

# Base referencial mundial del recurso suelo

Un marco conceptual para clasificación,  
correlación y comunicación internacional



International Union of Soil Sciences



World Soil Information



# **Base Referencial Mundial del Recurso Suelo**

**Un marco conceptual para clasificación, correlación y  
comunicación internacional**

**Primera Actualización 2007**

**Segunda edición  
2006**

**IUSS  
ISRIC  
FAO**

*Cita recomendada:*

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Las designaciones empleadas y la presentación de material en este producto informativo no implican en absoluto la expresión de ninguna opinión de parte de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas concerniente al estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o concerniente a la delimitación de sus límites o fronteras.

All rights reserved. Reproduction and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material in this information product for resale or other commercial purposes is prohibited without written permission of the copyright holders. Applications for such permission should be addressed to the Chief, Publishing and Multimedia Service, Information Division, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italia or by e-mail to [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2006



# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>viii</b>
<b>Prólogo</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de acrónimos</b>	<b>x</b>
<b>1. Antecedentes de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo</b>	<b>1</b>
Historia	1
Desde los comienzos hasta la primera edición en 1998	1
Desde la primera edición en 1998 hasta la segunda edición en 2006	2
Principios básicos	3
Arquitectura	4
Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	4
El nivel de calificador	6
Principios y uso de calificadores en la WRB	6
La dimensión geográfica de los calificadores de la WRB – correspondencia con la escala de mapeo	7
El objeto clasificado en la WRB	7
Reglas para la clasificación	8
Paso uno	8
Paso dos	8
Paso tres	8
Ejemplo de clasificación de suelo con WRB	9
<b>2. Horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico</b>	<b>11</b>
Horizontes de diagnóstico	11
Horizonte álbico	11
Horizonte antrácuico	12
Horizonte ántrico	12
Horizonte árgico	13
Horizonte cálcico	15
Horizonte cámbico	16
Horizonte críco	17
Horizonte dúrico	17
Horizonte ferrálico	18
Horizonte férrico	19
Horizonte fólico	20

Horizonte frágico	20
Horizonte fúlvico	21
Horizonte gípsico	21
Horizonte hístico	22
Horizonte hórtico	23
Horizonte hidrágrico	23
Horizonte irrágico	24
Horizonte melánico	24
Horizonte mólico	25
Horizonte nátrico	26
Horizonte nítico	27
Horizonte petrocálcico	28
Horizonte petrodúrico	29
Horizonte petrogípsico	30
Horizonte petroplíntico	30
Horizonte pisoplíntico	31
Horizonte plágico	31
Horizonte plíntico	32
Horizonte sálico	33
Horizonte sómbrico	34
Horizonte spódico	34
Horizonte takírico	35
Horizonte térrico	36
Horizonte tiónico	37
Horizonte úmbrico	37
Horizonte vértico	38
Horizonte vorónico	39
Horizonte yérmico	40
Propiedades de diagnóstico	40
Lenguas albelúvicas	40
Propiedades ándicas	41
Propiedades arídicas	42
Roca continua	43
Propiedades ferrálicas	43
Propiedades géricas	43

---

Patrón de color gléyico	43
Discontinuidad litológica	44
Condiciones reductoras	45
Carbonatos secundarios	45
Patrón de color stágnico	45
Propiedades vérticas	46
Propiedades vítricas	46
Materiales de diagnóstico	46
Artefactos	46
Material calcárico	47
Material colúvico	47
Material flúvico	47
Material gipsírico	48
Material límnico	48
Material mineral	48
Material orgánico	48
Material ornitogénico	49
Material sulfuroso	49
Roca dura técnica	49
Material téfrico	49
<b>3. Clave para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB con lista de calificadoros grupo I y grupo II</b>	<b>51</b>
<b>4. Descripción, distribución, uso y manejo de Grupos de Suelos de Referencia</b>	<b>67</b>
Acrisoles	67
Albeluvisoles	68
Alisoles	69
Andosoles	70
Antrosoles	70
Arenosoles	72
Calcisoles	74
Cambisoles	74
Chernozems	75
Crisoles	76
Durisoles	77

---

Ferralsoles	77
Fluvisoles	79
Gleysoles	80
Gipsisoles	81
Histosoles	81
Kastanozems	83
Leptosoles	83
Lixisoles	84
Luvisoles	85
Nitisoles	86
Phaeozems	87
Planosoles	87
Plintosoles	88
Podzoles	90
Regosoles	91
Solonchaks	91
Solonetz	92
Stagnosoles	93
Tecnosoles	94
Umbrisoles	95
Vertisoles	96
<b>5. Definiciones de elementos formativos para unidades de Segundo nivel de la</b>	
<b>WRB</b>	<b>99</b>
<b>Referencias</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>113</b>
Resumen de procedimientos analíticos para caracterización de suelos	<b>113</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>117</b>
Códigos recomendados para los Grupos de Suelos de Referencia, calificadores y especificadores	<b>117</b>

## Lista de tablas

- |  |   |
|--|---|
| 1. Clave Racionalizada para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB | 5 |
| 2. Calificadores grupo I y grupo II en la WRB – caso de Crisoles         | 6 |

## Agradecimientos

El texto de esta publicación se basa en numerosas contribuciones valiosas de cientos de edafólogos de todo el mundo. Ellos participaron en giras de campo, talleres y conferencias; enviaron comentarios y probaron las aproximaciones de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). Esta publicación no habría sido posible sin el apoyo de numerosos institutos y organizaciones internacionales, particularmente la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos de Norteamérica, la Oficina de Suelos Europea albergada por el Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea, la Unión de Asociaciones de Ciencia del Suelo de Africa Occidental y Central, y el Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos (ISRIC) – Información de Suelos del Mundo, para nombrar sólo los principales. Por último, pero no menos importante, el Grupo de Trabajo Base Referencial Mundial de la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS) fue respaldado por otros grupos de trabajo de la IUSS, en particular el Grupo de Trabajo de Suelos en Areas Urbanas, Industriales, de Tráfico y Minería y el Grupo de Trabajo en Criosoles de la IUSS/Asociación Internacional de Permafrost. Institutos nacionales de varios países cooperaron en giras de campo de WRB, y organizaron conferencias y escuelas de verano en WRB (listadas en el Capítulo 1).

Esta edición fue editada por Erika Michéli (Universidad Szent István, Hungría), Peter Schad (Universidad Technische München, Alemania) y Otto Spaargaren (ISRIC – Información de Suelos del Mundo, Países Bajos). Una mención especial se debe a Richard Arnold (Estados Unidos de Norteamérica), Hans-Peter Blume (Alemania) y Rudi Dudal (Bélgica). Ellos estuvieron involucrados desde el inicio de la Base Internacional de Referencia, hace más de 25 años, y han proporcionado una memoria institucional invaluable para los objetivos y avances.

El Grupo de Trabajo desea expresar su gratitud a FAO por su apoyo y por hacer posible la impresión y distribución de esta publicación.

# Prólogo

La primera versión oficial de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) fue presentada en el 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Montpellier en 1998. En el mismo evento, también fue respaldada y adoptada como el sistema de correlación de suelos y comunicación internacional de la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS).

Luego de ocho años de intensas pruebas y obtención de datos a nivel mundial, se presenta la actualización de la WRB. Esta publicación refleja el valioso trabajo de los autores de los primeros borradores y de la versión final de la WRB, así como las experiencias y contribuciones de muchos edafólogos que participaron en el trabajo del Grupo de Trabajo sobre la WRB de la IUSS.

La globalización y los temas ambientales globales necesitan la armonización y correlación de los lenguajes técnicos, tal como el que se usa en la ciencia del suelo. Se espera que esta publicación contribuya a la comprensión de la ciencia del suelo en el debate público y en la comunidad científica.

**Erika Michéli** (Presidente), **Peter Schad** (Vice-Presidente) y **Otto Spaargaren** (Secretario)  
Grupo de Trabajo WRB de la IUSS

**David Dent**  
ISRIC – Información de Suelos del Mundo

**Freddy Nachtergaele**  
División de Desarrollo de Suelos y Aguas  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

## Lista de acrónimos

Al	Aluminio
Ca	Calcio
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de calcio
CE	Conductividad Eléctrica
CE <sub>e</sub>	Conductividad Eléctrica del extracto de saturación
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CICE	CIC efectiva
COEL	Coefficiente de extensibilidad lineal
DOEO	Densidad óptica del extracto de oxalato
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fe	Hierro
GSR	Grupo de Suelos de Referencia
HCl	Acido Corhídrico
IRB	Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos
ISRIC	Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos
ISSS	Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo
IUSS	Unión Internacional de Ciencias del Suelo
K	Potasio
KOH	Hidróxido de potasio
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
N	Nitrógeno
Na	Sodio
NaOH	Hidróxido de sodio
P	Fósforo
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
RAS	Relación de adsorción de sodio
RTB	Reserva total de bases
S	Azufre
SiO <sub>2</sub>	Sílice
SUITMA	Suelos en áreas Urbanas, Industriales, de Tráfico y Minería (grupo de trabajo especial)
Ti	Titanio
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
WRB	Base Referencial Mundial del Recurso Suelo
Zn	Zinc

## Capítulo 1

# Antecedentes de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo

### HISTORIA

#### Desde los comienzos hasta la primera edición en 1998

Al comienzo de los 1980s, los países se volvieron crecientemente interdependientes para sus provisiones de productos alimenticios y agrícolas. Los problemas de degradación de tierras, disparidad en las capacidades de producción potencial y de sostener población se volvieron preocupaciones internacionales que requirieron información de suelos armonizada. Sobre este escenario, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) percibió que debía crearse un esquema a través del cual pudieran correlacionarse y armonizarse los sistemas de clasificación de suelos existentes. Concurrentemente, debería servir como un medio internacional de comunicación y para el intercambio de experiencia. La elaboración de este esquema requirió un compromiso más activo de toda la comunidad de suelos.

Por iniciativa de la FAO, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP), y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS), un grupo de edafólogos representando un rango amplio de instituciones se reunió en Sofía, Bulgaria, en 1980 y 1981 para fortalecer la participación internacional en una continuación del Mapa de Suelos del Mundo (FAO–UNESCO, 1971–1981). La reunión se realizó en el Instituto Pushkarov de Ciencia del Suelo y Programación de Rendimientos. La reunión decidió lanzar un programa para desarrollar una Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos (IRB) con el objetivo de alcanzar acuerdo sobre los principales agrupamientos de suelos a ser reconocidos en una escala global, así como los criterios para definirlos y separarlos. Se esperaba que tal acuerdo facilitaría el intercambio de información y experiencia, proporcionaría un lenguaje científico común, fortalecería las aplicaciones de la ciencia del suelo, e incrementaría la comunicación con otras disciplinas. El grupo se reunió en 1981 por segunda vez en Sofía y estableció los principios generales de un programa conjunto hacia el desarrollo de una IRB.

En 1982, el 12° Congreso de la ISSS, en Nueva Deli, India, respaldó y adoptó este programa. El trabajo fue conducido por un grupo de trabajo IRB recién creado, dirigido por E. Schlichting con R. Dudal como secretario. En el 13° Congreso de la ISSS, en Hamburgo, Alemania, en 1986, el programa IRB fue encomendado a la comisión V, con A. Ruellan como director y R. Dudal como secretario. Estos cargos continuaron hasta el 14° Congreso de la ISSS, en Kioto, Japón, en 1990.

En 1992, la IRB fue renombrada como la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). A partir de allí, se estableció un grupo de trabajo de WRB en el 15° Congreso de la ISSS, en Acapulco, México, en 1994, con J. Deckers, F. Nachtergaele y O. Spaargaren como presidente, vice-presidente y secretario respectivamente, hasta el 16° Congreso de la ISSS, en Montpellier, Francia, en 1998. En el 17° Congreso de la ISSS, en Bangkok, Tailandia, en 2002, el liderazgo del programa WRB fue encomendado a E. Michéli, P. Schad y O. Spaargaren como presidente, vice-presidente y secretario respectivamente.

En una reunión del Grupo de Trabajo IRB en Montpellier en 1992, se decidió que la leyenda revisada de FAO–UNESCO formaría la base para el siguiente desarrollo de la IRB y que se harían esfuerzos para combinarlas. Sería la tarea de la IRB el aplicar sus principios generales

para el ulterior refinamiento de las unidades de FAO-UNESCO y proporcionarles la profundidad y validación necesarias.

El progreso en la preparación de la WRB se informó en el 15º Congreso de la ISSS en Acapulco en 1994 (FAO, 1994). Se recibieron numerosas contribuciones de edafólogos; la WRB se discutió y probó en reuniones y excursiones de Lovaina, Bélgica (1995), Kiel, Alemania (1995), Moscú, Federación Rusa (1996), Sudáfrica (1996), Argentina (1997) y Viena, Austria (1997). El primer texto oficial de la WRB se presentó en el 16º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Montpellier en 1998 en tres volúmenes:

1. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Una introducción.
2. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Atlas.
3. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.

El texto de la WRB fue entonces adoptado por el Concejo de la ISSS como la terminología oficialmente recomendada para nombrar y clasificar suelos. Por acuerdo general, se decidió que el texto permanecería sin cambios por lo menos por ocho años, pero sería probado extensivamente durante este período y se propondría una revisión durante el 18º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en 2006.

### **Desde la primera edición en 1998 hasta la segunda edición en 2006**

En el período 1998–2006, la WRB se constituyó en la referencia de nomenclatura de suelos y clasificación de suelos oficial para la Comisión Europea y fue adoptada por la Asociación de Africa Occidental y Central de Ciencia del Suelo como la herramienta preferida para armonizar e intercambiar información de suelos en la región. El texto principal se tradujo a 13 idiomas (alemán, chino, español, francés, húngaro, italiano, japonés, letón, lituano, polaco, rumano, ruso y vietnamita) y fue adoptado como un nivel superior de los sistemas de clasificación de suelos en numerosos países (v.g. Italia, México, Noruega, Polonia y Vietnam). El texto fue aún más ilustrado por notas de disertación y un CD-ROM sobre los principales suelos del mundo (FAO, 2001a y 2001b) y un Mapa Mundial del Recurso Suelo en escala 1:25 000 000 por el Centro de Investigación Conjunta, FAO y el Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos (ISRIC) en 2002. Se estableció un sitio web (<http://www.fao.org/landandwater/agll/wrb/default.stm>) y se distribuyó un boletín a cientos de edafólogos. Se prestó especial atención a temas de uso de la tierra y manejo de suelos para suelos tropicales y tierras áridas usando información de WRB (FAO, 2003 y 2005). Aparecieron numerosos artículos en revistas científicas de ciencia del suelo con referato estricto y libros, sugiriendo mejoras en el sistema. Se realizaron dos conferencias junto con giras de campo: en 2001 en Velence (Hungría, organizada por la Universidad Szent István en Gödöllő); y en 2004 en Petrozavodsk (Federación Rusa, organizada por el Instituto de Biología, Centro de Investigación Karelian). Al mismo tiempo, se organizaron varias excursiones de campo para probar y refinar los avances de la WRB en el campo: Burkina Faso y Costa de Marfil (1998); Vietnam y China (1998); Italia (1999); Georgia (2000); Gana y Burkina Faso (2001); Hungría (2001); Sudáfrica y Namibia (2003); Polonia (2004); Italia (2004); Federación Rusa (2004); México (2005); Kenia y la República Unida de Tanzania (2005); y Gana (2005).

Las escuelas de verano, coordinadas por E. Michéli (Hungría), se organizaron bajo los auspicios del Centro de Investigación Conjunta de la Unión Europea en Ispra, Italia (2003 y 2004), y en Gödöllő, Hungría (2005), para enseñar el sistema a estudiantes de ciencia del suelo y practicantes. En el mismo período, la Comisión Europea distribuyó el Atlas de Suelos de Europa basado en la WRB (European Soil Bureau Network/European Commission, 2005). Se emprendió un considerable esfuerzo para armonizar la nomenclatura con la taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y otros sistemas nacionales de clasificación de suelos importantes. Algunas clasificaciones nacionales tomaron elementos de la WRB, v.gr. la taxonomía de suelos china (CRGCST, 2001), la clasificación de suelos checa (Němeček *et al.*, 2001), la clasificación de suelos lituana (Buivydaite *et al.*, 2001), y el sistema de clasificación de suelos ruso (Shishov *et al.*, 2001). En 2005 se organizó un foro de WRB por correo electrónico para permitir la finalización de sugerencias para cada Grupo de Suelos de Referencia. Independientemente, grupos de trabajo especiales de la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS) (anteriormente la ISSS), tales como el de Criosoles y sobre Suelos en

áreas Urbanas, Industriales, de Tráfico y Minería (SUITMA) propusieron cambios al sistema, algunos de los cuales han sido adoptados en el texto presente.

La segunda edición de la WRB ha experimentado una revisión mayor. Se introdujeron los Tecnosoles y Stagnosoles, llevando a 32 Grupos de Suelos de Referencia (GSR) en vez de 30. Los Tecnosoles son suelos con cierta cantidad de artefactos, una geomembrana construida o roca dura técnica. Los Stagnosoles unifican las anteriores subunidades Epistágnicas de muchos otros GSRs. El orden de la clave tuvo algunos reordenamientos, con Antrosoles, Solonetz, Nitisoles y Arenosoles en posición más alta. Las definiciones de muchos horizontes de diagnóstico, propiedades y materiales de suelo fueron ajustadas. Los calificadores se subdividen ahora en grupo I y grupo II<sup>1</sup>. Los calificadores grupo I comprenden aquellos típicamente asociados con GSR (en orden de su importancia) y de intergrados a otros GSR (en el orden de la clave). Todos los demás calificadores se listan como grupo II.

### PRINCIPIOS BÁSICOS

Los principios generales sobre los que se basa la WRB se establecieron durante las primeras reuniones en Sofía en 1980 y 1981, y luego elaborados por los grupos de trabajo a los que se confió su desarrollo. Estos principios generales pueden resumirse como sigue:

- La clasificación de suelos se basa en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, las que hasta el máximo posible deberían ser medibles y observables en el campo.
- La selección de características de diagnóstico toma en cuenta sus relaciones con los procesos formadores de suelos. Se reconoce que una comprensión de los procesos formadores de suelos contribuye a una mejor caracterización de los suelos pero ellos no deberían como tales, usarse como criterios de diferenciación.
- Hasta donde sea posible en un alto nivel de generalización, se seleccionan rasgos de diagnóstico que son significativos para el manejo de los suelos.
- Los parámetros climáticos no se aplican en la clasificación de suelos. Se entiende completamente que ellos deberían usarse para propósitos interpretativos, en combinación dinámica con propiedades del suelo, pero no deberían formar parte de las definiciones de suelos.
- La WRB es un sistema de clasificación comprehensivo que permite a las personas acomodar su sistema nacional de clasificación. Comprende dos grados de detalle categórico:
  - la **Base Referencial**, limitada sólo al primer nivel y que tiene 32 GSR;
  - el **Sistema de Clasificación WRB**, que consiste de combinaciones de un conjunto de calificadores grupo I y grupo II con una definición única y agregados al nombre del GSR, permitiendo la caracterización y clasificación muy precisas de los perfiles de suelos individuales.
- Muchos GSR en la WRB son representativos de regiones principales de suelos de modo de proporcionar una apreciación general de la cubierta edáfica mundial.
- La Base Referencial no está pensada para sustituir los sistemas nacionales de clasificación de suelos sino para servir como un denominador común para la comunicación a nivel internacional. Esto implica que las categorías de nivel inferior, posiblemente una tercera categoría de la WRB, podría acomodar la diversidad local a nivel de país. Concurrentemente, los niveles inferiores enfatizan rasgos del suelo que son importantes para el uso y manejo de los suelos.
- La Leyenda Revisada de FAO/UNESCO del Mapa de Suelos del Mundo (FAO, 1988) ha sido usada como base para el desarrollo de la WRB de modo de tomar ventaja de la correlación de suelos internacional que ya fuera conducida a través de este proyecto y de otras partes.

---

<sup>1</sup> Nota de la traductora: En el original en inglés se definen calificadores prefijos y calificadores sufijos. Ante la dificultad de adoptar esta forma en español se optó por traducir los *calificadores prefijos* como *calificadores grupo I* y los *calificadores sufijos* como *calificadores grupo II*. Ambos calificadores, grupo I y grupo II se utilizan, en español, a continuación del GSR.

- La primera edición de la WRB, publicada en 1998, comprendía 30 GSR; la segunda edición, publicada en 2006, tiene 32 GSR.
- Las definiciones y descripciones de unidades de suelos reflejan variaciones en características del suelo tanto vertical como lateralmente de modo de explicar relaciones espaciales en el paisaje.
- El término Base Referencial es connotativo de la función de denominador común que asume la WRB. Sus unidades tienen amplitud suficiente para estimular la armonización y correlación de los sistemas nacionales existentes.
- Además de servir como vínculo entre los sistemas de clasificación existentes, la WRB también sirve como una herramienta de comunicación consistente para compilar bases de datos de suelos globales y para el inventario y monitoreo de los recursos de suelos del mundo.

• La nomenclatura utilizada para distinguir grupos de suelos retiene términos que han sido usados tradicionalmente o que pueden introducirse fácilmente en el lenguaje corriente. Ellos están definidos con precisión de modo de evitar la confusión que ocurre cuando se usan nombres con connotaciones diferentes.

Aunque se adoptó la estructura básica de la Leyenda de FAO (con sus dos niveles categóricos y guías para desarrollar clases en un tercer nivel), se decidió combinar los niveles inferiores. Cada GSR de la WRB se proporciona con un listado de posibles calificadores grupo I y grupo II en una secuencia de prioridad, a partir de los cuales el usuario puede construir las unidades de segundo nivel. Los amplios principios que gobiernan la diferenciación de clases en la WRB son:

- En el nivel categórico más alto, las clases se diferencian principalmente de acuerdo al proceso pedogenético primario que ha producido los rasgos de suelo característicos, excepto cuando *materiales parentales de suelos especiales* son de importancia predominante.
- En el segundo nivel, las unidades de suelos se diferencian de acuerdo a cualquier proceso formador de suelos secundario que haya afectado significativamente los rasgos de suelo primarios. En ciertos casos, pueden tomarse en cuenta las características del suelo que tengan un efecto significativo sobre el uso.

Se reconoce que numerosos GSR pueden ocurrir bajo condiciones climáticas diferentes. Sin embargo, se decidió no introducir separaciones en cuanto a características climáticas de modo que la clasificación de los suelos no está subordinada a la disponibilidad de datos climáticos.

## ARQUITECTURA

Actualmente, la WRB comprende dos niveles de detalle categórico:

1. **Nivel 1: Los GSR**, que comprenden 32 GSR;
2. **Nivel 2: La combinación de un GSR con calificadores**, detallando las propiedades de los GSR al agregar un conjunto de calificadores con una única definición.

## Clave para los Grupos de Suelos de Referencia

La Clave para los GSR en la WRB deriva de la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo. La historia detrás de la Clave para las Unidades Principales de Suelos del Mapa de Suelos del Mundo revela que está basada principalmente en la funcionalidad; la Clave fue concebida para derivar la clasificación correcta lo más eficientemente posible. La secuencia de Unidades Principales de Suelos era tal que el concepto central de los principales suelos aparecía casi automáticamente especificando brevemente un número limitado de horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico.

La Tabla 1 proporciona una apreciación general y lógica para la secuencia de GSR en la Clave de la WRB. Los GSR se asignan a conjuntos sobre la base de *identificadores dominantes*, i.e.

los factores o procesos formadores de suelos que más claramente condicionan la formación del suelo. El secuenciamiento de los grupos se hace de acuerdo a los siguientes principios:

1. Primero salen de la clave los suelos orgánicos para separarlos de los suelos inorgánicos (*Histosoles*).
2. La segunda diferencia principal en la WRB es reconocer la *actividad humana* como un factor formador de suelos, de ahí la posición de los *Antrosoles* y *Tecnosoles* después de los *Histosoles*, también parece lógico que sigan los recientemente introducidos *Tecnosoles* cerca del principio de la Clave, por las siguientes razones:
  - se puede separar suelos que no deberían tocarse (suelos tóxicos que deberían ser manipulados por expertos);
  - se obtiene un grupo homogéneo de suelos en *materiales extraños*;
  - los políticos y tomadores de decisiones que consulten la Clave van a encontrar inmediatamente estos suelos problemáticos.
3. Luego siguen los suelos con limitación severa para enraizamiento (*Criosoles* y *Leptosoles*).
4. Luego sigue un conjunto de GSR que están o han estado fuertemente influenciados por agua: *Vertisoles*, *Fluvisoles*, *Solonetz*, *Solonchaks* y *Gleysoles*.
5. El conjunto siguiente de suelos agrupa los GSR en los cuales la química del hierro (Fe) y/o aluminio (Al) juega un rol principal en su formación: *Andosoles*, *Podzoles*, *Plintosoles*, *Nitisoles* y *Ferralsoles*.
6. Luego sigue un conjunto de suelos con agua “colgada”: *Planosoles* y *Stagnosoles*.
7. El agrupamiento siguiente comprende suelos que ocurren principalmente en regiones de estepa y tienen un suelo superficial rico en humus y alta saturación con bases: *Chernozems*, *Kastanozems* y *Phaeozems*.
8. El conjunto siguiente comprende suelos de regiones secas con acumulación de yeso (*Gipsisoles*), sílice (*Durisoles*) o carbonato de calcio (*Calcisoles*).
9. Luego sigue un conjunto de suelos con un subsuelo rico en arcilla: *Albeluvisoles*, *Alisoles*, *Acrisoles*, *Luvisoles* y *Lixisoles*.
4. Finalmente se agrupan juntos suelos relativamente jóvenes con muy poco o ningún desarrollo de perfil, o arenas muy homogéneas: *Umbrisoles*, *Arenosoles*, *Cambisoles* y *Regosoles*.

TABLA 1

**Clave Racionalizada para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB**

1. Suelos con gruesas capas orgánicas:	Histosoles
2. Suelos con fuerte influencia humana	
Suelos con uso agrícola prolongado e intensivo:	Antrosoles
Suelos que contienen muchos artefactos:	Tecnosoles
3. Suelos con enraizamiento limitado debido a permafrost o rocosidad somera	
Suelos afectados por hielo:	Criosoles
Suelos someros o extremadamente gravillosos:	Leptosoles
4. Suelos influenciados por agua	
Condiciones alternadas de saturación-sequía, ricos en arcillas expandibles:	Vertisoles
Planicies de inundación, marismas costeras:	Fluvisoles
Suelos alcalinos:	Solonetz
Enriquecimiento en sales por evaporación:	Solonchaks
Suelos afectados por agua subterránea:	Gleysoles
5. Suelos regulados por la química de Fe/Al	
Alofano o complejos Al-humus:	Andosoles
Queluviación y quiluviación:	Podzoles
Acumulación de Fe bajo condiciones hidromórficas:	Plintosoles
Arcilla de baja actividad, fijación de P, fuertemente estructurado:	Nitisoles
Dominancia de caolinita y sesquióxidos:	Ferralsoles
6. Suelos con agua estancada	
Discontinuidad textural abrupta:	Planosoles
Discontinuidad estructural o moderadamente textural:	Stagnosoles

7. Acumulación de materia orgánica, alta saturación con bases	
Típicamente mólico:	Chernozems
Transición a clima más seco:	Kastanozems
Transición a clima más húmedo:	Phaeozems
8. Acumulación de sales menos solubles o sustancias no salinas	
Yeso:	Gipsisoles
Sílice:	Durisoles
Carbonato de calcio:	Calcisoles
9. Suelos con subsuelo enriquecido en arcilla	
Lenguas albelúvicas:	Albeluvisols
Baja saturación con bases, arcillas de alta actividad:	Alisoles
Baja saturación con bases, arcillas de baja actividad:	Acrisols
Alta saturación con bases, arcilla de alta actividad:	Luvisols
Alta saturación con bases, arcilla de baja actividad:	Lixisoles
10. Suelos relativamente jóvenes o suelos con poco o ningún desarrollo de perfil	
Con suelo superficial oscuro ácido:	Umbrisols
Suelos arenosos:	Arenosols
Suelos moderadamente desarrollados:	Cambisoles
Suelos sin desarrollo significativo de perfil:	Regosoles

### El nivel de calificador

En la WRB se distingue entre calificadores típicamente asociados, intergrados y otros calificadores. Los calificadores **típicamente asociados** se refieren en la Clave al GSR particular, e.g. Hidrágrico o Plágico para los Antrosoles. Los calificadores **intergrados** son aquellos que reflejan criterios de diagnóstico importantes de otro GSR. La Clave de la WRB dicta la elección del GSR y en ese caso, el calificador intergrado proporciona el puente hacia otro GSR. Otros calificadores son aquellos que no están típicamente asociados y no transicionan hacia otro GSR. Este grupo refleja características tales como color, saturación con bases, y otras propiedades físicas y químicas siempre que no sean utilizadas como un calificador típicamente asociado a ese grupo particular.

### Principios y uso de calificadores en la WRB

Se usa un sistema de dos rangos para el nivel de calificadores, que comprende:

- **Calificadores grupo I:** *calificadores típicamente asociados y calificadores intergrados*; la secuencia de los calificadores intergrados sigue la de los GSR en la Clave de la WRB, con la excepción de los Arenosoles; este intergrado se ordena con los calificadores grupo II texturales (ver más abajo). Háptico cierra la lista de calificadores grupo I, indicando que no aplican calificadores típicamente asociados ni intergrados.
- **Calificadores grupo II:** *otros calificadores*, ordenados como sigue: (1) calificadores relacionados con horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico; (2) calificadores relacionados con características químicas; (3) calificadores relacionados con características físicas; (4) calificadores relacionados con características mineralógicas; (5) calificadores relacionados con características superficiales; (6) calificadores relacionados con características texturales, incluyendo fragmentos gruesos; (7) calificadores relacionados con color; y (8) calificadores restantes,
- La Tabla 2 proporciona un ejemplo de listado de calificadores grupo I y grupo II.

