánica está ausente, o sólo presente en trazas.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte petroplíntico debe tener:

1. a. 10 por ciento (en peso) o más hierro extractable en citrato-ditionito, por lo menos en la parte superior del horizonte; y
- b. una relación entre hierro extractable en oxalato ácido (pH 3) y en citrato-ditionito menor de 0.10^{16} ; y

¹⁶ Estimado a partir de datos proporcionados por Varghese y Byju (1993).

2. menos de 0.6 por ciento (en peso) de carbono orgánico; y
3. cementación hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y no puede ser penetrado por raíces; y
4. espesor de 10 cm o más.

Identificación en el campo. Los horizontes petroplínticos son extremadamente duros, generalmente capas de color pardo herrumbre a pardo amarillento, que pueden ser, o bien masivas, o mostrar un patrón laminar o columnar reticulado o interconectado, que encierra material no endurecido. Se desarrollan por endurecimiento irreversible de *plintita*. La capa endurecida puede estar fracturada, pero entonces la distancia lateral promedio entre las fracturas debe ser 10 cm o más y las fracturas no deben ocupar más del 20 por ciento (en volumen) de la capa.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes petroplíntico están estrechamente asociados con horizontes *plínticos* a partir de los cuales se desarrollan. Con frecuencia los horizontes plínticos pueden rastrearse siguiendo las capas petroplínticas que han formado, por ejemplo, en cortes de caminos.

El bajo contenido de materia orgánica separa al horizonte petroplíntico de los panes de hierro, hierro de los pantanos y horizontes *spódicos* endurecidos como ocurren, por ejemplo, en *Podzoles*, los que contienen una buena cantidad de materia orgánica.

HORIZONTE PLÁGICO (ver Horizontes antropogénicos)

HORIZONTE PLÍNTICO

Descripción general. El horizonte plíntico (del Gr. *plinthos*, ladrillo) es un horizonte subsuperficial que constituye una mezcla rica en hierro, pobre en humus, de arcilla caolinítica con cuarzo y otros constituyentes, y que cambia irreversiblemente a un pan duro (*hardpan*) o a agregados irregulares por exposición a mojado y secado repetidos con acceso libre de oxígeno.

Criterios de diagnóstico. El horizonte plíntico debe tener:

1. 25 por ciento (en volumen) o más de una mezcla rica en hierro, pobre en humus de arcilla caolinítica con cuarzo y otros diluyentes, que cambia irreversiblemente a un pan duro (*hardpan*) o a agregados irregulares por exposición a mojado y secado repetidos con acceso libre de oxígeno; y
2.
 - a. 2.5 por ciento (en peso) o más de hierro extractable en citrato-ditionito en la fracción tierra fina, especialmente en la parte superior del horizonte, o 10 por ciento en los moteados o concreciones; y
 - b. relación entre hierro extractable en oxalato ácido (pH 3) y hierro extractable en citrato-ditionito menor de 0.10^{17} ; y
- c. menos del 0.6 por ciento (en peso) de carbono orgánico; y
- d. espesor de 15 cm o más.

Identificación en el campo. Un horizonte plíntico comúnmente muestra moteados rojos, usualmente en patrones laminar, poligonal, vesicular o reticulado. En un suelo permanentemente húmedo, el material plíntico generalmente no es duro sino firme o muy firme y puede cortarse con una pala.

¹⁷ Estimado a partir de datos proporcionados por Varghese y Byju (1993).

El material plúntico no se endurece irreversiblemente como resultado de un único ciclo de secado y rehumedecimiento. Solamente el humedecimiento y secado repetidos lo cambian irreversiblemente a una piedra de hierro (*'ironstone'*), pan duro o agregados irregulares, especialmente si también está expuesto al calor del sol.

Criterios adicionales. Los estudios micromorfológicos pueden revelar el grado de impregnación de la masa del suelo por hierro. Además, las medidas de la resistencia a la penetración y cantidad total de hierro presente pueden dar un indicio.

HORIZONTE SÁLICO

Descripción general. El horizonte sálico (del L. *sal*) es un horizonte superficial o subsuperficial somero que contiene un enriquecimiento secundario de sales fácilmente solubles, es decir, sales más solubles que el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\log K_s = -4.85$ a 25°C).

Criterios de diagnóstico. Un horizonte sálico debe tener, en todo su espesor:

1. a. una conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación de más de 15 dS m^{-1} a 25°C en algún momento del año; *o*
b. una CE de más de 8 dS m^{-1} a 25°C si el pH (H_2O) del extracto de saturación excede 8.5 (para suelos con carbonato alcalino) o menos de 3.5 (para suelos con sulfato ácido); *y*
2. como mínimo 1 por ciento de sales; *y*
3. el producto del espesor (en cm) por el porcentaje de sales es de 60 o más; *y*
4. espesor de 15 cm o más.

Identificación en el campo. Son evidencias circunstanciales las que usualmente señalan la presencia de un horizonte sálico. La vegetación halofítica como *Tamarix* y cultivos tolerantes a sales son los primeros indicadores. Las capas afectadas por sales con frecuencia exhiben estructuras 'infladas'. Las sales precipitan sólo después de la evaporación de la humedad del suelo. Estas precipitaciones no necesitan estar presentes si el suelo está húmedo o mojado.

Las sales pueden precipitar en la superficie (*'Solonchaks* externos') o en profundidad (*'Solonchaks* internos'). Una costra de sales en la superficie es parte del horizonte sálico.

HORIZONTE SPÓDICO

Descripción general. El horizonte spódico (del Gr. *spodos*, ceniza de leña) es un horizonte subsuperficial de color oscuro que contiene sustancias amorfas iluviales compuestas de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro. Los materiales iluviales se caracterizan por una alta carga pH dependiente, gran área superficial y elevada retención de agua.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte spódico debe tener:

1. a. *o bien-* un hue Munsell de 7.5YR o más rojo con value de 5 o menos y croma de 4 o menos en húmedo y apelmazado;
o - un hue de 10YR con value de 3 o menos y croma de 2 o menos en húmedo y apelmazado; *o*
- b. un subhorizonte que tiene 2.5 cm o más de espesor y que está continuamente cementado por una combinación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro (pan de hierro fino *'thin iron pan'*); *o*
- c. esferitas orgánicas precisas entre los granos de arena; *y*

2. 0.6 por ciento o más carbono orgánico; **y**
3. pH (1:1 en agua) de 5.9 o menos; **y**
4. a. por lo menos 0.50 por ciento $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ ¹⁸ y tiene dos veces o más $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ que un horizonte *úmbrico*, *ócrico*, *álbico* o *antropedogénico* suprayacente; **o**
- b. un valor de densidad óptica del extracto de oxalato (DOEO) de 0.25 o más, que también es dos veces o más el valor de los horizontes suprayacentes; **y**
5. espesor de por lo menos 2.5 cm y un límite superior por debajo de 10 cm de la superficie del suelo mineral, a menos que haya presente *permafrost* dentro de los 200 cm de profundidad.

Identificación en el campo. Un horizonte spódico normalmente subyace a un horizonte *álbico* y reúne los colores negro pardusco a pardo rojizo. Los horizontes spódicos también pueden caracterizarse por la presencia de un pan de hierro fino, o por la presencia de esferitas orgánicas cuando débilmente desarrollado.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes spódicos pueden tener características similares a un horizonte *ándico* rico en complejos alúmino-orgánico. A veces sólo pruebas analíticas pueden discriminar positivamente entre los dos. Los horizontes spódicos tienen por lo menos el doble del porcentaje de $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ que un horizonte *úmbrico*, *ócrico*, *álbico* o *antropedogénico* suprayacente. Este criterio normalmente no se aplica a los horizontes ándicos en los cuales los complejos alúmino-orgánico son escasamente móviles.

HORIZONTE SULFÚRICO

Descripción general. El horizonte sulfúrico (del L. *sulfur*, azufre) es un horizonte subsuperficial extremadamente ácido en el cual se forma ácido sulfúrico a través de la oxidación de sulfuros.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte sulfúrico debe tener:

1. pH < 3.5 en una suspensión 1:1 en agua; **y**
2. a. **o bien-** moteados amarillo/naranja de jarosita $[KFe_3(SO_4)_2(OH)_6]$ o pardo amarillento de schwertmanita $[Fe_{16}O_{16}(SO_4)_3(OH)_{10} \cdot 10H_2O]$;
- o** - concentraciones con un hue Munsell de 2.5Y o más y un croma de 6 o más;
- o**
- b. superposición sobre materiales de suelo *sulfídicos*; **o**
- c. 0.05 por ciento (en peso) o más de sulfato soluble en agua; **y**
3. espesor de 15 cm o más.

Identificación en el campo. Los horizontes sulfúricos generalmente contienen moteados amarillo/naranja de jarosita o pardo amarillento de schwertmanita. Además, la reacción del suelo es extremadamente ácida; no es raro un pH (H₂O) menor de 3.5.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. El horizonte sulfúrico con frecuencia subyace a un horizonte fuertemente moteado con pronunciados rasgos redoximórficos (moteados de hidróxido de hierro rojizos a pardo rojizos y una matriz de color claro, empobrecida en hierro).

¹⁸ Al_{ox} y Fe_{ox} : aluminio y hierro extractable en oxalato ácido (pH 3), respectivamente.

HORIZONTE TAKÍRICO

Descripción general. Un horizonte takírico (del Uzbek *takyr*, tierra yerma) es un horizonte superficial de textura gruesa que comprende una costra superficial y una parte inferior con estructura laminar. Ocurre bajo condiciones áridas en suelos periódicamente inundados.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte takírico debe tener:

1. propiedades *arídicas*; y
2. una estructura laminar o masiva; y
3. una costra superficial que tenga todas las propiedades siguientes:
 - a. suficiente espesor de modo que no se enrosque completamente al secarse;
 - b. grietas de desecación poligonales que se extienden por lo menos 2 cm en profundidad cuando el suelo está seco;
 - c. textura franco arcillo arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa o más fina;
 - d. consistencia muy dura en seco y muy plástica y adhesiva en mojado; y
 - e. una conductividad eléctrica (CE) en la pasta saturada menor de 4 dS m⁻¹, o menos que la del horizonte inmediatamente debajo del horizonte takírico.

Identificación en el campo. Los horizontes takíricos se encuentran en depresiones en regiones áridas, donde puede acumularse agua superficial, rica en arcilla y limo pero relativamente baja en sales solubles, y lixiviar los horizontes superiores. La lixiviación periódica de sales causa la dispersión de arcilla y la formación de una costra gruesa, compacta, de textura fina, que forma grietas poligonales prominentes al secarse. La arcilla y limo con frecuencia constituyen más del 80 por ciento del material de la costra.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes takíricos ocurren en asociación con muchos horizontes de diagnóstico, siendo los más importantes el horizonte *sálico*, *gípsico*, *cálcico* y *cámbico*. La baja conductividad eléctrica y bajo contenido de sales de los horizontes takíricos los separan del horizonte sálico.

HORIZONTE TÉRRICO (ver Horizontes antropodogénicos)

HORIZONTE ÚMBRICO

Características generales. El horizonte úmbrico (del L. *umbra*, sombra) es un horizonte superficial grueso, oscuro, desaturado de bases y rico en materia orgánica.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte úmbrico debe tener:

1. estructura del suelo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez masivo y duro o muy duro cuando seco. Los prismas gruesos de más de 30 cm de diámetro se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura secundaria dentro de los prismas; y
2. colores Munsell con un croma menor de 3.5 en húmedo, un value más oscuro que 3.5 en húmedo y 5.5 en seco, tanto en muestras partidas como apelmazadas. El value es por lo menos una unidad más oscura que el de un horizonte C (tanto en seco como en húmedo) a menos que el horizonte C tenga un value más oscuro de 4.0, húmedo, en cuyo caso el requisito de contraste de color se omite. Si no hay un horizonte C presente, la comparación debe hacerse con el horizonte subyaciendo inmediatamente al horizonte superficial; y
3. saturación con bases (por NH₄OAc 1 M) menor de 50 por ciento en promedio ponderado en toda la profundidad del horizonte; y

4. contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento (1 por ciento de materia orgánica) o más en todo el espesor del horizonte mezclado (generalmente es más del 2 a 5 por ciento, dependiendo del contenido de arcilla). El contenido de carbono orgánico es por lo menos 0.6 por ciento más que el del horizonte C si se omite el requisito de color debido a materiales originarios oscuros; y
5. los siguientes requisitos de espesor:
 - a. 10 cm o más si resta directamente sobre roca dura, un horizonte *petroplúntico* o *petrodúrico*, o suprayace a un horizonte *crítico*; *o*
 - b. por lo menos 20 cm y más de un tercio del espesor del solum cuando el solum tiene menos de 75 cm de espesor; *o*
 - c. más de 25 cm cuando el solum tiene más de 75 cm de espesor.
 Las mediciones de espesor incluyen horizontes transicionales AB, AE y AC.

Los requisitos para un horizonte úmbrico deben lograrse luego de mezclar los primeros 20 cm, como por arado.

Identificación en el campo. Las principales características de campo usadas para identificar la presencia de un horizonte úmbrico son su color oscuro y su estructura. En general, los horizontes úmbricos tienden a tener menor grado de estructura del suelo que los horizontes *mólicos*.

Como una guía, la mayoría de los horizontes úmbricos tienen una reacción del suelo ácida (pH (H₂O, 1:2.5) menor de alrededor de 5.5) lo cual representa una saturación con bases menor de 50 por ciento. Una indicación adicional de la acidez es un patrón de enraizamiento en el cual la mayoría de las raíces tienden a ser horizontales, en ausencia de una barrera física para las raíces.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. El requisito de saturación con bases pone al horizonte úmbrico aparte del horizonte *mólico*, que por lo demás es muy similar. El límite superior del contenido de carbono orgánico varía desde 12 por ciento (20 por ciento de materia orgánica) hasta 18 por ciento (30 por ciento de materia orgánica) que es el límite inferior del horizonte *hístico*, o 20 por ciento, el límite inferior del horizonte *fólico*.