TABLA 2

#### Calificadores grupo I y grupo II en la WRB – caso de los Criosoles

Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Glácico	Gipsírico
Túrbico	Calcárico
Fólico	Ornítico*
Hístico	Dístrico

Técnico	Eútrico
Hiperesquelético	Reductácuico*
Léptico	Oxiácuico
Nátrico	Tixotrópico
Sálico	Arídico
Vítrico	Esquelético
Spódico	Arénico
Mólico	Límico
Cálcico	Arcílico*
Umbrico	Drénico*
Cámbico	Transpórtico*
Háplico	Nóvico*

\* = calificadores recientemente introducidos

Ejemplos:

1. Criosol Túrbico Hístico (Dístrico, Reductácuico).
2. Criosol Háplico (Arídico, Esquelético).

Los nombres de **calificadores grupo I** van a continuación del nombre del GSR; los nombres de **calificadores grupo II** van siempre entre paréntesis a continuación de los calificadores grupo I, siguiendo al nombre del GSR. No se permiten combinaciones de calificadores que indiquen un status similar o se dupliquen unos a otros, tales como combinaciones de Tiónico y Dístrico, Calcárico y Éútrico, o Ródico y Crómico.

Los especificadores como Epi-, Endo-, Hiper-, Hipo-, Tapto-, Bati-, Para-, Proto-, Cumuli- y Orto- se usan para indicar una cierta expresión del calificador.

Cuando se clasifica un perfil de suelo deben registrarse todos los calificadores del listado que apliquen. Para propósitos de mapeo la escala determinará el número de calificadores utilizados. En tal caso, los calificadores grupo I tienen prioridad sobre los calificadores grupo II.

El listado de calificadores para cada GSR acomoda la mayoría de los casos. Cuando se necesiten calificadores que no están listados, los casos deberían documentarse e informarse al Grupo de Trabajo WRB.

### La dimensión geográfica de los calificadores de la WRB – correspondencia con la escala de mapeo

La WRB no fue diseñada originalmente para mapear suelos sino que sus raíces están en la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo. Antes que la WRB existiera, la Leyenda de FAO se usaba para mapeo a diversas escalas, y con bastante éxito (e.g. mapeo de suelos en Bangladesh, Botswana, Etiopía, la Unión Europea, Kenia, y la República Unida de Tanzania). Independientemente de que se desee o no, la gente utiliza la WRB como herramienta para el mapeo de suelos (e.g. Mapa de Suelos de Europa escala 1:1 000 000; Mapa de Suelos de las Tierras Altas Centrales de Viet Nam escala 1:250 000).

Un principio básico en el mapeo de suelos es que el reconecedor de suelos diseña la leyenda del mapa de modo de ajustarla mejor al propósito del relevamiento. Si la WRB está diseñada para respaldar el mapeo en pequeña escala de los paisajes de suelos globales, sería ventajoso tener una estructura que lleve por sí misma a respaldar tales mapas. Entonces, la discusión de los listados de calificadores no debería realizarse aislada de los mapas generales de los suelos del mundo o de continentes en la WRB. Entonces, se sugiere que los calificadores de la WRB se relacionen como sigue con los mapas de escala pequeña:

- sólo calificadores grupo I para mapas en escala entre  $1/5 \cdot 10^6$  y  $1/10^6$ ;
- adicionalmente, calificadores grupo II para mapas en escala entre  $1/10^6$  y  $1/250 \cdot 10^3$ .

Para escalas de mapeo más grandes, se sugiere que, además, se use el sistema de clasificación de suelos nacional o local. Estos están diseñados para acomodar la variabilidad de suelos local, que nunca puede lograrse con una base referencial mundial.

### EL OBJETO CLASIFICADO EN LA WRB

Al igual que muchas palabras comunes, la palabra suelo tiene varios significados. En su significado tradicional, el suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas, tenga o no horizontes discernibles (Soil Survey Staff, 1999). En la WRB 1998 el suelo se definía como:

“... Un cuerpo natural continuo que tiene tres dimensiones espaciales y una temporal. Los tres rasgos principales que gobiernan al suelo son:

- Está formado por **constituyentes minerales y orgánicos** 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 vivo. Ellas resultan 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 el presente del suelo y predecir su futuro.
- El suelo está en constante evolución, dando así al suelo su cuarta dimensión, el tiempo.”

Aunque hay buenos argumentos para limitar el relevamiento y mapeo de suelos a áreas identificables de suelos estables con un cierto espesor, la WRB ha tomado la aproximación más abarcativa de nombrar cualquier objeto que forme parte de la **epidermis de la tierra** (Nachtergaele, 2005). Esta aproximación tiene numerosas ventajas, notablemente permite afrontar problemas ambientales en una manera holística y sistemática y evita discusiones estériles acerca de una definición de suelo universalmente aceptada y su espesor y estabilidad requeridos. En consecuencia, el objeto clasificado en la WRB es: cualquier material dentro de los 2 m de la superficie de la Tierra que esté en contacto con la atmósfera, con la exclusión de organismos vivos, áreas con hielo continuo que no estén cubiertas por otro material, y cuerpos de agua más profundos que 2 m<sup>2</sup>.

La definición incluye roca continua, suelos urbanos pavimentados, suelos de áreas industriales, suelos de cuevas así como suelos subácueos. Los suelos bajo roca continua, excepto los que ocurren en cuevas, generalmente no se consideran para clasificación. En casos especiales, la WRB puede usarse para clasificar suelos bajo roca, e.g. para la reconstrucción paleopedológica del ambiente.

La dimensión lateral del objeto clasificado debe ser lo suficientemente grande como para representar la naturaleza de cualquier horizonte y la variabilidad que puedan estar presentes. El área mínima horizontal puede variar de 1 a 10 m<sup>2</sup> dependiendo de la variabilidad de la cubierta edáfica.

## REGLAS PARA LA CLASIFICACIÓN

La clasificación consiste de tres pasos.

### Paso uno

Se controlan la expresión, espesor y profundidad de capas frente a los requerimientos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico de la WRB, que están definidos en términos de morfología y/o criterios analíticos (Capítulo 2). Cuando una capa cumple los criterios de más de un horizonte, propiedad o material de diagnóstico, se los considera como superpuestos o coincidentes.

### Paso dos

La combinación de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico descrita se compara con la Clave de la WRB (Capítulo 3) para encontrar el GSR que es el primer nivel de la clasificación con WRB. El usuario debe ir sistemáticamente a través de la Clave, comenzando al principio y excluyendo uno por uno todos los GSR para los que no se cumplen los requerimientos especificados. El suelo pertenece al primer GSR para el cual se cumplen todos los requerimientos especificados.

### Paso tres

Para el Segundo nivel de la WRB se usan calificadores. Los calificadores están listados en la Clave con cada GSR como calificadores grupo I y grupo II. Los **calificadores grupo I**

---

<sup>2</sup> En áreas de marea, la profundidad de 2 m se debe aplicar a la marea baja.

comprenden aquellos que están **típicamente asociados** con el GSR y los **intergrados** hacia otros GSR. Todos los demás calificadores se listan como calificadores grupo II. Para la clasificación en el segundo nivel deben agregarse al nombre del GSR todos los calificadores que aplican. No se agregan los calificadores redundantes (cuyas características estén incluidas en un calificador previamente establecido). Los calificadores grupo I se agregan después del nombre del GSR, sin paréntesis ni comas. La secuencia es de izquierda a derecha, i.e. el primer calificador de la lista aparece más cerca del nombre del GSR. Los calificadores grupo II se agregan entre paréntesis a continuación de los calificadores grupo I y se separan con comas entre ellos. La secuencia también es de izquierda a derecha de acuerdo a la secuencia de arriba hacia abajo en la lista de calificadores. Véase ejemplo más abajo.

Para indicar el grado de expresión de los calificadores pueden usarse especificadores. Las capas enterradas que se relacionan con horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, pueden indicarse con el especificador Tapto-, el cual puede usarse con cualquier calificador que aplique, listados en el Capítulo 5, incluso si el calificador no está mencionado en la lista específica de calificadores para el respectivo GSR en el Capítulo 3. En este caso, se agrega Tapto... como el último calificador secundario.

Cuando un suelo está enterrado bajo material nuevo, aplican las siguientes reglas:

1. El material suprayacente nuevo y el suelo enterrado se clasifican como un suelo si ambos en conjunto califican como Histosol, Technosol, Criosol, Leptosol, Vertisol, Fluvisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol o Arenosol.
2. De lo contrario, el material nuevo se clasifica al primer nivel si el material nuevo tiene 50 cm o más de espesor o si el material nuevo, si estuviera solo, cumpliera los requerimientos de un GSR que no sea un Regosol.
3. En todos los otros casos, el suelo enterrado se clasifica al primer nivel.
4. Si el suelo suprayacente se clasifica al primer nivel, el nombre del suelo enterrado se coloca después del nombre del suelo suprayacente agregando la palabra “sobre” entre medio, e.g. Umbrisol Técnico (Gréyico) sobre Podzol Rústico (Esquelético). Si el suelo enterrado se clasifica al primer nivel, el material suprayacente se indica con el calificador Nóvico.

Se recomienda utilizar *Guidelines for Soil Description* (FAO, 2006) para describir el suelo y sus rasgos. Es útil listar la ocurrencia y profundidad de los horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico identificados.

La clasificación de campo proporciona una evaluación preliminar usando todas las propiedades y rasgos observables o fácilmente medibles del suelo y terreno asociado. La clasificación final se hace cuando están disponibles los datos analíticos. Se recomienda seguir los *Procedures for Soil Analysis* (Van Reeuwijk, 2006) para determinar las características químicas y físicas. En el Anexo 1 se incluye un resumen de las mismas.

#### **Ejemplo de clasificación de suelo con WRB**

Un suelo tiene un horizonte ferrálico; la textura en la parte superior del horizonte ferrálico cambia de franco arenoso a arcillo arenoso en 15 cm. El pH está entre 5.5 y 6, indicando saturación con bases de moderada a alta. El horizonte B es rojo oscuro; ocurren moteados por debajo de 50 cm. La clasificación de campo de este suelo es: **Ferralsol Lítico (Férrico, Ródico)**. Si los análisis de laboratorio subsecuentes revelan que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del horizonte ferrálico es menor de  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de arcilla, el suelo se clasifica finalmente como **Ferralsol Vético Lítico (Férrico, Ródico)**.



## Capítulo 2

# Horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico

Los horizontes y propiedades de diagnóstico se caracterizan por una combinación de atributos que reflejan resultados generalizados, comunes, de procesos de formación de suelos (Bridges, 1997) o indican condiciones específicas de formación de suelos. Sus rasgos pueden observarse o medirse, ya sea en el campo o en el laboratorio, y requieren una expresión mínima o máxima para calificar como de diagnóstico. Además, los horizontes de diagnóstico requieren un cierto espesor, formando así una capa reconocible en el suelo.

Los *materiales de diagnóstico* son materiales que influyen significativamente los procesos pedogenéticos.

### HORIZONTES DE DIAGNÓSTICO

#### 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. Sin embargo, esta diferencia puede ser sólo ligera con respecto a un horizonte spódico subyacente. Muchos horizontes álbicos están asociados con exceso de agua y contienen evidencias de *condiciones reductoras*.

**Criterios de diagnóstico.** Un horizonte álbico tiene:

1. un color Munsell (seco) con:
  - a. un value de 7 u 8 y un croma de 3 o menos; *o*
  - b. un value de 5 o 6 y un croma de 2 o menos; *y*
2. un color Munsell (húmedo) con:
  - a. un value de 6, 7 u 8 y 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 menos<sup>3</sup>. Se permite un croma de 3 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. un espesor de 1 cm o más.

**Identificación en el campo.** La identificación depende de los colores del suelo. Además, puede utilizarse una lupa de mano de 10x para verificar que los granos de arena y limo están libres de revestimientos.

<sup>3</sup> Los requisitos de color se cambiaron ligeramente con respecto a los definidos por FAO-UNESCO-ISRIC (FAO 1988) y Soil Survey Staff (1999) 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.

**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 transmitida. Los revestimientos de hierro se vuelven de color rojizo bajo luz reflejada, mientras que los revestimientos orgánicos permanecen negro-parduzcos.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico.** Los horizontes álbicos normalmente están por debajo de horizontes superficiales enriquecidos en humus 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 de varios metros, especialmente en regiones tropicales húmedas, y los horizontes de diagnóstico asociados pueden ser difíciles de establecer.

### Horizonte antrácuico

#### *Descripción general*

Un horizonte antrácuico (del griego *anthropos*, humano, y Latín *aqua*, agua) es un horizonte superficial inducido por el hombre que comprende una *capa enlodada* (*'puddled'*) y un *piso de arado*.

#### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte antrácuico es un horizonte superficial y tiene:

5. una capa enlodada con:
  - a. un hue Munsell de 7.5 YR o más amarillo, o hue GY, B o BG; value (húmedo) de 4 o menos; croma (húmedo) de 2 o menos<sup>4</sup>; **y**
  - b. agregados seleccionados y poros vesiculares; **y**
6. un piso de arado subyaciendo a la capa enlodada con todos los siguientes:
  - a. una estructura laminar; **y**
  - b. una densidad aparente mayor en 20 por ciento o más (relativo) que la de la capa enlodada; **y**
  - c. moteados o revestimientos de hierro-manganeso pardo amarillentos, pardos o pardo rojizos; **y**
7. un espesor de 20 cm o más.

#### *Identificación de campo*

Un horizonte antrácuico muestra evidencias de reducción y oxidación debidas a inundación en parte del año. Cuando no está inundado es muy dispersable y tiene empaquetamiento suelto de pequeños agregados seleccionados. El piso de arado es compacto, con estructura laminar e infiltración muy lenta. Tiene moteados herrumbrosos pardo amarillentos, pardos o pardo rojizos a lo largo de grietas y canales de raíces.

### Horizonte átrico

#### *Descripción general*

Un horizonte átrico (del griego *anthropos*, humano) es un horizonte superficial moderadamente grueso, de color oscuro que resulta del cultivo prolongado (arado, encalado, fertilización, etc.).

#### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte átrico<sup>5</sup> es un horizonte mineral superficial y:

1. cumple todos los requerimientos de color, estructura y materia orgánica de un horizonte *Mólico* o *Umbrico*; **y**
2. Muestra evidencia de disturbio humano por tener uno o más de los siguientes:

<sup>4</sup> Requerimientos de color tomados de la taxonomía de suelos china (CRGCST, 2001).

<sup>5</sup> Modificado según Krogh y Greve (1999).

- a. un límite inferior abrupto a la profundidad de arada, un piso de arado; **o**
- b. fragmentos de cal aplicada; **o**
- c. mezclado de capas del suelo por labranza; **o**
- d.  $1.5 \text{ g kg}^{-1}$  o más  $\text{P}_2\text{O}_5$  soluble en citric acid 1 por ciento; **y**
3. tiene menos de 5 por ciento (en volumen) de poros de animales, coprolitos u otras trazas de actividad animal debajo de la profundidad de arada; **y**
4. tiene un espesor de 20 cm o más.

### **Identificación de campo**

Los horizontes átricos están asociados con antiguas tierras arables que han sido cultivadas por siglos. Los signos de mezclado por labranzas, evidencias de encalado (e.g. restos de pedazos de cal aplicada) y su color oscuro son los principales criterios para reconocerlos.

### **Relaciones con otros horizontes**

Los horizontes átricos pueden parecerse o superponerse con horizontes *mólico* o *úmbrico*. Los horizontes átricos pueden haberse desarrollado a partir de horizontes *úmbricos* a través de la intervención humana. Como han sido encalados por un período de tiempo considerable, su saturación con bases es alta. Esto los aparta de los horizontes *úmbricos*. La actividad biológica generalmente baja por debajo de la profundidad de labranza no es común en suelos con horizonte *mólico*.

### **Horizonte árgico**

#### **Descripción general**

El horizonte árgico (del latín *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 predominante de arcilla en el subsuelo;
- destrucción de arcilla en el horizonte superficial;
- erosión superficial selectiva de arcilla;
- movimiento ascendente de partículas más gruesas debido a expansión y contracción;
- actividad biológica;
- una combinación de dos o más de estos diferentes procesos.

La sedimentación de materiales superficiales que son más gruesos que el horizonte subsuperficial 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 horizonte árgico 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).

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte árgico:

1. textura franco arenosa o más fina y 8 por ciento o más arcilla en la fracción tierra fina; **y**
2. uno o ambos de los siguientes:
  - a. tiene, si hay presente un horizonte suprayacente de textura más gruesa que no está arado y no se separa del horizonte árgico por una *discontinuidad litológica*, más arcilla total que este horizonte suprayacente tal que:
    - i. si el horizonte suprayacente tiene menos de 15 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte árgico debe contener por lo menos 3 por ciento más arcilla; **o**
    - ii. si el horizonte suprayacente tiene 15 por ciento o más pero menos de 40 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina, la relación entre arcilla en el horizonte árgico a la del horizonte suprayacente debe ser 1.2 o más; **o**
    - iii. si el horizonte suprayacente tiene 40 por ciento o más arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte árgico debe tener por lo menos 8 por ciento más arcilla; **o**

- b. tiene evidencia de iluviación de arcilla en una o más de las siguientes formas:
  - i. arcilla orientada formando puentes entre granos de arena; **o**
  - ii. barnices de arcilla revistiendo poros; **o**
  - iii. barnices de arcilla en ambas superficies vertical y horizontal de los agregados; **o**
  - iv. en cortes delgados, los cuerpos de arcilla orientada constituyen 1 por ciento o más del corte; **o**
  - v. un coeficiente de extensibilidad linear (COLE) de 0.04 o mayor, y una relación de arcilla fina<sup>6</sup> a arcilla total en el horizonte árgico mayor en 1.2 veces o más que la relación en el horizonte suprayacente de textura más gruesa; **y**
- 5. tiene, si hay presente un horizonte de textura más gruesa que no está arado y no está separado del horizonte árgico por una *discontinuidad litológica*, un incremento en el contenido de arcilla dentro de una distancia vertical como una de las siguientes:
  - a. 30 cm, si hay evidencia de iluviación de arcilla; **o**
  - b. 15 cm; **y**
- 6. no forma parte de un horizonte *nátrico* horizon; **y**
- 7. tiene un espesor de un décimo o más de la suma de los espesores de todos los horizontes suprayacentes, si están presentes, y uno de los siguientes:
  - a. 7.5 cm o más, si no está completamente compuesto por lamelas (que tengan 0.5 cm o más de espesor) y la textura es más fina que arenoso franco; **o**
  - b. 15 cm o más (espesor combinado, si está compuesto completamente por lamelas que tengan 0.5 cm o más de espesor).

### **Identificación de campo**

La diferenciación textural es el rasgo principal para reconocer el horizonte árgico. La naturaleza iluvial puede establecerse usando una lupa de mano de 10× si ocurren barnices de arcilla sobre las superficies de los agregados, en fisuras, en poros y en canales – el horizonte árgico iluvial debe mostrar barnices de arcilla en por lo menos 5 por ciento de ambas caras vertical y horizontal de los agregados y en los poros.

Los barnices de arcilla con frecuencia son difíciles de detectar en suelos expandibles. La presencia de barnices de arcilla en posiciones protegidas, e.g. en poros, cumple los requerimientos para 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 fina/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.

### **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 la arcilla y el 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 CIC efectiva (CICE) bajas, un bajo

<sup>6</sup> Arcilla fina: diámetro equivalente < 0.2 µm.

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, prevalece un horizonte árgico 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 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.

Los horizontes árgicos no tienen la saturación con sodio característica del horizonte *nátrico*.

Los horizontes árgicos en suelos frescos y húmedos, bien drenados, de las mesetas altas y montañas de regiones tropicales y subtropicales, pueden ocurrir asociados con horizontes *sómbricos*.

### Horizonte cálcico

#### *Descripción general*

El horizonte cálcico (del latín *calx*, calcáreo) es un horizonte en el cual se ha acumulado carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) secundario o bien en forma difusa (carbonato de calcio presente sólo en forma de partículas finas de menos de 1 mm, dispersadas 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. 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, se utiliza el calificador hipercálcico.

#### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte cálcico tiene:

1. un contenido de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina de 15 por ciento o más; y
2. 5 por ciento o más (en volumen) de *carbonatos secundarios* o un equivalente de carbonato de calcio de 5 por ciento o más más alto (absoluto, en masa) que el de una capa subyacente; y
3. un espesor de 15 cm o más.

#### *Identificación en el campo*

El carbonato de calcio puede identificarse en el campo usando una solución de ácido clorhídrico 1 M (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. Cuando se desarrolla espuma luego de agregar HCl 1M, esto indica un carbonato de calcio equivalente próximo o mayor del 15 por ciento.

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

- colores blanco, rosado a rojizo, o gris (si no está superpuesto con horizontes ricos en carbono orgánico)
- una baja porosidad (la porosidad inter-agregados generalmente es menor que la del horizonte inmediatamente por encima y, posiblemente, también menor que la del horizonte inmediatamente por debajo).

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

#### *Características adicionales*

La determinación de la cantidad de carbonato de calcio (en masa) 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 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) permite diferenciar acumulaciones con un carácter básico (*cálcico*) (pH 8.0 - 8.7) debido al predominio de

CaCO<sub>3</sub>, de aquellas con un carácter ultrabásico (*no-cálcico*) (pH >8.7) debido a la presencia de MgCO<sub>3</sub> o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

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 (pseudomorfo de calcita por cuarzo), 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, tales como smectitas, 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 (pero no en todos lados) 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 pedogenético son de tamaño mucho más pequeños.

### **Horizonte cámbico**

#### **Descripción general**

El horizonte cámbico (del italiano *cambiare*, cambiar) es un horizonte subsuperficial que muestra evidencias de alteración respecto de horizontes subyacentes.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte cámbico:

1. tiene una textura en la fracción tierra fina de arenosa muy fina, franco arenosa muy fina<sup>7</sup>, o más fina.; **y**
2. tiene estructura del suelo **o** ausencia de estructura de roca<sup>8</sup> en la mitad o más del volumen de la tierra fina; **y**
3. muestra evidencia de alteración en una o más de las siguientes formas:
  - a. croma Munsell más alto (húmedo), value más alto (húmedo), hue más rojo, o mayor contenido de arcilla que la capa subyacente o una capa suprayacente; **o**
  - b. evidencia de remoción de carbonatos<sup>9</sup> o yeso.; **o**
  - c. presencia de estructura de suelo **y** ausencia de estructura de roca en toda la fracción tierra fina, si los carbonatos y yeso están ausentes en el material originario y en el polvo que cae sobre el suelo; **y**
4. no forma parte de una capa de arado, no consiste de material *orgánico* y no forma parte de un horizonte *antrácuico, árgico, cálcico, dúrico, ferrálico, frágico, gípsico, hórtico, hidrárgico, irrágico, mólico, nátrico, nítico, petrocálcico, petrodúrico, petrogípsico, petroplántico, pisoplántico, plágico, plántico, sálico, sómbrico, spódico, úmbrico, térrico, vértico o vorónico*; **y**
5. tiene un espesor de 15 cm o más.

<sup>7</sup> Arenoso muy fino y franco arenoso muy fino: 50 por ciento o más de la fracción entre 63 y 125 µm.

<sup>8</sup> El término estructura de roca también se aplica a sedimentos no consolidados en los cuales todavía es visible la estratificación.

<sup>9</sup> 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.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

El horizonte cámbico puede considerarse el predecesor de muchos otros horizontes de diagnóstico. Todos estos horizontes tienen propiedades específicas, tales como acumulación iluvial o residual, remoción de sustancias que no sean carbonato o yeso, acumulación de componentes solubles, o desarrollo de estructura de suelo específica, que no son reconocidas en el horizonte cámbico.

En suelos frescos y húmedos, libremente drenados, de las mesetas altas y montañas en regiones tropicales y subtropicales pueden ocurrir asociados con horizontes sómbricos.

### **Horizonte críico**

#### **Descripción general**

El horizonte críico (del griego *kryos*, frío, hielo) es un horizonte del suelo permanentemente congelado en materiales *minerales* u *orgánicos*.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte críico tiene:

1. continuamente por dos o más años consecutivos, uno de los siguientes:
  - a. hielo masivo, cementación por hielo o cristales de hielo fácilmente visibles; *o*
  - b. una temperatura del suelo de 0 °C o menos y agua insuficiente como para formar cristales de hielo fácilmente visibles; *y*
2. un espesor de 5 cm o más.

#### **Identificación de campo**

Los horizontes críicos ocurren en áreas con permafrost<sup>10</sup> y muestran evidencias de segregación de hielo permanente, generalmente asociada con evidencia de procesos criogénicos (material de suelo mezclado, horizontes disturbados, involuciones, intrusiones orgánicas, levantamientos por helada, separación de materiales gruesos de los finos, grietas, rasgos superficiales en patrones, tales como lomas de tierra, montones por helada, círculos de piedras, rayas, redes y polígonos) por encima del horizonte críico o en la superficie del suelo.

Los suelos que contienen agua salina no se congelan a 0 °C. Para desarrollar un horizonte críico, tales suelos deben estar suficientemente fríos como para congelarse.

Para identificar rasgos de crioturbación, clasificación o contracción térmica, un perfil de suelo debería intersectar diferentes elementos de terreno en patrones, si lo hay, o ser mayor que 2 m.

Los ingenieros distinguen entre permafrost *cálido* y *frío*. El permafrost *cálido* tiene una temperatura mayor de -2 °C y debe considerarse inestable. El permafrost *frío* tiene una temperatura de -2 °C o menor y puede usarse con mayor seguridad para propósitos de construcción siempre que la temperatura permanezca bajo control.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Los horizontes críicos pueden conllevar características de horizontes *hístico*, *fólico* o *spódico*, y pueden ocurrir en asociación con horizontes *sálico*, *cálcico*, *mólico* o *úmbrico*. En regiones áridas frías, pueden encontrarse horizontes *yérmicos* asociados con horizontes críicos.

### **Horizonte dúrico**

#### **Descripción general**

El horizonte dúrico (del latín *durus*, duro) es un horizonte subsuperficial que presenta nódulos o concreciones débilmente cementados hasta endurecidos por sílice (SiO<sub>2</sub>), presumiblemente en forma de ópalo y formas microcristalinas de sílice (*durinodes*). Los durinodes con frecuencia tienen revestimientos de carbonato que tienen que ser removidos con HCl antes de disgregar los durinodes con hidróxido de potasio (KOH).

---

<sup>10</sup> Permafrost: capa de suelo o roca, a alguna profundidad debajo de la superficie, en la cual la temperatura ha estado continuamente por debajo de 0 °C por lo menos algunos años. Existe donde el calentamiento de verano no alcanza a llegar a la base del terreno congelado. Arctic Climatology and Meteorology Glossary, National Snow and Ice Data Center, Boulder, USA (<http://nsidc.org>).

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte dúrico tiene:

1. 10 por ciento o más (en volumen) de nódulos enriquecidos en sílice (durinodes) débilmente cementados hasta endurecidos o fragmentos de un horizonte petrodúrico roto que muestre todo lo siguiente:
  - a. cuando secos al aire, menos del 50 por ciento se disgregan en HCl 1 M aún luego de remojado prolongado, pero 50 por ciento o más se disgrega en KOH concentrado, NaOH concentrado o alternando ácido y álcali; 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. 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 los horizontes dúricos puede gradar en horizontes *frágicos*.

**Horizonte ferrálico****Descripción general**

El horizonte ferrálico (del latín *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 hidratados de Fe, Al, Mn y titanio (Ti).

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte ferrálico:

1. tiene un tamaño de partícula franco arenoso o más fino y menos del 80 por ciento (en volumen) de gravas, piedras, nódulos pisoplínticos o gravas petroplínticas; y
2. tiene una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de menos de 16 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de arcilla<sup>11</sup> y una CICE (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 M) menor de 12 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de arcilla; y
3. menos del 10 por ciento de arcilla dispersable en agua, a menos que tenga uno o ambos de los siguientes:
  - a. propiedades *géricas*; o
  - b. 1.4 por ciento o más de carbono orgánico; y
4. menos del 10 por ciento (por recuento de granos) de minerales meteorizables<sup>12</sup> en la fracción de 0.05–0.2 mm; y
5. no tiene propiedades *ándicas* o *vítricas*; y
6. tiene un espesor de 30 cm o más.

<sup>11</sup> Ver Anexo 1.

<sup>12</sup> Ejemplos de minerales que están incluidos en el significado de *minerales meteorizables* son todos los filosilicatos 2:1, clorita, sepiolita, palygorskita, alofano, filosilicatos trioctaédricos 1:1 (serpentinias), feldespatos, feldespatoides, minerales ferromagnésicos, vidrio, zeolitas, dolomita y apatita. La intención del término *minerales meteorizables* es incluir aquellos minerales que son inestables en climas húmedos comparados con otros minerales, tales como cuarzo y arcillas 1:1, pero que son más resistentes a la meteorización que la calcita (Soil Survey Staff 2003).

**Identificación de campo**

Los horizontes ferrálicos están asociados con geofomas antiguas y estables. La macroestructura parece moderada a débil a primera vista pero los horizontes ferrálicos típicos tienen una fuerte microagregación. La consistencia es generalmente friable; el material de suelo disgregado, seco, fluye como harina entre los dedos. Los terrones de horizontes ferrálicos usualmente son relativamente livianos en peso por la baja densidad aparente, muchos horizontes ferrálicos dan sonido a hueco al palmearlos, indicando porosidad elevada.

Generalmente faltan rasgos de iluviación y tensión tales como barnices de arcilla y caras de presión. 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. La textura que es franco arenosa o más fina en la fracción tierra fina y tiene menos de 80 por ciento (en volumen) de gravas, piedras, nódulos pisoplínticos o grava petroplíntica.

**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<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> 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<sub>ox</sub>, Fe<sub>ox</sub>, Si<sub>ox</sub>) extractables en oxalato de amonio ácido (pH 3) en horizontes ferrálicos es muy bajo, lo que lo separa de los horizontes *níticos* y capas con propiedades *ándicas* o *vítricas*. 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 ditionita-citrato. Las propiedades *vítricas* requieren un contenido de Al<sub>ox</sub> + ½Fe<sub>ox</sub> de por lo menos 0.4 por ciento, y propiedades *ándicas* por lo menos del 2 por ciento.

La interfase con el horizonte *cámbico* está formado por los requisitos de CIC/CICE//minerales meteorizables. Algunos horizontes cámbicos tienen baja CIC; sin embargo, la cantidad de minerales meteorizables (o, alternativamente, la RTB) 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.

Los horizontes ferrálicos en suelos frescos y húmedos, libremente drenados de las mesetas altas y montañas en regiones tropicales y subtropicales pueden ocurrir asociados con horizontes *sómbricos*.