Los límites con los horizontes *fúlvico* y *melánico* desaturados en bases se establecen por la combinación del color oscuro intenso, el elevado contenido de carbono orgánico, el espesor y las características asociadas con horizontes ándicos en estos dos horizontes. Por otra parte, los horizontes úmbricos ocurren frecuentemente asociados con horizontes *ándicos*.

Ocurren algunos horizontes superficiales gruesos, de color oscuro, ricos en material orgánico, desaturados en bases que se han formado como resultado de actividades humanas tales como arada profunda y abonado, la adición de abonos orgánicos, la presencia de poblados antiguos, montículos de sitios de residencia antiguos, etc. (cf. horizontes *antropedogénicos*). Estos horizontes generalmente pueden reconocerse en el campo por la presencia de artefactos, marcas de pala, inclusiones minerales contrastantes o estratificación indicando la adición intermitente de materiales de abono, una posición en el paisaje relativamente más alta, o verificando la historia agrícola del área. Si hay presentes horizontes *hórtico* o *plágico*, el análisis de P₂O₅ en NaHCO₃ 0.5 M (Gong *et al.*, 1997) o el análisis de P₂O₅ soluble en ácido cítrico al 1 por ciento pueden dar un indicio.

HORIZONTE VÉRTICO

Descripción general. El horizonte vértico (del L. *vertere*, dar vuelta) es un horizonte subsuperficial arcilloso que como resultado de la expansión y contracción tiene superficies pulidas y acanaladas (*slickensides*), o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedos.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte vértico debe tener:

1. 30 por ciento o más arcilla en todo su espesor; **y**
2. agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedos con un eje longitudinal inclinado entre 10° y 60° respecto de la horizontal; **y**
3. slickensides¹⁹ que se intersectan; **y**
4. un espesor de 25 cm o más.

Identificación en el campo. Los horizontes vérticos son arcillosos y tienen una consistencia dura a muy dura. En condiciones secs, los horizontes vérticos muestran grietas de 1 o más centímetros de ancho. En el campo es muy obvia la presencia de caras de agregados pulidas, brillantes ("slickensides") las que generalmente muestran ángulos agudos entre sí.

Características adicionales. El coeficiente de extensibilidad lineal (COEL) es una medida del potencial de expansión-contracción y se define como la relación de la diferencia entre la longitud húmeda y la longitud seca de un terrón con su longitud seca: $(L_h - L_s)/L_s$, donde L_h es la longitud a 33 kPa de tensión y L_s la longitud en seco. En los horizontes vérticos el COEL es más de 0.06.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Varios otros horizontes de diagnóstico también pueden tener elevado contenido de arcilla, por ejemplo el horizonte *árgico*, *nátrico* y *nítico*. Estos horizontes carecen de la característica típica del horizonte vértico; Sin embargo, pueden estar ligados lateralmente en el paisaje, con el horizonte vértico generalmente ocupando la posición más baja.

HORIZONTE VÍTRICO

Descripción general. El horizonte vítrico (del L. *vitrum*, vidrio) es un horizonte superficial o subsuperficial dominado por vidrio volcánico y otros minerales primarios derivados de eyecciones volcánicas.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte vítrico debe tener:

1. 10 por ciento o más de vidrio volcánico y otros minerales primarios en la fracción tierra fina; **y** o bien:
2. menos de 10 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina; **o**
3. una densidad aparente $> 0.9 \text{ kg dm}^{-3}$; **o**
4. $\text{Al}_{\text{ox}} + \frac{1}{2}\text{Fe}_{\text{ox}}^{20} > 0.4$ por ciento; **o**
5. retención de fosfato > 25 por ciento; **y**
6. espesor de por lo menos 30 cm.

¹⁹ Los slickensides son caras de agregados pulidas y acanaladas que se producen por una masa de suelo deslizando sobre otra.

²⁰ Al_{ox} y Fe_{ox} son aluminio y hierro extractables en oxalato ácido (pH 3), respectivamente (método de Blakemore *et al.*, 1987).

Identificación en el campo. El horizonte vítrico puede identificarse en el campo con relativa facilidad. Puede ocurrir como horizonte superficial, sin embargo, también puede ocurrir enterrado bajo algunas decenas de centímetros de depósitos piroclásticos recientes. Tiene una buena cantidad de materia orgánica y bajo contenido de arcilla. Las fracciones arena y limo todavía están dominadas por vidrio volcánico inalterado y otros minerales primarios (puede controlarse con una lupa de mano de 10x).

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes vítricos están estrechamente ligados a los horizontes *ándicos*, hacia los que pueden desarrollar eventualmente. La cantidad de vidrio volcánico y otros minerales primarios, junto con la cantidad de minerales pedogenéticos no cristalinos o paracristalinos separa principalmente los dos horizontes.

Los horizontes vítricos pueden superponerse con varios horizontes de diagnóstico superficiales, por ejemplo, los horizontes *fúlvico*, *melánico*, *mólico*, *úmbrico* y *ócrico*.

HORIZONTE YÉRMICO

Descripción general. El horizonte yérmico (del español *yerma*) es un horizonte superficial que generalmente, pero no siempre, consiste de acumulaciones superficiales de fragmentos de rocas ("pavimento de desierto") embebidas en una costra vesicular de textura franca y cubiertas por una fina capa de arena o loess eólicos.

Criterios de diagnóstico. Un horizonte yérmico debe tener:

1. propiedades *arídicas*; *y*
2.
 - a. un pavimento que está barnizado o incluye grava o piedras cuya forma está dada por el viento (guijarros facetados, "ventifactos"); *o*
 - b. un pavimento y una costra vesicular; *o*
 - c. una costra vesicular por encima de un horizonte A laminar, sin pavimento.

Identificación en el campo. Un horizonte yérmico comprende una costra vesicular en la superficie y el horizonte u horizontes A subyacentes. La costra, que tiene una textura franca, muestra una red poligonal de grietas de desecación, generalmente rellenas con material eólico, que se extiende dentro de los horizontes subyacentes. La costra y el horizonte u horizontes A por debajo tienen estructura laminar débil a moderada.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. Los horizontes yérmicos generalmente ocurren asociados con otros horizontes de diagnóstico característicos de ambientes de desierto (horizonte *sálico*, *gípsico*, *dúrico*, *cálcico* y *cámbico*). En desiertos muy fríos (por ejemplo Antártida) pueden ocurrir asociados con horizontes *crícos*. Bajo estas condiciones domina el material crioclástico grueso y hay poco polvo sujeto a deflación y deposición por viento. Aquí puede ocurrir un pavimento denso con barniz, ventifactos, capas de arena eólica y acumulaciones minerales solubles directamente sobre horizontes C sueltos, sin una costra vesicular y horizonte A subyacente.

PROPIEDADES DE DIAGNÓSTICO

Las propiedades *ferrálicas*, *géricas*, *gléyicas* y *stágnicas* y propiedades *fuertemente húmicas* así como *cambio textural abrupto*, *roca dura continua* y *permafrost* se retuvieron de la Leyenda Revisada del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1988) ya que reflejan condiciones del suelo específicas más que horizontes. El término *carbonatos secundarios* se prefiere al de calcáreo

pulverulento blando como se usó en la Leyenda Revisada. Nuevas propiedades de diagnóstico definidas son *lenguas albelúvicas*, propiedades *álicas* y *arídicas*.

CAMBIO TEXTURAL ABRUPTO

Descripción general. Un cambio textural abrupto es un incremento muy marcado en el contenido de arcilla dentro de un rango limitado de profundidad.

Criterios de diagnóstico. Un cambio textural abrupto requiere *o bien*:

1. duplicar el contenido de arcilla dentro de 7.5 cm si el horizonte suprayacente tiene menos de 20 por ciento de arcilla; *o*
2. 20 por ciento (absoluto) de incremento de arcilla dentro de 7.5 cm si el horizonte suprayacente tiene 20 por ciento o más arcilla. En este caso alguna parte del horizonte inferior tiene por lo menos el doble del contenido de arcilla del horizonte superior.

LENGUAS ALBELÚVICAS

Descripción general. El término lenguas albelúvicas (del L. *albus*, blanco, y *eluere*, lavar) es connotativo de penetraciones de arcilla y material empobrecido en hierro dentro de un horizonte *árgico*. Cuando hay agregados, las lenguas albelúvicas ocurren a lo largo de caras de agregados. Las características redoximórficas y propiedades *stágnicas* no necesariamente están presentes.

Criterios de diagnóstico. Las lenguas albelúvicas deben:

1. tener el color de un horizonte *álbico*; *y*
2. tener mayor profundidad que ancho, con las siguientes dimensiones horizontales:
 - a. 5 mm o más en horizontes *árgicos* arcillosos; *o*
 - b. 10 mm o más en horizontes *árgicos* franco arcillosos y limosos; *o*
 - c. 15 mm o más en horizontes *árgicos* más gruesos (franco limoso, franco o franco arenoso); *y*
3. ocupan más del 10 por ciento del volumen en los primeros 10 cm del horizonte *árgico*, estimado o medido sobre ambos cortes vertical y horizontal; *y*
4. tienen una distribución por tamaño de partículas igual a la del horizonte eluvial por encima del horizonte *árgico*.

PROPIEDADES ÁLICAS

Descripción general. El término propiedades álicas (del L. *alumen*, alumbre) es connotativo de material mineral de suelo muy ácido con elevada cantidad de aluminio intercambiable.

Criterios de diagnóstico. Las propiedades álicas se aplican a material mineral de suelo que tiene **todas** las características físicas y químicas siguientes:

1. una capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) igual a o mayor de 24 cmol kg^{-1} de arcilla; *y*
2.
 - a. Una reserva total en bases ($\text{RTB} = \text{Ca, Mg, K y Na}$ intercambiable **más** mineral) de la arcilla que es 80 por ciento o más de la RTB del suelo; *o*
 - b. una relación limo/arcilla de 0.60 o menos; *y*
3. un pH (KCl) de 4.0 o menos; *y*

4. un contenido de Al extractable en KCl de $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla o más, y una relación Al extractable en KCl / $\text{CIC}_{\text{arcilla}}^{21}$ de 0.35 o más; **y**
5. una saturación con aluminio (Al interc./CICE x 100) de 60 por ciento o más.

PROPIEDADES ARÍDICAS

Descripción general. El término propiedades arídicas combina un número de propiedades que son comunes en horizontes superficiales de suelos que ocurren bajo condiciones áridas donde la pedogénesis excede la nueva acumulación en la superficie del suelo por actividad eólica o aluvial.

Criterios de diagnóstico. Las propiedades arídicas se caracterizan por todo lo siguiente:

1. contenido de carbono orgánico menor de 0.6 por ciento²² si la textura es franco arenosa o más fina, o menos de 0.2 por ciento si la textura es más gruesa que franco arenoso, como promedio ponderado en los 20 cm superiores del suelo o hasta el techo de un horizonte B, un horizonte cementado, o hasta la roca, lo que sea más somero; **y**
2. evidencia de actividad eólica en una o más de las formas siguientes:
 - a. la fracción arena en algún subhorizonte o en el material eólico relleno de grietas contiene una proporción notable de partículas de arena redondeadas o subangulares que muestran una superficie mate (usando una lupa de mano de 10x). Estas partículas constituyen el 10 por ciento o más de la fracción arena de cuarzo media y más gruesa; **o**
 - b. fragmentos de roca cuya forma está dada por el viento ("ventifactos") en la superficie; **o**
 - c. aeroturbación (por ejemplo, estratificación entrecruzada); **o**
 - d. evidencia de erosión o depositación eólica, o ambas; **y**
3. ambas muestras partida y apelmazada tienen un valor Munsell de 3 o más en húmedo y 4.5 o más en seco, y un croma de 2 o más en húmedo; **y**
4. saturación con bases (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) de más de 75 por ciento, pero normalmente 100 por ciento.

Comentarios adicionales. La presencia de minerales de arcilla aciculares (por ejemplo paligorskita y sepiolita) en suelos se considera connotativa de un ambiente de desierto, pero no ha sido informada en todos los suelos de desierto. Esto puede deberse al hecho de que en condiciones áridas las arcillas aciculares no se producen sino que sólo se preservan, siempre que ellas existan en el material originario o en el polvo que cae sobre el suelo.

ROCA DURA CONTINUA

Definición. Roca dura continua es material subyacente al suelo, que excluye horizontes pedogenéticos cementados tal como un horizonte *petrocálcico*, *petrodúrico*, *petrogípsico* y *petroplúntico*, que es suficientemente coherente y dura en húmedo como para que sea impracticable cavar manualmente con una pala. El material se considera continuo si sólo hay

²¹ $\text{CIC}_{\text{arcilla}}$: capacidad de intercambio catiónico (por $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) de la fracción arcilla, corregida por materia orgánica.

²² El contenido de carbono orgánico puede ser más alto si el suelo está periódicamente inundado, o si tiene una conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada de 4 dS m^{-1} o más en algún lugar dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

presentes una pocas grietas separadas 10 cm o más y no ha ocurrido desplazamiento significativo de la roca.

PROPIEDADES FERRÁLICAS

Descripción general. Las propiedades ferrálicas (del L. *ferrum*, hierro, y *alumen*, alumbre) refieren a material mineral de suelo que tiene una capacidad de intercambio catiónico relativamente baja. También incluye materiales de suelo que podrían calificar como un horizonte *ferrálico* excepto por su textura gruesa.

Características de diagnóstico. Las propiedades ferrálicas se aplican a materiales minerales de suelo que tienen *o bien*:

1. una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 *M*) menor de $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla; *o*
2. una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 *M*) menor de $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de suelo, tanto en por lo menos algún subhorizonte del horizonte B o el horizonte inmediatamente por debajo del horizonte A.

PROPIEDADES GÉRICAS

Descripción general. Propiedades géricas (del Gr. *geraios*, viejo) se refiere a material mineral de suelo que tiene capacidad de intercambio catiónico efectiva muy baja o incluso actúa como un intercambiador aniónico.

Criterios de diagnóstico. El material mineral de suelo tiene propiedades géricas si presenta *o bien*:

1. 1.5 cmol_c o menos bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na) más acidez intercambiable en KCl 1 *M* sin tamponar por kg de arcilla; *o*
2. un delta pH (pH_{KCl} menos pH_{agua}) de +0.1 o más.

PROPIEDADES GLÉYICAS

Descripción general. Los materiales de suelo desarrollan propiedades gléyicas (del nombre local ruso *gley*, masa de suelo orgánico) si están completamente saturados con agua freática, a menos que esté drenado, por un período que permita la ocurrencia de **condiciones reductoras** (esto puede ir de unos pocos días en los trópicos a algunas semanas en otras áreas), y muestran un **patrón de color gléyico**.

Criterios de diagnóstico. Las condiciones reductoras²³ son evidentes por:

1. un valor de rH en la solución del suelo de 19 o menos; *o*
2. la presencia de Fe^{2+} libre como se muestra por la presencia de *o bien*:
 - a. un color azul oscuro sólido en una superficie de ruptura fresca de una muestra de campo húmeda, luego de rociarla con una solución de ferrocianuro de potasio ($\text{K}_3\text{Fe(III)(CN)}_6$); *o*

²³ La medida básica de reducción en materiales de suelos es el rH. Esta medida se relaciona con el potencial redox (Eh) y corregido por el pH, como se muestra en la fórmula siguiente:

$$rH = \frac{Eh(mV)}{29} + 2pH$$

- b. un fuerte color rojo en una superficie de ruptura fresca de una muestra de campo húmeda, luego de rociarla con una solución de α, α, α , dipiridilo en ácido acético 10%; y
- 3. un patrón de color gléyico²⁴ reflejando propiedades oximórficas²⁵ y/o reductomórficas²⁶ **o bien:**
 - a. en más del 50 por ciento de la masa del suelo; **o**
 - b. en el 100 por ciento de la masa del suelo debajo de cualquier horizonte superficial.

Identificación en el campo. Los (hidr)óxidos de hierro y manganeso en suelos con propiedades gléyicas se redistribuyen hacia el exterior de los agregados y hacia la superficie del suelo donde se deriva el oxígeno. El patrón de color resultante (colores rojizo, pardusco o amarillento cerca de la cara de agregados o en la parte superior del perfil, junto con colores grisáceo/azulados en el interior de agregados o más profundo en el suelo) indica si ocurren condiciones gléyicas. También, la prueba del dipiridilo frecuentemente da un buen indicio si hay hierro férrico presente en la solución del suelo.

PERMAFROST

Definición. Permafrost es una capa en la cual la temperatura está continuamente en o debajo de 0°C por lo menos por dos años consecutivos.

CARBONATOS SECUNDARIOS

Descripción general. El término carbonatos secundarios se refiere a calcáreo translocado, suficientemente blando como para poder cortarse fácilmente con la uña, precipitado en el lugar a partir de la solución del suelo más que heredado del material originario del suelo. Como una propiedad de diagnóstico debe estar presente en cantidades significativas.

²⁴ Un patrón de color gléyico resulta de un gradiente redox entre el agua freática y la franja capilar, causando una distribución irregular de (hidr)óxidos de hierro y manganeso. En la parte inferior del suelo y/o dentro de los agregados los óxidos se transforman en compuestos insolubles de Fe/Mn(II) o son translocados, llevando ambos procesos a la ausencia de colores con un hue Munsell más rojo que 2.5Y. Los compuestos de hierro y manganeso translocados pueden concentrarse en forma oxidada (Fe(III), Mn(IV)), reconocible con una prueba con H₂O₂ al 10% en el campo, sobre caras de agregados o en (bio)poros ("canales de raíces herrumbrosos"), y aún en la matriz hacia la superficie.

²⁵ Las propiedades oximórficas reflejan condiciones alternantes de reducción y oxidación, como es el caso en la franja capilar y en el o los horizontes superficiales de suelos con nivel de agua freática fluctuante. Las propiedades oximórficas se expresan por moteados pardo rojizos (ferrihidrita) o pardo amarillento brillante (goethita), o como moteados amarillo brillante (jarosita) en suelos ácidos con sulfatos. En suelos francos y arcillosos, los (hidr)óxidos de hierro se concentran sobre la superficie de agregados y en las paredes de poros grandes (por ejemplo, antiguos canales de raíces).

²⁶ Las propiedades reductomórficas reflejan condiciones permanentemente saturadas, y se expresan por colores neutros (blanco a negro N1/ a N8/) o azulado a verdoso (2.5Y, 5Y, 5G, 5B) en más del 95 por ciento de la matriz del suelo. En materiales francos y arcillosos predominan los colores azul-verde debido a hidroxisales de Fe (II,III) ("herrumbre verde"). Si el material es rico en azufre predominan los colores negruzcos debido a sulfuros de hierro. En materiales calcáreos los colores blancuzcos son dominantes debido a calcita y/o siderita. Las arenas generalmente son de color gris claro a blanco y con frecuencia también empobrecidas en hierro y manganeso. La parte superior de un horizonte reductomórfico puede mostrar hasta un 5 por ciento de colores herrumbre, principalmente alrededor de canales de animales excavadores o raíces de plantas.

Identificación en el campo. Los carbonatos secundarios deben tener alguna relación con la estructura o fábrica del suelo. Las acumulaciones de carbonato secundario pueden disturbar la fábrica para formar agregados esferoidales u 'ojos blancos', que son blandos y pulverulentos en seco, o el calcáreo puede estar presente como revestimientos blandos en poros o sobre caras estructurales. Si están presentes como revestimientos, los carbonatos secundarios cubren 50 por ciento o más de las caras estructurales y son suficientemente gruesos para ser visibles en húmedo. Si están presentes como nódulos blandos, ocupan 5 por ciento o más del volumen del suelo. Los filamentos (pseudomicelio), que aparecen y desaparecen con condiciones de humedad cambiantes, no se incluyen en la definición de carbonatos secundarios.

PROPIEDADES STÁGNICAS

Descripción general. El material de suelo tiene propiedades stágnicas (del L. *stagnare*, inundar) si está, por lo menos temporalmente, completamente saturado con agua superficial, a menos que esté drenado, por un período suficientemente largo como para permitir que ocurran **condiciones reductoras** (esto puede variar de unos pocos días en los trópicos a unas pocas semanas en otras áreas), y mostrar un **patrón de color stágnico**²⁷.

Criterios de diagnóstico. Las condiciones reductoras son evidentes por:

1. un valor de rH en la solución del suelo de 19 o menos; **o**
2. la presencia de Fe²⁺ libre como se muestra por la aparición de **o bien**:
 - a. un color azul oscuro sólido en una superficie de ruptura fresca de una muestra de campo húmeda, luego de rociarla con una solución de ferrocianuro de potasio (K₃Fe(III)(CN)₆); **o**
 - b. un fuerte color rojo en una superficie de ruptura fresca de una muestra de campo húmeda, luego de rociarla con una solución de α, α, α, dipiridilo en ácido acético 10%; **y**
3. un horizonte **álbico** o un patrón de color stágnico **o bien**:
 - a. en más del 50 por ciento del volumen del suelo si el suelo no está disturbado; **o**
 - b. en 100 por ciento del volumen del suelo si el horizonte superficial está disturbado por arada.

Identificación en el campo. El patrón de distribución de rasgos redoximórficos, con óxidos de hierro y manganeso concentrados en el interior de agregados (o en la matriz si no hay agregados) da un buen indicio de propiedades stágnicas.

PROPIEDADES FUERTEMENTE HÚMICAS

Descripción general. Las propiedades fuertemente húmicas se refieren a suelos que tienen un elevado contenido de carbono orgánico en el metro superior del suelo.

Criterios de diagnóstico. Para ser fuertemente húmico, el material de suelo debe tener más del 1.4 por ciento de carbono orgánico como promedio ponderado en una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo (el mismo promedio ponderado sobre 100 cm se aplica si el suelo

²⁷ Un *patrón de color stágnico* muestra moteados de tal modo que la superficie de los agregados (o parte de la matriz del suelo) son de color más claro (una unidad de value Munsell o más) y más pálido (una unidad de croma o menos), y el interior de los agregados (o partes de la matriz del suelo) son de color más rojizo (una unidad de hue o más) y más brillante (una unidad de croma o más) que las partes no redoximórficas de la capa, o de su promedio mezclado. Este patrón de moteados puede ocurrir directamente debajo del horizonte superficial o capa arable, o debajo de un horizonte álbico.

tiene 50-100 cm de profundidad; los suelos con menos de 50 cm de profundidad no pueden ser fuertemente húmicos). El cálculo asume una densidad aparente de 1.5 g cm^{-3} .

MATERIALES DE DIAGNÓSTICO

Pareció apropiado definir materiales de suelo de diagnóstico. Estos materiales de suelo de diagnóstico tienen la intención de reflejar los materiales parentales originales, en los cuales los procesos pedogenéticos todavía no han sido tan activos como para dejar una marca significativa. Ellos comprenden material de suelo *antropogeomórfico*, *calcárico*, *flúvico*, *gipsífero*, *orgánico*, *sulfídico* y *téfrico*. Las propiedades *flúvica*, *calcárea* y *calcárica*, y *gipsífera* de la Leyenda Revisada (FAO, 1988) se redefinen bajo material de suelo *flúvico*, *calcárico* y *gipsífero*.

MATERIAL DE SUELO ANTROPOGEOMÓRFICO

Descripción general. Material de suelo antropogeomórfico (del Gr. *anthropos*, humano) se refiere a material mineral u orgánico no consolidado que resulta mayormente de rellenos de tierras, desechos de minería, rellenos urbanos, vertederos de basura, dragados, etc., producidos por actividades humanas. **No** han estado, sin embargo, sujetos a un período de tiempo suficientemente largo como para encontrar expresión significativa de procesos pedogenéticos.

En la Tabla 2 se dan descripciones de algunos materiales de suelo antropogeomórficos.

TABLA 2
Algunos materiales de suelo antropogeomórficos

Aríco	Material mineral de suelo que tiene, en una o más capas entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo, 3 por ciento o más (en volumen) fragmentos de horizontes de diagnóstico que no están arreglados en un orden discernible.
Gárbico	Material orgánico de desecho; relleno de terreno que contiene predominantemente productos de desecho orgánicos.
Redúctico	Productos de desecho que producen emisiones gaseosas (por ejemplo metano, dióxido de carbono) resultante de condiciones anaeróbicas en el material.
Spólico	Materiales terrosos que resultan de actividades industriales (residuos de minería, dragados de ríos, construcción de autopistas, etc.).
Urbico	Materiales terrosos que contienen escombros de construcción y artefactos (restos culturales > 35 por ciento en volumen).

MATERIAL DE SUELO CALCÁRICO

Definición. El material de suelo calcárico (del inglés *calcareous*, calcáreo) muestra efervescencia fuerte con HCl al 10 por ciento en la mayor parte de la tierra fina. Se aplica a material que contiene más del 2 por ciento de carbonato de calcio equivalente.

MATERIAL DE SUELO FLÚVICO

Descripción general. El material de suelo flúvico (del L. *fluvius*, río) se refiere a sedimentos fluviales, marinos y lacustres, que reciben material fresco a intervalos regulares, o lo han recibido en el pasado reciente²⁸.

Criterios de diagnóstico. El material de suelo flúvico es material de suelo que muestra estratificación en por lo menos el 25 por ciento del volumen del suelo sobre una profundidad especificada; la estratificación también puede ser evidente a partir del decrecimiento irregular del contenido de carbono orgánico con la profundidad, o permaneciendo por encima del 0.2 por ciento hasta una profundidad de 100 cm. Estratos finos de arena pueden tener menos carbono orgánico si los sedimentos más finos por debajo, excluyendo horizontes A enterrados, cumplen el último requisito.

Identificación en el campo. El material de suelo flúvico muestra estratificación. Capas alternadas de color oscuro pueden reflejar un decrecimiento irregular del contenido de carbono orgánico con la profundidad.

MATERIAL DE SUELO GIPSÍRICO

Definición. El material de suelo gipsífero (del L. *gypsum*, yeso) es material de suelo mineral que contiene 5 por ciento o más de yeso (en volumen).

MATERIAL ORGÁNICO DE SUELO

Descripción general. El material de suelo orgánico consiste de restos orgánicos que se acumulan en la superficie bajo condiciones húmedas o secas y en el cual el componente mineral no influye significativamente en las propiedades del suelo.

Criterios de diagnóstico. El material de suelo orgánico debe tener uno de los dos siguientes:

1. si está saturado con agua por largos períodos (a menos que esté artificialmente drenado), y excluyendo raíces vivas, *o bien*:
 - a. 18 por ciento de carbono orgánico (30 por ciento de materia orgánica) o más si la fracción mineral comprende 60 por ciento o más arcilla; *o*
 - b. 12 por ciento de carbono orgánico (20 por ciento de materia orgánica) o más si la fracción mineral no tiene arcilla; *o*
 - c. un límite inferior proporcional del contenido de carbono orgánico entre 12 y 18 por ciento si el contenido de arcilla de la fracción mineral está entre 0 y 60 por ciento; *o*
2. si nunca está saturado con agua por más de unos pocos días, 20 por ciento o más de carbono orgánico.

MATERIAL DE SUELO SULFÍDICO

Descripción general. El material de suelo sulfídico (del inglés *sulphide*, sulfuro) es un depósito saturado con agua que contiene azufre, principalmente en forma de sulfuros, y sólo moderadas cantidades de carbonato de calcio.