**Horizonte férrico****Descripción general**

The horizonte férrico (del latín *ferrum*, hierro) es un horizonte en el cual la segregación de Fe, o Fe y manganeso (Mn), ha tenido lugar en tal grado que se forman grandes moteados o nódulos discretos y la matriz entre moteados y entre nódulos está muy empobrecida en Fe. 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 tiene:

1. tiene uno o ambos de los siguientes:
  - a. 15 por ciento o más del área expuesta ocupada por moteados gruesos con hue Munsell más rojos que 7.5YR y croma más de 5, húmedo; **o**
  - b. 5 por ciento o más del volumen que consiste de nódulos discretos rojizos a negruzcos, con un diámetro de 2 mm o más, con por lo menos el exterior de los nódulos estando por lo menos débilmente cementado o endurecido y teniendo el exterior hues más rojos o croma más fuerte que el interior; **y**

2. no forma parte de un horizonte *petroplántico*, *pisoplántico* o *plántico*;
3. tiene un espesor de 15 cm o más.

#### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Si la cantidad de nódulos débilmente cementados alcanza el 15 por ciento o más (en volumen) y los éstos se endurecen irreversiblemente hacia nódulos duros o *hardpan* o agregados irregulares por exposición a humedecimiento y secado repetidos con libre acceso de oxígeno, el horizonte se considera un horizonte *plántico*. Por eso, los horizontes férricos pueden, en regiones tropicales o subtropicales, gradar lateralmente en horizontes *plánticos*. Si la cantidad de nódulos duros alcanza el 40 por ciento o más, es un horizonte *pisoplántico*.

### **Horizonte fólico**

#### **Descripción general**

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

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte fólico consiste de material *orgánico* que:

1. está saturado con agua por menos de 30 días consecutivos en la mayoría de los años; y
2. tiene un espesor de 10 cm o más.

#### **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 latín *frangere*, romper) es un horizonte subsuperficial natural no cementado con agregación y un patrón de 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:

1. muestra evidencia de alteración<sup>13</sup>, por lo menos en las caras de unidades estructurales; las separaciones entre estas unidades, que permiten la entrada de raíces, tienen un espaciado horizontal de 10 cm o más; y
2. contiene menos del 0.5 por ciento (en masa) de carbono orgánico; y
3. muestra en el 50 por ciento o más del volumen disgregación o fractura de un terrón seco al aire, de 5-10 cm de diámetro, dentro de los 10 minutos cuando se lo coloca en agua; y
4. no se cementa por humedecimiento y secado repetidos; y
5. tiene una resistencia a la penetración en capacidad de campo de 4 MPa o más en 90 por ciento o más del volumen, y
6. no muestra efervescencia luego de agregar solución de HCl 1 M; y
7. tiene un espesor de 15 cm o más.

#### **Identificación de campo**

Un horizonte frágico tiene una estructura prismática y/o en bloques. Las partes interiores de los prismas pueden tener una porosidad total relativamente alta pero, como resultado de una corteza externa densa, no existe continuidad entre los poros dentro de agregados y los poros y fisuras entre agregados. El resultado es un sistema de caja cerrada con 90 por ciento o más del volumen del suelo no puede ser explorado por raíces y está aislado del agua de percolación.

Es esencial que el volumen de suelo requerido se mida a partir de ambos cortes vertical y horizontal; los cortes horizontales frecuentemente revelan estructuras poligonales. Tres o cuatro de

<sup>13</sup> Como se define en el horizonte cámbico.

tales polígonos (o un corte de hasta 1 m<sup>2</sup>) son suficientes para probar la base volumétrica para la definición del horizonte frágico.

Las superficies entre agregados tienen características de color, mineralógicas y químicas de un horizonte eluvial u horizonte *álbico*, o cumplen los requisitos de *lenguas albelúvicas*. En presencia de agua freática fluctuante, esta parte del suelo se empobrece en Fe y Mn. Una acumulación de Fe concomitante se observa a nivel de la superficie de agregados y ocurrirán acumulaciones de Mn bien 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 bajo presión más que a sufrir deformación paulatina.

El horizonte frágico tiene poca actividad de fauna excepto, ocasionalmente, entre los polígonos.

#### **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 *condiciones reductoras* y un *patrón de color stágnico*.

### **Horizonte fúlvico**

#### **Descripción general**

El horizonte fúlvico (del latín *fulvus*, amarillo oscuro) es un horizonte espeso, de color oscuro, en o cerca de la superficie, que está típicamente asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (generalmente alofano) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene materia orgánica muy humificada que presenta una baja proporción de ácidos húmicos respecto de ácidos fúlvicos, comparado con el horizonte *melánico*.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte fúlvico tiene:

1. propiedades *ándicas*; **y**
2. uno o ambos de los siguientes:
  - a. un value Munsell o croma (húmedo) de más de 2; **o**
  - b. un índice melánico<sup>14</sup> de 1.7 o más; **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 30 cm o más con menos de 10 cm de material "no fúlvico" entre medio.

#### **Identificación de campo**

Cuando es pardo oscuro, el horizonte fúlvico es fácilmente identificable por su color, espesor, así como su asociación típica, aunque no exclusiva<sup>15</sup>, con depósitos piroclásticos. La distinción entre el horizonte *fúlvico* y el *melánico* negruzcos se hace luego de determinar el índice melánico, el cual requiere análisis de laboratorio.

### **Horizonte gípsico**

#### **Descripción general**

El horizonte gípsico (del griego *gypsos*, yeso) es un horizonte comúnmente no cementado que contiene acumulaciones secundarias de yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) en diversas formas. Si la acumulación de yeso se vuelve tal que desaparecen todas o la mayoría de las estructuras pedológicas y/o litológicas y predominan concentraciones continuas de yeso, se usa el calificador Hipergípsico.

<sup>14</sup> Ver Anexo 1.

<sup>15</sup> Los horizontes fúlvicos también pueden encontrarse en suelos de tipo aluándico derivados de otros materiales que no sean piroclásticos.

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte gípsico tiene:

1. 5 por ciento<sup>16</sup> o más de yeso y 1 por ciento o más (en volumen) de yeso secundario visible; y
2. un producto de espesor (en centímetros) por el contenido de yeso (porcentaje) de 150 o más; y
3. un espesor de 15 cm o más.

**Identificación de campo**

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

Los cristales de yeso pueden confundirse con cuarzo. El yeso es blando y puede romperse fácilmente entre el pulgar y el índice. El cuarzo es duro y no puede romperse excepto a martillazos.

Los horizontes gípsicos pueden estar asociados con horizontes *cálcicos* pero generalmente 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 gípsicos 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 *cálcicos* 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* pobremente aireado.

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte hístico consiste de material orgánico que:

1. está saturado con agua por 30 días consecutivos o más en la mayoría de los años (a menos que esté drenado); y
2. tiene un espesor de 10 cm o más. Si la capa con material *orgánico* tiene menos de 20 cm de espesor, los primeros 20 cm del suelo luego de mezclados, o si hay roca continua presente dentro de los 20 cm de profundidad, todo el suelo por encima después de mezclado, debe tener 20 por ciento o más de carbono orgánico.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

El horizonte *fólico* tiene características similares al horizonte hístico; sin embargo, el *fólico* está saturado con agua por menos de un mes en la mayoría de los años. Además, la composición del horizonte hístico generalmente es diferente a la del *fólico* ya que la cubierta vegetal es diferente.

<sup>16</sup> El porcentaje de yeso también puede calcularse como el producto del contenido de yeso, expresado en  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de suelo, y la masa equivalente de yeso (86) expresada como porcentaje.

El límite inferior del contenido de carbono orgánico, que varía desde 12 por ciento (20 por ciento de materia orgánica) a 18 por ciento de carbono orgánico (30 por ciento de materia orgánica), separa al horizonte hístico de los horizontes *mólico* o *úmbrico*, que tienen estos contenidos como límites superiores.

Los horizontes hísticos con menos de 25 por ciento de carbono orgánico pueden tener propiedades *ándicas* o *vítricas*.

### Horizonte hórtico

#### Descripción general

Un horizonte hórtico (del latín *hortus*, jardín) es un horizonte mineral superficial inducido por el hombre que resulta de labranza profunda, fertilización intensiva y/o aplicación continua y prolongada de residuos humanos y animales y otros residuos orgánicos (e.g. abonos, desechos culinarios y heces humanas).

#### Criterios de diagnóstico

Un horizonte hórtico es un horizonte superficial mineral y tiene:

1. un value Munsell y croma (húmedo) de 3 o menos; **y**
2. un contenido medio ponderado de carbono orgánico de 1 por ciento o más; **y**
3. un contenido de  $P_2O_5$  extractable en  $NaHCO_3$ <sup>17</sup> 0.5 M de 100 mg kg<sup>-1</sup> tierra fina o más en los primeros 25 cm<sup>18</sup>; **y**
4. una saturación con bases (por  $NH_4OAc$  1 M) de 50 por ciento o más; **y**
5. 25 por ciento (en volumen) o más de poros de fauna, coprolitos u otras trazas de actividad de fauna del suelo; **y**
6. un espesor de 20 cm o más.

#### Identificación de campo

El horizonte hórtico está profundamente mezclados. Son comunes los restos de alfarería y otros artefactos aunque con frecuencia desgastados. Puede haber marcas de labranzas o evidencias de mezclado del suelo.

#### Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico

Los horizontes hórticos se parecen mucho a los horizontes *mólicos*. Por lo tanto, la influencia humana debe establecerse claramente para separar los dos horizontes de diagnóstico.

### Horizonte hidrágrico

#### Descripción general

Un horizonte hidrágrico (del griego *hydor*, agua, y latín *ager*, campo) es un horizonte subsuperficial inducido por el hombre asociado con labranza inundada.

#### Criterios de diagnóstico

Un horizonte hidrágrico está asociado con labranza inundada y tiene:

1. uno o más de los siguientes:
  - a. revestimientos de Fe o Mn o concreciones de Fe o Mn; **o**
  - b. Fe extractable con ditionita-citrato 2 veces o más, o Mn extractable con ditionita-citrato 4 veces o más que el del horizonte superficial; **o**
  - c. zonas empobrecidas redox con Munsell value 4 o más y croma de 2 o menos (ambos en húmedo) en macroporos; **y**
2. un espesor de 10 cm o más.

#### Identificación de campo

The horizonte hidrágrico ocurre debajo de la capa enlodada (puddled) y del pan de arado de un horizonte antrácuico. Tiene rasgos de reducción en poros, tales como revestimientos o halos con un hue de 2.5 Y o más amarillo y un croma (húmedo) de 2 o menos, o segregaciones de Fe y/o

<sup>17</sup> Conocido como el método de rutina de Olsen (Olsen *et al.*, 1954).

<sup>18</sup> Gong *et al.*, 1997.

Mn en la matriz como resultado de ambiente oxidativo. Generalmente muestra cutanes grises de arcilla-limo fino y arcilla-limo-humus sobre las caras de los agregados.

### **Horizonte irrágrico**

#### ***Descripción general***

El horizonte irrágrico (del latín *irrigare*, regar, y *ager*, campo) es un horizonte superficial mineral inducido por el hombre que se forma gradualmente a través de la aplicación continua de agua de riego con cantidades sustanciales de sedimentos, y que puede incluir fertilizantes, sales solubles, materia orgánica, etc.

#### ***Criterios de diagnóstico***

Un horizonte irrágrico es un horizonte superficial mineral y tiene:

1. una capa superficial de textura uniforme; **y**
2. un mayor contenido de arcilla, particularmente arcilla fina, que el suelo original subyacente; **y**
3. diferencias relativas entre arena media, fina y muy fina, arcilla y carbonatos menos del 20 por ciento entre partes dentro del horizonte; **y**
4. un contenido medio ponderado de carbono orgánico de 0.5 por ciento o más, disminuyendo con la profundidad pero que permanece en 0.3 por ciento o más en el límite inferior del horizonte irrágrico; **y**
5. 25 por ciento (en volumen) o más de poros de fauna, coprolitos u otras trazas de actividad de fauna del suelo; **y**
6. un espesor de 20 cm o más.

#### ***Identificación de campo***

Los suelos con un horizonte irrágrico muestran evidencias de levantamiento de la superficie, el cual puede inferirse por observación de campo o por registros históricos. The horizonte irrágrico muestra evidencias de actividad biológica considerable. El límite inferior es claro y por debajo pueden presentarse depósitos de riego o suelos enterrados.

#### ***Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico***

Los horizontes irrágricos difieren de los materiales *flúvicos* en que carecen de evidencias de estratificación debido a la arada continua..

### **Horizonte melánico**

#### ***Descripción general***

El horizonte melánico (del griego *melas*, negro) es un horizonte espeso, negro, en o cerca de la superficie, que está típicamente asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (comúnmente alofano) o con complejos órgano-aluminio. Tiene baja densidad aparente y contiene materia orgánica altamente humificada que muestra una baja relación ácidos fúlvico a ácidos húmicos, comparada con el horizonte *fúlvico*.

#### ***Criterios de diagnóstico***

Un horizonte melánico tiene:

1. propiedades *ándicas*; **y**
2. un value Munsell y croma (ambos en húmedo) de 2 o menos; **y**
3. un índice melánico<sup>19</sup> de menos de 1.70; **y**
4. un promedio ponderado de 6 por ciento o más de carbono orgánico, y 4 por ciento o más carbono orgánico en todas sus partes; **y**
5. espesor acumulado de 30 cm o más con menos de 10 cm de material no melánico entre medio.

#### ***Identificación de campo***

El color negro intenso, su espesor, así como su asociación usual con depósitos piroclásticos ayudan a reconocer al horizonte melánico en el campo. Sin embargo, se necesitan análisis de

---

<sup>19</sup> Ver Anexo 1.

laboratorio para determinar el tipo de materia orgánica para identificar inequívocamente el horizonte melánico.

### Horizonte mólico

#### *Descripción general*

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

#### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte mólico, después de mezclar los primeros 20 cm del suelo mineral o, si hay presente *roca continua*, un horizonte *crúico*, *petrocálcico*, *petroútrico*, *petrogípsico* o *petroplúntico* dentro de los 20 cm de la superficie del suelo mineral, todo el suelo mineral por encima, tiene:

1. una estructura del suelo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez masivo y duro o muy duro en seco tanto en la parte mezclada como en la subyacente no mezclada si el espesor mínimo es más de 20 cm (prismas 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 croma de 3 o menos en húmedo, un value de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco en muestras rotas tanto en la parte mezclada como en la no mezclada si el espesor mínimo es más de 20 cm. Si hay 40 por ciento o más de calcáreo finamente dividido, se omiten los límites del value en seco; el value, húmedo, es 5 o menos. El value es una unidad o más oscuro que el material parental (ambos húmedo y seco), a menos que el material parental tenga un value de 4 o menos, húmedo, en cuyo caso se omite el requerimiento de contraste de color. Si el material parental no está presente, la comparación debe hacerse con la capa inmediatamente subyacente al horizonte superficial;  
y
3. un contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento o más tanto en la parte mezclada como en la parte subyacente no mezclada si el espesor mínimo es mayor de 20 cm. El contenido de carbono orgánico es 2.5 por ciento o más si los requerimientos de color son omitidos por calcáreo finamente dividido, o 0.6 por ciento más que en el material parental si los requerimientos de color se omiten debido a materiales parentales de color oscuro; y
4. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M) de 50 por ciento o más en promedio ponderado en todo el espesor del horizonte; y
5. un espesor de uno de los siguientes:
  - a. 10 cm o más si está directamente por encima de *roca continua* o un horizonte *crúico*, *petrocálcico*, *petrodútrico*, *petrogípsico* o *petroplúntico*; o
  - b. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite superior de *roca continua*, o un horizonte *calcáreo*, *crúico*, *gípsico*, *petrocálcico*, *petrodútrico*, *petrogípsico*, *petroplúntico* o *sálico* horizon o material *calcáreo*, *flúvico* o *gipsírico* dentro de los 75 cm; o
  - c. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite inferior del horizonte de diagnóstico más profundodentro de los 75 cm y, si hay alguno, por encima de cualquiera de los horizontes o materiales de diagnóstico listados en b.; o
  - d. 25 cm o más.

#### *Identificación de campo*

Un horizonte mólico puede identificarse fácilmente por su color oscuro causado por la acumulación de material orgánica, estructura bien desarrollada (generalmente una estructura granular o en bloques subangulares finos), un indicio de alta saturación con bases (e.g.  $\text{pH}_{\text{water}} > 6$ ), 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 del contenido de carbono orgánico varía de 12 por ciento (20 por ciento de material orgánica) a 18 por ciento de carbono orgánico (30 por ciento de material orgánica), que es el límite inferior del horizonte hístico, o 20 por ciento, el límite inferior del horizonte fólico.

Un tipo especial de horizonte mólico es el horizonte vorónico. Tiene un mayor contenido de carbono orgánico (1.5 por ciento o más), una estructura específica (granular o bloques subangulares finos), un color muy oscuro en sup arte superior, una actividad biológica elevada, y un espesor mínimo de 35 cm.

### **Horizonte nátrico**

#### **Descripción general**

El horizonte nátrico (del árabe *natroon*, sal) es un horizonte subsuperficial denso con mayor contenido de arcilla evidente que el o los horizontes suprayacentes. Tiene un alto contenido de Na y/o Mg intercambiables.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte nátrico:

1. tiene una textura de arenoso franco o más fina y 8 por ciento o más arcilla en la fracción tierra fina fraction; **y**
2. uno o ambos de los siguientes:
  - a. si hay presente un horizonte suprayacente de textura más gruesa que no esté arado y no está separado del horizonte nátrico por una *discontinuidad litológica*, tiene más arcilla que este horizonte suprayacente tal que:
    - i. si el horizonte suprayacente tiene menos del 15 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico debe tener por lo menos 3 por ciento más arcilla; **o**
    - ii. si el horizonte suprayacente tiene 15 por ciento o más y menos del 40 por ciento de arcilla en la fracción tierra fina, la relación de arcilla en el horizonte nátrico a la del horizonte suprayacente debe ser 1.2 o más; **o**
    - iii. si el horizonte suprayacente tiene 40 por ciento o más de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico debe tener por lo menos 8 por ciento más arcilla; **o**
  - b. tiene evidencia de iluviación de arcilla en una o más de las siguientes formas:
    - i. arcilla orientada uniendo los granos de arena; **o**
    - ii. películas de arcilla revistiendo poros; **o**
    - iii. películas de arcilla en ambas superficies vertical y horizontal de los agregados del suelo; **o**
    - iv. en cortes delgados, cuerpos de arcilla orientada que constituyen 1 por ciento o más del corte; **o**
    - v. un COLE de 0.04 o mayor, y una relación de arcilla fina<sup>20</sup> a arcilla total en el horizonte nátrico mayor por 1.2 veces o más que la relación en el horizonte suprayacente de textura más gruesa; **y**
3. si hay presente un horizonte suprayacente de textura más gruesa que no esté arado y no está separado del horizonte nátrico por una *discontinuidad litológica*, tiene un incremento en el contenido de arcilla dentro de una distancia vérticoal de 30 cm; **y**
4. tiene uno o más de los siguientes:
  - a. una estructura columnar o prismática en alguna parte del horizonte; **o**
  - b. una estructura en bloques con lenguas de un horizonte suprayacente de textura más gruesa en el cual hay granos no revestidos de limo o arena, que se extiende 2.5 cm o más dentro del horizonte nátrico; **o**
  - c. una apariencia masiva; **y**

<sup>20</sup> Arcilla fina: diámetro equivalente < 0.2 µm.

5. tiene un porcentaje de Na intercambiable (PSI<sup>21</sup>) de 15 o más dentro de los primeros 40 cm, o más Mg más Na intercambiables que Ca más acidez intercambiable (a pH 8.2) dentro de la misma profundidad si la saturación con Na intercambiable es 15 por ciento o más en algún subhorizonte dentro de los 200 cm de la superficie del suelo; y
6. tiene un espesor de un décimo o más de la suma de los espesores de todos los horizontes minerales suprayacentes, si están presentes, y uno de los siguientes:
  - a. 7.5 cm o más, si no está compuesto enteramente por lamelas (que tienen 0.5 cm o más de espesor) y la textura es más fina que arenoso fino; **o**
  - b. 15 cm o más (espesor combinado, si está enteramente compuesto por lamellas que tienen 0.5 cm o más de espesor).

### **Identificación de 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 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, especialmente en la parte superior del horizonte. Los horizontes nátricos tienen una estabilidad de agregados pobre 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 (H<sub>2</sub>O) es mayor de 8.5.

### **Características adicionales**

Los horizontes nátricos se caracterizan por un alto pH (H<sub>2</sub>O) 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 o más. El RAS se calcula a partir de datos de la solución del suelo (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> expresados en mmol<sub>c</sub>/litre):  $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0.5}$ .

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*. Puede haber presente un *horizonte álbico* entre la superficie y el horizonte nátrico.

<sup>o</sup>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 carbonatos/bicarbonatos.

La parte con humus iluvial del horizonte nátrico tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más, lo que lo separa del horizonte *sómbrico*.

## **Horizonte nítico**

### **Descripción general**

El horizonte nítico (del latín *nitidus*, brillante) es un horizonte subsuperficial rico en arcilla. Tiene una estructura poliédrica moderada a fuertemente desarrollada que rompe en elementos con bordes chatos o nuciformes con muchas caras de agregados brillantes, que no pueden, o sólo parcialmente, atribuirse a iluviación de arcilla.

### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte nítico tiene:

1. menos del 20 por ciento de cambio (relativo) en el contenido de arcilla, en 12 cm respecto de capas inmediatamente por encima y por debajo; y
2. todos los siguientes:

<sup>21</sup> PSI = Na intercambiable × 100/CIC (at pH 7).

- a. 30 por ciento o más de arcilla; **y**
- b. relación arcilla dispersable en agua/arcilla total menor de 0.10; **y**
- c. relación limo/arcilla menor de 0.40; **y**
3. estructura en bloques angulares moderada a fuerte, que rompe en elementos con bordes planos o nuciformes con caras de agregados brillantes. Las caras brillantes no están, o sólo están parcialmente, asociadas con barnices de arcilla; **y**
4. todos los siguientes:
  - a. 4.0 por ciento o más Fe extractable en ditionita-citrato (hierro *libre*) en la fracción tierra fina; **y**
  - b. 0.20 por ciento o más de Fe extractable en oxalato ácido (pH 3) (hierro *activo*) en la fracción tierra fina; **y**
  - c. una relación entre hierro *activo* y *libre* de 0.05 o más; **y**
5. un espesor de 30 cm o más.

### **Identificación de campo**

Un horizonte nítico tiene textura franco arcillosa o más fina. El cambio en contenido de arcilla con los horizontes supra- y subyacentes es gradual. Del mismo modo, no hay cambio abrupto de color con los horizontes por encima y por debajo. Los colores son de value y croma bajo con frecuente hue 2.5YR, pero a veces más rojo o más amarillo. La estructura es en bloques angulares moderada a fuerte que rompe en elementos con bordes planos o nuciformes con caras brillantes.

### **Características adicionales**

En muchos horizontes níticos la CIC (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M), es menor de  $36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de arcilla, o aún menor de  $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de arcilla<sup>22</sup>. La CICE (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 (ya sea caolinita y/o [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 una mineralogía esmectítica predominante. Sin embargo, los horizontes níticos pueden gradar lateralmente en horizontes *vérticos* en posiciones del paisaje más bajas. La estructura del suelo bien expresada, la elevada cantidad de hierro activo, y frecuente CIC intermedia en los horizontes níticos los separa de los horizontes *ferrálicos*.

Los horizontes níticos en suelos frescos y húmedos libremente drenados de mesetas altas y montañas, en regiones tropicales y subtropicales, pueden ocurrir asociados con horizontes sómbricos.

## **Horizonte petrocálcico**

### **Descripción general**

Un horizonte petrocálcico (del griego *petros*, roca, y latín *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 tiene:

1. fuerte efervescencia por el agregado de solución de HCl 1 M; **y**
2. endurecimiento o cementación, al menos parcialmente por carbonatos secundarios, hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y las raíces no pueden entrar excepto a lo largo de fracturas verticales (que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más y que ocupan menos del 20 por ciento [en volumen] de la capa; **y**

<sup>22</sup> Ver Anexo 1.

3. consistencia extremadamente dura en seco de modo que no puede ser penetrado por pala o barreno; y
4. un espesor de 10 cm o más, o 1 cm o más si es laminar y resta directamente sobre *roca continua*.

### **Identificación de campo**

Los horizontes petrocálcicos ocurren como calcretas no laminares (ya sea 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 rosado. Generalmente está más cementadas que la calcreta lamelar y 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 accesoria. 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 *gípsicos* o *etrogípsicos*.

## **Horizonte petrodúrico**

### **Descripción general**

Un horizonte petrodúrico (del griego *petros*, roca, y latín *durus*, duro), también conocido como duripán o dorbank (Sudáfrica), es un horizonte subsuperficial, generalmente de color rojizo o pardo rojizo, que está cementado principalmente por sílice secundaria ( $\text{SiO}_2$ , presumiblemente ópalo y formas microcristalinas de sílice). 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.

### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte petrodúrico:

1. cementación o endurecimiento en 50 por ciento o más (en volumen) 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. cuando seco al aire, menos del 50 por ciento (en volumen) que se disgrega en HCl 1 M aún después de remojo prolongado, pero 50 por ciento o más que se disgrega en KOH concentrado, NaOH 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 promedio de 10 cm o más y que ocupan menos del 20 por ciento [en volumen] de la capa); y
5. espesor de 1 cm o más.

### **Identificación de 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 1 M, 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 algunos otros horizontes de diagnóstico**

En climas áridos y secos los horizontes petrodúricos pueden ocurrir asociados con horizontes *petrocálcicos*, en los que pueden gradar lateralmente, 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

Un horizonte petrogípsico (del griego *petros*, roca, y *gypsos*) es un horizonte cementado que contiene acumulaciones secundarias de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

#### Criterios de diagnóstico

Un horizonte petrogípsico tiene:

1. 5 por ciento<sup>23</sup> o más de yeso y 1 por ciento o más (en volumen) de yeso secundario visible; y
2. endurecimiento o cementación al menos parcialmente por yeso secundario, hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y no pueden entrar las raíces excepto a lo largo de fracturas verticales (que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más y que ocupan menos del 20 por ciento [en volumen] de la capa); y
3. un espesor de 10 cm o más.

#### Identificación de campo

Los horizontes petrogípsicos son duros, blancuzcos y compuestos predominantemente por yeso. Los horizontes petrogípsicos antiguos pueden estar coronados por una capa laminar fina de yeso precipitado recientemente, de alrededor de 1 cm de espesor.

#### Características adicionales

El análisis de cortes delgados es una técnica útil 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 una 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 o antiguos poros. 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 *gípsico*, los dos están estrechamente ligados.

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

Un horizonte petroplíntico (del griego *petros*, roca, y *plinthos*, ladrillo) es una capa continua, fracturada o rota de material endurecido, en la cual el Fe (y en algunos casos también Mn) es un cemento importante y en la cual la materia orgánica está ausente, o sólo presente en trazas.

#### Criterios de diagnóstico

Un horizonte petroplíntico:

1. es una lámina continua, fracturada o rota de fuertemente cementados a endurecidos, conectados
  - a. nódulos rojizos a negruzcos; o
  - b. moteados rojizos, amarillentos a negruzcos en patrones laminar, poligonal o reticulado; y

<sup>23</sup> El porcentaje de yeso también puede calcularse como el producto del contenido de yeso, expresado en  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  suelo, y la masa equivalente de yeso (86) expresado como porcentaje.

2. Tiene una resistencia a la penetración<sup>24</sup> de 4.5 MPa o más en 50 por ciento o más del volumen; y
3. tiene una relación entre Fe extractable en oxalato ácido (pH 3) y Fe extractable en ditionita-citrato menor de 0.10<sup>25</sup>; y
4. tiene un espesor de 10 cm o más.

### **Identificación de 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 nodular interconectado, o reticulado, laminar o columnar que encierra material no endurecido. Pueden estar fracturados o rotos.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Los horizontes petroplínticos están estrechamente asociados con horizontes *plínticos* a partir de los cuales desarrollan. En algunos lugares, los horizontes *plínticos* pueden trazarse siguiendo capas petroplínticas, que se han formado, por ejemplo, en cortes de caminos.

La baja relación entre Fe extractable en oxalato ácido (pH 3) y Fe extractable en ditionita-citrato separa al horizonte petroplíntico de los panes de hierro, hierro de pantanos y horizontes *spódicos* endurecidos que ocurren, por ejemplo, en *Podzoles*, los que además contienen una buena cantidad de materia orgánica.

### **Horizonte pisoplíntico**

#### **Descripción general**

Un horizonte pisoplíntico (del latín *pisum*, arveja, guisante, y griego *plinthos*, ladrillo) contiene nódulos que están fuertemente cementados a endurecidos con Fe (y en algunos casos con Mn).

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte pisoplíntico tiene:

1. 40 por ciento o más del volumen ocupado por nódulos discretos, fuertemente cementados a endurecidos, rojizos a negruzcos con un diámetro de 2 mm o más; y
2. un espesor de 15 cm o más.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Un horizonte pisoplíntico es el resultado de un horizonte *plíntico* que se endurece en forma de nódulos discretos. La dureza y la cantidad de nódulos lo separa también del horizonte *férico*.

### **Horizonte plágico**

#### **Descripción general**

Un horizonte plágico (del holandés *plag*, tierra vegetal, *sod*) es un horizonte superficial mineral negro o pardo inducido por el hombre que se ha producido por abono continuo y prolongado. En tiempos medievales el heno y otros materiales se usaban comúnmente como cama para el Ganado y el abono se desparramaba en los campos de cultivo. Los materiales minerales aportados por este tipo de abonado eventualmente producían un horizontes engrosado (en algunos sitios tanto como 100 cm o más de espesor) que es rico en carbono orgánico. La saturación con bases es típicamente baja.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte plágico horizon es un horizonte superficial mineral y:

1. tiene una textura arenosa, arenosa franca, franco arenosa o franca, o una combinación de ellas; y
2. contiene *artefactos*, pero menos del 20 por ciento, tiene marcas de pala por debajo de 30 cm de profundidad u otras evidencias de actividad agrícola por debajo de 30 cm de profundidad; y

<sup>24</sup> Asiamah (2000). Desde este punto en adelante, el horizonte comenzará a endurecerse irreversiblemente.

<sup>25</sup> Estimado a partir de datos de Varghese y Byju (1993).