²⁸ El pasado reciente cubre el período durante el cual el suelo ha sido protegido de inundaciones, por ejemplo por construcción de polders, embanques, canalizaciones o drenaje artificial, y durante al cual la formación del suelo no ha resultado en el desarrollo de ningún horizonte de diagnóstico subsuperficial aparte de un horizonte *sálico* o *sulfúrico*.

Criterios de diagnóstico. El material de suelo sulfídico debe tener:

1. 0.75 por ciento o más de azufre (peso seco) y menos de tres veces más carbonato de calcio equivalente que azufre; y
2. pH (H₂O) de más de 3.5.

Identificación en el campo. Los depósitos que contienen sulfuros muestran generalmente en condición húmeda o mojada un brillo dorado, el color de la pirita. La oxidación forzada con una solución de peróxido de hidrógeno al 30 por ciento disminuye el pH en 0.5 unidad o más. La oxidación también da lugar a olor a huevos podridos.

MATERIAL DE SUELO TÉFRICO²⁹

Descripción general. El material de suelo téfrico (del Gr. *tephra*, ceniza acumulada) consiste o bien de **tefra**, es decir, productos primarios piroclásticos no consolidados de erupciones volcánicas (incluyendo cenizas, lapilli, pómez, piroclastos vesiculares tipo pómez, bloques o bombas volcánicas) no meteorizados o sólo ligeramente, o de **depósitos téfricos**, es decir, tefra que ha sido retrabajada y mezclada con material de otras fuentes. Esto incluye loess téfrico, arenas téfricas eólicas y aluvio vulcanogénico.

Criterios de diagnóstico. El material de suelo téfrico debe tener:

1. 60 por ciento o más de tefra; y
2. menos del 0.4 por ciento Al + ½Fe, ambos extractables en oxalato ácido (pH 3).

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico. La poca cantidad de aluminio y hierro extractables en oxalato ácido pone al material de suelo téfrico aparte de los *horizontes vítricos*.

²⁹ La descripción y criterios de diagnóstico están adaptados de Hewitt (1992).

Capítulo 4

Subdivisiones de clasificación de los grupos de suelos de referencia

Desde el comienzo de la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1974), el número de unidades de nivel inferior usado en la Leyenda o clasificación de suelos ha continuado creciendo: desde 106 en 1974 a 152 en la Leyenda Revisada del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1988) hasta 209 en el primer borrador de la *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* (ISSS-ISRIC-FAO, 1994). Al mismo tiempo se emprendió un serio esfuerzo para expandir este segundo nivel más allá con la introducción de unidades de tercer nivel (Nachtergaele *et al.*, 1994). La proliferación ulterior de unidades y subunidades de suelos en la Base Referencial Mundial podía fácilmente llevar a una situación en la que iba a resultar extremadamente difícil recordar y utilizar todas las definiciones dentro de los grupos principales de suelos de referencia.

Otra complicación es que muchos nombres de unidades de suelos, y modificadores en la WRB borrador, eran heredados de la Leyenda de FAO original y estaban definidos dependiendo del agrupamiento en el cuál ellos ocurrían. Por ejemplo, una unidad de suelo "Dístrica" puede significar: "... que tiene una saturación con bases menor de 75%" (en Vertisoles Dístricos), o "... que tiene una saturación con bases menor de 50%", en diferentes secciones de control (por ejemplo, note la diferencia en secciones de control de Planosoles Dístricos y Cambisoles Dístricos).

Otra limitación inherente a la cercanía con la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo es que, aunque usada con frecuencia como sistema de clasificación, el propósito original del sistema de FAO fue servir como Leyenda para un mapa específico, lo cual hizo necesarias ciertas simplificaciones. Por ejemplo, los Gleysoles Cálcidos incluían suelos con un horizonte gípsico. De manera similar, los Fluvisoles Umbricos agruparon suelos aluviales con un horizonte úmbrico junto con Fluvisoles con un horizonte hístico desaturado. Esto resultó en pérdida de información debido a la generalización requerida por la Leyenda.

Por último pero no menos importante, se piensa que debe hacerse una separación clara entre los objetivos dobles de la Base Referencial Mundial, que por un lado debería servir como un sistema de suelos de referencia para geógrafos, agrónomos y otros usuarios que están interesados principalmente en el nivel más alto de generalización explicado en términos no técnicos, mientras que por otro lado la WRB debe ser una herramienta sofisticada para correlación de suelos capaz de acomodar un amplio rango de sistemas nacionales de clasificación de suelos.

Para remediar las limitaciones de clasificación de suelos discutidas más arriba, se decide apuntar a definiciones estandarizadas para cada subdivisión y diseñar un sistema flexible de clasificación de suelos que permita una transferencia máxima de información del perfil de suelo. Por consiguiente se define un número limitado de nombres para las subdivisiones de los grupos de suelos de la Base Referencial Mundial que pueden usarse en un cierto orden jerárquico para calificar cada grupo en niveles inferiores. Es más, para simplificar su uso lo más posible, se promueve una definición única para cada calificador, así como el uso de profundidades y

espesores estándar. Al hacer esto, es inevitable que se pierda en parte la cierta unión que existió hasta 1994 con las unidades de suelos de FAO. Sin embargo, esta pérdida se compensa por la ganancia en claridad y facilidad de utilización de la aproximación actual.

Otra ventaja de las subdivisiones estandarizadas es que se va a facilitar y mejorar la correlación de suelos y transferencia de tecnología entre países y regiones. Debería, además, servir a propósitos útiles (por ejemplo evaluación de tierras y planeamiento del uso de la tierra), y no debería considerarse como un fin en sí mismo sino más bien contribuir a una mejor comprensión del recurso suelo.

En este estado no es posible proporcionar una lista comprensiva de nombres de nivel inferior para la Base Referencial Mundial. Revisando los usos que se han hecho en un segundo nivel por la FAO (1988), Soil Survey Staff (1996) y WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 1994), y en el tercer nivel en la clasificación de suelos de Botswana (Rommelzwaal y Verbeek, 1990), Africa nor-oriental (FAO, 1998), Bangladesh (Brammer *et al*, 1988) y la Unión Europea (CEC, 1985), y reclasificando un gran número de pedones que tipifican todos los grupos de suelos de referencia, se ha establecido una lista provisional de nombres y definiciones.

PRINCIPIOS GENERALES PARA DISTINGUIR UNIDADES DE NIVEL INFERIOR

Para mantener el sistema simple y fácil de usar, se seleccionaron los criterios para diferenciar subunidades de suelos estrechamente relacionados con los criterios de diagnóstico definidos en el primer nivel.

Los criterios nuevos introducidos se relacionan con propiedades de los suelos adicionales que se piensa que son relevantes en niveles inferiores. El uso de fases como criterio de diferenciación de los niveles inferiores de clasificación debería, en principio, mantenerse en un mínimo. Sin embargo se han incluido unas pocas de ellas en la lista de nombres provisional.

Reglas generales

Las reglas generales a seguir para diferenciar unidades de nivel inferior son:

1. Los criterios de diagnóstico aplicados en el nivel inferior se derivan de los grupos de referencia, horizontes de diagnóstico, propiedades y otras características definidas ya establecidos. Pueden, además, incluir elementos nuevos así como criterios usados para la definición de fases en niveles superiores.
2. Las unidades de nivel inferior pueden definirse, y nombrarse, sobre la base de la presencia de horizontes de diagnóstico. En general, la ocurrencia más débil o incompleta de rasgos similares no se considera como diferencia.
3. No se consideran los criterios de diferenciación relacionados con el clima, material originario, vegetación o con rasgos fisiográficos tales como pendiente, geomorfología o erosión. Lo mismo se aplica a los criterios derivados de relaciones suelo-agua tales como profundidad de la capa de agua o drenaje. Capas del sustrato, espesor y morfología del solum u horizontes individuales, no se consideran como criterios de diagnóstico para la diferenciación de unidades de nivel inferior.
4. Hay un conjunto de criterios de diagnóstico para la definición de las unidades de suelo de nivel inferior. Este nombre contiene en su definición el criterio de diagnóstico y funciona al

mismo tiempo como connotativo del segundo y tercer nivel. A cada calificador del suelo se le da un único significado que debe ser aplicable a todos los grupos de suelos de referencia en los cuales él ocurre.

5. Debe usarse un único nombre para definir cada nivel inferior. Sin embargo, estos nombres pueden usarse en combinación con indicadores de profundidad, espesor o intensidad. Si se necesitan nombres adicionales, estos deben listarse al final entre paréntesis, por ejemplo, Ferralsol Acrí-Gérico (Abrúptico y Xántico).
6. Las definiciones de unidades de nivel inferior no deben superponerse ni entrar en conflicto con otras subunidades de suelos o con definiciones de grupos de suelos de referencia. Por ejemplo, un Calcisol Distri-Pétrico es una contradicción, mientras que un Calcisol Eutri-Pétrico es una superposición en el sentido de que el nombre "étrico" no proporciona más información.

Solamente pueden establecerse nuevas unidades después de haber sido documentadas con descripciones de perfiles de suelos y análisis de laboratorio que los respalden.

7. Las reglas de prioridad para el uso de los nombres de suelos de nivel inferior deben seguirse estrictamente para evitar confusión. El orden jerárquico preciso para cada calificador en cada grupo de suelos de referencia se da más adelante en el texto.

Ejemplo

En los Vertisoles se han reconocido los siguientes calificadores, en orden de prioridad:

1.	Tiónico	intergrado con Gleysoles y Fluvisoles ácidos con sulfato
2.	Sálico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Solonchak
3.	Nátrico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Solonetz
4.	Gípsico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Gipsisol
5.	Dúrico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Durisol
6.	Cálcico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Calcisol
7.	Alico	intergrado con el grupo de suelos de referencia Alisol

8.	Gípsirico	que contiene yeso
9.	Pélico	de color oscuro, con frecuencia pobremente drenado
10.	Grúmico	horizonte superficial bien estructurado
11.	Mázico	horizonte superficial muy duro; problemas de laboreo
12.	Crómico	de color rojizo
13.	Mesotrófico	que tiene menos del 75 por ciento de saturación con bases (ocurre en Venezuela)
14.	Hiposódico	que tiene un PSI de 6 a 15
15.	Eútrico	que tiene 75 por ciento o más de saturación con bases
16.	Háplico	sin características específicas

Para clasificar un *Vertisol* de color rojizo con un horizonte cálcico se debe seguir la lista de prioridad y nótese que son aplicables los calificadores 6 y 12. Por lo tanto, el suelo se clasifica como Vertisol Cromi-Cálcico. Si se dispone de más información sobre profundidad e intensidad del horizonte cálcico, por ejemplo, que ocurre cerca de la superficie, esto puede especificarse

clasificando al suelo como Vertisol Cromi-Epicálcico, indicando la ocurrencia del horizonte cálcico dentro de los 50 cm desde la superficie.

Cuando se requieren más de dos calificadores, pueden agregarse entre paréntesis después del nombre estándar. Si, por ejemplo, el Vertisol discutido también tiene un horizonte superficial muy duro (calificador 11), el suelo debe denominarse Vertisol Mazi-Cálcico (Crómico).

Expansión futura y aplicaciones

Este sistema permite un máximo de transferencia de conocimiento del suelo porque todos los calificadores tienen un significado único, son relativamente pocos en número, y pueden enseñarse y memorizarse fácilmente.

Cuando se utiliza para propósitos de mapeo a diferentes niveles de detalle en combinación con los sistemas de clasificación de suelos nacionales existentes, el sistema va a necesitar ser adaptado para servir como leyenda de mapas de suelos. Esto puede requerir una simplificación y agrupar juntos varios de los calificadores. Por ejemplo, en la lista de calificadores el nombre "Tiónico" ya combina "Prototiónico" y "Ortiónico"; otro ejemplo sería considerar solamente nombres de intergrados para un mapa de pequeña escala.

También debe notarse que en la preparación en desarrollo de una Base de Datos de Suelos y Terrenos del Mundo por UNEP, ISSS, ISRIC y FAO (Van Engelen y Wen, 1995; Nachtergaele, 1996), las unidades de mapeo también contienen información de perfiles de suelos que pueden clasificarse usando el sistema presente.

También se reconoce que para propósitos de manejo de suelos generalmente se requiere más información, en particular sobre características de la capa arable y sobre clima del suelo. Se propone que debería continuarse desarrollando ambos temas en correspondencia con propuestas existentes tales como "La Caracterización de la Capa Arable" (FitzPatrick, 1988; Spaargaren, 1992; Purnell *et al.*, 1994), y los regímenes climáticos de la Metodología de las Zonas Agroecológicas Globales (Fisher *et al.*, 1996).

DEFINICIONES DE ELEMENTOS FORMATIVOS PARA UNIDADES DE NIVEL INFERIOR

Las definiciones de horizontes y propiedades de diagnóstico, que se dan en cursiva más abajo, son las presentadas en el Capítulo 3, a menos que se indique lo contrario.

En la muchas situaciones sólo será posible un número limitado de combinaciones, ya que la mayoría de las definiciones son mutuamente excluyentes.

- | | |
|------------------|--|
| Abrúptico | que tiene un <i>cambio textural abrupto</i> . |
| Acérico | que tiene un pH (1:1 en agua) entre 3.5 y 5 y moteados de jarosita dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (<i>en Solonchaks solamente</i>). |
| Acrico | que tiene un horizonte <i>ferrálico</i> que cumple los requisitos de incremento de arcilla de un horizonte <i>árgico</i> en algún horizonte, y que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en por lo menos parte del horizonte B dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (<i>en Ferralsoles solamente</i>). |

Acróxico que tiene menos de $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de tierra fina de bases intercambiables más Al^{3+} intercambiable KCl 1 M en uno o más horizontes con un espesor combinado de 30 cm o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (*en Andosoles solamente*).