3. tiene colores Munsell con un value de 4 o menos, húmedo, 5 o menos, seco, y un croma de 2 o menos, húmedo; y
4. tiene un contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento o más; y
5. ocurre en superficies con tierras localmente levantadas; y
6. tiene un espesor de 20 cm o más.

#### **Identificación de campo**

El horizonte plágico tiene colores parduzcos o negruzcos, relacionados con el origen de los materiales iniciales. Su reacción es ligeramente a fuertemente ácida. Muestra evidencias de operaciones agrícolas como marcas de pala así como antiguas capas de cultivo. Los horizontes plágicos están por encima de suelos enterrados aunque la superficie original puede estar mezclada. El límite inferior es típicamente claro.

#### **Características adicionales**

En la mayoría de los casos la textura es arenosa o arenosa franca. Franco arenosa y franca son raras. El contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (extractable en ácido cítrico 1-por ciento) en horizontes plágicos puede ser alto, con frecuencia mayor de 0.25 por ciento dentro de los 20 cm desde la superficie, pero frecuentemente más del 1 por ciento. Debido al abandono de la práctica, los contenidos de fosfato pueden haber disminuido considerablemente, y ya no pueden tomarse como de diagnóstico para el horizonte plágico. Pueden observarse suelos enterrados en la base del horizonte aunque el mezclado puede oscurecer el contacto.

#### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Pocas características del suelo diferencian al horizonte *térrico* del plágico. Los horizontes *térricos* generalmente muestran una actividad biológica alta, tienen reacción del suelo neutra a ligeramente alcalina (pH [H<sub>2</sub>O] normalmente es mayor de 7.0), y pueden contener calcáreo libre.

El horizonte plágico tiene muchas características en común con horizontes *úmbricos*, y con frecuencia se requiere evidencia de actividad humana, tal como marcas de pala o elevación de la superficie para distinguir entre los dos..

### **Horizonte plíntico**

#### **Descripción general**

Un horizonte plíntico (del griego *plinthos*, ladrillo) es un horizonte subsuperficial que consiste de una mezcla rica en Fe (en algunos casos también rico en Mn), pobre en humus, de arcilla caolinítica (y otros productos de intensa meteorización tal como gibsita) con cuarzo y otros constituyentes, y que cambia irreversiblemente a una capa con nódulos duros, un pan duro (*hardpan*) o fragmentos irregulares por exposición repetida a mojado y secado con acceso libre de oxígeno.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte plíntico:

1. tiene dentro del 15 por ciento o más del volumen, solo o en combinación:
  - a. nódulos discretos que son firmes a débilmente cementados, con hue más rojo o croma más fuerte que el material que los rodea, y que cambian irreversiblemente a nódulos fuertemente cementados o endurecidos por exposición a mojado y secado repetidos con acceso libre de oxígeno; **o**
  - b. moteados en patrón laminar, poligonal o reticulado que son firmes a débilmente cementados, con hue más rojo o croma más fuerte que el material que los rodea, y que cambian irreversiblemente a nódulos fuertemente cementados o endurecidos por exposición a mojado y secado repetidos con acceso libre de oxígeno; **y**
2. no forma parte de un horizonte petroplíntico o pisoplíntico; **y**
3. tiene ambos:
  - a. 2.5 por ciento (en masa) o más de Fe extractable en ditionita-citrato en la fracción tierra fina o 10 por ciento o más en los nódulos o moteados; **y**

- b. una relación entre Fe extractable en oxalato ácido (pH 3) y Fe extractable en ditionita-citrato menor de  $0.10^{26}$ ; y
- 4. tiene un espesor de 15 cm o más.

### **Identificación de campo**

Un horizonte plíntico presenta nódulos o moteados prominentes en patrón laminar, poligonal, vesicular o reticulado. En un suelo permanentemente húmedo, muchos nódulos o moteados no son duros sino firmes o muy firmes y pueden cortarse con una pala. Estos no se endurecen irreversiblemente como resultado de un único ciclo de secado y rehumedecimiento pero humedecimiento y secado repetidos lo cambian irreversiblemente a nódulos duros o pan duro (*ironstone*) o agregados irregulares, especialmente si también está expuesto al calor del sol.

### **Características adicionales**

Los estudios micromorfológicos pueden revelar el grado de impregnación de la masa del suelo por Fe. El horizonte plíntico con nódulos se ha desarrollado bajo condiciones redoximórficas causadas por agua temporariamente estancada y muestra un *patrón de color stágnico*. El horizonte plíntico con moteados en patrón laminar, poligonal, vesicular o reticulado se ha desarrollado bajo condiciones oximórficas en la franja capilar del agua freática. En este caso, el horizonte plíntico muestra un *patrón de color gléyico* con colores oximórficos y en muchos casos tiene por debajo un horizonte blancuzco. En muchos horizontes plínticos, no hay *condiciones reductoras* prolongadas.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Si el horizonte plíntico endurece a una lámina continua (que luego puede romperse o fracturarse), se vuelve un horizonte *petroplíntico*. Si los nódulos alcanzan 40 por ciento o más del volumen y endurecen separadamente, se vuelve un horizonte *pisoplíntico*.

Si los nódulos o moteados que endurecen por exposición a humedecimiento y secado repetidos no alcanzan el 15 por ciento del volumen, éste puede ser un *horizonte férrico* si tiene 5 por ciento o más nódulos o 15 por ciento o más moteados cumpliendo ciertos requerimientos adicionales.

## **Horizonte sálico**

### **Descripción general**

El horizonte sálico (del latín *sal*, 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  $25^\circ\text{C}$ ).

### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte sálico tiene:

1. promediada en todo su espesor, en algún momento del año, una conductividad eléctrica del extracto de saturación ( $\text{CE}_e$ ) de  $15 \text{ dS m}^{-1}$  o más a  $25^\circ\text{C}$  en algún momento del año; **o** una  $\text{CE}_e$  de  $8 \text{ dS m}^{-1}$  o más a  $25^\circ\text{C}$  si el pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) del extracto de saturación es 8.5 o más; **y**
2. promediada en todo su espesor, en algún momento del año, un producto del espesor (en centímetros) por  $\text{CE}_e$  (en  $\text{dS m}^{-1}$ ) de 450 o más; **y**
4. un espesor de 15 cm o más.

### **Identificación de campo**

Sálicoornia, Tamarix, u otras plantas halófitas y cultivos tolerantes a sales son los primeros indicadores. Las capas afectadas por sales con frecuencia exhiben estructuras esponjosas. Las sales precipitan sólo después de la evaporación de la mayor parte de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, las sales pueden no estar visibles.

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

<sup>26</sup> Estimado a partir de datos de Varghese y Byju (1993).

**Características adicionales**

En suelos alcalinos carbonatados una  $CE_e$  de 8 dS  $m^{-1}$  o más y un pH ( $H_2O$ ) de 8.5 o más son muy comunes.

**Horizonte sómbrico****Descripción general**

Un horizonte sómbrico (del francés *sombre*, oscuro) es un horizonte subsuperficial de color oscuro que contiene humus iluvial que no está asociado con Al ni dispersado por Na.

**Criterios de diagnóstico**

Un horizonte sómbrico:

1. tiene un valor o croma Munsell inferior que el horizonte suprayacente; **y**
2. tiene una saturación con bases (por  $NH_4OAc$  1 *M*) menor del 50 por ciento; **y**
3. muestra evidencia de acumulación de humus, por un mayor contenido de carbono orgánico respecto del horizonte suprayacente, o humus iluvial sobre la cara de los agregados o en poros visible en cortes delgados; **y**
4. no está por debajo de un horizonte *álbico*; **y**
5. tiene un espesor de 15 cm o más.

**Identificación de campo**

Se encuentran en subsuelos de color oscuro, asociados con suelos frescos y húmedos, bien drenados, de mesetas altas y montañas de regiones tropicales y subtropicales. Parecen horizontes enterrados pero, en contraste con muchos de éstos, los horizontes sómbricos siguen aproximadamente la forma de la superficie.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Los horizontes sómbricos pueden coincidir con horizontes *árgico*, *cámbico*, *ferrálico* o *nítico*. Los horizontes sómbricos pueden parecerse a horizontes *úmbrico*, *melánico* y *fúlvico*. Los horizontes *spódicos* se diferencian del horizonte sómbrico por su CIC de la fracción arcilla mucho más alta. La parte de humus iluvial de los horizontes *nátricos* tiene una saturación con bases (por  $NH_4OAc$  1 *M*) de más de 50 por ciento, que lo separa del horizonte sómbrico.

**Horizonte spódico****Descripción general**

El horizonte spódico (del griego *spodos*, ceniza de leña) es un horizonte subsuperficial que contiene sustancias amorfas iluviales compuestas de materia orgánica y Al, con o sin Fe. Los materiales iluviales se caracterizan por una alta carga pH dependiente, área superficial relativamente alta y elevada retención de agua

**Criterios de diagnóstico**

Un horizonte spódico:

1. tiene un pH (1:1 en agua) de menos de 5.9 en 85 por ciento o más del horizonte, a menos que el suelo sea cultivado; **y**
2. tiene un contenido de carbono orgánico de 0.5 por ciento o más o una densidad óptica del extracto de oxalato (DOEO) de 0.25 o más, por lo menos en alguna parte del horizonte; **y**
3. tiene uno o ambos de los siguientes:
  - a. un horizonte *álbico* directamente por encima del horizonte spódico y tiene, directamente debajo del horizonte *álbico*, uno de los siguientes colores Munsell, en húmedo (muestra apelmazada y suavizada):
    - i. un hue de 5 YR o más rojo; **o**
    - ii. un hue de 7.5 YR con un valor de 5 o menos y croma de 4 o menos; **o**
    - iii. un hue de 10 YR o neutro y un valor y un croma de 2 o menos; **o**
    - iv. un color 10 YR 3/1; **o**
  - b. con o sin un horizonte *álbico*, uno de los colores listados más arriba, o un hue de 7.5 YR, un valor de 5 o menos y croma de 5 o 6, ambos en húmedo (muestra apelmazada y suavizada), **y** uno o más de los siguientes:

- i. cementación por materia orgánica y Al con o sin Fe, en 50 por ciento o más del volumen y una consistencia muy firme o más firme en la parte cementada; **o**
  - ii. 10 por ciento o más de los granos de arena mostrando revestimientos agrietados; **o**
  - iii. 0.50 por ciento o más  $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}^{27}$  y un horizonte mineral suprayacente que tiene un valor menor de la mitad de esa cantidad; **o**
  - iv. un valor de DOEO de 0.25 o más, y un valor menor de la mitad de esa cantidad en un horizonte mineral suprayacente; **o**
  - v. 10 por ciento o más (en volumen) de lamelas de  $Fe^{28}$  en una capa de 25 cm o más de espesor; **y**
4. no forma parte de un horizonte *nátrico*; **y**
  5. tiene una relación  $C_{py}/OC^{28}$  y una  $C_f/C_{py}^4$  de 0.5 o más si ocurre debajo de material *téfrico* que cumple los requerimientos de un horizonte *álbico*; **y**
  6. tiene un espesor de 2.5 cm o más.

### Identificación de campo

Un horizonte spódico normalmente subyace a un horizonte *álbico* y tiene colores negro pardusco a pardo rojizo. Los horizontes spódicos también pueden caracterizarse por la presencia de un pan de hierro fino, por la presencia de esferitas orgánicas cuando débilmente desarrollados, o por la acumulación de Fe en forma lamelar.

### Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico

Los horizontes spódicos generalmente están asociados con horizontes *álbicos*, que los subyacen; puede haber un horizonte *ántrico*, *hórtico*, *plágico*, *térrico* o *úmbrico* por encima, con o sin un horizonte *álbico*.

Los horizontes spódicos en materiales volcánicos pueden también exhibir propiedades *ándicas*. Los horizontes spódicos en otros Podzoles pueden exhibir algunas características de las propiedades *ándicas*, pero normalmente tienen mayor densidad aparente. Para los propósitos de clasificación se da preferencia a la presencia de un horizonte spódico, a menos que esté enterrado a más de 50 cm, sobre la ocurrencia de propiedades *ándicas*.

Algunas capas con propiedades *ándicas* están cubiertas por eyecciones volcánicas relativamente jóvenes, de color claro, que cumplen los requerimientos de un horizonte *álbico*. En consecuencia, en numerosos casos, se necesitan pruebas analíticas para verificar la diferencia entre capas con propiedades *ándicas* y horizontes spódicos, en particular las pruebas de relación  $C_{py}$  a OC o  $C_f$  a  $C_{py}$ .

Similar a muchos horizontes spódicos, los horizontes *sómbricos* también contienen más materia orgánica que una capa suprayacente. Pueden diferenciarse uno de otro por la mineralogía de arcillas (la caolinita generalmente domina en horizontes *sómbricos*, mientras que la fracción arcilla de los horizontes spódicos contiene comúnmente cantidades significativas de vermiculita y clorita con intercapas de Al) y la mucho mayor CIC de la fracción arcilla de los horizontes spódicos.

De modo similar, los horizontes *plínticos*, que contienen grandes cantidades de Fe acumulado, están dominados por minerales de arcilla caoliníticos y, en consecuencia, tienen una mucho menor CIC de la fracción arcilla que la de los horizontes spódicos.

### Horizonte takírico

#### Descripción general

Un horizonte takírico (de las lenguas túrquicas *takyr*, tierra yerma) es un horizonte superficial de textura pesada que comprende una costra superficial y una parte inferior con estructura laminar. Ocurre bajo condiciones áridas en suelos periódicamente inundados.

<sup>27</sup>  $Al_{ox}$  y  $Fe_{ox}$ : hierro y aluminio extractable en oxalato ácido, respectivamente (Blakemore, Searle y Daly, 1981), expresados como porcentaje de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

<sup>28</sup> Las lamelas de hierro son bandas no cementadas de hierro iluvial de espesor menor de 2.5 cm.

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte takírico horizon tiene:

1. propiedades *arídicas*; **y**
2. una estructura laminar o masiva; **y**
3. una costra superficial que tiene **todas** las propiedades siguientes:
  - a. suficiente espesor de modo que no se enrosque completamente al secarse; **y**
  - b. grietas poligonales que se extienden 2 cm o más profundo cuando el suelo está seco; **y**
  - c. textura franco arcillosa, franco arcillo limosa o más fina; **y**
  - d. consistencia muy dura en seco, y consistencia plástica o muy plástica y adhesiva o muy adhesiva en mojado; **y**
  - e. una conductividad eléctrica ( $CE_e$ ) del extracto de saturación menor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , o menos que la del horizonte inmediatamente debajo del horizonte takírico.

**Identificación de campo**

Los horizontes takíricos se encuentran en depresiones en regiones áridas, donde se acumula agua superficial, rica en arcilla y limo pero relativamente baja en sales solubles, y lixivia los horizontes superiores. La lixiviación periódica de sales causa la dispersión de arcilla y la forma una costra gruesa, compacta, de textura fina con grietas poligonales prominentes al secarse. La costra con frecuencia contiene más del 80 por ciento de arcilla y limo.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Los horizontes takíricos ocurren asociados 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****Descripción general**

Un horizonte térrico (del latín *terra*, tierra) es un horizonte superficial mineral inducido por el hombre que se desarrolla a través de la adición por un período de tiempo largo, de abonos terrosos, compost, arena de playa o barro. Se construye gradualmente y puede contener piedras, distribuidas y clasificadas al azar.

**Crterios de diagnóstico**

Un horizonte térrico es un horizonte superficial mineral y:

1. tiene un color relacionado con el material de origen; **y**
2. contiene menos de 20 por ciento de *artefactos* (en volumen); **y**
3. tiene una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) de 50 por ciento o más; **y**
4. ocurre en superficies de tierras localmente levantadas; **y**
5. no muestra estratificación pero tiene una diferenciación textural irregular; **y**
6. tiene una *discontinuidad litológica* en su base; **y**
7. tiene un espesor de 20 cm o más.

**Identificación de campo**

Los suelos con un horizonte térrico muestran una superficie levantada que puede inferirse por observaciones de campo o a partir de registros históricos. El horizonte térrico no es homogéneo, pero los subhorizontes están completamente mezclados. Comúnmente contiene *artefactos* tal como fragmentos de cerámica, restos culturales y rezagos que son típicamente muy pequeños (menos de 1 cm de diámetro) y muy desgastados.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

Pocas características del suelo diferencian al horizonte térrico del *plágico*. Los horizontes térricos comúnmente muestran una alta actividad biológica, tienen reacción del suelo neutra a ligeramente alcalina ( $\text{pH } [\text{H}_2\text{O}]$  normalmente es mayor de 7.0), y puede contener calcáreo libre, mientras que los horizontes *plágicos* tienen reacción del suelo ácida. El color del horizonte térrico está fuertemente relacionado con el material de origen. Pueden observarse suelos enterrados en la base del horizonte aunque la mezcla puede disimular el contacto.

## Horizonte tiónico

### *Descripción general*

El horizonte tiónico horizon (del griego *theion*, azufre) es un horizonte subsuperficial extremadamente ácido en el cual se forma ácido sulfúrico por oxidación de sulfuros.

### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte tiónico tiene:

1. un pH (1:1 en agua) de menos de 4.0; **y**
2. uno o más de los siguientes:
  - a. moteados o revestimientos de jarosita amarilla o schwertmanita pardo amarillenta; **o**
  - b. concentraciones con un hue Munsell 2.5 Y o más amarillo y croma 6 o más, húmedo; **o**
  - c. superposición directa sobre material *sulfuroso*; **o**
  - d. 0.05 por ciento (en masa) o más de sulfato soluble en agua; **y**
3. un espesor de 15 cm o más.

### *Identificación de campo*

Los horizontes tiónicos generalmente exhiben moteados o revestimientos Amarillo pálido de jarosita o pardo amarillento de schwertmanita. La reacción del suelo es extremadamente ácida; no es raro un pH (H<sub>2</sub>O) de 3.5.

Aunque principalmente asociado con sedimentos costeros sulfurosos recientes, los horizontes tiónicos también se desarrollan en el interior en materiales sulfurosos expuestos por excavación o erosión.

### *Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico*

El horizonte tiónico con frecuencia subyace a un horizonte fuertemente moteado con rasgos redoximórficos pronunciados (moteados rojizos a pardo rojizos de hierro en una matriz de color claro, empobrecida en Fe).

## Horizonte úmbrico

### *Descripción general*

El horizonte úmbrico (del latín *umbra*, sombra) es un horizonte superficial grueso, de color oscuro, con baja saturación con bases y contenido moderado a alto de materia orgánica.

### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte úmbrico, después de mezclar o los primeros 20 cm del suelo mineral o, si hay presente *roca continua*, un horizonte *crítico*, *petrodúrico* o *petroplíntico* dentro de los 20 cm de la superficie del suelo mineral, todo el suelo mineral por encima, tiene:

1. una estructura del suelo suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea ambos masivo y duro o muy duro cuando seco tanto en la parte mezclada como en la parte subyacente no mezclada, si el espesor mínimo es mayor de 20 cm (prismas 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 de 3 o menos en húmedo, un value de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco, tanto en muestras partidas como apelmazadas tanto en la parte mezclada como en la parte subyacente no mezclada, si el espesor mínimo es mayor de 20 cm. El value es más oscuro en una unidad o más que el del material parental a menos que el material parental tenga un value 4 o menos, húmedo, en cuyo caso el requisito de contraste de color se omite. Si el material parental está ausente, la comparación debe hacerse con la capa inmediatamente subyacente al horizonte superficial; **y**
3. un contenido de carbono orgánico de 0.6 por ciento o más, tanto en la parte mezclada como en la parte subyacente no mezclada, si el espesor mínimo es mayor de 20 cm. El contenido de carbono orgánico es por lo menos 0.6 por ciento más que el del material parental si se omite el requisito de color debido a material parental oscuros; **y**

4. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M) menor de 50 por ciento en promedio ponderado en toda la profundidad del horizonte; **y**
5. un espesor de uno de los siguientes:
  - a. 10 cm o más si resta directamente sobre *roca continua*, un horizonte *crítico*, *petroplúntico* o *petrodúrico*; **o**
  - b. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite superior de *roca continua*, o un horizonte *crítico*, *petrodúrico*, *petroplúntico* o *sálico* o material *flúvico* dentro de los 75 cm de espesor; **o**
  - c. 20 cm o más y un tercio o más del espesor entre la superficie del suelo mineral y el límite inferior del más bajo de los horizontes de diagnóstico dentro de los 75 cm y, si estuvieran presentes, por encima de cualquiera de los horizontes o materiales de diagnóstico listados en b.; **o**
  - d. 25 cm o más.

### **Identificación de campo**

Las principales características de campo 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*.

La mayoría de los horizontes úmbricos tienen una reacción ácida (pH [ $\text{H}_2\text{O}$ , 1:2.5] menor de alrededor de 5.5) lo cual representa una saturación con bases menor de 50 por ciento. Un indicio adicional de la acidez es un patrón de enraizamiento somero, horizontal, en ausencia de una barrera física.

### **Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

El requisito de saturación con bases separa al horizonte úmbrico 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*.

Ocurren algunos horizontes superficiales espesos, oscuros, ricos en material orgánica, desaturados, que se forman como resultado de actividades humanas, tal como cultivo y enmiendas profundas, adición de enmiendas orgánicas, la presencia de poblados antiguos, y montículos de sitios de residencia antiguos (*kitchen middens*). Estos horizontes pueden generalmente reconocerse en el campo por la presencia de *artefactos*, marcas de pala, inclusiones minerales contrastantes o estratificación que indica la adición intermitente de material como abono, una posición relativa más alta en el paisaje o verificando la historia agrícola del área.

### **Horizonte vértico**

#### **Descripción general**

El horizonte vértico (del latín *vertere*, dar vuelta) es un horizonte subsuperficial arcilloso que, como resultado de expansión y contracción, presenta superficies pulidas (*slickensides*) y agregados estructurales en forma de cuña.

#### **Criterios de diagnóstico**

Un horizonte vértico:

1. contiene 30 por ciento o más de arcilla en todo su espesor; **y**
2. tiene agregados estructurales en forma de cuña con un eje longitudinal inclinado entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$  respecto de la horizontal; **y**
3. tiene slickensides<sup>29</sup>; **y**
4. tiene un espesor de 25 cm o más.

<sup>29</sup> Los slickensides son superficies de agregados pulidas y acanaladas que se producen por agregados que se deslizan uno sobre otro.

**Identificación de campo**

Los horizontes vérticos son arcillosos, con una consistencia dura a muy dura. Cuando secos, los horizontes vérticos muestran grietas de 1 cm o más de ancho. Es muy obvia la presencia de caras de agregados pulidas, brillantes (*slickensides*), generalmente en ángulos agudos.

**Características adicionales**

El 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 elevados contenidos 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 vorónico****Descripción general**

El horizonte vorónico (del ruso *voronoi*, 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 vorónico es un horizonte superficial mineral y tiene:

1. estructura del suelo granular o en bloques subangulares finos; y
2. colores Munsell con croma menor de 2.0 en húmedo, value menor de 2.0 en húmedo y menor de 3.0 en seco en muestras partidas. Si hay 40 por ciento o más 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 es por lo menos una unidad más oscuro que el material originario (ambos húmedo y seco), a menos que el material originario tenga un value menor de 4.0 en húmedo. Si no está presente el material originario, la comparación debe hacerse con la capa inmediatamente por debajo del horizonte superficial. Los requisitos de color mencionados se aplican a los 15 cm superiores del horizonte vorónico, o inmediatamente por debajo de una capa arable; y
3. 50 por ciento o más (en volumen) del horizonte consiste de canales de lombrices, desechos de lombrices y canales rellenos; y
4. un contenido de carbono orgánico de 1.5 por ciento o más. El contenido de carbono orgánico es 6 por ciento o más si el requerimiento de color se omite por el calcáreo finamente dividido, o 1.5 por ciento más que el material parental si el requerimiento de color se omite por materiales parentales de color oscuro; y
5. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M) de 80 por ciento o más; y
6. un espesor de 35 cm o más.

**Identificación de campo**

El horizonte vorónico se identifica por su color negruzco, estructura bien desarrollada (generalmente granular), alta actividad de lombrices y otros animales cavadores, y su espesor.

**Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico**

El horizonte vorónico es un caso especial de horizonte *mólico* con mayores requerimientos de contenido de carbono orgánico, colores más oscuros, contribución biológica a la estructura del suelo, y profundidad mínima.

## Horizonte yérmico

### *Descripción general*

El horizonte yérmico (del español *yermo*, desierto) es un horizonte superficial que generalmente, pero no siempre, consiste de acumulaciones de fragmentos de roca (*pavimento de desierto*) inmersas en una capa franca vesicular que puede estar cubierta por una fina capa de arena eólica o loess.

### *Criterios de diagnóstico*

Un horizonte yérmico tiene:

1. propiedades *arídicas*; **y**
2. uno o más de los siguientes:
  - a. un pavimento que está barnizado o incluye gravas o piedras cuya forma está dada por el viento (guijarros facetados, "ventifactos"); **o**
  - b. un pavimento asociado con una capa vesicular; **o**
  - c. una capa vesicular por debajo de una capa superficial laminar.

### *Identificación de campo*

Un horizonte yérmico comprende un pavimento y/o una capa vesicular que tiene una textura franca. La capa vesicular muestra una red poligonal de grietas de desecación, generalmente rellenas con material eólico, que se extiende dentro de las capas subyacentes. Las capas superficiales 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 *crúicos*. Bajo estas condiciones domina el material crioclástico grueso y hay poco polvo sujeto a deflación y depositación por viento. Aquí puede ocurrir un pavimento denso con barniz, ventifactos, capas de arena eólica y acumulaciones minerales solubles directamente sobre depósitos sueltos, sin una costra vesicular.

## PROPIEDADES DE DIAGNÓSTICO

### *Cambio textural abrupto*

#### *Descripción general*

Un cambio textural abrupto (del latín *abruptus*) 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 8 por ciento o más arcilla en la capa subyacente y:

1. duplicar el contenido de arcilla dentro de 7.5 cm si el horizonte suprayacente tiene menos de 20 por ciento de arcilla; **o**
1. 2.20 por ciento (absoluto) de incremento en contenido de arcilla dentro de 7.5 cm si la capa suprayacente tiene 20 por ciento o más arcilla.

## Lenguas albelúvicas

### *Descripción general*

El término lenguas albelúvicas (del latín *albus*, blanco, y *elvere*, lavar) es connotativo de penetraciones de material empobrecido en arcilla y hierro dentro de un horizonte *árgico*. Cuando hay agregados, las lenguas albelúvicas ocurren a lo largo de caras de agregados.

### **Criterios de diagnóstico.**

Las lenguas albelúvicas:

1. tienen el color de un horizonte *álbico*; **y**
2. tienen mayor profundidad que ancho, con las siguientes dimensiones:
  - 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 10 por ciento o más del volumen en los primeros 10 cm del horizonte *árgico*, medido sobre ambos cortes vertical y horizontal; **y**
4. tienen una distribución por tamaño de partículas igual a la del horizonte de textura más gruesa por encima del horizonte *árgico*.

## Propiedades ándicas

### Descripción general

Las propiedades ándicas (del japonés *an*, oscuro, y *do*, suelo) resultan de meteorización moderada principalmente de depósitos piroclásticos. Sin embargo, algunos suelos desarrollan propiedades ándicas a partir de materiales no volcánicos (e.g. loess, productos de meteorización de argilita y ferralíticos). La presencia de minerales de bajo grado de ordenamiento y/o complejos órgano-metálicos son característicos de las propiedades ándicas. Estos minerales y complejos comúnmente son parte de la secuencia de meteorización en depósitos piroclásticos (material de suelo *téfrico* → propiedades *vítricas* → propiedades *ándicas*).

Las propiedades ándicas pueden encontrarse en la superficie del suelo o en la subsuperficie, comúnmente ocurriendo como capas. Muchas capas superficiales con propiedades ándicas contienen elevada cantidad de materia orgánica (más del 5 por ciento), comúnmente son muy oscuras (value y croma Munsell, húmedo, 3 o menos), tienen una macroestructura esponjosa y, en algunas partes, una consistencia grasosa o resbaladiza (*smearly*). Tienen baja densidad aparente y comúnmente textura franco limosa o más fina. Las capas superficiales ándicas ricas en materia orgánica pueden ser muy gruesas, con un espesor de 50 cm o más (característica *páquica*) en algunos suelos. Las capas ándicas subsuperficiales generalmente son de color algo más claro.

Las capas ándicas pueden tener diferentes características, dependiendo del tipo de proceso de meteorización dominante actuando sobre el material de suelo. Pueden exhibir tixotropía, i.e. el material de suelo cambia, bajo presión o por frotamiento, de un sólido plástico a un estado licuado y vuelve a la condición sólida. En climas perhúmedos, las capas ándicas ricas en humus pueden contener más de dos veces el contenido de agua de muestras que se han secado en estufa y rehumedecido (característica *hídrica*).

Se reconocen dos tipos principales de propiedades ándicas: uno en el cual el alofano y minerales similares son predominantes (el tipo *sil-ándico*); y otro en el cual predomina Al formando complejos con ácidos orgánicos (el tipo *alu-ándico*). La propiedad sil-ándica típicamente da una reacción del suelo fuertemente ácida a neutra, mientras que la propiedad alu-ándica da una reacción del suelo extremadamente ácida a ácida.

### Criterios de diagnóstico

Las propiedades ándicas<sup>30</sup> requieren:

1. un valor  $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ <sup>31</sup> de 2.0 por ciento o más; **y**
2. una densidad aparente<sup>32</sup> de 0.90 kg dm<sup>-3</sup> o menos; **y**
3. una retención de fosfato de 85 por ciento o más; **y**
4. menos de 25 por ciento (en masa) de carbono orgánico.

Las propiedades ándicas pueden dividirse en propiedades sil-ándicas y alu-ándicas. Las propiedades sil-ándicas muestran un contenido de sílice extractable en oxalato ácido (pH 3) ( $Si_{ox}$ ) de 0.6 por ciento o más o  $Al_{py}$ <sup>33</sup>/ $Al_{ox}$  menor de 0.5; las propiedades alu-ándicas muestran un contenido de  $Si_{ox}$  menor de 0.6 por ciento y  $Al_{py}/Al_{ox}$  de 0.5 o más. Pueden ocurrir

<sup>30</sup> Shoji *et al.*, 1996; Takahashi, Nanzyo y Shoji, 2004.