TABLA 3
Lista alfabética de nombres de suelos de nivel inferior

	Abrúptico	Eutrisílico	Lítico	Réndzico
	Acérico	Ferrálico	Líxico	Ródico
	Acrico	Férrico	Lúvico	Rúbico
	Acróxico	Fíbrico	Magnésico	Rúptico
	Albico	Flúvico	Mázico	Rústico
	Alcálico	Fólico	Melánico	Sálico
	Alico	Frágico	Mesotrófico	100 Sáprico
	Alúmico	Fúlvido	70 Mólico	Sílico
	Andico	40 Gárbico	Nátrico	Síltico
10	Antrácuico	Gélico	Nítico	Sódico
	Antrico	Gelistágnico	Ócrico	Spódico
	Antrópico	Gérico	Ombrico	Spólico
	Arénico	Gíbsico	Oxiácuico	Stágnico
	Arico	Gípsico	Páquico	Sulfático
	Arídico	Gipsírico	Pélico	Takírico
	Arzico	Glácico	Pétrico	Téfrico
	Calcárico	Gléyico	Petrocálcico	110 Térrico
	Cálcico	Glósico	80 Petrodúrico	Tiónico
	Cárbico	50 Gréyico	Petrogípsico	Tóxico
20	Carbonático	Grúmico	Petroplíntico	Túrbico
	Clorídico	Háplico	Petrosálico	Umbrico
	Crómico	Hístico	Plácico	Urbico
	Críco	Hórtico	Plágico	Vérmico
	Cutánico	Hidrágico	Plánico	Vértico
	Chémico	Hídrico	Plíntico	Vético
	Dénsico	Hiperesquelético	Pósico	Vítrico
	Dúrico	Hiperócrico	Profóndico	120 Xántico
	Dístrico	Húmico	90 Prótico	Yérmico
	Entico	60 Irrágico	Redúctico	
30	Esquelético	Lamélico	Régico	
	Eutrico	Léptico	Reico	
Cuando relevante, los nombres pueden definirse mejor usando prefijos, por ejemplo Epigleyi-, Prototioni-. Pueden usarse los prefijos siguientes:				
	Bati	Epi	Orti	Tapto
	Cumuli	Híper	Para	
	Endo	Hipo	Proto	

Albico que tiene un horizonte *álbico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

Hiperálbico que tiene un horizonte *álbico* dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo y el límite inferior a una profundidad de 100 cm o más desde la superficie del suelo.

Glosálbico que muestra lenguas de un horizonte *álbico* dentro de un *árgico* o *nátrico*.

Alcálico	que tiene un pH (1:1 en agua) de 8.5 o más dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.
Alico	que tiene un horizonte <i>árgico</i> que tiene una capacidad de intercambio catiónico igual o mayor de 24 cmol _c kg ⁻¹ de arcilla en todo su espesor, una relación limo/arcilla menor de 0.6, y una saturación con Al de 50 por ciento o más.
Alúmico	que tiene una saturación con Al de 50 por ciento o más en por lo menos parte del horizonte B entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Andico	que tiene un horizonte <i>ándico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Aluándico	que tiene un horizonte <i>ándico</i> con un contenido de sílice extractable en oxalato ácido (pH 3) menor de 0.6 por ciento, o una relación $Al_{pi}^{30}/Al_{ox}^{31}$ de 0.5 o más.
Silándico	que tiene un horizonte <i>ándico</i> con un contenido de sílice extractable en oxalato ácido (pH 3) de 0.6 por ciento o más, o una relación Al_{pi}/Al_{ox} menor de 0.5.
Antrácuico	que tiene un horizonte <i>antrácuico</i> .
Antrico	que muestra evidencias de influencia humana causada por prácticas de labranza.
Antrópico	que consiste de material de suelo <i>antropogeomórfico</i> , o muestra modificación profunda del suelo por actividad humana causada por otros factores que no sean aquellos relacionados con labranzas (<i>en Regosoles solamente</i>).
Arénico	que tiene una textura arenoso franco fina o más gruesa en todos los 50 cm superiores del suelo.
Arico	que sólo tienen restos de horizontes de diagnóstico causado por arada profunda repetida.
Arídico	que tiene propiedades <i>arídicas</i> sin un horizonte <i>takírico</i> o <i>yérmico</i> .
Arzico	que tiene capa de agua rica en sulfatos dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo en algún período en la mayoría de los años y contiene 15 por ciento o más de yeso promediado en una profundidad de 100 cm (<i>en Gipsisoles solamente</i>).
Calcárico	calcáreo por lo menos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo.
Cálcico	que tiene un horizonte <i>cálcico</i> o concentraciones de <i>carbonatos secundarios</i> entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.

³⁰ Al_{pi} : aluminio extractable en pirofosfato

³¹ Al_{ox} : aluminio extractable en oxalato ácido (pH 3) (método de Blakemore *et al*, 1981).

Hipercálcico	que tiene un horizonte <i>cálcico</i> que contiene 50 por ciento o más carbonato de calcio equivalente.
Hipocálcico	que sólo tiene concentraciones de <i>carbonatos secundarios</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Orticálcico	que tiene un horizonte <i>cálcico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Cárbico	que tiene un horizonte <i>spódico</i> cementado que no contiene suficiente hierro amorfo como para volverse más rojo por ignición (<i>en Podzoles solamente</i>).
Carbonático	que tiene una solución del suelo con $\text{pH} > 8.5$ (1:1 en agua) y $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ (<i>en Solonchaks solamente</i>).
Clorídico	que tiene una solución del suelo (1:1 en agua) con $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ (<i>en Solonchaks solamente</i>).
Crómico	que tiene un horizonte B que en su mayor parte tiene un hue Munsell de 7.5YR y un croma, húmedo, de más de 4, o un hue más rojo que 7.5YR.
Críco	que tiene un horizonte <i>críco</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Cutánico	que tiene barnices de arcilla en el horizonte árgico (<i>en Luvisoles solamente</i>).
Chérnico	que tiene un horizonte <i>chérnico</i> (<i>en Chernozems solamente</i>).
Dénsico	que tiene un horizonte <i>spódico</i> cementado ("ortstein") (<i>en Podzoles solamente</i>).
Dúrico	que tiene un horizonte <i>dúrico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Dístrico	que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en por lo menos alguna parte entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, o en una capa de 5 cm de espesor directamente encima de un contacto lítico en <i>Leptosoles</i> .
Epidístrico	que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento por lo menos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo.
Hiperdístrico	que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todas las partes entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, y menos del 20 por ciento en alguna parte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

- Ortidístrico** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todas las partes entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Entico** que no tiene un horizonte *álbico* y que tiene un horizonte *spódico* suelto (*en Podzoles solamente*).
- Esquelético** que tiene entre 40 y 90 por ciento (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo.
- Endoesquelético** que tiene entre 40 y 90 por ciento (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Epiesquelético** que tiene entre 40 y 90 por ciento (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo.
- Eutrico** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 por ciento o más por lo menos entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, o en una capa de 5 cm de espesor directamente por encima de un contacto *lítico* en *Leptosoles*.
- Endoéutrico** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todas las partes entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hiperéutrico** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 80 por ciento o más en todas las partes entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Ortiéutrico** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todas las partes entre 20 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Eutrisílico** que tiene un horizonte *sil-ándico* y una suma de bases intercambiables de 25 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de tierra fina dentro de los 30 cm desde la superficie del suelo.
- Ferrálico** que tiene propiedades *ferrálicas* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hiperferrálico** que tiene una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 M) menor de 16 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla en por lo menos algún subhorizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hipoferrálico** que tiene una capacidad de intercambio catiónico (por NH_4OAc 1 M) menor de 4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de tierra fina en por lo menos 30 cm de los 100 cm superiores del suelo, y un cromax Munsell, húmedo, de 5 o más y/o hues más rojos que 10YR (*en Arenosoles solamente*).
- Férrico** que tiene un horizonte *férrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

- Hiperférico** que tiene una o más capas con un espesor total de 25 cm o más que consisten de 40 por ciento o más nódulos de óxidos de hierro/manganeso dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Fíbrico** que tiene más de dos tercios (en volumen) de material *orgánico* de suelo que consiste de tejido vegetal reconocible (*en Histosoles solamente*).
- Flúvico** que tiene material de suelo *flúvico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Fólico** que tiene un horizonte *fólico* (*en Histosoles solamente*).
- Frágico** que tiene un horizonte *frágico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Fúlvico** que tiene un horizonte *fúlvico* dentro de los 30 cm desde la superficie del suelo.
- Gárbico** que tiene acumulaciones de material de suelo *antropogeomórfico* que contienen más del 35 por ciento (en volumen) de materiales de desecho orgánicos (*en Regosoles Antrópicos solamente*).
- Gélico** que tiene *permafrost* dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo.
- Gelistágnico** que tiene saturación con agua temporaria en la superficie causada por un subsuelo congelado.
- Gérico** que tiene propiedades *géricas* en por lo menos algún horizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Gíbsico** que tiene una capa de más de 30 cm de espesor que contiene más del 25 por ciento de gibsita en la fracción tierra fina dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Gípsico** que tiene un horizonte *gípsico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hipergípsico** que tiene un horizonte *gípsico* que tiene 60 por ciento o más yeso.
- Hipogípsico** que tiene un horizonte *gípsico* que tiene 25 por ciento o menos yeso.
- Gipsírico** que tiene material de suelo *gipsírico* por lo menos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo.
- Glácico** que tiene un horizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo que tiene 30 cm o más de espesor y contiene 95 por ciento o más (en volumen) de hielo.

Gléyico	que tiene propiedades <i>gléyicas</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Endogléyico	que tiene propiedades <i>gléyicas</i> entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Epigléyico	que tiene propiedades <i>gléyicas</i> dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.
Glósico	que muestra lenguas de un horizonte <i>mólico</i> o <i>úmbrico</i> dentro de un horizonte B subyacente o dentro del saprolito.
Moliglósico	que muestra lenguas de un horizonte <i>mólico</i> dentro de un horizonte B subyacente o dentro del saprolito.
Umbriglósico	que muestra lenguas de un horizonte <i>úmbrico</i> dentro de un horizonte B subyacente o dentro del saprolito.
Gréyico	que tiene granos de limo o arena no revestidos sobre caras de agregados estructurales en un horizonte <i>mólico</i> (<i>en Phaeozems solamente</i>).
Grúmico	que tiene una capa superficial con un espesor de 3 cm o más con estructura fuerte más fina que granular muy grueso (<i>en Vertisoles solamente</i>).
Háplico	que tiene una expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay caracterización ulterior o significativa).
Hístico	que tiene un horizonte <i>hístico</i> dentro de los 40 cm desde la superficie del suelo.
Fibrihístico	que tiene un horizonte <i>hístico</i> dentro de los 40 cm desde la superficie del suelo, en el cual más de los dos tercios (en volumen) del material de suelo <i>orgánico</i> consiste de tejidos vegetales reconocibles.
Saprihístico	que tiene un horizonte <i>hístico</i> dentro de los 40 cm desde la superficie del suelo, en el cual menos de un sexto (en volumen) del material de suelo <i>orgánico</i> consiste de tejidos vegetales reconocibles y que tiene un color gris muy oscuro a negro.
Taptohístico	que tiene un horizonte <i>hístico</i> enterrado entre 40 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Hórtico	que tiene un horizonte <i>hórtico</i> ; en <i>Antrosoles</i> de 50 cm o más de espesor, en otros suelos de menos de 50 cm de espesor.
Húmico	que tiene un alto contenido de carbono orgánico; en <i>Ferralsoles</i> y <i>Nitisoles</i> más de 1.4 por ciento (en peso) de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado sobre una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo, en <i>Leptosoles</i> más de 2 por ciento (en peso) de carbono

orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 25 cm desde la superficie del suelo, y en otros suelos más de 1 por ciento (en peso) de carbono orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo.

- Molihúmico** que tiene el contenido de carbono orgánico como está definido más arriba y un horizonte *mólico*
- Umbrihúmico** que tiene el contenido de carbono orgánico como está definido más arriba y un horizonte *úmbrico*.
- Hidrágrico** que tiene un horizonte *antrácuico* y un horizonte *hidrágrico* asociado, el último ocurriendo dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (*en Antrosoles solamente*).
- Hídrico** que tiene dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo una o más capas con un espesor total de 35 cm o más, que tienen una retención de agua a 1500 kPa (en muestras sin secar) de 100 por ciento o más (*en Andosoles solamente*).
- Hiperesquelético** que tiene más de 90 por ciento (en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos hasta una profundidad de 75 cm o hasta la roca dura continua (*en Leptosoles solamente*).
- Irrágrico** que tiene un horizonte *irrágrico*; en *Antrosoles* de 50 cm o más de espesor, en otros suelos de menos de 50 cm de espesor.
- Lamélico** que tiene lamelas de iluviación de arcilla con un espesor combinado de por lo menos 15 cm dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Léptico** que tiene roca dura continua entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Endoléptico** que tiene roca dura continua entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Epiléptico** que tiene roca dura continua entre 25 y 50 cm desde la superficie del suelo.
- Lítico** que tiene roca dura continua dentro de los 10 cm desde la superficie del suelo.
- Paralítico** que tiene dentro de los 10 cm desde la superficie del suelo un contacto con roca partida con fisuras separadas menos de 10 cm que permiten que las raíces penetren la roca subyacente.
- Líxico** que tiene un horizonte *ferrálico* que cumple el requisito de incremento de arcilla de un horizonte *árgico*, y que tiene una saturación con bases (por NH₄OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor del horizonte B

hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo (*en Ferralsoles solamente*).

- Lúvico** que tiene un horizonte *árgico* con una capacidad de intercambio catiónico igual o mayor de 24 cmol_c kg⁻¹ de arcilla en todo su espesor, y una saturación con bases (por NH₄OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor del horizonte hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hipolúvico** que tiene un incremento de arcilla absoluto de 3 por ciento o más dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (*en Arenosoles solamente*).
- Magnésico** que tiene una relación Ca/Mg intercambiable menor de 1 dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Mázico** que tiene una estructura masiva y consistencia dura o muy dura en los 20 cm superiores del suelo (*en Vertisoles solamente*).
- Melánico** que tiene un horizonte *melánico* (*en Andosoles solamente*).
- Mesotrófico** que tiene una saturación con bases (por NH₄OAc 1 M) menor de 75 por ciento a 20 cm de profundidad (*en Vertisoles solamente*).
- Mólico** que tiene un horizonte *mólico*.
- Nátrico** que tiene un horizonte *nátrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Nítico** que tiene un horizonte *nítico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Ócrico** que tiene un horizonte *ócrico*.
- Hiperócrico** que tiene un horizonte *ócrico* con un color claro o decolorado (comúnmente gris) en estado seco el cual se vuelve más oscuro por humedecimiento ("horizontes superficiales decolorados"), un contenido bajo (usualmente < 0.4%; resultados de Sudáfrica) de carbono orgánico y relativamente bajo contenido de hierro libre, una textura gruesa, signos de estructura laminar, y una costra superficial fina.
- Ombrico** que tiene un régimen de humedad condicionado por capa de agua (*en Histosoles solamente*).
- Oxiácuiico** saturado con agua durante el período de deshielo y sin rasgos redoximórficos dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (*en Criosoles solamente*).
- Páquico** que tiene un horizonte *mólico* o *úmbrico* de más de 50 cm de espesor.

- Pélico** que tiene en los 30 cm superiores de la matriz del suelo un value Munsell, húmedo, de 3.5 o menos y un croma de 1.5 o menos (*en Vertisoles solamente*).
- Pétrico** fuertemente cementado o endurecido dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Endopétrico** fuertemente cementado o endurecido entre 50 y 100 cm desde la superficie.
- Epipétrico** fuertemente cementado o endurecido dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.
- Petrocálcico** que tiene un horizonte *petrocálcico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Petrodúrico** que tiene un horizonte *petrodúrico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Petrogípsico** que tiene un horizonte *petrogípsico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Petroplíntico** que tiene un horizonte *petroplíntico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Petrosálico** que tiene dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo un horizonte de 10 cm o más de espesor que está cementado por sales más solubles que el yeso.
- Plácico** que tiene dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo un subhorizonte del horizonte *spódico* que tiene 1 cm o más de espesor y que está continuamente cementado por una combinación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro ("pan de hierro fino") (*en Podzoles solamente*).
- Plágico** que tiene un horizonte *plágico*; en *Antrosoles* de 50 cm o más de espesor, en otros suelos de menos de 50 cm de espesor.
- Plánico** que tienen un horizonte eluvial suprayaciendo abruptamente a un horizonte lentamente permeable dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Plíntico** que tiene un horizonte *plíntico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Epiplíntico** que tiene un horizonte *plíntico* dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.
- Hiperplíntico** que tiene un horizonte *plíntico* en el cual el endurecimiento irreversible resulta en una lámina continua de piedra de hierro ('ironstone').

Ortiplántico	que tiene un horizonte <i>plántico</i> en el cual el endurecimiento irreversible resulta en una capa de piedra de hierro ('ironstone') de tamaño grava.
Paraplántico	que tiene un horizonte moteado con por lo menos 10 por ciento (en volumen) de nódulos de hierro que semejan un horizonte <i>plántico</i> pero que no endurece irreversiblemente por secado y mojado repetidos.
Pósico	que tiene una carga cero o positiva ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{agua}}$) en una capa de más de 30 cm de espesor dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (<i>en Ferralsoles solamente</i>).
Profóndico	que tiene un horizonte <i>árgico</i> en el cual la distribución de arcilla es tal que el contenido de arcilla no disminuye en más del 20 por ciento (relativo) de su máximo dentro de los 150 cm desde la superficie del suelo.
Prótico	que no muestra desarrollo de horizontes apreciable (<i>en Arenosoles solamente</i>).
Redúctico	que tiene condiciones anaeróbicas causadas por emisiones gaseosas (por ejemplo metano, dióxido de carbono, etc.) (<i>en Regosoles Antrópicos solamente</i>).
Régico	que no tiene horizontes enterrados reconocibles (<i>en Antrosoles solamente</i>).
Reico	que tiene un régimen de humedad condicionado por agua superficial (<i>en Histosoles solamente</i>).
Réndzico	que tiene un horizonte <i>mólico</i> que contiene o está inmediatamente por encima de materiales calcáreos que contienen más del 40 por ciento de carbonato de calcio equivalente (<i>en Leptosoles solamente</i>).
Ródico	que tiene un horizonte B que tiene un hue Munsell más rojo que 5YR (3.5YR o más rojo) en todas partes (aparte de horizontes de transición menores hacia los horizontes A y C), y tiene un value húmedo menor de 3.5, y un value seco no más de una unidad mayor que el value húmedo.
Rúbico	que tiene un horizonte B (o un horizonte inmediatamente debajo del horizonte A) con un hue Munsell dominante más rojo que 10YR y/o un crom a húmedo de 5 o más (<i>en Arenosoles solamente</i>).
Rúptico	que tiene una discontinuidad litológica dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Rústico	que tiene un horizonte <i>spódico</i> cementado que tiene suficiente hierro amorfo como para volverse más rojo por ignición, que subyace a un horizonte <i>álbico</i> , y no tiene un subhorizonte del horizonte <i>spódico</i> que tiene 2.5 cm o más de espesor y que está continuamente cementado por una combinación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro ("pan fino de hierro") (<i>en Podzoles solamente</i>).

- Sálico** que tiene un horizonte *sálico* dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Endosálico** que tiene un horizonte *sálico* entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Episálico** que tiene un horizonte *sálico* entre 25 y 50 cm desde la superficie del suelo.
- Hiposálico** que tiene una conductividad eléctrica del extracto de saturación de más de 4 dS m⁻¹ a 25°C en por lo menos algún subhorizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hipersálico** que tiene una conductividad eléctrica del extracto de saturación de más de 30 dS m⁻¹ a 25°C en por lo menos algún subhorizonte dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Sáprico** que tiene menos de un sexto (en volumen) del material de suelo *orgánico* que consiste en tejido vegetal reconocible (después de frotar) (*en Histosoles solamente*).
- Sílico** que tiene un horizonte *ándico* con un contenido de sílice extractable (Si_{ox}) en oxalato ácido (pH 3) de 0.6 por ciento o más, o una relación Al_{pi}/Al_{ox} menor de 0.5 (*en Andosoles solamente*).
- Síltico** que tiene 40 por ciento o más de limo en un horizonte de más de 30 cm de espesor, dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Sódico** que tiene más del 15 por ciento de sodio intercambiable o más del 50 por ciento de sodio más magnesio intercambiables en el complejo de intercambio dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.
- Endosódico** que tiene más del 15 por ciento de sodio intercambiable o más del 50 por ciento de sodio más magnesio intercambiables en el complejo de intercambio entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
- Hiposódico** que tiene más del 6 por ciento de saturación con sodio intercambiable en por lo menos algún subhorizonte de más de 20 cm de espesor dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
- Spódico** que tiene un horizonte *spódico*.
- Spólico** que tiene acumulaciones de material de suelo *antropogeomórfico* que contienen más del 35 por ciento (en volumen) de residuos industriales (suelo de minería, dragado de ríos, construcciones de autopistas, etc.) (*en Regosoles Antrópicos solamente*).
- Stágnico** que tiene propiedades *stágnicas* dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo.

Endostágnico	que tiene propiedades <i>stágnicas</i> entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Sulfático	que tiene una solución del suelo (1:1 en agua) con $SO_4 > > HCO_3 > Cl$ (<i>en Solonchaks solamente</i>).
Takírico	que tiene un horizonte <i>takírico</i>
Téfrico	que tiene material de suelo <i>téfrico</i> hasta una profundidad de 30 cm o más desde la superficie del suelo.
Térrico	que tiene un horizonte <i>térrico</i> ; en <i>Antrosoles</i> de 50 cm o más de espesor, en otros suelos de menos de 50 cm de espesor.
Tiónico	que tiene un horizonte <i>sulfúrico</i> o material de suelo <i>sulfídico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Ortitiónico	que tiene un horizonte <i>sulfúrico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Prototiónico	que tiene material de suelo <i>sulfídico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.
Tóxico	que tiene dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo concentraciones de otros iones que no sean aluminio, hierro, sodio, calcio o magnesio que son tóxicos para el crecimiento de las plantas.
Túrbico	que tiene rasgos de crioturbación (material de suelo mezclado, horizontes de suelo disturbados, involuciones (patrones tipo remolino en los horizontes del suelo), intrusiones orgánicas, levantamiento por helada, separación del material de suelo grueso del fino, grietas, rasgos de superficie con patrones tales como montículos de tierra, montículos de helada, círculos de piedras, redes y polígonos), tanto en la superficie como dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (<i>en Criosoles solamente</i>).
Umbrico	que tiene un horizonte <i>úmbrico</i> .
Urbico	que tiene acumulaciones de material de suelo <i>antropogeomórfico</i> que contiene más del 35 por ciento (en volumen) de materiales terrosos mezclados con escombros de construcción y artefactos (<i>en Regosoles Antrópicos solamente</i>).
Vérmico	que tiene 50 por ciento o más (en volumen) de canales de lombrices, canales de lombrices y cuevas de animales rellenos en los 100 cm superiores del suelo o hasta la roca o un <i>horizonte petrocálcico, petrodúrico, petrogípsico o petroplíntico</i> , el que sea más somero.
Vértico	que tiene un horizonte <i>vértico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo.

Vético	que tiene menos de 6 cmol _c kg ⁻¹ de arcilla de bases intercambiables, más acidez intercambiable por lo menos en algún subhorizonte del horizonte B dentro de los 100 desde la superficie del suelo.
Vítrico	que tiene un horizonte <i>vítrico</i> dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo y no tiene un horizonte ándico por encima de un horizonte vítrico.
Xántico	que tiene un horizonte <i>ferrálico</i> con color amarillo a amarillo pálido (el suelo apelmazado tiene un hue Munsell de 7.5YR o más amarillo con un value, húmedo, de 4 o más y un croma, húmedo, de 5 o más).
Yérmico	que tiene un horizonte <i>yérmico</i> incluyendo un pavimento de desierto.
Nudiyérmico	que tiene un horizonte <i>yérmico</i> sin un pavimento de desierto.

Los siguientes prefijos pueden usarse para indicar profundidad de ocurrencia, o para expresar la intensidad de características o propiedades del suelo. Ellos se combinan en una palabra con otros elementos, por ejemplo: Orticalci-. Se permite una doble combinación, por ejemplo, Epihipercalci-.

Bati	horizonte, propiedad o material que comienza entre 100 y 200 cm desde la superficie del suelo.
Cumuli	que tiene una acumulación repetitiva de material de suelo de 50 cm o más en la superficie u horizonte A.
Endo	horizonte, propiedad o material que comienza a profundidades inferiores, generalmente entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Epi	horizonte, propiedad o material que comienza dentro de los 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.
Hiper	que tiene una expresión excesiva o fuerte de ciertos rasgos.
Hipo	que tiene una expresión ligera o débil de ciertos rasgos.
Orti	que tiene una expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay caracterización ulterior o significativa).
Para	que tiene parecido con ciertos rasgos (por ejemplo, Paralítico).
Proto	indica una precondition o estadio temprano de desarrollo de ciertos rasgos (por ejemplo, Prototiónico).
Tapto	que tiene un horizonte enterrado dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo (se da en combinación con el horizonte de diagnóstico enterrado, por ejemplo, Taptomólico).

Notas explicativas para el uso y definición de varios nombres de nivel inferior

Relacionados con horizontes de diagnóstico. La mayoría de los horizontes de diagnóstico pueden considerarse para nombrar subunidades de suelos con las siguientes excepciones o clarificaciones.

Horizonte árgico. Se prefiere el nombre *Lúvico* a nivel inferior para indicar la ocurrencia de un horizonte árgico, más bien que *Argico*. En Arenosoles el término **Hipolúvico** se usa para el intergrado con Luvisoles, aunque no haya presente un horizonte árgico.

Horizonte cámbico. En general no se recomienda el uso del nombre de subunidad *Cámbico*.

Horizonte ferrálico. El nombre *Ferrálico* no se usa para indicar la presencia de un horizonte ferrálico, ya que sería confuso con el significado del connotativo "ferrálico" de la propiedad de diagnóstico y unidad de suelo. Sin embargo, se usa para separar subunidades de suelos que tienen propiedades ferrálicas dentro de los 100 cm (por ejemplo, **Hipoferrálico**).

Horizonte sulfúrico. El uso del nombre de subunidad de suelo *Sulfúrico* no se recomienda. En su lugar debe usarse Sulfuri-Tiónico, Orti-Tiónico.

Relacionado con propiedades de diagnóstico y materiales de suelo. La mayoría de los criterios de diagnóstico pueden usarse sin cambiar la definición o connotativo correspondiente de la subdivisión de nivel inferior. Sin embargo, deben hacerse las siguientes observaciones.

Color. El color del horizonte B puede indicarse hasta cierto grado usando los términos *Ródico*, *Rúbico*, *Crómico* y *Xántico*. Preferiblemente estos términos deberían limitarse a suelos que tienen un horizonte árgico o ferrálico, o aplicarse a Cambisoles y Arenosoles. En Vertisoles se usa el término *Pélico* para indicar suelos de color oscuro.

Districo/éutrico. De acuerdo a las reglas para la definición de los nombres de subunidades de suelos, *Dístrico* y *Eutrico* tienen significados únicos, pero no deberían usarse para mayor especificación de suelos que son claramente ácidos (por ejemplo, **no** Fluvisol Distri-Ortitiónico) o básicos (por ejemplo, **no** Calcisol Eutri-Pétrico).

Materiales de suelo flúvicos. El nombre de subunidad de suelo *Flúvico* puede ser significativo para los grupos de suelos de referencia Gleysoles y Cambisoles, para indicar la presencia de propiedades flúvicas. Los mantos superficiales delgados de material nuevo (de menos de 50 cm de espesor) deben registrarse como una fase.