<sup>31</sup>  $Al_{ox}$  y  $Fe_{ox}$  son aluminio y hierro extractables en oxalato ácido, respectivamente (Blakemore, Searle and Daly, 1981), expresados como porcentaje de la fracción tierra fina (0–2 mm) sobre base seco en estufa (105 °C).

<sup>32</sup> Para densidad aparente, el volumen se determina luego que una muestra de suelo sin secar se desorbe a 33 kPa (sin secado previo) y luego se pesa seca en estufa (ver Anexo 1).

<sup>33</sup>  $Al_{py}$ : aluminio extractable en pirofosfato, expresados como porcentaje de la fracción tierra fina (0–2 mm) sobre base seco en estufa (105 °C).

propiedades transicionales alu-sil-ándicas que muestran un contenido de  $\text{Si}_{\text{ox}}$  entre 0.6 y 0.9 por ciento y un  $\text{Al}_{\text{py}}/\text{Al}_{\text{ox}}$  entre 0.3 y 0.5 (Poulenard y Herbillon, 2000).

### **Identificación de campo**

Las propiedades ándicas pueden identificarse usando la prueba de campo de fluoruro de sodio de Fielde y Perrott (1966). Un pH en NaF de más de 9.5 indica alofano y/o complejos órgano-aluminio. La prueba es indicativa para la mayoría de las capas con propiedades ándicas, excepto para aquellas muy ricas en materia orgánica. Sin embargo, la misma reacción ocurre en horizontes *spódicos* y en ciertas arcillas ácidas que son ricas en minerales de arcilla con intercapas de Al.

Las capas superficiales no cultivadas, ricas en materia orgánica, con propiedades sil-ándicas típicamente tienen un pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de 4.5 o mayor, mientras que las capas superficiales no cultivadas con propiedades alu-ándicas y ricas en materia orgánica, típicamente tienen un pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de menos de 4.5. Generalmente, el pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en capas del subsuelo sil-ándicas es mayor de 5.0.

### **Relaciones con algunos horizontes y propiedades de diagnóstico**

Las propiedades *vítricas* se distinguen de las propiedades ándicas por un menor grado de meteorización. Esto se evidencia típicamente por una menor cantidad de minerales pedogenéticos no cristalinos o paracristalinos, como se caracteriza por una moderada cantidad de Al y Fe extractables en oxalato ácido (pH 3) en capas con propiedades *vítricas* ( $\text{Al}_{\text{ox}} + \frac{1}{2}\text{Fe}_{\text{ox}} = 0.4\text{--}2.0$  por ciento), por una mayor densidad aparente ( $\text{DA} > 0.9 \text{ kg dm}^{-3}$ ), o por una menor retención de fosfato (25 – <85 por ciento).

Los horizontes *hísticos* o *fólicos* con menos de 25 por ciento de carbono orgánico pueden tener propiedades ándicas. En capas orgánicas con 25 por ciento o más carbono orgánico, las propiedades ándicas no se consideran.

Los horizontes *spódicos*, que también contienen complejos de sesquióxidos y sustancias orgánicas, pueden también exhibir propiedades ándicas.

## **Propiedades áridicas**

### **Descripción general**

El término propiedades áridicas (del latín *aridus*, seco) combina un número de propiedades que son comunes en horizontes superficiales de suelos que ocurren bajo condiciones áridas y donde la pedogénesis excede la nueva acumulación en la superficie del suelo por actividad eólica o aluvial.

### **Criterios de diagnóstico**

Las propiedades áridicas requieren:

1. un contenido de carbono orgánico menor de 0.6 por ciento<sup>34</sup> 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 primeros 20 cm del suelo o hasta el techo de un horizonte diagnóstico subsuperficial, una capa cementada, o *roca continua*, lo que sea más somero; y
2. evidencia de actividad eólica en una o más de las formas siguientes:
  - a. la fracción arena en alguna capa o en el material eólico relleno de grietas contiene 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 media y más gruesa de arena de cuarzo; **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. una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) de 75 por ciento o más.

<sup>34</sup> El contenido de carbono orgánico puede ser mayor si el suelo está periódicamente inundado, o si tiene una  $\text{CE}_c$  de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  o más en alguna parte dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

### **Comentarios adicionales**

La presencia de minerales de arcilla aciculares (por ejemplo sepiolita y paligorskita) 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, o que, en algunos ambientes de desierto, no ha habido suficiente meteorización como para producir cantidades detectables de minerales de arcilla.

### **Roca continua**

#### **Definición**

Roca continua es material consolidado subyacente al suelo, que excluye horizontes pedogenéticos cementados tal como un horizonte *petrocálcico*, *petrodúrico*, *petrogípsico* y *petroplúntico*. La roca continua es suficientemente consolidada como para permanecer intacta cuando un espécimen seco al aire de 25–30 mm de lado se sumerge en agua durante 1 hora. El material se considera continuo sólo si las grietas dentro de las cuales pueden entrar raíces, están separadas 10 cm o más y ocupan menos del 20 por ciento (en volumen) de la roca continua, sin que haya ocurrido un desplazamiento significativo de la roca.

### **Propiedades ferrálicas**

#### **Descripción general**

Las propiedades ferrálicas (del latín *ferrum*, hierro, y *alumen*, alumbre) se refieren a material mineral de suelo que tiene una CIC relativamente baja. También incluye materiales de suelo que cumplen los requerimientos de un horizonte *ferrálico* excepto por la textura.

#### **Criterios de diagnóstico**

Las propiedades ferrálicas requieren en alguna capa subsuperficial:

1. una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arcilla<sup>35</sup>; **o**
2. una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> suelo y un cromax Munsell de 5 o más, húmedo.

### **Propiedades géricas**

#### **Descripción general**

Las propiedades géricas (del griego *geraios*, viejo) se refieren a material mineral de suelo que tiene CICE muy baja o incluso actúa como un intercambiador aniónico.

#### **Criterios de diagnóstico**

Las propiedades géricas requieren:

1. una CICE (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 M) menor de 1.5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arcilla<sup>36</sup>; **o**
2. un delta pH (pH<sub>KCl</sub> menos pH<sub>agua</sub>) de +0.1 o más.

### **Patrón de color gléyico**

#### **Descripción general**

Los materiales de suelo desarrollan un patrón de color gléyico (del ruso *gley*, masa de suelo abonada [*mucky*]) si están saturados con agua freática (o estuvieron saturados en el pasado, si ahora están drenados) por un período que permita la ocurrencia de *condiciones reductoras* (puede variar de unos pocos días en los trópicos a unas pocas semanas en otras áreas).

#### **Criterios de diagnóstico**

Un patrón de color gléyico muestra uno o ambos de los siguientes:

1. 90 por ciento o más (área expuesta) de colores reductimórficos, que comprenden blanco a negro neutro (Munsell hue N1/ a N8/) o azulado a verdoso (Munsell hue 2.5 Y, 5 Y, 5 G, 5 B); **o**

<sup>35</sup> Ver Anexo 1.

<sup>36</sup> Ver Anexo 1.

2. 5 por ciento o más (área expuesta) moteados de colores oximórficos, que comprenden cualquier color excluyendo los colores reductimórficos.

### **Identificación de campo**

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 Fe y Mn translocados pueden concentrarse en forma oxidada (Fe[III], Mn[IV]) sobre caras de agregados o en bioporos (canales de raíces herrumbrosos), y hacia la superficie aún en la matriz. Las concentraciones de manganeso pueden reconocerse por fuerte efervescencia usando una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10%.

Los *colores reductimórficos* reflejan condiciones permanentemente saturadas. En material franco y arcilloso, dominan colores azul-verde debido a hidroxisales Fe (II, III) (herrumbre verde). Si el material es rico en azufre (S), predominan los colores negruzcos debido a los sulfuros de hierro coloidales tal como greigita o mackinawita (fácilmente reconocibles por el olor luego de aplicar HCl 1 M). En material calcáreo, 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 Fe y Mn. Los colores verde azulado y negro son inestables y con frecuencia se oxidan a pardo rojizo a las pocas horas de exposición al aire.

La parte superior de la capa reductimórfica puede mostrar hasta 10 por ciento de colores herrumbre, principalmente alrededor de canales de animales cavadores o raíces de las plantas.

Los *colores oximórficos* reflejan condiciones reductora y oxidantes alternadas, como es el caso de la franja capilar y en los horizontes superficiales de suelos con nivel de agua freática fluctuante. Colores específicos indican ferrihidrita (pardo rojizo), goetita (pardo amarillento brillante), lepidocrocita (naranja), y jarosita (Amarillo pálido). En suelos francos y arcillosos, los óxidos/hidróxidos de hierro se concentran sobre superficies de agregados y paredes de poros grandes (e.g. antiguos canales de raíces).

## **Discontinuidad litológica**

### **Descripción general**

Las discontinuidades litológicas (del griego *lithos*, piedra, y latín *continuare*, continuar) son cambios significativos en la distribución por tamaño de particular o mineralogía que representan diferencias en litología dentro de un suelo. Una discontinuidad litológica también puede denotar una diferencia de edad.

### **Criterios de diagnóstico**

Una discontinuidad litológica requiere uno o más de los siguientes:

1. un cambio abrupto en la distribución por tamaño de particular que no está asociado únicamente con un cambio en el contenido de arcilla resultante de pedogénesis; **o**
2. un cambio relativo de 20 por ciento o más en la relación entre arena gruesa, arena media y arena fina; **o**
3. fragmentos de roca que no tienen la misma litología que la *roca continua* subyacente; **o**
4. una capa conteniendo fragmentos de roca sin corteza de meteorización por encima de una capa con rocas con corteza de meteorización; **o**
5. capas con fragmentos de roca angulares por encima o por debajo de capas con fragmentos de roca redondeados; **o**
6. cambios abruptos de color que no resulten de pedogénesis; **o**
7. diferencias marcadas en tamaño y forma de minerales resistentes entre capas superpuestas (demostrado por métodos micromorfológicos o mineralógicos).

### **Características adicionales**

En algunos casos, una línea horizontal de fragmentos de roca (stone line) por encima y por debajo de capas con menores cantidades de fragmentos de roca o un porcentaje decreciente de fragmentos de roca con la profundidad también puede sugerir una discontinuidad litológica,

aunque la acción de clasificación de fauna pequeña como termitas puede producir efectos similares en lo que inicialmente ha sido un material parental uniforme.

### Condiciones reductoras

#### Definición

Condiciones reductoras (del latín *reducere*) muestra uno o más de los siguientes:

1. un logaritmo negativo de la presión parcial de hidrógeno (rH) menor de 20; **o**
2. la presencia de  $Fe^{2+}$  libre, como se ve en una superficie recientemente expuesta y suavizada de un suelo húmedo a campo por la aparición de un color rojo fuerte luego de mojar con una solución de  $\alpha, \alpha$ , dipiridilo al 0.2-por ciento en ácido acético 10-por ciento<sup>37</sup>; **o**
3. la presencia de sulfuro de hierro; **o**
4. la presencia de metano.

### Carbonatos secundarios

#### Descripción general

El término carbonatos secundarios (del latín *carbo*, carbón) se refiere a calcáreo precipitado en el lugar a partir de la solución del suelo más que heredado del material parental del suelo. Como una propiedad de diagnóstico, debería estar presente en cantidades significativas.

#### Identificación de campo

Los carbonatos secundarios pueden romper la estructura o fábrica del suelo, formando masas, nódulos, concreciones o agregados esferoidales (ojos blancos) que son blandos y pulverulentos cuando secos, o pueden estar presentes como revestimientos blandos en poros, sobre caras estructurales o en la cara inferior de fragmentos de roca o cementados. Los carbonatos secundarios, si están presentes como revestimientos, 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 (*pseudomicelia*) solo se incluyen en la definición de carbonatos secundarios si son permanentes y no aparecen y desaparecen con condiciones de humedad cambiantes. Esto puede verificarse esparciendo algo de agua.

### Patrón de color stágnico

#### Descripción general

Los materiales de suelo desarrollan un patrón de color stágnico (del latín *stagnare*, estancar) si están, al menos temporariamente, saturado con agua superficial (o estuvieron saturados en el pasado, si ahora están drenados) por un período lo 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).

#### Criterios de diagnóstico

Un patrón de color stágnico muestra moteados de tal manera que las superficies de los agregados (o partes de la matriz del suelo) son más claras (por lo menos una unidad de value Munsell más) y más pálidas (por lo menos una unidad de croma menos), y los interiores de los agregados (o partes de la matriz del suelo) son más rojizos (por lo menos una unidad de hue) y más brillantes (por lo menos una unidad de croma más) que las partes no redoximórficas de la capa, o que el promedio mezclado de las partes interior y superficial.

---

<sup>37</sup> Este test puede no dar el fuerte color rojo en materiales de suelo con reacción neutral o alcalina.

**Características adicionales**

Si una capa tiene un patrón de color stágnico en 50 por ciento de su volumen el otro 50 por ciento de la capa es no redoximórfico (no es más claro y pálido ni más rojizo y brillante).

**Propiedades vérticas****Criterios de diagnóstico**

El material de suelo con propiedades vérticas (del latín *vertere*, dar vuelta) tiene uno o ambos de los siguientes:

1. 30 por ciento o más de arcilla en todo un espesor de 15 cm o más y uno o ambos de los siguientes:
  - e. slickensides o agregados en forma de cuña; *o*
  - f. grietas que se abren y cierran periódicamente y tienen 1 cm o más de ancho; *o*
2. un COEL de 0.06 o más promediado en una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo.

**Propiedades vítricas****Descripción general**

Las propiedades vítricas (del latín *vitrum*, vidrio) aplican a capas con vidrio volcánico y otros minerales primarios derivados de eyecciones volcánicas y que contienen una cantidad limitada de minerales de bajo grado de ordenamiento o complejos órgano-metálicos.

**Criterios de diagnóstico**

Las propiedades vítricas<sup>38</sup>:

1. requiere 5 por ciento o más (por recuento de granos) de vidrio volcánico, agregados vítreos y otros minerales primarios revestidos de vidrio, en la fracción entre 0.05 y 2 mm, *o* en la fracción entre 0.02 y 0.25 mm; *y*
2. requiere un valor  $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ <sup>39</sup> de 0.4 por ciento o más; *y*
3. requiere una retención de fosfato de 25 por ciento o más; *y*
4. no cumple uno o más criterios de las propiedades *ándicas*; *y*
5. requiere menos del 25 por ciento (en masa) de carbono orgánico.

**Identificación de campo**

Las propiedades vítricas pueden ocurrir en una capa superficial. Sin embargo, también pueden ocurrir bajo algunas decenas de centímetros de depósitos piroclásticos recientes. Las capas con propiedades vítricas pueden tener una cantidad apreciable de material orgánica. Las fracciones arena y limo grueso de capas con propiedades vítricas tienen una cantidad significativa de vidrio volcánico no alterado o parcialmente alterado, agregados vítreos y otros minerales primarios revestidos de vidrio (las fracciones más gruesas pueden controlarse con una lupa de mano de  $\times 10$ ; las fracciones más finas pueden controlarse con el microscopio).

**Relaciones con algunos horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico**

Las propiedades vítricas están, por un lado, estrechamente relacionadas con propiedades *ándicas*, en las cuales pueden eventualmente desarrollarse. Por otro lado, las propiedades vítricas desarrollan a partir de materiales *téfricos*.

Los horizontes *mólico* y *úmbrico* también pueden exhibir propiedades vítricas.

**MATERIALES DE DIAGNÓSTICO****Artefactos****Definición**

Los artefactos (del latín *ars*, arte, y *facere*, hacer) son sustancias sólidas o líquidas que son:

6. uno o ambos de los siguientes:

<sup>38</sup> Adaptado de Takahashi, Nanzyo y Shoji (2004) y hallazgos de la COST 622 Action.

<sup>39</sup>  $Al_{ox}$  y  $Fe_{ox}$  son hierro y aluminio extractable en oxalato ácido, respectivamente (Blakemore, Searle y Daly, 1987), expresados como porcentaje de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

- g. creadas o sustancialmente modificadas por humanos como parte de un proceso de fabricación industrial o artesanal; o
  - h. traídas a la superficie por actividad humana desde una profundidad donde no estaban influenciadas por procesos superficiales, con propiedades sustancialmente diferentes del ambiente donde están ubicadas; y
7. tienen sustancialmente las mismas propiedades que cuando fueron manufacturadas, modificadas o excavadas.

Ejemplos de artefactos son ladrillos, alfarería, vidrio, crushed or dressed stone, desechos industriales, basura, productos de petróleo procesados, desechos de minería y petróleo crudo.

### **Material calcárico**

#### ***Definición***

Material calcárico (del latín *calcarius*) presenta fuerte efervescencia con HCl 1 M en la mayor parte de la tierra fina. Aplica a material que contiene 2 por ciento o más de carbonato de calcio equivalente.

### **Material colúvico**

#### ***Descripción general***

El material colúvico (del latín *colluvio*, mezcla) está formado por sedimentación a través de erosión inducida por el hombre. Normalmente se acumula en posición de pie de pendiente, en depresiones o por encima de filas de arbustos. La erosión puede haber tenido lugar desde tiempos neolíticos.

#### ***Identificación de campo***

La parte superior del material colúvico muestra características (textura, color, pH y contenido de carbono orgánico) similar a la capa superficial del material de origen en la cercanía. Muchos materiales colúvicos tienen *artefactos* tal como pedazos de ladrillos, cerámicas y vidrio. La estratificación es común aunque no siempre fácilmente detectable, y muchos materiales colúvicos tienen una *discontinuidad litológica* en su base.

### **Material flúvico**

#### ***Descripción general***

El material flúvico (del latín *fluvius*, río) se refiere a sedimentos fluviales, marinos y lacustres que reciben material fresco a intervalos regulares o los han recibido en el pasado reciente<sup>40</sup>.

#### ***Criterios de diagnóstico***

El material flúvico es de origen fluvial, marino o lacustre que muestra estratificación en por lo menos 25 por ciento del volumen del suelo en una profundidad especificada; la estratificación también puede ser evidente por un contenido de carbono orgánico que decrece irregularmente con la profundidad, o que permanece por encima de 0.2 por ciento a una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo mineral. Los estratos finos de arena pueden tener menos carbono orgánico si los sedimentos más finos subyacentes cumplen los últimos requisitos.

#### ***Identificación de campo***

La estratificación, tomando formas como capas alternadas de suelo más oscuro, reflejan un decrecimiento irregular del contenido de carbono orgánico con la profundidad. El material flúvico está siempre asociado con *cuerpos de agua organizados* y deberían distinguirse de los depósitos coluviales (coluvios en lámina, conos de derrame y coluviales), aún cuando lucen muy parecidos.

---

<sup>40</sup> El pasado reciente cubre el período durante el cual el suelo ha sido protegido de inundaciones, e.g. construcción de polders, embanques, canalizaciones o drenaje artificial, y durante ese tiempo la formación de suelos no ha resultado en el desarrollo de ningún horizonte de diagnóstico subsuperficial aparte de un horizonte *sálico* o *tiónico*.

## Material gipsífero

### Definición

El material gipsífero (del griego *gypsos*) es un material mineral que contiene 5 por ciento o más de yeso (en volumen).

## Material límnico

### Criterios de diagnóstico

El material límnico (del griego *limnae*, cuerpo de agua) incluye tanto materiales minerales como orgánicos que son:

1. depositados en agua por precipitación o a través de la acción de organismos acuáticos, tales como diatomeas y otras algas; **o**
2. derivados de un ambiente subacuático y plantas acuáticas flotantes y subsecuentemente modificados por animales acuáticos.

### Identificación de campo

El material límnico ocurre como depósitos subacuáticos (o en la superficie después del drenaje). Se distinguen cuatro tipos de material límnico:

1. *Tierras coprogénicas o turba sedimentaria*: predominantemente orgánicas, identificables por muchos pellets fecales, value Munsell (húmedo) 4 o menos, suspensión en agua ligeramente viscosa, consistencia no o ligeramente plástica y no adhesiva, contracción por secado, dificultad para remojarse después de seco, y agrietado a lo largo de planos horizontales.
2. *Tierras de diatomeas*: principalmente diatomeas (silíceas), identificables por cambio irreversible del color de la matriz (value Munsell 3, 4 o 5 en condición de humedad de campo o mojado) como resultado de contracción irreversible de los revestimientos orgánicos en las diatomeas (usar microscopio 440×).
3. *Marga*: fuertemente calcárea, identificable por un value Munsell, húmedo, de 5 o más, y reacción con HCl 1 M. El color de la marga generalmente no cambia al secarse.
4. *Gyttja*: pequeños agregados coprogénicos de materia orgánica fuertemente humificada y minerales de tamaño predominante arcilla a limo, 0.5 por ciento o más de carbono orgánico, un hue Munsell 5 Y, GY or G, fuerte contracción después de drenado y un valor rH de 13 o más.

## Material mineral

### Descripción general

En el material mineral (del celta *mine*, mineral), las propiedades del suelo están dominadas por componentes minerales.

### Criterios de diagnóstico

El material mineral tiene uno o ambos de los siguientes:

1. menos de 20 por ciento de carbono orgánico en la tierra fina (en masa) si está saturado con agua por menos de 30 días consecutivos en la mayoría de los años sin haber sido drenado; **o**
2. uno o ambos de los siguientes:
  - a. menos de  $(12 + [\text{porcentaje de arcilla de la fracción mineral} \times 0.1])$  por ciento de carbono orgánico en la tierra fina (en masa); **o**
  - b. menos de 18 por ciento de carbono orgánico en la tierra fina (en masa), si la fracción mineral tiene 60 por ciento o más arcilla.

## Material orgánico

### Descripción general

El material orgánico (del griego *organon*, herramienta) consiste de una gran cantidad de restos orgánicos que se acumulan en la superficie bajo condiciones mojadas o secas y en el cual el componente mineral no influye significativamente en las propiedades del suelo.

**Crterios de diagnóstico**

El material orgánico tiene uno o ambos de los siguientes:

1. 20 por ciento o más de carbono orgánico en la tierra fina (en masa); **o**
2. si está saturado con agua por 30 días consecutivos o más en la mayoría de los años (a menos que esté drenado), uno o ambos de los siguientes:
  - a.  $(12 + [\text{porcentaje de arcilla de la fracción mineral} \times 0.1])$  por ciento o más de carbono orgánico en la tierra fina (en masa); **o**
  - b. 18 por ciento o más de carbono orgánico en la tierra fina (en masa).

**Material ornitogénico****Descripción general**

El material ornitogénico (del griego *ornithos*, pájaro, y *genesis*, origen) es un material con fuerte influencia de excremento de aves. Generalmente tiene un alto contenido de gravas que han sido transportadas por las aves.

**Crterios de diagnóstico**

El material ornitogénico tiene:

1. restos de aves o actividad de aves (huesos, plumas, y gravas clasificadas de tamaño somilar); **y**
2. un contenido de  $P_2O_5$  de 0.25 por ciento o más en ácido cítrico 1-por ciento.

**Material sulfuroso****Descripción general**

El material sulfuroso (del inglés *sulphide*, sulfuro) es un depósito saturado que contiene S, principalmente en forma de sulfuros, y solo moderada cantidad de carbonato de calcio.

**Crterios de diagnóstico**

Los materiales sulfurosos tienen:

1. un pH (1:1 en agua) de 4.0 o más y 0.75 por ciento o más S (masa seca) y menos de tres veces tanto carbonato de cálcico equivalente como S; **o**
2. un pH (1:1 en agua) de 4.0 o más que, si el material se incubaba como una capa de 1 cm de espesor, a capacidad de campo a temperatura ambiente, cae 0.5 o más unidades hasta un pH de 4.0 o menos (1:1 en agua) dentro de las 8 semanas.

**Identificación de campo**

En condiciones de húmedo o mojado, los depósitos que contienen sulfuro con frecuencia muestran un brillo dorado, el color de la pirita. La oxidación forzada con solución de peróxido de hidrógeno 30-por ciento disminuye el pH a 2.5 o menos, la reacción puede ser vigorosa al sol o por calentamiento. Rango de colores Munsell: hues de N, 5 Y, 5 GY, 5 BG, o 5 G; valores de 2, 3 o 4; croma siempre 1. El color generalmente es inestable, y se ennegrece por exposición. La arcilla sulphurosa generalmente es prácticamente inmadura. Si el suelo se disturba, puede notarse un olor a huevos podridos. Esto se acentúa con la aplicación de HCl 1 M.

**Roca dura técnica****Definición**

La roca dura técnica (del griego *technikos*, hecho o construido habilidosamente) es material consolidado que resulta de un proceso industrial, con propiedades sustancialmente diferentes a aquellas de los amateriales naturales.

**Material téfrico****Descripción general**

El material téfrico<sup>41</sup> (del griego *tephra*, montón de ceniza) consiste ya sea de tefra, i.e. productos piroclásticos no consolidados, no o sólo ligeramente meteorizados, de erupciones volcánicas

<sup>41</sup> Criterios de diagnóstico y descripción adaptados de Hewitt (1992).

(incluyendo cenizas, lapili, pómez, piroclastos vesiculares tipo pómez, bloques o bombas volcánicas), o de depósitos téfricos, i.e. tefra que ha sido re TRABAJADA y mezclada con materiales de otras fuentes. Esto incluye loess téfrico, arena eólica téfrica y aluvio vulcanogénico.

***Criterios de diagnóstico***

El material téfrico tiene:

1. 30 por ciento o más (por recuento de granos) vidrio volcánico, agregados vítreos y otros minerales primarios revestidos en vidrio en la fracción entre 0.02–2 mm; y
2. no tiene propiedades *ándicas* o *vítricas*.

***Relaciones con algunas propiedades de diagnóstico***

La meteorización progresiva del material téfrico desarrollará en propiedades *vítricas*; entonces no se lo considera más como material téfrico.

## Capítulo 3

# Clave para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB con lista de calificadores grupo I y grupo II

Antes de usar la clave, por favor lea “Reglas para la clasificación”, páginas 8 y 9.

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Suelos que tienen material <i>orgánico</i> , ya sea	Fólico	Tiónico
1. 10 cm o más de espesor comenzando en la superficie del suelo e inmediatamente por encima de hielo, <i>roca continua</i> , o materiales fragmentales, cuyos intersticios están rellenos con material <i>orgánico</i> ; o	Límnico	Ornítico
2. acumulativamente dentro de los 100 cm de la superficie del suelo, ya sea 60 cm o más de espesor se 75 por ciento (en volumen) o más del material consiste de fibras de musgos o 40 cm o más de espesor en otros materiales y comenzando dentro de los 40 cm de la superficie del suelo.	Lígnico	Calcárico
	Fíbrico	Sódico
	Hémico	Alcálico
	Sáprico	Tóxico
	Flótico	Dístrico
	Subacuático	Éutrico
	Glácico	Túrbico
HISTOSOLES	Ombrico	Gélico
	Rheico	PetroGleyicoo
	Técnico	Plácico
	Críico	Esquelético
	Hiperesquelético	Tidálico
	Léptico	Drénico
	Vítrico	Transpórtico
	Ándicoo	Nóvico
	Sálico	
	Cálcico	

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Hidrágrico	Sódico
1. <i>ya sea</i> un horizonte <i>hórtico</i> , <i>irrágrico</i> , <i>plágico</i> o <i>térrico</i> de 50 cm o más de espesor; <i>o</i>	Irrágrico	Alcálico
2. un horizonte <i>antrácuico</i> y un <i>horizonte hidrágrico</i> subyacente con un espesor combinado de 50 cm o más.	Térrico	Dístrico
ANTROSOLES	Plágico	Éutrico
	Hórtico	Oxiácuico
	Escálico	Dénsico
	Técnico	Arénico
	Flúvico	Límico
	Sálico	Arcíllico
	Gleyico	Nóvico
	Stágnico	
	Spódico	
	Ferrálico	
	Stágnico	
	Régico	
Otros suelos que tienen	Ekránico	Calcárico
1. 20 por ciento o más (en volumen, promedio ponderado) <i>artefactos</i> en los primeros 100 cm desde la superficie del suelo o hasta <i>roca continua</i> o o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad; <i>o</i>	Línico	Tóxico
2. una geomembrana construida, continua, muy lentamente permeable a impermeable, de cualquier espesor comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo; <i>o</i>	Úrbico	Redúctico
3. <i>Roca dura técnica</i> comenzando dentro de los 5 cm de la superficie del suelo y cubriendo 95 por ciento o más de la extensión horizontal del suelo.	Spólico	Húmico
TECNOSOLES <sup>42</sup>	Gárbico	Oxiácuico
	Fólico	Dénsico
	Hístico	Esquelético
	Críico	Arénico
	Léptico	Límico
	Flúvico	Arcíllico
	Gleyico	Drénico
	Vítrico	Nóvico
	Stágnico	
	Mólico	
	Álico	
	Ácrico	
	Lúvico	
	Líxico	
	Úmbrico	
	Glácico	Gipsírico
	Túrbico	Calcárico
	Fólico	Ornítico
Otros suelos que tienen	Hístico	Dístrico
1. un <i>horizonte críico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; <i>o</i>	Técnico	Éutrico
2. un <i>horizonte críico</i> que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo y evidencia de crioturbación <sup>43</sup> en alguna capa dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.	Hiperesquelético	Reductácuico
CRIOSOLES	Léptico	Oxiácuico
	Nátrico	Tixotrópico
	Sálico	Arídico
	Vítrico	Esquelético
	Spódico	Arénico
	Mólico	Límico
	Cálcico	Arcíllico
	Úmbrico	Drénico
	Cámbico	Transpórtico
	Háplico	Nóvico

<sup>42</sup> Frecuentemente ocurren capas enterradas en este GSR y pueden indicarse con el especificador Tapto- seguido por un calificador o un GSR.

<sup>43</sup> Evidencia de crioturbación incluye levantamiento por helada, clasificación criogénica, agrietamiento térmico, segregación de hielo, terreno con patrones, etc.