Propiedades sódicas. El nombre de subunidad de suelo *Sódico* puede usarse indicando un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de más del 15 dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo. Un PSI mayor de 6 puede indicarse por el término **Hiposódico**.

Materiales de suelo sulfídicos. El término materiales de suelo sulfídicos se usa junto con el horizonte de diagnóstico sulfúrico para separar las unidades de suelos *Tiónicas*. Si se requiere una subdivisión de las unidades de suelos *Tiónicas*, se sugiere usar el prefijo *Proto* solamente para suelos con material de suelo sulfúrico. No se recomienda usar el nombre Sulfúrico o Sulfídico para subdividir las unidades de suelo *Tiónicas*.

Lenguas. Se prevén dos tipos de lenguas: uno es lenguas de un horizonte álbico dentro de un horizonte B (**Albiglósico**), el otro es el caso más inusual de lenguas de un horizonte A dentro del horizonte B o C (**Glósico**, **Moliglósico** y **Umbriglósico**).

Secuencia de prioridad para los grupos de suelos de referencia

Las secuencias de prioridad para los grupos de suelos de referencia se listan en el Cuadro 4. Debe enfatizarse que la secuencia de prioridad para un grupo de suelos de referencia dado tiene en cuenta las combinaciones connotativas posibles para todas las unidades de suelos que pertenecen a ese grupo de suelos de referencia, pero no todos los elementos en la secuencia son necesariamente aplicables a cada unidad de suelo individual definida dentro del grupo, porque las definiciones y reglas generales del sistema evitan la ocurrencia de ciertas combinaciones.

CUADRO 4

Listado de prioridad de unidades de nivel inferior de los grupos de suelos de referencia

HISTOSOLES	CRIOSOLES	ANTROSOLES	LEPTOSOLES	VERTISOLES
Críco	Hístico	Hidrágrico	Lítico	Tiónico
Glácico	Lítico	Irrágrico	Gléyico	Sálico
Sálico	Léptico	Térrico	Réndzico	Nátrico
Gélico	Túrbico	Plágico	Mólico	Gipsico
Tiónico	Sálico	Hórtico	Umbrico	Dúrico
Fólico	Nátrico	Gléyico	Yérmico	Cálcico
Fíbrico	Gléyico	Stágnico	Aridico	Alico
Sáprico	Andico	Spódico	Vértico	Gipsírico
Ombrico	Mólico	Ferrálico	Gélico	Pélico
Reico	Gipsico	Lúvico	Hiperesquelético	Grúmico
Alcálico	Cálcico	Arénico	Húmico	Mázico
Tóxico	Umbrico	Régico	Gipsírico	Crómico
Dístrico	Yérmico		Calcárico	Mesotrófico
Eutrico	Aridico		Dístrico	Hiposódico
	Glácico		Eutrico	Eutrico
	Tiónico		Háplico	Háplico
	Oxiácuico			
	Stágnico			
	Háplico			
FLUVISOLES	SOLONCHAKS	GLEYSOLES	ANDOSOLES	PODZOLES
Hístico	Hístico	Hístico	Vítrico	Gélico
Tiónico	Vértico	Tiónico	Eutrisílico	Gléyico
Sálico	Gléyico	Antrácuico	Sílico	Stágnico
Gléyico	Sódico	Endosálico	Gléyico	Dénsico
Mólico	Mólico	Andico	Melánico	Cárbico
Umbrico	Gipsico	Vítrico	Fúlvico	Rústico
Arénico	Dúrico	Plíntico	Hídrico	Hístico
Takírico	Cálcico	Sódico	Pachic	Umbrico
Yérmico	Petrosálico	Mólico	Hístico	Entico
Aridico	Takírico	Gipsico	Mólico	Plácico
Gélico	Yérmico	Cálcico	Dúrico	Esquelético
Stágnico	Aridico	Umbrico	Umbrico	Frágico
Húmico	Gélico	Arénico	Lúvico	Lamélico
Gipsírico	Stágnico	Takírico	Plácico	Antrico
Calcárico	Hipersálico	Gélico	Léptico	Háplico
Sódico	Ócrico	Húmico	Acróxico	
Téfrico	Acérico	Alcálico	Vético	
Esquelético	Clorídico	Alúmico	Calcárico	
Dístrico	Sulfático	Tóxico	Arénico	
Eutrico	Carbonático	Abrúptico	Sódico	
Háplico	Háplico	Calcárico	Esquelético	
		Téfrico	Thaptic	
		Dístrico	Dístrico	
		Eutrico	Eutrico	
		Háplico	Háplico	

CUADRO 4

Listado de prioridad de unidades de nivel inferior de los grupos de suelos de referencia (cont.)

ALBELUVISOLES	ALISOLES	NITISOLES	ACRISOLES	LUVISOLES
Hístico	Vértico	Andico	Léptico	Léptico
Gélico	Plíntico	Mólico	Plíntico	Vértico
Gléyico	Gléyico	Alico	Gléyico	Gléyico
Alico	Andico	Umbrico	Andico	Andico
Umbrico	Nítico	Húmico	Vítrico	Vítrico
Arénico	Umbrico	Vético	Umbrico	Cálcico
Frágico	Arénico	Alúmico	Arénico	Arénico
Stágnico	Stágnico	Ródico	Stágnico	Stágnico
Alúmico	Álbico	Ferrálico	Gérico	Álbico
Endoéutrico	Húmico	Dístrico	Álbico	Hiposódico
Abrúptico	Abrúptico	Eutrico	Húmico	Profóndico
Férrico	Profóndico	Háplico	Vético	Lamélico
Síltico	Lamélico		Abrúptico	Férrico
Háplico	Férrico		Profóndico	Ródico
	Hiperdístrico		Lamélico	Crómico
	Esquelético		Férrico	Cutánico
	Ródico		Alúmico	Hiperócrico
	Crómico		Hiperdístrico	Dístrico
	Háplico		Esquelético	Háplico
			Ródico	
			Crómico	
			Hiperócrico	
			Háplico	
LIXISOLES	UMBRISOLES	CAMBISOLS	ARENOSILES	REGOSILES
Léptico	Gélico	Gélico	Gélico	Gélico
Plíntico	Léptico	Léptico	Plíntico	Léptico
Gléyico	Gléyico	Vértico	Gléyico	Gléyico
Andico	Arénico	Flúvico	Hipolúvico	Taptoándico
Vítrico	Stágnico	Endosálico	Yérmico	Taptovítrico
Cálcico	Álbico	Plíntico	Arídico	Arénico
Arénico	Húmico	Gelistágnico	Ferrálico	Takírico
Stágnico	Ferrálico	Stágnico	Álbico	Yérmico
Gérico	Esquelético	Gléyico	Gipsírigo	Arídico
Álbico	Antrico	Andico	Calcárico	Gelistágnico
Húmico	Háplico	Vítrico	Lamélico	Stágnico
Vético		Mólico	Rúbico	Antrópico
Abrúptico		Takírigo	Frágico	Arico
Profóndico		Yérmico	Hiposálico	Gárbico
Lamélico		Arídico	Téfrico	Redúctico
Férrico		Sódico	Hipodúrico	Spólico
Ródico		Ferrálico	Prótico	Urbico
Crómico		Gipsírigo	Dístrico	Húmico
Hiperócrico		Calcárico	Eutrico	Yérmico
Háplico		Esquelético	Háplico	Hiposálico
		Ródico		Hiposódico
		Crómico		Gipsírigo
		Hiperócrico		Calcárico
		Dístrico		Téfrico
		Eutrico		Esquelético
		Háplico		Hiperócrico
				Dístrico
				Eutrico
				Háplico

Referencias

- AFES (Association française pour l'étude du sol). 1995. *Référentiel Pédologique*. INRA, Paris.
- Berding F.R. 1997. *Third level modifiers for the major soil groups of Andosols, Phaeozems and Podzols*. Working Paper. FAO/AGLS, Rome.
- Bennema J. and Camargo M.N. 1979. Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols. In: *Proceedings of the Second International Soil Classification Workshop. Part I*. Beinroth F.H. and Paramanthan S. (eds.) Malaysia, 28 August to 1 September 1978. Soil Survey Division, Land Development Department, Bangkok. pp. 233-261.
- Blakemore L.C., Searle P.L. and. Daly. B.K. 1981. *Soil Bureau Laboratory Methods. A method for chemical analysis of soils*. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. **10A**. DSIRO.
- Brammer H., Antoine J., Kassam A.H. and van Velthuisen H.T. 1988. *Land Resources Appraisal of Bangladesh for Agricultural Development*. Report **3**, Land Resources Data Base, Volume II, Soil, Landform and Hydrological Data Base. UNDP/FAO, Rome.
- Brinkman R. 1979. *Ferrollysis, a Soil-forming Process in Hydromorphic Soils*. Thesis. Agricultural University Wageningen. PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
- CEC (Commission of the European Communities). 1985. *Soil Map of the European Communities 1 : 1 000 000*. Directorate-General for Agriculture, Coordination of Agricultural Research, Luxembourg.
- CSTC (Chinese Soil Taxonomic Classification) Research Group. 1995. *Chinese Soil Taxonomic Classification System*. Revised Proposal. Chinese Agricultural Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese).
- Dudal R. 1990. Progress in IRB preparation. In: *Soil Classification. Reports of the International Conference on Soil Classification, 12-16 September 1988, Alma-Ata, USSR*. Rozanov B.G. (ed.). Centre for International Projects, USSR State Committee for Environmental Protection., Moscow. pp 69-70.
- FAO. 1998. *Soil, Terrain and Crop Production Zones Database for Northeastern Africa*. FAO Land and Water Digital Media Series **2**. FAO, Rome. (in preparation)
- FAO. 1990. *Guidelines for Soil Profile Description*. Third edition (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- FAO. 1988. *Soil Map of the World. Revised Legend*. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report **60**. FAO, Rome.
- FAO-UNESCO. 1974. *Soil Map of the World 1: 5 000 000. Volume I. Legend*. UNESCO, Paris.

- Fieldes M. and Perrott K.W. 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *New Zeal. J. Sci.* **9**: 623 - 629.
- Fischer G., de Pauw E., van Velthuizen H.T., Nachtergaele F.O. and Antoine, J. 1996. A provisional world climatic resource inventory based on the length of growing period concept. In: *Proceedings of a workshop on National Soil Reference Collections and Databases (NASREC)*. Vol. **3**. Papers and Country Reports. Batjes N.H., J.H. Kauffman and O.C. Spaargaren (eds.). ISRIC. Wageningen, Países Bajos. pp. 30-43.
- FitzPatrick E.A. 1988. *Soil horizon designation and classification. A coordinate system for defining soil horizons and their use as the basic elements in soil classification for different purposes*. ISRIC Technical Paper **17**. Wageningen, The Netherlands.
- Gong Z., Zhang X., Luo G., Shen H. and Spaargaren O.C. 1997. Extractable phosphorus in soils with a fimic epipedon. *Geoderma* **75**: 289 - 296.
- Hewitt A.E. 1992. *New Zealand Soil Classification*. DSIR Land Resources Scientific Report **19**. Lower Hutt.
- Honna, T.S., Yamamoto S. and Matsui, K. 1988. *A simple procedure to determine melanic index*. ICOMAND Circular Letter **10**: 76 - 77.
- ISSS-ISRIC-FAO. 1994. *World Reference Base for Soil Resources*. Draft. Wageningen/Rome.
- KIC (Kollmorgen Instruments Corporation). 1990. *Munsell Soil Color Charts*. Baltimore, USA.
- Klamt E. and Sombroek W.G. 1988. Contribution of organic matter to exchange properties of Oxisols. In: *Proceedings of the Eighth International Soil Classification Workshop. Classification, characterization and utilization of Oxisols. Part 1: Papers*. Beinroth, F.H. Camargo M.N. Eswaran H. (eds.). Rio de Janeiro. pp 64 – 70.
- Nachtergaele F.O. 1996. *From the Soil Map of the World to the Global Soil and Terrain Database*. AGLS Working Paper. FAO. Rome.
- Nachtergaele F.O., A. Remmelzwaal, J. Hof, J. van Wambeke, A. Souirji and R. Brinkman. 1994. Guidelines for distinguishing soil subunits. In: *Transactions 15th World Congress of Soil Science*. Volume **6a**, Commission V: Symposia. Etchevers, B.J.D. (ed.). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. pp 818 - 833
- Northcote K.H. 1979. *A Factual Key for the Recognition of Australian Soils*. Fourth edition. Rellim Technical Publications, Adelaide.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. *Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate*. USDA Circ. **939**. United States Department of Agriculture, Washington D.C.
- Purnell M.F., Nachtergaele F.O., Spaargaren O.C. and Hebel A. 1994. A practical topsoil classification - FAO proposal. In: *Transactions 15th World Congress of Soil Science*. Etchevers B.J.D. (ed.). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Remmelzwaal, A. and Verbeek, K. 1990. Revised general soil legend of Botswana. AG:BOT/85/011. Field Document **32**. Ministry of Agriculture, Gaborone, Botswana.