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Nudilítico	Brúnico
1. uno de los siguientes:	Lítico	Gipsírico
a. limitación de profundidad por <i>roca continua</i> dentro de los 25 cm de la superficie del suelo; o	Hiperesquelético	Calcárico
b. menos de 20 por ciento (en volumen) de tierra fina promediada en una profundidad de 75 cm de la superficie del suelo o hasta <i>roca continua</i> , lo que esté a menor profundidad; y	Réndzico	Ornítico
2. sin horizonte <i>cálcico</i> , <i>gípsico</i> , <i>petrocálcico</i> , <i>petrogípsico</i> o <i>spódico</i> .	Fólico	Téfrico
LEPTOSOLES	Hístico	Prototiónico
	Técnico	Húmico
	Vértico	Sódico
	Sálico	Dístrico
	Gleyico	Éutrico
	Vítrico	Oxiácuico
	Ándico	Gélico
	Stágnico	Plácico
	Mólico	Gréyico
	Úmbrico	Yémico
	Cámbico	Arídico
	Háplico	Esquelético
		Drénico
		Nóvico
Otros suelos que tienen	Grúmico	Tiónico
1. un horizonte <i>vértico</i> que comienza dentro de los 100 cm de la superficie del suelo; y	Mázico	Álbico
2. después que los primeros 20 cm han sido mezclados, 30 por ciento o más de arcilla entre la superficie del suelo y el horizonte <i>vértico</i> en todo el espesor; y	Técnico	Manganiférrico
3. grietas <sup>44</sup> que se abren y cierran periódicamente.	Endoléptico	Férrico
VERTISOLES	Sálico	Gipsírico
	Gleyico	Calcárico
	Sódico	Húmico
	Stágnico	Hiposálico
	Mólico	Hiposódico
	Gípsico	Mesotrófico
	Dúrico	Hiperéutrico
	Cálcico	Pélico
	Háplico	Crómico
		Nóvico

<sup>44</sup> Una grieta es una separación entre grandes bloques de suelo. Si la superficie es mullida (*self-mulching*), o si el suelo se cultiva mientras las grietas están abiertas, las grietas pueden llenarse principalmente con material granular de la superficie del suelo pero están abiertas en el sentido de que los bloques están separados; esto controla la infiltración y percolación de agua. Si el suelo es regado, los primeros 50 cm tienen un COEL de 0.06 o más.



Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Petrosáfico	Sódico
1. un horizonte <i>sáfico</i> que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo; y	Hipersáfico	Acérico
2. sin horizonte <i>tiónico</i> que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.	Páfico	Clorídico
SOLONCHAKS	Fáfico	Sulfático
	Hístico	Carbonático
	Técnico	Gélico
	Vértico	Oxiácuico
	Gleyico	Takyrico
	Stágnico	Yérmico
	Mólico	Arídico
	Gípsico	Dénsico
	Dúrico	Arénico
	Cálcico	Límico
	Háplico	Arcílico
		Drénico
		Transpórtico
		Nóvico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Fólico	Tiónico
1. dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral una capa de 25 cm o más de espesor, que tiene <i>condiciones reductoras</i> en algunas partes y un <i>patrón de color gléyico</i> en todo el espesor; y	Hístico	Abrúptico
	Antrácuico	Calcárico
	Técnico	Téfrico
2. sin capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de, <i>ya sea</i>	Flúvico	Colúvico
a. 30 cm o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo y que comienzan dentro de 25 cm de la superficie del suelo; o	Endosálico	Húmico
	Vítrico	Sódico
	Ándico	Alcálico
	Spódico	Alúmico
b. 60 por ciento o más del espesor complete del suelo cuando la <i>roca continua</i> o una capa cementada o endurecida comienza entre 25 and 50 cm de la superficie del suelo.	Plíntico	Tóxico
	Mólico	Dístrico
	Gípsico	Éutrico
GLEYSOLES	Cálcico	Petrogléyico
	Álico	Túrbico
	Ácrico	Gélico
	Lúvico	Gréyico
	Líxico	Takyrico
	Úmbrico	Arénico
	Háplico	Límico
		Arcíllico
		Drénico
		Nóvico
Otros suelos que tienen	Vítrico	Ántrico
1. una o más capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de <i>ya sea</i>	Aluándico	Frágico
a. 30 cm o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo y que comienzan dentro de 25 cm de la superficie del suelo; o	Eutrosílico	Calcárico
	Silándico	Colúvico
	Melánico	Acróxico
b. 60 por ciento o más del espesor complete del suelo cuando la <i>roca continua</i> o una capa cementada o endurecida comienza entre 25 y 50 cm de la superficie del suelo; y	Fúlvico	Sódico
	Hídrico	Dístrico
	Fólico	Éutrico
	Hístico	Túrbico
2. sin horizonte <i>árgico</i> , <i>ferrálico</i> , <i>petroplíntico</i> , <i>pisoplíntico</i> , <i>plíntico</i> o <i>spódico</i> (a menos que esté enterrado más profundo que 50 cm).	Técnico	Gélico
	Léptico	Oxiácuico
	Gleyico	Plácico
ANDOSOLES <sup>46</sup>	Mólico	Gréyico
	Gípsico	Tixotrópico
	Petrodúrico	Esquelético
	Dúrico	Arénico
	Cálcico	Límico
	Úmbrico	Arcíllico
	Háplico	Drénico
		Transpórtico
		Nóvico

<sup>46</sup> Frecuentemente ocurren capas enterradas en este GSR y pueden indicarse con el especificador Tpto- seguido por un calificador o un GSR.

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen un horizonte <i>spódico</i> que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo mineral.	Plácico	Hórtico
PODZOLES	Ortsteinico	Plágico
	Cárbico	Térrico
	Rústico	Ántrico
	Éntico	Ornítico
	Álbico	Frágico
	Fólico	Rúptico
	Hístico	Túrbico
	Técnico	Gélico
	Hiperesquelético	Oxiácuico
	Léptico	Lamélico
	Gleyico	Dénsico
	Vítrico	Esquelético
	Ándico	Drénico
	Stágnico	Transpórtico
	Úmbrico	Nóvico
	Háplico	
Otros suelos que tienen <i>ya sea</i>	Pétrico	Álbico
1. un horizonte <i>plíntico</i> , <i>petroplíntico</i> or <i>pisoplíntico</i> que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo; o	Fractipétrico	Manganiférrico
2. un horizonte <i>plíntico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo y, directamente encima, una capa de 10 cm o más de espesor, que tiene en algunas partes <i>condiciones reductoras</i> por algún tiempo durante el año y en la mitad o más del volumen del suelo, solo o en combinación	Pisolítico	Férrico
a. un <i>patrón de color stágnico</i> ; o	Gíbsico	Endodúrico
b. un horizonte <i>álbico</i> .	Pósico	Abrúptico
	Gérico	Colúvico
	Vético	Rúptico
	Fólico	Alúmico
	Hístico	Húmico
	Técnico	Dístrico
	Stágnico	Éutrico
PLINTOSOLES	Ácrico	Oxiácuico
	Líxico	Páquico
	Úmbrico	Umbriglósico
	Háplico	Arénico
		Límico
		Arcílico
		Drénico
		Transpórtico
		Nóvico
Otros suelos que tienen	Vético	Húmico
1. un horizonte <i>nítico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; y	Técnico	Alúmico
2. límites de horizontes graduales a difusos <sup>47</sup> entre la superficie del suelo y el horizonte <i>nítico</i> horizon; y	Ándico	Dístrico
3. sin horizonte <i>férrico</i> , <i>petroplíntico</i> , <i>pisoplíntico</i> , <i>plíntico</i> o <i>vértico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; y	Ferrálico	Éutrico
4. sin <i>patrón de color gléyico</i> o <i>stágnico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.	Mólico	Oxiácuico
	Álico	Colúvico
	Ácrico	Dénsico
	Lúvico	Ródico
	Líxico	Transpórtico
NITISOLES	Úmbrico	Nóvico
	Háplico	

<sup>47</sup> Como se define en FAO (2006).

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Gíbsico	Sómbrico
1. un <i>horizonte ferrálico</i> que comienza dentro de 150 cm de la superficie del suelo; y	Pósico	Manganiférrico
2. sin <i>horizonte árgico</i> que tenga, en los primeros 30 cm, 10 por ciento o más de arcilla dispersable en agua a menos que los primeros 30 cm del <i>horizonte árgico</i> tengan uno o ambos de los siguientes:	Gérico	Férrico
a. propiedades <i>géricoas</i> ; o	Vético	Colúvico
b. 1.4 por ciento o más de carbono orgánico.	Fólico	Húmico
FERRALSOLES	Técnico	Alúmico
	Ándico	Dístrico
	Fractiplíntico	Éutrico
	Petroplíntico	Rúptico
	Pisoplíntico	Oxiácuico
	Plíntico	Dénsico
	Mólico	Arénico
	Ácrico	Límico
	Líxico	Arcílico
	Úmbrico	Ródico
	Háplico	Xántico
		Transpórtico
		Nóvico
Otros suelos que tienen	Solódico	Tiónico
1. un <i>cambio textural abrupto</i> dentro de los 100 cm de la superficie del suelo y, directamente encima o debajo, una capa de 5 cm o más de espesor, que tiene en algunas partes <i>condiciones reductoras</i> por algún tiempo durante el año y en la mitad o más del volumen del suelo, solo o en combinación	Fólico	Álbico
a. un <i>patrón de color stágnico</i> ; o	Hístico	Manganiférrico
b. un <i>horizonte álbico</i> ; y	Técnico	Férrico
2. sin <i>lenguas albelúvicas</i> que comienzan dentro de 100 cm de la superficie del suelo.	Vértico	Gérico
PLANOSOLES	Endosálico	Rúptico
	Plíntico	Calcárico
	Endogleyico	Sódico
	Mólico	Alcálico
	Gípsico	Alúmico
	Petrocálcico	Dístrico
	Cálcico	Éutrico
	Álico	Gélico
	Ácrico	Gréyico
	Lúvico	Arénico
	Líxico	Límico
	Úmbrico	Arcílico
	Háplico	Crómico
		Drénico
		Transpórtico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Fólico	Tiónico
1. dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral en algunas partes <i>condiciones reductoras</i> por algún tiempo durante el año y en la mitad o más del volumen del suelo, solo o en combinación,	Hístico	Álbico
a. un <i>patrón de color stágnico</i> ; o	Técnico	Manganiférrico
b. un horizonte <i>álbico</i> ; y	Vértico	Férrico
2. sin <i>lenguas albelúvicas</i> que comienzan dentro de 100 cm de la superficie del suelo.	Endosálico	Rúptico
STAGNOSOLES	Plíntico	Gérico
	Endogleyico	Calcárico
	Mólico	Ornítico
	Gípsico	Sódico
	Petrocálcico	Alcálico
	Cálcico	Alúmico
	Álico	Dístrico
	Ácrico	Éutrico
	Lúvico	Gélico
	Líxico	Gréyico
	Úmbrico	Plácico
	Háplico	Arénico
		Límico
		Arcíllico
		Ródico
		Crómico
		Drénico
Otros suelos que tienen	Vorónico	Ántrico
1. un horizonte <i>mólico</i> ; y	Vérmico	Glósico
2. un cromata Munsell húmedo de 2 o menos desde la superficie del suelo hasta una profundidad de 20 cm o más, o tiene este cromata directamente debajo de alguna capa arada que tiene 20 cm o más de espesor; y	Técnico	Téfrico
3. un horizonte <i>cálcico</i> , o concentraciones de <i>carbonatos secundarios</i> que comienzan dentro de 50 cm debajo del límite inferior del <i>horizonte mólico</i> y, si estuviera presente, encima de una capa cementada o endurecida; y	Léptico	Sódico
4. una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de 50 por ciento o más desde la superficie del suelo hasta el horizonte <i>cálcico</i> o las concentraciones de <i>carbonatos secundarios</i> en todo el espesor.	Vértico	Páquico
CHERNOZEMS	Endoflúvico	Oxiácuico
	Endosálico	Gréyico
	Gleyico	Dénsico
	Vítrico	Esquelético
	Ándico	Arénico
	Stágnico	Límico
	Petrogípsico	Arcíllico
	Gípsico	
	Petrodúrico	
	Dúrico	
	Petrocálcico	
	Cálcico	
	Lúvico	
	Háplico	
Otros suelos que tienen	Vérmico	Ántrico
1. un <i>horizonte mólico</i> ; y	Técnico	Glósico
2. un horizonte <i>cálcico</i> , o concentraciones de <i>carbonatos secundarios</i> que comienzan dentro de 50 cm debajo del límite inferior del <i>horizonte mólico</i> y, si estuviera presente, encima de una capa cementada o endurecida; y	Léptico	Téfrico
3. una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de 50 por ciento o más desde la superficie del suelo hasta el horizonte <i>cálcico</i> o la concentración de <i>carbonatos secundarios</i> en todo el espesor.	Vértico	Sódico
KASTANOZEMS	Endosálico	Oxiácuico
	Gleyico	Gréyico
	Vítrico	Dénsico
	Ándico	Esquelético
	Stágnico	Arénico
	Petrogípsico	Límico
	Gípsico	Arcíllico
	Petrodúrico	Crómico
	Dúrico	
	Petrocálcico	
	Cálcico	
	Lúvico	
	Háplico	

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Vérmico	Ántrico
1. un <i>horizonte mólico</i> ; y	Gréyico	Álbico
2. una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor hasta una profundidad de 100 cm o más de la superficie del suelo o hasta <i>roca continua</i> o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.	Técnico	Abrúptico
	Réndzico	Glósico
	Léptico	Calcárico
	Vértico	Téfrico
PHAEOZEMS	Endosálico	Sódico
	Gleyico	Páquico
	Vítrico	Oxiácuico
	Ándico	Dénsico
	Ferrálico	Esquelético
	Stágnico	Arénico
	Petrogípsico	Límico
	Petrodúrico	Arcílico
	Dúrico	Crómico
	Petrocálcico	
	Cálcico	
	Lúvico	
	Háplico	
Otros suelos que tienen	Pétrico	Rúptico
1. un <i>horizonte petrogípsico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; o	Hipergípsico	Sódico
2. un <i>horizonte gípsico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo y sin <i>horizonte árgico</i> a menos que el <i>horizonte árgico</i> esté permeado con yeso o carbonato de calcio.	Hipogípsico	Hiperótrico
	Árzico	Takyrico
	Técnico	Yérmico
	Hiperesquelético	Arídico
	Léptico	Esquelético
	Vértico	Arénico
	Endosálico	Límico
	Endogleyico	Arcílico
	Petrodúrico	Transpórtico
	Dúrico	Nóvico
	Petrocálcico	
	Cálcico	
	Lúvico	
	Háplico	
Otros suelos que tienen un <i>horizonte petrodúrico</i> o <i>dúrico</i> que comienza dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.	Pétrico	Rúptico
DURISOLES	Fractipétrico	Sódico
	Técnico	Takyrico
	Léptico	Yérmico
	Vértico	Arídico
	Endogleyico	Hiperótrico
	Gípsico	Arénico
	Petrocálcico	Límico
	Cálcico	Arcílico
	Lúvico	Crómico
	Líxico	Transpórtico
	Háplico	Nóvico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Pétrico	Rúptico
1. un horizonte <i>petrocálcico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; o	Hipercálcico	Sódico
2. un horizonte <i>cálcico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo y sin horizonte <i>árgico</i> a menos que el horizonte <i>árgico</i> esté permeado con carbonato de calcio.	Hipocálcico	Takyrico
	Técnico	Yérmico
	Hiperesquelético	Arídico
	Léptico	Hiperótrico
	Vértico	Dénsico
CALCISOLS	Endosálico	Esquelético
	Endogleyico	Arénico
	Gípsico	Límico
	Lúvico	Arcílico
	Líxico	Crómico
	Hápico	Transpórtico
		Nóvico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen un <i>horizonte árgico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo con <i>lenguas albelúvicas</i> en su límite superior.	Frágico	Ántrico
ALBELUVISOLS	Cutánico	Manganiférrico
	Fólico	Férrico
	Hístico	Abrúptico
	Técnico	Rúptico
	Gleyico	Alúmico
	Stágnico	Dístrico
	Úmbrico	Éutrico
	Cámbico	Gélico
	Háplico	Oxiácuico
		Gréyico
		Dénsico
		Arénico
		Límico
		Arcílico
		Drénico
		Transpórtico
		Nóvico
Otros suelos que tienen	Hiperálico	Ántrico
1. un <i>horizonte árgico</i> , que tiene una CIC (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de 24 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> arcilla <sup>48</sup> o más en todo el espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo, o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el <i>horizonte árgico</i> tiene por encima textura arenoso franco o más gruesa en todo el espesor; y	Lamélico	Frágico
2. una saturación con bases (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de menos de 50 por ciento en la mayor parte entre 50 y 100 cm.	Cutánico	Manganiférrico
ALISOLS	Álbico	Férrico
	Técnico	Abrúptico
	Léptico	Rúptico
	Vértico	Alúmico
	Fractiplíntico	Húmico
	Petroplíntico	Hiperdístrico
	Pisoplíntico	Epiéutrico
	Plíntico	Túrbico
	Gleyico	Gélico
	Vítrico	Oxiácuico
	Ándico	Gréyico
	Nítico	Profúndico
	Stágnico	Hiperótrico
	Úmbrico	Nudiárgico
	Háplico	Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcílico
		Ródico
		Crómico
		Transpórtico
		Nóvico

<sup>48</sup> Ver Anexo I.

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Vético	Ántrico
1. un <i>horizonte árgico</i> que tiene una CIC (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) menor de 24 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> arcilla <sup>49</sup> en alguna parte hasta una profundidad máxima de 50 cm debajo de su límite superior, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo, o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el <i>horizonte árgico</i> tiene por encima textura arenoso franco o más gruesa en todo el espesor, y	Lamélico	Álbico
	Cutánico	Frágico
	Técnico	Sómbrico
	Léptico	Manganiférrico
	Fractiplíntico	Férrico
	Petroplíntico	Abrúptico
	Pisoplíntico	Rúptico
	Plíntico	Alúmico
	Gleyico	Húmico
	Vítrico	Hiperdístrico
	Ándico	Epiéutrico
	Nítico	Oxiácuico
	Stágnico	Gréyico
	Úmbrico	Profúndico
	Háplico	Hiperócrico
		Nudiárgico
		Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcíllico
		Ródico
		Crómico
		Transpórtico
		Nóvico
Otros suelos que tienen un <i>horizonte árgico</i> con una CIC (por NH <sub>4</sub> OAc 1 M) de 24 cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> arcilla <sup>50</sup> o más en todo el espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el <i>horizonte árgico</i> tiene por encima textura arenoso franco o más gruesa en todo el espesor.	Lamélico	Ántrico
	Cutánico	Frágico
	Álbico	Manganiférrico
	Escálico	Férrico
	Técnico	Abrúptico
	Léptico	Rúptico
	Vértico	Húmico
	Gleyico	Sódico
	Vítrico	Epidístrico
	Ándico	Hiperéutrico
	Nítico	Túrbico
	Stágnico	Gélico
	Cálcico	Oxiácuico
	Háplico	Gréyico
		Profúndico
		Hiperócrico
		Nudiárgico
		Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcíllico
		Ródico
		Crómico
		Transpórtico
		Nóvico

<sup>49</sup> Ver Anexo 1.

<sup>50</sup> Ver Anexo 1.

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen un horizonte <i>árgico</i> , ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el horizonte <i>árgico</i> tiene por encima textura arenosa franca o más gruesa en todo el espesor.	Vético	Ántrico
	Lamélico	Álbico
	Cutánico	Frágico
	Técnico	Manganiférrico
	Léptico	Férrico
	Gleyico	Abrúptico
	Vítrico	Rúptico
	Ándico	Húmico
	Fractiplíntico	Epidístrico
	Petroplíntico	Hiperéutrico
	Pisoplíntico	Oxiácuico
	Plíntico	Gréyico
	Nítico	Profúndico
	Stágnico	Hiperótrico
	Cálcico	Nudiárgico
	Hápico	Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcílico
		Ródico
		Crómico
		Transportico
		Nóvico
Otros suelos que tienen un horizonte <i>úmbrico</i> o <i>mólico</i> .	Fólico	Ántrico
	Hístico	Álbico
	Técnico	Brúnico
	Léptico	Ornítico
	Flúvico	Tiónico
	Endogleyico	Glósico
	Vítrico	Húmico
	Ándico	Alúmico
	Ferrálico	Hiperdístrico
	Stágnico	Endoéutrico
	Mólico	Páquico
	Cámbico	Túrbico
	Hápico	Gélico
		Oxiácuico
		Gréyico
		Láxico
		Plácico
		Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcílico
		Crómico
		Drénico
		Nóvico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos que tienen	Lamélico	Ornítico
1. una textura media ponderada de arenoso franco o más gruesa, y las capas acumuladas de textura más fina tienen menos de 15 cm thick, ya sea hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo o hasta un horizonte <i>petroplíntico</i> , <i>pisoplíntico</i> , <i>plíntico</i> o <i>sálico</i> que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo; y	Hipolúvico	Gipsírico
	Hiperálbico	Calcárico
	Álbico	Téfrico
	Rúbico	Hiposálico
	Brúnico	Dístrico
	Hidrofóbico	Éutrico
2. menos de 40 por ciento (en volumen) de gravas o fragmentos más gruesos en todas las capas dentro de 100 cm de la superficie del suelo o hasta un horizonte <i>petroplíntico</i> , <i>pisoplíntico</i> , <i>plíntico</i> o <i>sálico</i> que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo; y	Prótico	Petrogleyico
	Fólico	Túrbico
	Técnico	Gélico
	Endosálico	Gréyico
3. sin horizonte <i>frágico</i> , <i>irrágrico</i> , <i>hórtico</i> , <i>plágico</i> o <i>térrico</i> ; y	Endogleyico	Plácico
4. sin capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de 15 cm o más.	Fractiplíntico	Hiperócrico
ARENOSOLS	Petroplíntico	Yérmico
	Pisoplíntico	Árídico
	Plíntico	Transportíco
	Ferrálico	Nóvico
	Endostágnico	
	Háplico	
Otros suelos que tienen	Fólico	Manganiférrico
1. un horizonte <i>cámbico</i> que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo y tiene su base 25 cm o más debajo de la superficie del suelo o 15 cm o más debajo de alguna capa arada; o	Antrácuico	Férrico
	Hórtico	Ornítico
	Irrágrico	Colúvico
2. un horizonte <i>antrácuico</i> , <i>hórtico</i> , <i>hidrágrico</i> , <i>irrágrico</i> , <i>plágico</i> o <i>térrico</i> ; o	Plágico	Gipsírico
	Térrico	Calcárico
3. un horizonte <i>frágico</i> , <i>petroplíntico</i> , <i>pisoplíntico</i> , <i>plíntico</i> , <i>sálico</i> , <i>tiónico</i> o <i>vértico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; o	Técnico	Téfrico
	Léptico	Alúmico
	Vértico	Sódico
4. una o más capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de 15 cm o más dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.	Tiónico	Alcálico
CAMBISOLES	Flúvico	Húmico
	Endosálico	Dístrico
	Endogleyico	Éutrico
	Vítrico	Láxico
	Ándico	Túrbico
	Fractiplíntico	Gélico
	Petroplíntico	Oxiácuico
	Pisoplíntico	Gréyico
	Plíntico	Rúptico
	Ferrálico	Pisocálcico
	Frágico	Hiperócrico
	Gelistágnico	Takyrico
	Stágnico	Yérmico
	Háplico	Árídico
		Dénsico
		Esquelético
		Límico
		Arcíllico
		Ródico
		Crómico
		Escálico
		Transportíco
		Nóvico

Clave para los Grupos de Suelos de Referencia	Calificadores grupo I	Calificadores grupo II
Otros suelos.	Fólico	Brúnico
REGOSOLES	Árico	Ornítico
	Colúvico	Gipsírico
	Técnico	Calcárico
	Léptico	Téfrico
	Endogleyico	Húmico
	Taptovítrico	Hiposálico
	Taptándico	Sódico
	Gelistágnico	Dístrico
	Stágnico	Éutrico
	Háplico	Túrbico
		Gélico
		Oxiácuico
		Vérmico
		Hiperócrico
		Takyrico
		Yérmico
		Arídico
		Dénsico
		Esquelético
		Arénico
		Límico
		Arcillico
		Escálico
		Transpórtico

## Capítulo 4

# Descripción, distribución, uso y manejo de Grupos de Suelos de Referencia

Este capítulo da una visión global de todos los GSR reconocidos en la WRB. Se proporciona una descripción breve con los nombres correspondientes en otros sistemas principales de clasificación de suelos, seguido de la distribución regional de cada grupo. El uso de la tierra y manejo concluyen cada descripción. Información más detallada sobre cada GSR, incluyendo características morfológicas, químicas y físicas y génesis, está disponible en FAO (2001a) y varios CD-ROMs (FAO, 2001b, 2003 y 2005). Todas estas publicaciones reflejan la primera edición de la WRB (FAO, 1998); se planifican nuevas publicaciones basadas en la segunda edición vigente para un futuro cercano.

### ACRISOLES

Los Acrisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que llevan a un horizonte *árgico* en el subsuelo. Los Acrisoles tienen en determinadas profundidades una baja saturación con bases y arcillas de baja actividad. Muchos Acrisols correlacionan con *Red Yellow Podzolic soils* (e.g. Indonesia), *Argissolos* (Brasil), *sols ferralitiques fortement ou moyennement désaturés* (Francia), *Red and Yellow Earths*, y *Ultisoles* con arcillas de baja actividad (Estados Unidos de Norteamérica).

### Descripción resumida de Acrisols

*Connotación:* Del latín *acer*, muy ácido. Suelos ácidos fuertemente meteorizados con baja saturación con bases en alguna profundidad.

*Material parental:* En una variedad amplia de materiales parentales, muy generalizados a partir de meteorización de rocas ácidas, y notablemente en arcillas fuertemente meteorizadas que están sufriendo mayor degradación.

*Ambiente:* Principalmente antiguas superficies con topografía con colinas u ondulada, en regiones con un clima húmedo tropical/monsónico, subtropical o templado cálido. El tipo de vegetación natural es selva.

*Desarrollo del perfil:* Diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y mayor contenido en el subsuelo; lixiviación de cationes básicos debido al ambiente húmedo y avanzado grado de meteorización.

### Distribución regional de Acrisoles

Los Acrisoles se encuentran en regiones tropicales húmedas, subtropicales húmedas y templado cálidas y son muy abundantes en el Sudeste Asiático, las franjas al sur de la Cuenca Amazónica, el sudeste de Estados Unidos de Norteamérica, y este y oeste de África. Hay alrededor de 1 000 millones ha de Acrisoles a nivel mundial.

### Manejo y uso de Acrisoles

La preservación del suelo superficial con su tan importante materia orgánica y prevenir la erosión son precondiciones para cultivar los Acrisoles. El desmonte mecánico de la selva natural extrayendo las raíces y llenando los huecos con el suelo superficial que los rodea produce tierras que son muy estériles cuando las concentraciones de Al del anterior subsuelo alcanzan niveles tóxicos.

Se requieren sistemas de cultivo adaptados con fertilización completa y manejo cuidadoso si se va a practicar agricultura sedentaria en Acrisoles. La agricultura de *cortar y quemar* ampliamente utilizada (agricultura nómada, *shifting cultivation*) puede parecer primitiva pero es una forma de uso de la tierra bien adaptada, desarrollada durante siglos de prueba y error. Si los períodos de ocupación son cortos (solo uno o unos pocos años) y seguidos por un período de regeneración suficientemente largo (hasta varias décadas), este sistema hace un buen uso de los recursos limitados de los Acrisols. Se recomienda la agroforestación como una alternativa que protege al suelo frente a la agricultura nómada para alcanzar altos rendimientos sin requerir insumos costosos.

La agricultura de bajos insumos en Acrisols no es muy gratificante. Los cultivos de cosecha no demandantes, tolerantes a acidez como el ananá, castaña de cajú, té y caucho pueden cultivarse con algún éxito. Áreas crecientes de Acrisols se plantan con palma aceitera (e.g. en Malasia y en Sumatra). Grandes áreas de Acrisols están bajo selva, desde selva lluviosa alta, densa hasta bosques abiertos. La mayoría de las raíces de los árboles se concentran en el horizonte superficial húmico con sólo unas pocas raíces principales que se extienden hacia abajo en el subsuelo. En Sudamérica los Acrisols también se encuentran bajo savana. Los Acrisols son apropiados para la producción de cultivos de secano o irrigados sólo después de encañado y fertilización completa. La rotación de cultivos anuales con pasturas mejoradas mantiene el contenido de materia orgánica.

### ALBELUVISOLES

Los albeluvisoles son suelos que tienen, comenzando dentro de 1 m de la superficie del suelo, un horizonte de iluviación de arcilla con un límite superior irregular o quebrado que resulta en lenguas del material lixiviado dentro del horizonte iluvial. Muchos Albeluvisoles correlacionan con: *Podzoluvisols* (FAO); *Sod-podzolic* or *Podzolic* soils (Federación Rusa); *Fahlerden* (Alemania); y *Glossaqualfs*, *Glossocryalfs* y *Glossudalfs* (Estados Unidos de Norteamérica).

#### Descripción resumida de Albeluvisoles

*Connotación:* Del latín *albus*, blanco, y latín *elvere*, lavar.

*Material parental:* Principalmente till glaciario no consolidado, materiales de origen lacustre o fluvial y depósitos eólicos (loess).

*Ambiente:* Planicies llanas a onduladas bajo bosque de coníferas (incluyendo taiga boreal) o bosque mixto. El clima es templado a boreal con inviernos fríos, veranos cortos y frescos, y una precipitación media anual de 500–1 000 mm. La lluvia se distribuye uniformemente a lo largo del año o, en la parte continental de la franja de Albeluvisol tiene un pico a principios del verano.

*Desarrollo del perfil:* Un horizonte fino, oscuro sobre un horizonte subsuperficial *álbico* que penetra en lenguas en un horizonte subsuperficial *árgico* pardo. Son comunes las *condiciones reductoras* temporarias con un *patrón de color stágnico* en los Albeluvisoles boreales.

#### Distribución regional de Albeluvisoles

Los Albeluvisoles cubren unos 320 millones ha estimados en Europa, Asia del norte y central, con ocurrencias menores en América del Norte. Los Albeluvisoles están concentrados en dos regiones, cada una de ellas con un conjunto particular de condiciones climáticas:

- las regiones continentales que tenían permafrost en el Pleistoceno de Europa del norte, noroeste de Asia y sur de Canadá, que constituyen por mucho las mayores áreas de Albeluvisoles;
- las áreas de loess y cubiertas arenosas y áreas aluviales antiguas en regiones templado húmedas, tal como Francia, Bélgica central, el sudeste de los Países Bajos y el oeste de Alemania.

#### Manejo y uso de Albeluvisoles

La capacidad agrícola de los Albeluvisoles es limitada por su acidez, bajo nivel de nutrientes, problemas de labranza y drenaje y por el clima, con su corta estación de crecimiento y heladas severas durante el largo invierno. Los Albeluvisoles de la zona norte de taiga están casi exclusivamente bajo bosque; pequeñas áreas se usan para pasturas o campos de heno. En la zona

sur de taiga, menos del 10 por ciento del área no forestada se usa para producción agrícola. of the non-forested area is used for agricultural production. La ganadería es el uso de la tierra principal en los Albeluvisoles (producción lechera y ganado de cría); los cultivos arables (cereales, papa, remolacha azucarera y maíz para forraje) juegan un rol menor.

En la Federación Rusa, la porción de cultivos arables se incrementa en dirección sur y oeste, especialmente en los Albeluvisoles con mayor saturación con bases en el subsuelo. Con labranzas cuidadosas, encalado y aplicación de fertilizantes, los Albeluvisoles pueden producir 25–30 toneladas de papa por hectárea, 2–5 toneladas de trigo de invierno o 5–10 toneladas de forraje seco.

### ALISOLES

Los Alisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcillas) llevando a un horizonte subsuperficial *árgico*. Los Alisoles tienen una baja saturación con bases a ciertas profundidades y arcillas de alta actividad en todo el *horizonte árgico*. No tienen *lenguas albelúvicas* como los Albeluvisoles. Ocurren principalmente en regiones húmeda tropical, húmeda subtropical y templado cálida. Muchos Alisoles correlacionan con: *Alissolos* (Brasil); *Ultisoles* con arcillas de alta actividad (Estados Unidos de Norteamérica); *Kuro sols* (Australia); y *Fersialsols* y *sols fersiallitiques très lessivés* (Francia).

### Descripción resumida de Alisoles

*Connotación:* Suelos con baja saturación con bases en alguna profundidad; del latín *alumen*, alumbre.

*Material parental:* En una variedad amplia de materiales parentales. La mayoría de las ocurrencias de Alisoles registradas hasta ahora son sobre productos de meteorización de rocas básicas y materiales no consolidados.

*Ambiente:* Principalmente en topografía con colinas u ondulada, en climas tropical húmedo, subtropical húmedo y monsonico.

*Desarrollo del perfil:* La diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un contenido menor en el suelo superficial y mayor contenido en el subsuelo, lavado de cationes básicos debido al ambiente húmedo sin meteorización avanzada de arcillas de alta actividad; los Alisoles muy lixiviados pueden tener un horizonte eluvial *álbico* entre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial *árgico* pero no tienen las *lenguas albelúvicas* de los Albeluvisoles.

### Distribución regional de Alisoles

Las principales ocurrencias de Alisoles se encuentran en América Latina (Ecuador, Nicaragua, Venezuela, Colombia, Perú y Brasil), en las Indias Occidentales (Jamaica, Martinica y Santa Lucía), en África Occidental, las tierras altas de África Oriental, Madagascar, y en el Sudeste Asiático y norte de Australia. FAO (2001a) estima que alrededor de 100 millones ha de estos suelos se usan para agricultura en los trópicos.

Los Alisoles ocurren también en regiones subtropicales; se encuentran en China, Japón y el sudeste de los Estados Unidos de Norteamérica, ocurrencias menores se han informado alrededor del Mar Mediterráneo (Italia, Francia y Grecia). También ocurren en regiones templado húmedas.

### Manejo y uso de Alisoles

Los Alisoles ocurren predominantemente en topografías con colinas u onduladas. El suelo superficial generalmente inestable de los Alisoles cultivados los hace susceptibles a la erosión; son bastante comunes los suelos truncados. Los niveles tóxicos de Al a poca profundidad y pobre fertilidad natural del suelo son restricciones adicionales de muchos Alisoles. En consecuencia, muchos Alisoles sólo permiten realizar cultivos de raíces superficiales y los cultivos sufren de stress hídrico en la estación seca. Una parte significativa de los Alisoles es improductiva para una amplia variedad de cultivos. Es común el uso de cultivos tolerantes a acidez o el pastoreo de bajo volumen. La productividad de los Alisoles en agricultura de subsistencia generalmente es baja ya que estos suelos tienen una capacidad de recuperación limitada frente al agotamiento químico. Con fertilización y encalado completos, los cultivos en Alisoles pueden beneficiarse de la CIC considerable y buena capacidad de retención de agua, y

los Alisoles pueden eventualmente gradar en Luvisoles. Los Alisoles son crecientemente cultivados con cultivos tolerantes a Al como té, y caucho pero también palma aceitera y, en algunos lugares, café y caña de azúcar.

### **ANDOSOLES**

Los Andosoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo. Muchos Andosoles pertenecen a: *Kuroboku* (Japón); *Andisoles* (Estados Unidos de Norteamérica); *Andosoles* y *Vitrisols* (Francia); y *suelos sobre ceniza volcánica*.

#### **Descripción resumida de Andosoles**

*Connotación:* Típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; del japonés *an*, negro, y *do*, suelo.

*Material parental:* Vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato.

*Ambiente:* Ondulado a montañoso, húmedo, y regiones árticas a tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación.

*Desarrollo del perfil:* La meteorización rápida de vidrios o eyecciones volcánicas resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alofano, imogolita y ferrihidrita. La meteorización ácida de otro material rico en silicato en climas húmedo y perhúmedo también lleva a la formación de complejos órgano-minerales estables.

#### **Distribución regional de Andosoles**

Los Andosoles ocurren en regiones volcánicas en todo el mundo. Se encuentran concentraciones importantes alrededor del borde del Pacífico: en la costa oeste de Sudamérica, en América Central, México, Estados Unidos de Norteamérica (las Montañas Rocosas, Alaska), Japón, el Archipiélago de Filipinas, Indonesia, Papua Nueva Guinea, y Nueva Zelanda. También son prominentes en muchas islas en el Pacífico: Fiji, Vanuatu, Nueva Caledonia, Samoa y Hawaii. En Africa, las ocurrencias principales de Andosoles se encuentran a lo largo del Gran Valle del Rift, en Kenia, Ruanda y Etiopía y en Madagascar. En Europa, los Andosoles ocurren en Italia, Francia, Alemania e Islandia. El área total de Andosol se estima en unos 110 millones ha o menos del 1 por ciento de la superficie de tierra global. Más de la mitad de esta área está situada en los trópicos. Los Andosoles que se originan de otros materiales parentales que no sean vidrios o eyecciones volcánicas ocurren en regiones húmedas (generalmente montañosas).

#### **Manejo y uso de Andosoles**

Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Los Andosoles generalmente son suelos, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Al y Fe libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada.

Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los Andosoles fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad.

Los Andosoles se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, batata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas. Los Andosoles en pendientes pronunciadas tal vez se mantienen mejor bajo bosque. El arroz inundado es el uso de la tierra principal de los Andosoles en tierras bajas con agua freática somera.

### **ANTROSOLES**

Los Antrososoles comprenden suelos que han sido profundamente modificados a través de actividades humanas, tal como adiciones de materiales orgánicos o desechos hogareños, riego y labranza. El grupo incluye suelos conocidos como: *suelos Plaggen*, *suelos Paddy soils*, *suelos*

*Oasis, Terra Preta do Indio* (Brasil), *Agrozems* (Federación Rusa), *Terrestrische anthropogene Böden* (Alemania), *Anthroposols* (Australia), y *Antrosoles* (China).

### Descripción resumida de Antrosoles

*Connotación:* Suelos con características prominentes que resultan de la actividad humana; del griego *anthropos*, ser humano.

*Material parental:* Virtualmente cualquier material de suelo, modificado por cultivo o adición de materiales continuo y prolongado.

*Ambiente:* En muchas regiones donde la gente ha practicado la agricultura por largo tiempo.

*Desarrollo del perfil:* La influencia de humanos normalmente está restringida a los horizontes superficiales; la diferenciación de horizontes de un suelo enterrado puede aún estar intacta a cierta profundidad.

### Distribución regional de Antrosoles

Los Antrosoles se encuentran donde sea que el hombre haya practicado la agricultura por un largo tiempo. Los Antrosoles con horizonte plágico están más comúnmente en el noroeste de Europa. Junto con los Antrosoles con un horizonte térrico, cubren más de 500 000 ha.

Los Antrosoles con horizonte irrágrico se encuentran en áreas de riego en regiones secas, e.g. en Mesopotamia, cerca de oasis en regiones de desierto y en partes de la India. Los Antrosoles con un horizonte antrácuico por encima de un horizonte hidrágrico (*suelos paddy*) ocupan vastas áreas en China y en partes de Sur y Sudeste de Asia (e.g. Sri Lanka, Viet Nam, Tailandia e Indonesia). Los Antrosoles con horizonte hórtico se encuentran en todo el mundo donde los humanos hayan fertilizado el suelo con desechos hogareños y abonos. La *Terra Preta do Indio* en la región del Amazona en Brasil pertenece a este grupo.

### Manejo y uso de Antrosoles

Los horizontes *plágicos* tienen propiedades físicas favorables (porosidad, enraizamiento y disponibilidad de humedad), pero muchos tienen características químicas menos favorables (acidez, y deficiencia de nutrientes). Cultivos comunes en los Antrosoles europeos con horizonte *plágico* son el centeno, avena, cebada, papa, y también la más demandante remolacha azucarera y trigo estival. Previo al advenimiento de los fertilizantes químicos, los rendimientos de centeno fueron 700–1 100 kg/ha, o 4–5 veces la cantidad de semilla utilizada. Hoy estos suelos reciben dosis generosas de fertilizantes y el rinde promedio por hectárea para centeno, cebada y trigo estival son 5 000, 4 500 y 5 500 kg, respectivamente. Remolacha azucarera y papa producen 40–50 toneladas/ha. Actualmente, son crecientemente utilizados para producción de maíz para silaje y pasto; niveles de producción por hectárea de 12–13 toneladas de silaje seco de maíz y 10–13 toneladas de pasto seco, se consideran normales. En algunos lugares, los Antrosoles con horizonte *plágico* se usan para almácigos de árboles y horticultura. El buen drenaje y el color oscuro del suelo superficial (calentamiento temprano en primavera) hacen posible labrar y sembrar o plantar temprano en la estación. Los suelos con horizonte *plágico* profundo en los Países Bajos estaban en demanda para el cultivo de tabaco hasta los 1950s.

Los Antrosoles con un horizonte *horizonte hórtico* son suelos de cocina (*kitchen soils*). Hay ejemplos bien conocidos en terrazas fluviales en el sur de Maryland, Estados Unidos de Norteamérica, y a lo largo del Río Amazonas en Brasil. Tienen un suelo superficial profundo, negro, formado en capas de rezagos de cocina (principalmente caparazones de ostras, huesos de pescados, etc.) de los antiguos habitantes indios. Muchos países tienen pequeñas áreas de suelos que fueron modificados por los habitantes primitivos.

El cultivo de arroz inundado continuo y prolongado conduce a un horizonte *antrácuico* con un horizonte subyacente *hidrágrico*. El encharcado de las tierras inundadas de campos de arroz (involucrando la destrucción de la estructura de suelo natural por labranza intensiva cuando el suelo está saturado con agua) se hace intencionalmente, *inter alia* para reducir las pérdidas por percolación.

Los Antrosoles con horizonte *irrágrico* se forman como resultado de sedimentación prolongada (predominantemente limo) del agua de riego. Un caso especial se encuentra en depresiones donde cultivos de secano se plantan comúnmente en camellones construidos que alternan con surcos de drenaje. El perfil de suelo original del área del camellón está enterrado

bajo una gruesa capa de material de suelo agregado. El sistema camellón-surco se conoce de ambientes tan diferentes como los bosques húmedos de Europa Occidental y las marismas costeras del Sudeste Asiático donde los camellones se plantan con cultivos de secano y en las áreas de zanjas poco profundas se cría arroz.

En partes de Europa Occidental, particularmente en Irlanda y el Reino Unido, materiales calcáreos (e.g. arenas de playa) fueron acarreados a áreas con Arenosols, Podzoles, Albeluvisoles e Histosoles ácidos. Eventualmente estas capas superficiales modificadas de material mineral se volvieron horizontes *térricos* que dan al suelo propiedades muy mejoradas para cultivos arables respecto de los suelos superficiales originales. En México Central, se construyeron suelos profundos de sedimentos lacustres ricos en materia orgánica, formando así un sistema de islas y canales (*chinampas*). Estos suelos tienen un horizonte *térrico* y fueron las tierras más productivas del imperio Azteca; ahora la mayoría de estos suelos están afectados por salinización.

### ARENOSOLES

Los Arenosoles comprenden suelos arenosos, incluyendo tanto suelos desarrollados en arenas residuales después de la meteorización *in situ* de sedimentos o rocas ricos en cuarzo, y suelos desarrollados en arenas recién depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas. Los suelos correspondientes en otros sistemas de clasificación incluyen *Psammentes* de la Taxonomía de Suelos de EUA y los *sols minéraux bruts* y *sols peu évolués* en el sistema de clasificación francés del CPC (1967). Muchos Arenosoles pertenecen a *Arenic Rudosols* (Australia), *Psammozems* (Federación Rusa) y *Neossolos* (Brasil).

#### Descripción resumida de Arenosoles

*Connotación:* Suelos arenosos; del latín *arena*, arena.

*Material parental:* No consolidado, en algunos lugares materiales translocados, calcáreos, de textura arenosa; ocurren áreas relativamente pequeñas de Arenosoles sobre rocas silíceas extremadamente meteorizadas.

*Ambiente:* Desde árido hasta húmedo y perhúmedo, y desde extremadamente frío hasta extremadamente cálido; las geoformas varían desde dunas recientes, cordones de playa, y planicies a plateaus muy antiguos arenosos; la vegetación varía desde vegetación de desierto hasta dispersa (principalmente herbácea) hasta bosque ligero.

*Desarrollo del perfil:* En la zona seca hay poco o ningún desarrollo de perfil. Los Arenosoles en los trópicos perhúmedos tienden a desarrollar horizontes eluviales *álbicos* gruesos (con un horizonte *spódico* por debajo de 200 m de la superficie del suelo) mientras la mayoría de los Arenosoles de la zona templado húmeda muestran signos de alteración o transporte de humus, Fe o arcilla, pero demasiado débil para ser de diagnóstico.

#### Distribución regional de Arenosoles

Los Arenosoles son uno de los GSR más extensos en el mundo; incluyendo arenas en movimiento y dunas activas, cubren alrededor de 1 300 millones ha, o 10 por ciento de la superficie de la tierra. Vastas extensiones de profundas arenas eólicas se encuentran en el plateau Centro Africano entre el ecuador y 30 °S. Estas *Arenas de Kalahari* forman el mayor cuerpo de arenas en el mundo. Otras áreas de Arenosoles ocurren en la región de Sahel de África, varias partes del Sahara, Australia central y occidental, El Cercano Este, y China. Las planicies costeras arenosas y áreas de dunas costeras tienen menor extensión geográfica.

Aunque la mayoría de los Arenosoles ocurren en regiones áridas y semiáridas, son típicos suelos azonales; se encuentran en el más amplio rango posible de climas, desde muy árido a muy húmedo y desde frío hasta cálido. Los Arenosoles están muy extendidos en paisajes eólicos pero también ocurren en arenas marinas, litorales, y lacustres y en los mantos de meteorización en grano grueso de rocas silíceas, principalmente areniscas, cuarcita y granito. No hay límite respecto de la edad o período en el cual tuvo lugar la formación de suelo. Los Arenosoles ocurren en superficies muy antiguas así como en geoformas muy recientes, y pueden estar asociados con casi cualquier tipo de vegetación.

### Manejo y uso de Arenosoles

Los Arenosoles ocurren en ambientes ampliamente diferentes, y por consiguiente así varían las posibilidades de usarlos para la agricultura. La característica que todos los Arenosoles tienen en común es su textura gruesa, que explica su generalmente alta permeabilidad y baja capacidad de almacenar agua y nutrientes. Por otro lado, los Arenosoles ofrecen facilidad de labranza enraizamiento y cosecha de cultivos de raíz y tubérculos.

Los Arenosoles en **tierras áridas**, donde la lluvia anual es menor de 300 mm, son predominantemente usados para pastoreo extensivo (nómada). Los cultivos de secano son posibles cuando la lluvia anual excede 300 mm. La baja coherencia, baja capacidad de almacenar nutrientes y alta sensibilidad a la erosión son limitaciones serias de los Arenosoles en la zona seca. Se han conseguido buenos rendimientos de pequeños granos, melones, legumbres y cultivos forrajeros en Arenosoles regados, pero las altas pérdidas por percolación pueden hacer impracticable el riego de superficie. El riego por goteo o por chorritos, posiblemente combinado con un cuidadoso dosaje de fertilizantes, pueden remediar la situación. Muchas áreas con Arenosoles en la zona de Sahel (lluvia anual de 300–600 mm) son transicionales al Sahara, y sus suelos están cubiertos con vegetación escasa. El pastoreo y desmonte para cultivo no controlados sin medidas de conservación de suelos apropiadas pueden fácilmente hacer estos suelos inestables y revertirlos a dunas movedizas.

Los Arenosoles en la **zona templada húmeda y subhúmeda** tienen limitaciones similares a los de la zona seca, sólo que la sequía es una restricción menos seria. En algunas instancias, e.g. en horticultura, el bajo almacenamiento de agua de los Arenosoles se considera ventajoso porque los suelos se calientan más temprano en la estación. En los sistemas mixtos de cultivo (que son mucho más comunes) con cereales, cultivos forrajeros y pasturas, se aplica riego suplementario durante los períodos secos. Una gran parte de los Arenosoles de zona templada están bajo bosque, ya sea producción forestal o rodales *naturales* en reservas naturales manejadas cuidadosamente.

Los Arenosoles en los **trópicos húmedos** es mejor dejarlos bajo su vegetación natural, particularmente para los Arenosoles con meteorización profunda y un horizonte *albico*. Como todos los elementos nutrientes se concentran en la biomasa y en la materia orgánica del suelo, el desmonte de la tierra inevitablemente producirá tierras estériles infértiles sin valor ecológico ni económico. Bajo bosque, la tierra puede todavía producir algo de madera (e.g. *Agathis* spp.) y madera para la industria de pulpa y papel. El cultivo permanente de cultivos anuales requiere insumos de manejo que generalmente no son justificables económicamente. En algunos lugares los Arenosoles han sido plantados con cultivos perennes como caucho y pimienta; las arenas costeras están plantadas ampliamente con cultivos como coco, castañas de cajú, casuarinas y pinos, especialmente donde la buena calidad del agua freática está al alcance del sistema radicular. Cultivos de raíz y tubérculos se benefician de la facilidad de cosecha, notablemente casava, con su tolerancia a niveles bajos de nutrientes. El maní y y maní bambara pueden encontrarse en mejores suelos.

Los Arenosoles y suelos relacionados con una textura arenosa superficial, en algunas regiones (e.g. Australia occidental y partes de Sudáfrica) pueden ser proclives a desarrollar hidrofobicidad, típicamente causada por exudados hidrofóbicos de hongos del suelo que recubren los granos de arena. La repelencia al agua es más intensa luego de períodos largos de clima cálido y seco y lleva a infiltración diferencial de agua. Se cree que esto tiene significado ecológico en promover diversidad de especies vegetales (e.g. en Namaqualand). Los agentes humectantes (surfactantes como el lignosulfonato de calcio) a veces se usan bajo riego para lograr la penetración más uniforme de agua. Los productores de trigo de secano en Australia excavan arcilla y la aplican a sus suelos arenosos con maquinaria especializada. Los resultados (germinación más uniforme y mejor eficiencia de herbicidas) pueden ser económicamente atractivos cuando hay disponible una fuente local de arcilla.

## CALCISOLES

### CALCISOLS

Los Calcisoles acomodan suelos en los cuales hay una acumulación secundaria sustancial de calcáreo. Los Calcisoles están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados con materiales parentales altamente calcáreos. Los nombres de suelos utilizados anteriormente para muchos Calcisoles incluyen *Suelos de desierto (Desert soils)* y *Takyr*s. En la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, la mayoría de ellos pertenecen a los *Calcides*.

#### Descripción resumida de Calcisoles

*Connotación:* Suelos con sustancial acumulación de calcáreo secundario; del latín *calx*, calcáreo.

*Material parental:* Principalmente depósitos aluviales, coluviales y eólicos de material meteorizado rico en bases.

*Ambiente:* Tierras llanas hasta con colinas en regiones áridas y semiáridas. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos y árboles xerófitos y/o pastos efímeros.

*Desarrollo del perfil:* Los Calcisoles típicos tienen un horizonte superficial pardo pálido; la acumulación sustancial de calcáreo secundario ocurre dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

#### Distribución regional de Calcisoles

Es difícil cuantificar la extensión mundial de los Calcisoles con alguna medida exacta. Muchos Calcisoles ocurren junto con Solonchaks que son en realidad Calcisoles afectados por sales y/o con otros suelos que tienen acumulación secundaria de calcáreo pero no califican como Calcisoles. El área total de Calcisoles puede bien llegar a 1 000 millones ha, casi toda ella en el área subtropical árida y semiárida de ambos hemisferios.

#### Manejo y uso de Calcisoles

Vastas áreas de los llamados Calcisoles naturales están bajo arbustos, pastos y hierbas que se usan para pastoreo extensivo. Los cultivos tolerantes a sequía como el girasol pueden hacerse de secano, preferiblemente después de uno o unos pocos años de barbecho, pero los Calcisoles alcanzan su máxima capacidad productiva sólo cuando son cuidadosamente regados. Extensas áreas de Calcisoles se usan para la producción de trigo de invierno bajo riego, melones y algodón en la zona Mediterránea. El *Sorghum bicolor* (el sabeem) y cultivos forrajeros como el pasto Rhodes y alfalfa, son tolerantes a altos niveles de Ca. Unos 20 cultivos vegetales han sido producidos exitosamente en Calcisoles bajo riego fertilizados con nitrógeno, fósforo y microelementos como hierro y zinc.

El riego por surcos es superior al riego por inundación en Calcisoles inestables porque reduce el encostramiento superficial y mortalidad de plántulas; las leguminosas en particular son muy vulnerables en el estado de plántula. En algunos lugares, el cultivo arables está obstruido por pedregosidad del suelo superficial y/o un horizonte *petrocálcico* horizon a poca profundidad.

## CAMBISOLES

Los Cambisoles combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos. Otros sistemas de clasificación de suelos se refieren a muchos Cambisoles como: *Braunerden* (Alemania), *Sols bruns* (Francia), *Brown soils/Brown Forest soils* (antiguos sistemas norteamericanos), o *Burozems* (Federación Rusa). FAO acuñó el nombre *Cambisoles*, adoptado por Brasil (*Cambissolos*); la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos clasifica a la mayoría de estos suelos como *Inceptisoles*.

#### Descripción resumida de Cambisoles

*Connotación:* Suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato; del italiano *cambiare*, cambiar.

*Material parental:* Materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas.

*Desarrollo del perfil:* Los Cambisoles se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Los Cambisols también abarcan suelos que no cumplen una o más características de diagnóstico de otros GSR, incluyendo los altamente meteorizados.

*Ambiente:* Terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplio rango de tipo de vegetación.

### **Distribución regional de Cambisoles**

Los Cambisoles cubren un área estimada de 1 500 millones ha a nivel mundial. Este GSR está particularmente bien representado en regiones templadas y boreales que estuvieron bajo la influencia de glaciaciones durante el Pleistoceno, parcialmente porque el material parental del suelo todavía es joven, pero también porque la formación del suelo es lenta en regiones frescas. Los ciclos de erosión y depósito explican la ocurrencia de Cambisoles en regiones montañosas. Los Cambisoles también ocurren en regiones secas pero son menos comunes en los trópicos y subtropicales húmedos donde la meteorización y formación del suelo proceden a mayor velocidad que en las zonas templadas, boreales y secas. Las planicies aluviales jóvenes y terrazas del sistema Ganges–Brahmaputra probablemente son la mayor superficie continua de Cambisoles en los trópicos. Los Cambisoles también son comunes en áreas con erosión geológica activa, donde pueden ocurrir en asociación con suelos tropicales maduros.

### **Manejo y uso de Cambisoles**

Los Cambisoles generalmente constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente. Los Cambisoles con alta saturación con bases en la zona templada están entre los suelos más productivos de la tierra. Los Cambisoles más ácidos, aunque menos fértiles, se usan para agricultura mixta y como tierras de pastoreo y forestales. Los Cambisoles en pendientes escarpadas es mejor conservarlos bajo bosque; esto es particularmente válido para los Cambisoles de zonas montañosas.

Los Cambisoles en planicies aluviales bajo riego en la zona seca se usan intensivamente para producción de cultivos alimenticios y aceiteros. Los Cambisoles en terrenos ondulados o con colinas (principalmente coluviales) se cultivan con una variedad de cultivos anuales y perennes o se usan como tierras de pastoreo.

Los Cambisoles en los trópicos húmedos son típicamente pobres en nutrientes pero todavía son más ricos que los Acrisols o Ferralsoles asociados y tienen una mayor CIC. Los Cambisoles con influencia del agua freática en planicies aluviales son suelos altamente productivos para arroz inundado (*paddy soils*).

### **CHERNOZEMS**

Los Chernozems acomodan suelos con una capa superficial gruesa, negra rica en materia orgánica. El edafólogo ruso Dokuchaev acuñó el nombre *Chernozem* en 1883 para denotar el típico suelo *zonal* de las estepas de pastos altos en Rusia continental. Muchos Chernozems corresponden a: *Suelos Negros Calcáreos* (antiguos sistemas de Estados Unidos) y *Kalktschernoseme* (Alemania); *Chernosols* (Francia); *Suelos Negros Eluviados* (Canadá); varios subórdenes (especialmente *Udolles*) de los *Molisoles* (Estados Unidos de Norteamérica); y *Chernossolos* (Brasil).

### **Descripción resumida de Chernozems**

*Connotación:* Suelos negros ricos en materia orgánica; del ruso *chernij*, negro, y *zemlja*, tierra.

*Material parental:* Principalmente sedimentos eólicos y eólicos retrabajados (loess).

*Ambiente:* Regiones con un clima continental con inviernos fríos y veranos calientes, que están secos por lo menos al final del verano; en planicies llanas a onduladas con vegetación de pastos altos (bosque en la zona norte transicional).

*Desarrollo del perfil:* Horizonte superficial *mólico* pardo oscuro a negro, en muchos casos sobre un horizonte subsuperficial *cámbico* o *árgico*; con *carbonatos secundarios* o un horizonte *cálcico* en el subsuelo.

### **Distribución regional de Chernozems**

Los Chernozems cubren un área estimada de 230 millones ha a nivel mundial, principalmente en las estepas de latitud media de Eurasia y Norteamérica, al norte de la zona con Kastanozems.

### **Manejo y uso de Chernozems**

Los edafólogos rusos califican a los Chernozems centrales, profundos, entre los mejores suelos del mundo. Con menos de la mitad de todos los Chernozems en Eurasia siendo utilizados para cultivos arables, estos suelos constituyen un recurso formidable para el futuro. La preservación de la estructura del suelo favorables a través de las labranzas oportunas y riego cuidadoso en bajas tasas se previene el desgaste y la erosión. La aplicación de fertilizantes P se requiere para altos rendimientos. El trigo, cebada y maíz son los cultivos principales junto con otros cultivos alimenticios y vegetales. Parte del área de Chernozem se usa para la cría de ganado. En el cinturón templado norte, el período de crecimiento posible es corto y los cultivos principales son trigo y cebada, en algunos lugares en rotación con vegetales. El maíz es ampliamente cultivado en el cinturón templado cálido. La producción de maíz tiende a estancarse en años secos a menos que el cultivo se riegue adecuadamente.

### **CRISOLES**

Los Crisoles comprenden suelos minerales formados en un ambiente de permafrost. Cuando hay agua presente, ésta ocurre principalmente en forma de hielo. Los procesos criogénicos son los procesos formadores de suelos dominantes. Los Crisoles se conocen ampliamente como *suelos con permafrost*. Otros nombres comunes para muchos Crisoles son: *Gelisoles* (Estados Unidos de Norteamérica), *Cryozems* (Federación Rusa), Suelos *Criomórficos* y *suelos Polares de desierto*.

### **Descripción resumida de Crisoles**

*Connotación:* Suelos afectados por helada; del griego *kryos*, frío.

*Material parental:* Una amplia variedad de materiales, incluyendo till glaciario y materiales eólicos, aluviales, coluviales y residuales.

*Ambiente:* Areas llanas a montañosas en regiones Antártica, Ártica, subártica y boreal afectadas por permafrost, notablemente en depresiones. Los Crisoles están asociados con tundra desde escasamente vegetada a continuamente, bosque de coníferas y líquenes de dosel abierto y bosques de dosel cerrado de coníferas o mixtos de coníferas y deciduos.

*Desarrollo del perfil:* En presencia de agua, los procesos criogénicos producen horizontes crioturbados, levantamiento por helada, agrietamiento térmico, segregación de hielo y microrrelieve del terreno en patrones.

### **Distribución regional de Crisoles**

Geográficamente, los Crisoles son circumpolares en ambos hemisferios Norte y Sur. Cubren un área estimada de 1 800 millones ha, o alrededor del 13 por ciento de la superficie terrestre mundial. Los Crisoles ocurren en las regiones de permafrost del Ártico, y están muy extendidos en la zona subártica, discontinuos en la zona boreal, y esporádicos en regiones montañosas más templadas. Las principales áreas con Crisoles se encuentran en la Federación Rusa (1 000 millones ha), Canadá (250 millones ha), China (190 millones ha), Alaska (110 millones ha), y en partes de Mongolia. Menores ocurrencias han sido reportadas en el norte de Europa, Groenlandia y en las áreas libres de hielo en la Antártida.

### **Manejo y uso de Crisoles**

La actividad biológica natural e inducida por el hombre en los Crisoles está confinada a la capa superficial activa que se deshiela cada verano y también protege al permafrost subyacente. La remoción de la capa de turba sobre el suelo o de la vegetación y/o el disturbio de la superficie del suelo generalmente conduce a alteraciones de la profundidad del permafrost y a cambios ambientales rápidos y dramáticos, con posible daño a estructuras creadas por el hombre.