- Ruellan A. and Dosso M. 1993. *Regards sur le Sol*. Foucher-Aupelf, Paris.
- Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R.A. and Quantin. P. 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sc.* **161**(9): 604 - 615.
- Soil Classification Working Group. 1991. *Soil classification. A taxonomic system for South Africa*. Memoirs Agric. Nat. Res. South Africa **15**. Dept. Agricultural Development, Pretoria.
- Soil Survey Staff. 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. Seventh edition. United States Department of Agriculture, Washington D.C.
- Sombroek W.G. 1986. Identification and use of subtypes of the argillic horizon. In: *Proceedings of the International Symposium on Red Soils*. (Nanjing, Nov. 1983). Institute of Soil Science. Academia Sinica. Science Press, Beijing, and Elsevier, Amsterdam. pp 159–166.
- Spaargaren O.C. 1992. *Framework for Characterization and Classification of Topsoils in the World*. AGLS Working Paper. FAO. Rome.
- Van Engelen V.W.P. and Wen T.T. (eds.). 1995. *Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER)*. Procedures Manual (revised edition). UNEP-ISSS-ISRIC-FAO. Wageningen, The Netherlands.
- Van Reeuwijk L.P. (ed.). 1995. *Procedures for Soil Analysis*. Fifth edition. ISRIC Technical Paper **9**. Wageningen, The Netherlands.
- Varghese T. and Byju.G. 1993. *Laterite soils. Their distribution, characteristics, classification and management*. Technical Monograph **1**, State Committee on Science, Technology and Environment. Thiruvananthapuram, Sri Lanka.

Apéndice 1

Designación de horizontes del suelo

PRINCIPALES HORIZONTES Y CAPAS

Las letras mayúsculas **H, O, A, E, B, C** y **R** representan los principales horizontes y capas de suelos. Las letras mayúsculas son los símbolos básicos a los cuales pueden agregarse otros caracteres para completar la designación. La mayoría de los horizontes y capas reciben un símbolo con una única letra mayúscula, pero algunos requieren dos. Actualmente se reconocen siete horizontes y capas principales.

Los horizontes principales y sus subdivisiones representan capas que muestran evidencia de cambio y algunas capas que no han sido cambiadas. La mayoría son horizontes de suelo genéticos, que reflejan un juicio cualitativo acerca del tipo de cambios que han tenido lugar. Los horizontes genéticos no son equivalentes a horizontes de diagnóstico, aunque pueden ser idénticos en perfiles de suelos. Los horizontes de diagnóstico son rasgos definidos cuantitativamente usados en clasificación.

Horizontes o capas H: Capas dominadas por material orgánico, formadas por acumulación de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que pueden estar bajo agua. Todos los horizontes **H** están saturados con agua por períodos prolongados o estuvieron saturados y ahora están drenados artificialmente. Un horizonte **H** puede estar arriba de suelos minerales o a cualquier profundidad debajo de la superficie si está enterrado.

Horizontes o capas O: Capas dominadas por material orgánico, que consisten de hojarasca no descompuesta o parcialmente descompuesta, tal como hojas, agujas, ramitas, musgos, y líquenes, que se han acumulado en la superficie; pueden estar arriba de suelos minerales u orgánicos. Los horizontes **O** no están saturados con agua por períodos prolongados. La fracción mineral de tal material es solamente un porcentaje pequeño del volumen del material y generalmente es mucho menos que la mitad del peso.

Una capa **O** puede estar en la superficie de un suelo mineral o a cualquier profundidad debajo de la superficie si está enterrado. Un horizonte formado por iluviación de material orgánico en un subsuelo mineral no es un horizonte **O**, aunque algunos horizontes formados de esta manera contienen mucha materia orgánica.

Horizontes A: Horizontes minerales que se han formado en la superficie o debajo de un horizonte **O**, en los cuales toda o buena parte de la estructura de roca original ha desaparecido y que se caracterizan por uno o más de los siguientes:

- una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no presenta propiedades características de horizontes **E** o **B** (ver más abajo);
- propiedades que resultan de labranza, pastoreo, o tipos similares de disturbios; o

- una morfología que es diferente del horizonte **B** o **C** subyacente, como resultado de procesos relacionados con la superficie.

Si un horizonte superficial tiene propiedades de ambos horizontes **A** y **E** pero el rasgo dominante es una acumulación de materia orgánica humificada, se designa como horizonte **A**. En algunos sitios, tal como climas áridos cálidos, el horizonte superficial no disturbado es menos oscuro que el horizonte inmediato subyacente y sólo contiene pequeña cantidad de materia orgánica. Tiene una morfología diferente a la de la capa **C**, aunque la fracción mineral puede estar inalterada o sólo ligeramente alterada por meteorización. Un horizonte tal se designa **A** porque está en la superficie. Ejemplos de suelos que pueden tener una estructura o morfología diferentes debido a procesos superficiales son los *Vertisoles*, suelos en depresiones o playas con poca vegetación, y suelos en desiertos. Sin embargo, los depósitos aluviales o eólicos recientes que retienen una estratificación fina no se consideran un horizonte **A** a menos que estén cultivados.

Horizontes E: Horizontes minerales en los cuales el rasgo principal es la pérdida de arcilla, hierro, aluminio, o alguna combinación de éstos, dejando una concentración de partículas de arena y limo, y en los cuales toda o buena parte de la estructura de roca original ha desaparecido.

Un horizonte **E** generalmente, pero no necesariamente, es de color más claro que el horizonte **B** subyacente. En algunos suelos el color es el de las partículas de arena y limo, pero en muchos suelos los óxidos de hierro y otros compuestos enmascaran el color de las partículas primarias. Un horizonte **E** normalmente se diferencia de un horizonte **B** subyacente en el mismo perfil de suelo por el color de mayor valor o croma más bajo, o ambos; por textura más gruesa; o por una combinación de estas propiedades. Un horizonte **E** comúnmente está cerca de la superficie, debajo de un horizonte **O** o **A** y arriba de un horizonte **B**, pero el símbolo **E** puede usarse sin tener en cuenta la posición en el perfil para cualquier horizonte que cumpla los requisitos y que haya resultado de génesis de suelos.

Horizontes B: Horizontes que se han formado debajo de un horizonte **A**, **E**, **O** o **H**, y en los cuales los rasgos dominantes son la desaparición de toda o gran parte de la estructura de roca original, junto con uno o una combinación de lo siguiente:

- concentración iluvial, sola o en combinación, de arcilla, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice;
- evidencia de remoción de carbonatos;
- concentración residual de sesquióxidos;
- revestimientos de sesquióxidos que hacen al horizonte conspicuamente inferior en valor, más alto en croma, o más rojo en hue que los horizontes suprayacente y subyacente sin aparente iluviación de hierro;
- alteración que forma arcilla o libera óxidos o ambos y que forma estructura granular, en bloques, o prismática si cambios de volumen acompañan a los cambios en contenido de humedad; o
- carácter de quebradizo.

Todos los tipos de horizontes **B** son, o lo fueron originalmente, horizontes subsuperficiales. Se incluyen como horizontes **B** las capas de concentración iluvial de carbonatos, yeso, o sílice que son el resultado de procesos pedogenéticos (estas capas pueden o no estar cementadas) y capas quebradizas que tengan otra evidencia de alteración, tal como estructura prismática o acumulación iluvial de arcilla.

Ejemplos de capas que no son horizontes **B** son aquellas en las cuales los barnices de arcilla revisten fragmentos de roca o se encuentran en sedimentos inconsolidados finamente estratificados, tanto si los revestimientos se formaron en el lugar o por iluviación; capas dentro de las cuales se han iluviado carbonatos pero que no están contiguas a un horizonte genético suprayacente; y capas con gleyzación pero sin otros cambios pedogenéticos.

Horizontes o capas C: Horizontes o capas, excluyendo la roca dura de base, que están poco afectados por procesos pedogenéticos y no tienen propiedades de un horizonte **H**, **O**, **A**, **E**, o **B**. La mayoría son capas minerales, pero se incluyen algunas capas silíceas y calcáreas tales como conchillas, corales y tierras de diatomeas. El material de las capas **C** puede ser parecido o diferente a aquel del cual presumiblemente se formó el solum. Un horizonte **C** puede haber sido modificado aún si no hay evidencias de pedogénesis. Las raíces de las plantas pueden penetrar en los horizontes **C**, los que proporcionan un medio de crecimiento importante.

Se incluyen como capas **C** sedimentos, saprolito, y roca de base inconsolidada y otros materiales geológicos que comúnmente se disgregan en agua dentro de las 24 horas cuando trozos secos al aire o más secos se colocan en agua y en húmedo pueden ser excavados con una pala. Algunos suelos se forman en material que ya está fuertemente meteorizado, y tal material que no cumpla los requisitos de horizontes **A**, **E** o **B** se designa **C**. Los cambios que no se consideran pedogenéticos son aquellos que no están relacionados con horizontes suprayacentes. Las capas que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos, o yeso, aún si están endurecidas, pueden incluirse en horizontes **C**, a menos que la capa esté obviamente afectada por procesos pedogenéticos; entonces es un horizonte **B**.

Capas R: Roca dura subyaciendo al suelo.

El granito, basalto, cuarcita y caliza o arenisca endurecidas son ejemplos de roca que se designan **R**. Cuando se colocan en agua fragmentos secos al aire o más secos de una capa **R** no se disgregan dentro de las 24 horas. La capa **R** es suficientemente coherente en húmedo para hacer impracticable el excavado manual con una pala, aunque puede ser astillada o descamada. Algunas capas **R** pueden romperse con maquinaria pesada. La roca puede contener grietas, pero estas son tan pocas y tan pequeñas que pueden penetrar pocas raíces. Las grietas pueden estar revestidas o rellenadas con arcilla u otro material.

Apéndice 2

Códigos para los grupos de suelos de referencia y subunidades de suelos

A. Códigos de Grupos de Suelos de Referencia			
AC	Acrisol	DU	Durisol
AB	Albeluvisol	FR	Ferralsol
AL	Alisol	FL	Fluvisol
AN	Andosol	GL	Gleysol
AT	Antrosol	GY	Gipsisol
AR	Arenosol	HS	Histosol
CL	Calcisol	KS	Kastanozem
CM	Cambisol	LP	Leptosol
CH	Chernozem	LX	Lixisol
CR	Criosol	LV	Luvisol
NT	Nitisol	PH	Phaeozem
PL	Planosol	PT	Plintosol
PZ	Podzol	RG	Regosol
SC	Solonchak	SN	Solonetz
UM	Umbrisol	VR	Vertisol
B. Códigos de Adjetivos de Unidades de Suelos			
ap	Abrúptico	dy	Districo
ae	Acérico	dye	Epidístrico
ac	Acrico	dyh	Hiperdístrico
ao	Acróxico	dyo	Ortidístrico
ab	Álbico		
abh	Hiperálbico	et	Entico
abg	Glosálbico	eu	Eutrico
ax	Alcálico	eun	Endoéutrico
al	Alico	euh	Hiperéutrico
au	Alúmico	euo	Ortiéutrico
an	Andico	es	Eutrisílico
ana	Aluándico	fl	Ferrálico
ans	Silándico	flh	Hiperferrálico
aq	Antrácuico	flw	Hipoferrálico
am	Antrico	fr	Férrico
ah	Antrópico	frh	Hiperférrico
ai	Arico	fi	Fíbrico
ar	Arénico	fo	Fólico
ad	Aridico	fv	Flúvico
az	Arzico	fg	Frágico
ca	Calcárico	fu	Fúlvido
cc	Cálcico	ga	Gárbico
cch	Hipercálcico	ge	Gélico
ccw	Hipocálcico	gt	Gelistágnico
cco	Orticálcico	gr	Gérico
cb	Cárbico	gi	Gíbsico
cn	Carbonático	gc	Glácico
ch	Chérnico	gl	Gléyico
cl	Clorídico	gln	Endogléyico
cr	Crómico	glp	Epigléyico
cy	Críco		
gm	Grúmico		
gy	Gípsico		
gyh	Hipergípsico		
gyw	Hipogípsico		
gp	Gipsírico		
ha	Háplico		
hi	Hístico		
hif	Fibrihístico		
his	Saprihístico		
hit	Taptohístico		
ht	Hórtico		
hu	Húmico		
hum	Molihúmico		
huh	Umbrihúmico		
hg	Hidrágico		
hy	Hídrico		
hk	Hiperesquelético		
ir	Irrágico		
ll	Lamélico		
le	Léptico		
len	Endoléptico		
lep	Epiléptico		
li	Lítico		
lip	Paralítico		
lx	Líxico		
lv	Lúvico		
lvw	Hipolúvico		
mg	Magnésico		

ct	Cutánico	gs	Glósico	mz	Mázico
dn	Dénsico	gsm	Moliglósico	me	Melánico
du	Dúrico	gsu	Umbriglósico	ms	Mesotrófico
na	Nátrico	gz	Gréyico	mo	Mólico
ni	Nítico	pf	Profóndico	st	Stágnico
oh	Órico	pr	Prótico	stn	Endostágnico
ohh	Hiperórico	rd	Redúctico	su	Sulfático
om	Ombrico	rg	Régico	ty	Takírico
or	Ortico	rz	Réndzico	tf	Téfrico
oa	Oxiácuico	rh	Reico	tr	Térrico
ph	Páquico	ro	Ródico	ti	Tiónico
pe	Pélico	ru	Rúbico	tio	Ortitiónico
pt	Pétrico	rp	Rúptico	tit	Prototiónico
ptp	Epipétrico	rs	Rústico	tx	Tóxico
pc	Petrocálcico	sz	Sálico	tu	Túrbico
pd	Petrodúrico	szn	Endosálico	um	Umbrico
pg	Petrogípsico	szp	Episálico	ub	Urbico
pp	Petroplíntico	szw	Hiposálico	vt	Vético
ps	Petrosálico	sa	Sáprico	vm	Vérmico
pi	Plácico	si	Sílico	vr	Vértico
pa	Plágico	sl	Siltico	vi	Vítrico
pn	Plánico	sk	Esquelético	xa	Xántico
pl	Plíntico	skn	Endoesquelético	ye	Yérmico
plp	Epiplíntico	skp	Epiesquelético		
plh	Hiperplíntico	so	Sódico		
plo	Ortiplíntico	son	Endosódico		
plr	Paraplíntico	sow	Hiposódico		
po	Pósico	sd	Spódico		
		sp	Spólico		
Códigos Especificadores de Unidades de Suelos					
d	Bati	h	Hiper	r	Para
c	Cumuli	w	Hipo	t	Proto
n	Endo	o	Orti	b	Tapto
p	Epi				