La mayoría de las áreas de Crisoles en Norteamérica y Eurasia están en estado natural y soportan suficiente vegetación para pastorear animales, tal como el caribú, reno y buey almizclero. Grandes manadas de caribú todavía migran estacionalmente en la parte norte de Norteamérica; las manadas de renos son una industria importante en las vastas áreas del norte,

especialmente en el norte de Europa. El sobrepastoreo lleva rápidamente a la erosión y otros daños ambientales.

Las actividades humanas, principalmente relacionadas con la agricultura, producción de petróleo y gas, y minería, han tenido un impacto importante en estos suelos. Ha ocurrido un *termokarst* severo en tierras desmontadas para agricultura. El manejo inapropiado de ductos y minería puede causar derrames de petróleo y contaminación química que afectan grandes áreas.

### **DURISOLES**

Los Durisoles están principalmente asociados con superficies antiguas en ambientes áridos y semiáridos y acomodan suelos muy someros a moderadamente profundos, moderadamente bien a bien drenados que contienen sílice (SiO<sub>2</sub>) secundaria dentro de 100 cm de la superficie del suelo. Muchos Durisoles se conocen como: *suelos hardpan* (Australia), *dorbank* (Sudáfrica), *Durides* (Estados Unidos de Norteamérica), o como *fase duripande* otros suelos, e.g. de *Calcisoles* (FAO).

#### **Descripción resumida de Durisoles**

*Connotación:* Suelos con sílice secundaria endurecida; del latín *durus*, duro.

*Material parental:* Materiales ricos en sílice, principalmente depósitos aluviales y coluviales de cualquier clase de textura.

*Ambiente:* Planicies aluviales llanas a suavemente inclinadas, terrazas y planicies de piedemonte suavemente inclinadas en regiones áridas, semiáridas y mediterráneas.

*Desarrollo del perfil:* Suelos fuertemente meteorizados con una capa dura de sílice secundaria (horizonte *petrodúrico*) o nódulos de sílice secundaria (horizonte *dúrico*); los Durisoles erosionados con horizontes *petrodúricos* expuestos son comunes en terrenos con pendientes suaves.

#### **Distribución regional de Durisoles**

Ocurren extensas áreas de Durisoles en Australia, Sudáfrica y Namibia, y en los Estados Unidos de Norteamérica (particularmente, Nevada, California y Arizona); ocurrencias menores han sido reportadas en América Central y Sudamérica y en Kuwait. Los Durisoles han sido introducidos recientemente en la clasificación de suelos internacional y con frecuencia no han sido mapeados como tales. Todavía no se tiene disponible una apreciación precisa de su extensión.

#### **Manejo y uso de Durisoles**

El uso agrícola de los Durisoles está limitado al pastoreo extensivo (praderas). Los Durisoles en ambientes naturales generalmente soportan suficiente vegetación para contener la erosión, pero en otras partes está muy extendida la erosión del suelo superficial.

En regiones secas ocurren paisajes estables donde los Durisoles fueron erosionados hasta el *duripan* resistente. Los Durisoles pueden cultivarse con algún éxito donde hay suficiente agua disponible para riego. Un horizonte *petrodúrico* puede necesitar romperse o ser removido totalmente si forma una barrera para las raíces o la penetración de las raíces. Los niveles excesivos de sales solubles pueden afectar a los Durisoles en áreas bajas. El material duro de *duripan* se usa ampliamente en la construcción de caminos.

### **FERRALSOLES**

Los Ferralsoles representan los suelos clásicos, profundamente meteorizados, rojos o amarillos de los trópicos húmedos. Estos suelos tienen límites difusos entre horizontes, un conjunto de arcillas dominadas por arcillas de baja actividad (principalmente caolinita) y alto contenido de sesquióxidos. Los nombres locales generalmente se refieren al color del suelo. Muchos Ferralsoles se conocen como: *Oxisols* (Estados Unidos de Norteamérica); *Latossolos* (Brasil); *Alítico*, *Ferrítico* y *Ferralítico* (Cuba); *Sols ferralitiques* (Francia); y *suelos Ferralíticos* (Federación Rusa).

#### **Descripción resumida de Ferralsoles**

*Connotación:* Suelos rojos y amarillos tropicales con alto contenido de sesquióxidos; del latín *ferrum*, hierro, y *alumen*, alumbre.

*Material parental:* Material fuertemente meteorizado en superficies geomórficas antiguas, estables; más comúnmente en material meteorizado de rocas básicas más que de material silíceo.

*Ambiente:* Típicamente en tierras llanas a onduladas de edad pliocena o más antigua; menos común sobre rocas más jóvenes fácilmente meteorizables. Trópicos prhúmedos o húmedos; ocurrencias menores en otras partes se consideran relictos de eras pasadas con clima más cálido y húmedo que el actual.

*Desarrollo del perfil:* La meteorización intensa y profunda resulta en concentración residual de minerales primarios resistentes (e.g. cuarzo) junto con sesquióxidos y caolinita. Esta mineralogía y el pH relativamente bajo explican la microestructura estable (pseudo-sand) y colores del suelo amarillentos (goetita) o rojizos (hematita).

### **Distribución regional de Ferralsoles**

La extensión mundial de los Ferralsoles se estima en unas 750 millones ha, casi exclusivamente en los trópicos húmedos en los escudos continentales de Sudamérica (especialmente Brasil) y África (especialmente Congo, República Democrática de Congo, sur de la República Centroafricana, Angola, Guinea y Madagascar oriental). Fuera de los escudos continentales, los Ferralsoles están restringidos a regiones con rocas básicas fácilmente meteorizables y un clima cálido y húmedo, e.g. Sudeste Asiático.

### **Manejo y uso de Ferralsoles**

La mayoría de los Ferralsoles tienen buenas propiedades físicas. Gran profundidad del suelo, buena permeabilidad y microestructura estable hacen a los Ferralsoles menos susceptibles a la erosión que la mayoría de otros suelos tropicales intensamente meteorizados. Los Ferralsoles húmedos son friables y fáciles de trabajar. Son bien drenados pero a veces pueden padecer sequía por su baja capacidad de almacenamiento de agua.

La fertilidad química de los Ferralsoles es pobre; los minerales meteorizables son escasos o ausentes, y la retención de cationes por la fracción mineral del suelo es débil. Bajo vegetación natural, los elementos nutrientes que son tomados por las raíces eventualmente son reynados a la superficie del suelo con las hojas y otros restos vegetales que caen. El conjunto de todos los nutrientes vegetales que se reciclan está contenido en la biomasa; los nutrientes disponibles para las plantas en el suelo están concentrados en la materia orgánica. Si el proceso de *ciclado de nutrientes* se interrumpe, e.g. por introducción de agricultura de subsistencia de bajos insumos y sedentaria, la zona de las raíces se agota rápidamente en nutrientes de las plantas.

Mantener la fertilidad del suelo con aplicación de abonos, cubrir con residuos y/o períodos adecuados (i.e. suficientemente largos) de rastrojo o prácticas de agroforestación, y la prevención de erosión del suelo superficial son requerimientos de manejo importantes.

La fuerte retención (*fijación*) de P es un problema característico de los Ferralsoles (y varios otros suelos, e.g. Andosoles). Los Ferralsoles normalmente son bajos también en N, K, nutrientes secundarios (Ca, Mg y S), y unos 20 micronutrientes. Es posible la deficiencia de silicio cuando se producen cultivos demandantes en silicio (e.g. pastos). En Mauricio, los suelos se analizan para silicio disponible y se fertilizan con enmiendas de silicio. Manganeseo y zinc, que son muy solubles a pH bajo, a veces pueden alcanzar niveles tóxicos en el suelo o volverse deficientes después de lixiviación intensa del suelo. También pueden encontrarse deficiencias de boro y cobre.

El encalado es un medio para elevar el pH del suelo superficial con raíces. El encalado combate la toxicidad por Al y eleva la CICE. Por otro lado, disminuye la capacidad de intercambio aniónico, que puede llevar al colapso de elementos estructurales y disgregación en la superficie del suelo. En consecuencia, son preferibles dosis pequeñas frecuentes de calcáreo o escorias básicas antes que una aplicación masiva; 0.5–2 toneladas/ha de calcáreo o dolomita normalmente son suficientes para proporcionar Ca como nutriente y tamponar el bajo pH del suelo de muchos Ferralsoles. La aplicación superficial de yeso, como una forma móvil apropiada de Ca, puede incrementar la profundidad de desarrollo de raíces del cultivo (además, el sulfato del yeso reacciona con los sesquióxidos para producir un efecto de “autoencalado”). Esta innovación relativamente reciente se practica ahora ampliamente, especialmente en Brasil.

La selección del fertilizante y el modo y momento de aplicación determinan en gran medida el éxito de la agricultura en los Ferralsoles. El fosfato de liberación lenta (roca fosfática) aplicado en varias toneladas por hectárea elimina la deficiencia de P por varios años. Para una solución rápida, se usa superfosfato doble o triple mucho más soluble, necesario en mucho menor cantidad, especialmente si se coloca en la vecindad directa de las raíces. La opción de roca fosfática probablemente sólo es económicamente viable cuando está localmente disponible y cuando otros fertilizante P no son fáciles de adquirir.

Los agricultores de subsistencia sedentaria y agricultores nómades de Ferralsoles producen una variedad de cultivos anuales y perennes. El pastoreo extensivo también es común y áreas considerables de Ferralsoles no se usan en absoluto para agricultura. Las buenas propiedades físicas de los Ferralsoles y la topografía generalmente llana estimularían formas más intensivas de uso de la tierra si se pudieran superar los problemas causados por las pobres propiedades químicas.

### FLUVISOLES

Los Fluvisoles acomodan suelos azonales genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales. El nombre *Fluvisoles* puede ser confuso en el sentido de que estos suelos no están confinados sólo a los sedimentos de ríos (latín *fluvius*, río); también pueden ocurrir en depósitos lacustres y marinos. Muchos Fluvisoles correlacionan con: *suelos aluviales* (Federación Rusa); *Hydrosols* (Australia); *Fluventes* y *Fluvacuentes* (Estados Unidos de Norteamérica); *Auenböden*, *Marschen*, *Strandböden*, *Watten* y *Unterswasserböden* (Alemania); *Neossolos* (Brasil); y *Sols minéraux bruts d'apport alluvial ou colluvial* o *Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial ou colluvial* (Francia).

#### Descripción resumida de Fluvisoles

*Connotación:* Suelos desarrollados en depósitos aluviales; del latín *fluvius*, río.

*Material parental:* Predominantemente depósitos recientes, fluviales, lacustres y marinos.

*Ambiente:* Planicies aluviales, abanicos de ríos, valles y marismas costeras en todos los continentes y en todas las zonas climáticas; muchos Fluvisoles bajo condiciones naturales se inundan periódicamente.

*Desarrollo del perfil:* Perfiles con evidencia de estratificación; débil diferenciación de horizontes pero puede haber presente un horizonte superficial diferente. Los rasgos *redoximórficos* son comunes, en particular en la parte inferior del perfil.

#### Distribución regional de Fluvisoles

Los Fluvisoles ocurren en todos los continentes y en todos los climas. Ocupan unos 350 millones ha a nivel mundial, de las cuales más de la mitad están en los trópicos. Las principales concentraciones de Fluvisoles se encuentran:

- a lo largo de ríos y lagos, e.g. en la cuenca del Amazonas, la planicie del Ganges en India, las planicies próximas al lago Chad en Africa Central, y en las marismas de Brasil, Paraguay y norte de Argentina;
- en áreas deltaicas, e.g. los deltas del Ganges–Brahmaputra, Indo, Mekong, Misisipi, Nilo, Niger, Orinoco, de la Plata, Po, Rin y Zambezi;
- en áreas de depósitos marinos recientes, e.g. las tierras bajas costeras de Sumatra, Kalimantan e Irian (Indonesia y Papua Nueva Guinea).

Se encuentran áreas principales de Fluvisoles con horizonte *tiónico* o material *sulfuroso* (*Acid Sulphate Soils*) en las tierras bajas costeras del Sudeste Asiático (Indonesia, Viet Nam y Tailandia), Africa Occidental (Senegal, Gambia, Guinea Bissau, Sierra Leona y Liberia) y a lo largo de la costa noreste de Sudamérica (Guayana Francesa, Guyana, Surinam y Venezuela).

#### Manejo y uso de Fluvisoles

La buena fertilidad natural de la mayoría de los Fluvisoles y sitios atractivos para vivir en albardones de ríos o en partes altas de paisajes marinos fueron reconocidos desde tiempos prehistóricos. Posteriormente, las grandes civilizaciones se desarrollaron en paisajes de ríos y en planicies marinas.

El cultivo de arroz inundado está muy difundido en Fluvisoles tropicales con riego y drenaje satisfactorios. Las tierras para inundar deben estar secas por lo menos durante unas pocas semanas cada año para evitar que el potencial redox del suelo se vuelva tan bajo que aparezcan problemas nutricionales (Fe o H<sub>2</sub>S). Un período seco también estimula la actividad microbiana y promueve la mineralización de materia orgánica. Muchos cultivos de secano se producen también en Fluvisoles, normalmente con algún tipo de control de agua.

Las tierras de marea son fuertemente salinas y se mantienen mejor bajo manglares o alguna otra vegetación tolerante a sales. Tales áreas son ecológicamente valiosas y pueden, con cuidado, usarse para pesca, caza, panes de sal o cortar madera para carbón o combustible. Los Fluvisoles con horizonte *tiónico* o material *sulfuroso* sufren de acidez severa y altos niveles de toxicidad por Al.

### **GLEYSOLES**

Los Gleysoles son suelos de humedales que, a menos que sean drenados, están saturados con agua freática por períodos suficientemente largos para desarrollar un característico *patrón de color gléyico*. Este patrón está esencialmente hecho de colores rojizos, parduzcos o amarillentos en la cara de los agregados y/o en la capa o capas superficiales del suelo, en combinación con colores grisáceos/azulados en el interior de agregados y/o más profundo en el suelo. Nombres comunes para muchos Gleysoles son: *gley* y *suelos de prados (meadow)* (antigua Unión Soviética); *Gleyzems* (Federación Rusa); *Gleye* (Alemania); *Gleissolos* (Brasil); y *gsuelos con agua freática (groundwater soils)*. Muchos de los Gleysoles de la WRB correlacionan con los subórdenes ácuicos de la Taxonomía de Suelos norteamericana (*Acualfes, Acuentes, Acueptes, Acuoles, etc.*).

#### **Descripción resumida de Gleysoles**

*Connotación:* Suelos con signos claros de influencia del agua freática; del ruso *gley*, masa lodosa.

*Material parental:* Un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente fluviales, marinos y lacustres del Pleistoceno u Holoceno, con mineralogía básica a ácida.

*Ambiente:* Áreas deprimidas y posiciones bajas del paisaje con agua freática somera.

*Desarrollo del perfil:* Evidencias de procesos de reducción con segregación de compuestos de Fe dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

#### **Distribución regional de Gleysoles**

Los Gleysoles ocupan un área estimada de 720 millones ha a nivel mundial. Son suelos azonales y ocurren en casi todos los climas, desde perhúmedo hasta árido. La mayor extensión de Gleysoles está en áreas subárticas en el norte de la Federación Rusa (especialmente Siberia), Canadá y Alaska, y en tierras bajas húmedas templadas y subtropicales, e.g. en China y Bangladesh. Un área estimada de 200 millones ha de Gleysoles se encuentran en los trópicos, principalmente en la región del Amazonas, África ecuatorial, y en las marismas costeras del Sudeste Asiático.

#### **Manejo y uso de Gleysoles**

El principal obstáculo para la utilización de los Gleysoles es la necesidad de instalar un sistema de drenaje para bajar la capa de agua freática. Los Gleysoles drenados adecuadamente pueden usarse para cultivos arables, producción lechera y horticultura. La estructura del suelo será destruida por un largo tiempo si los suelos son laboreados cuando están muy mojados. En consecuencia los Gleysoles en áreas deprimidas con posibilidades no satisfactorias de bajar la capa de agua freática se mantienen mejor bajo una cubierta permanente de pastos o bosque de pantano. El encalado de los Gleysoles drenados que son altos en materia orgánica y/o de pH bajo, crea un hábitat mejor para micro- y meso-organismos y mejora la velocidad de descomposición de la materia orgánica del suelo (y la provisión de nutrientes para las plantas).

Los Gleysoles pueden ponerse bajo cultivos forestales sólo después de bajar la capa de agua freática con canales de drenaje profundos. Alternativamente, los árboles se plantan en los camellones que alternan con depresiones someras en las cuales se cultiva arroz. Este sistema *sorjan* se aplica ampliamente en áreas de marismas costeras con sedimentos piríticos en el Sudeste Asiático. Los Gleysoles pueden ser bien utilizados para el cultivo de arroz inundado

donde el clima sea apropiado. Los Gleysoles con horizonte *tiónico* o material *sulfuroso* sufren de acidez severa y altos niveles de toxicidad por Al.

### **GIPSISOLES**

Los Gipsisoles son suelos con una acumulación secundaria sustancial de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Estos suelos se encuentran en la parte más seca de la zona de clima árido, lo que explica que los sistemas líderes de clasificación de suelos hayan denominado a muchos de ellos como *suelos de desierto* (antigua Unión Soviética), y *Yermosoles* o *Xerosoles* (FAO–UNESCO, 1971–1981). La Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos denomina a la mayoría de ellos como *Gipsides*.

#### **Descripción resumida de Gipsisoles**

*Connotación:* Suelos con acumulación sustancial de sulfato de calcio secundario; del griego *gypsos*, yeso.

*Material parental:* Principalmente depósitos aluviales, coluviales y eólicos no consolidados de material meteorizable rico en bases.

*Ambiente:* Predominantemente áreas de tierras llanas hasta con colinas y depresiones (e.g. antiguos lagos interiores) en regiones de clima árido. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos y árboles xerófitos y/o pastos efímeros.

*Desarrollo del perfil:* Horizonte superficial de color claro; acumulación de sulfato de calcio, con o sin carbonatos, concentrada en el subsuelo.

#### **Distribución regional de Gipsisoles**

Los Gipsisoles son exclusivos de regiones áridas; su extensión mundial es probablemente del orden de 100 millones ha. Las principales ocurrencias están en y alrededor de la Mesopotamia, en áreas desérticas del Cercano Oriente y repúblicas adyacentes de Asia Central, en los desiertos de Libia y Namibia, en el sudeste y centro de Australia y en el sudoeste de los Estados Unidos de Norteamérica.

#### **Manejo y uso de Gipsisoles**

Los Gipsisoles que sólo contienen un bajo porcentaje de yeso en los primeros 30 cm pueden usarse para la producción de granos finos, algodón, alfalfa, etc. Los cultivos de secano en Gipsisoles profundos hacen uso de años de barbecho y otras técnicas de cosecha de agua pero raramente es muy gratificante debido a las condiciones climáticas adversas. Los Gipsisoles en depósitos aluviales y coluviales jóvenes tienen un contenido de yeso relativamente bajo. Cuando tales suelos están en la vecindad del recurso agua, pueden ser muy productivos; muchos proyectos de riego están establecidos en tales suelos. Sin embargo, aún suelos con 25 por ciento o más de yeso pulverulento podrían todavía producir excelentes rindes de heno de alfalfa (10 toneladas/ha), trigo, damasco o albaricoque, dátiles, maíz y uvas si se riegan en alta cantidad en combinación con drenaje forzado. La agricultura bajo riego en Gipsisoles tiene el conflicto de la rápida disolución del yeso del suelo, resultando en subsidencia irregular de la superficie de la tierra, formación de cuevas en las paredes de los canales, y corrosión de estructuras de concrete. Grandes áreas de Gipsisoles se usan para pastoreo extensivo.

### **HISTOSOLES**

Los Histosoles comprenden suelos formados en *material orgánico*. Varían desde suelos desarrollados predominantemente en musgo de turba en regiones boreal, ártica y subártica, via turba de musgos, turba de cañas/ciperáceas (pantanos) y turba de bosque en regiones templadas hasta turba de manglares y turba de bosque de pantano en los trópicos húmedos. Los Histosoles se encuentran en todas las altitudes, pero la gran mayoría ocurren en tierras bajas. Los nombres comunes son *suelos de turba*, *suelos de lodo*, *suelos de pantanos* y *suelos orgánicos*. Muchos Histosoles pertenecen a: *Moore*, *Felshumusböden* y *Skeletthumusböden* (Alemania); *Organosols* (Australia); *Organosolos* (Brasil); *Organic order* (Canada); e *Histosoles* e *Histeles* (Estados Unidos de Norteamérica).

#### **Descripción resumida de Histosoles**

*Connotación:* Suelos de turba y pantanos; del griego *histos*, tejido.

*Material parental:* restos vegetales incompletamente descompuestos, con o sin mezcla de arena, limo o arcilla.

**Ambiente:** Los Histosoles ocurren extensivamente en regiones boreal, ártica y subártica. En otros lugares, están confinados a cuencas y depresiones pobremente drenadas, pantanos y marismas con agua freática somera, y áreas de tierras altas con una alta relación precipitación–evapotranspiración.

**Desarrollo del perfil:** La mineralización es lenta y la transformación de restos vegetales a través de la desintegración bioquímica, y formación de sustancias húmicas crea una capa superficial de moho con o sin saturación con agua prolongada. El material orgánico translocado puede acumularse en capas más profundas pero más frecuentemente es lixiviado del suelo.

### **Distribución regional de Histosoles**

La extensión total de Histosoles en el mundo se estima en unos 325–375 millones ha, la mayoría localizadas en las regiones boreal, subártica y ártica inferior del Hemisferio Norte. La mayor parte del resto de los Histosoles ocurren en tierras bajas templadas y áreas montañosas frescas; sólo un décimo de todos los Histosoles se encuentran en los trópicos. Hay áreas extensas de Histosoles en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, Europa Occidental y Escandinavia norte, y en las regiones del norte al este de la cadena montañosa de los Urales. Unos 20 millones ha de turba de bosque tropical bordea la plataforma de Sunda en el Sudeste Asiático. Se encuentran áreas menores de Histosoles tropicales en deltas de ríos, e.g. en el Delta del Orinoco y el delta del Río Mekong, y en áreas de depresiones a cierta altura.

### **Manejo y uso de Histosoles**

Las propiedades del material orgánico (composición botánica, estratificación, grado de descomposición, densidad de empaquetamiento, contenido de madera, adiciones minerales, etc.) y el tipo de turba de pantano (turba de cuenca [bañados], pantano de acumulación, etc.) determinan los requerimientos de manejo y posibilidades de uso de los Histosoles. Los Histosoles sin saturación con agua prolongada generalmente se forman en ambientes fríos, que no son atractivos para el uso agrícola. Las turbas naturales necesitan ser drenadas y normalmente también encaladas y fertilizadas para permitir la producción de cultivos normales. Los proyectos de recuperación guiados centralmente son casi exclusivos de la zona templada, donde se han abierto millones de hectáreas. En muchas instancias, esto ha iniciado una degradación gradual, y por último una pérdida, de la valiosa turba. En los trópicos, un creciente número de granjeros sin tierra se aventuran en tierras de turba donde desmontan el bosque y ocasionan furiosos fuegos de turba en el proceso. Muchos de ellos abandonan su tierra nuevamente sólo a los pocos años; los pocos que tienen éxito están sobre turba somera, topogénica. En décadas recientes, creciente área de turba tropical se han plantado con palpa aceitera y especies de árboles para pulpa de madera como la *Acacia mangium*, *Acacia crassicarpa* y *Eucalyptus* sp. Esta práctica puede ser menos que ideal pero es por mucho, menos destructiva que la agricultura arable de subsistencia.

Otro problema común que se encuentra al drenar Histosoles es la oxidación de minerales sulfurosos, que se acumulan bajo condiciones anaeróbicas, especialmente en regiones costeras. El ácido sulfúrico producido destruye efectivamente la productividad a menos que se aplique calcáreo copiosamente, haciendo prohibitivo el costo de la recuperación.

En resumen, es deseable proteger y conservar las frágiles tierras de turbas por su valor intrínseco (especialmente su función común como esponjas al regular el flujo de cursos de agua y en soportar humedales que contienen especies de animales únicas) y porque la perspectiva de su uso agrícola sustentable es magra. Cuando su uso es imperativo, deben preferirse formas sensibles de forestación o plantación de cultivos antes que los cultivos anuales, horticultura o, la peor opción, cosechar el material de turba para la generación de energía o sustrato de crecimiento hortícola, *carbón activo*, macetas para flores, etc. La turba que se usa para la producción de cultivos arables se va a mineralizar a una velocidad fuertemente incrementada porque debe ser drenada, encalada y fertilizada para asegurar un crecimiento satisfactorio del cultivo. Bajo estas circunstancias, la profundidad de los drenes debe mantenerse lo más somera posible y debe ejercerse la prudencia al aplicar cal y fertilizantes.

### **KASTANOZEMS**

Los Kastanozems acomodan suelos de pastizales secos, entre ellos los suelos *zonales* de la franja de estepa de pastos cortos, al sur de la franja de estepa de pastos altos de Eurasia con Chernozems. Los Kastanozems tienen un perfil similar al de los Chernozems pero el horizonte superficial rico en humus es de menor espesor y no tan oscuro como el de los Chernozems y muestran acumulaciones de carbonatos secundarios más prominentes. El color castaño-pardo del suelo superficial se refleja en el nombre *Kastanozem*; nombres comunes para muchos Kastanozems son: *Suelos Castaños (Oscuros)* (Federación Rusa), *Kalktschernoseme* (Alemania), *(Dark) Brown Soils* (Canada), y *Ustoles* y *Xeroles* (Estados Unidos de Norteamérica).

#### **Descripción resumida de Kastanozems**

*Connotación:* Suelos pardo oscuro ricos en materia orgánica; del latín *castanea* y ruso *kashtan*, castaña, y *zemlja*, tierra.

*Material parental:* un rango amplio de materiales no consolidados; una gran parte de todos los Kastanozems se han desarrollado sobre loess.

*Ambiente:* Seco y continental con inviernos relativamente fríos y veranos cálidos; pastizales llanos a ondulados dominados por pastos cortos efímeros.

*Desarrollo del perfil:* Un *horizonte mólico* pardo de espesor medio, en muchos casos sobre un *horizonte cámbico* o *árgico* pardo a canela; con *carbonatos secundarios* o un horizonte *cálcico* en el subsuelo, en algunos casos con yeso secundario.

#### **Distribución regional de Kastanozems**

La extensión total de Kastanozems se estima en alrededor de 465 millones ha. Las principales áreas están en la franja de estepa de pastos cortos de Eurasia (sur de Ucrania, sur de la Federación Rusa, Kazajistán y Mongolia), en las Grandes Planicies de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y México, y en la Pampa y región de Chaco del norte de Argentina, Paraguay y sur de Bolivia.

#### **Manejo y uso de Kastanozems**

Los Kastanozems son suelos potencialmente ricos; la falta periódica de humedad del suelo es el obstáculo principal para alcanzar altos rindes. El riego es necesario casi siempre para altos rendimientos; debe tenerse cuidado para evitar la salinización secundaria del suelo superficial. Los fertilizantes fosfáticos pueden ser necesarios para buenos rendimientos. Los granos finos y los cultivos comestibles y vegetales bajo riego son los principales cultivos. Erosión hídrica y eólica son un problema en los Kastanozems, especialmente en tierras en descanso.

El pastoreo extensivo es otro uso de la tierra importante en los Kastanozems. Sin embargo, las tierras de pastoreo escasamente vegetadas son inferiores a la estepas de pastos altos en Chernozems, y el sobrepastoreo es un problema serio.

### **LEPTOSOLES**

Los Leptosoles son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Los Leptosoles son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas. Los Leptosoles incluyen los: *Litosoles* del Mapa de Suelos del Mundo (FAO–UNESCO, 1971–1981); subgrupos *Lítico* del orden *Entisol* (Estados Unidos de Norteamérica); *Leptic Rudosols* y *Tenosols* (Australia); y *Petrozems* y *Litozems* (Federación Rusa). En muchos sistemas nacionales, los Leptosoles sobre roca calcárea pertenecen a las *Rendzinas*, y aquellos sobre otras rocas, a los *Rankers*. La roca continua en la superficie se considera no suelo en muchos sistemas de clasificación de suelos.

#### **Descripción resumida de Leptosoles**

*Connotación:* Suelos someros; del griego *leptos*, fino.

*Material parental:* Varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20 por ciento (en volumen) de tierra fina.

*Ambiente:* Principalmente tierras en altitud media o alta con topografía fuertemente disectada. Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en regiones secas cálidas o frías), en particular en áreas fuertemente erosionadas.

*Desarrollo del perfil:* Los Leptosoles tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos. Los Leptosoles en material calcáreo meteorizado pueden tener un *horizonte mólico*.

### **Distribución regional de Leptosoles**

Los Leptosoles son el GSR más extendido sobre la tierra, extendiéndose alrededor de 1 655 millones ha. Los Leptosoles se encuentran desde los trópicos hasta la tundra fría polar y desde el nivel del mar hasta las montañas más altas. Los Leptosoles están particularmente extendidos en áreas de montaña, notablemente en Asia y Sudamérica, en los desiertos de Sahara y Arabia, la Península Ungava del norte de Canadá y en las montañas de Alaska. En otras partes, los Leptosoles pueden encontrarse sobre rocas que son resistentes a la meteorización o donde la erosión ha mantenido el paso con la formación de suelo, o ha removido la parte superior del perfil de suelo. Los Leptosoles con *roca continua* a menos de 10 cm de profundidad en regiones montañosas son los Leptosoles más extendidos.

### **Manejo y uso de Leptosoles**

Los Leptosoles son un recurso potencial para el pastoreo en estación húmeda y tierra forestal. Los Leptosoles a los que aplica el calificador Réndzico están plantados con teca y caoba en el Sudeste Asiático; los que están en zonas templadas están principalmente bajo bosque caducifolio mixto mientras que los Leptosoles ácidos comúnmente están bajo bosque de coníferas. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosol, particularmente en regiones montañosas de zonas templadas donde la alta presión de población (turismo), la sobreexplotación y creciente contaminación ambiental llevan al deterioro de bosques y amenazan grandes áreas de Leptosoles vulnerables. Los Leptosoles en pendientes de colinas generalmente son más fértiles que sus contrapartes en tierras más llanas. Uno o unos pocos buenos cultivos podrían tal vez producirse en tales pendientes pero al precio de erosión severa. Las pendientes pronunciadas con suelos someros y pedregosos pueden transformarse en tierras cultivables a través del aterrazado, remoción manual de piedras y su utilización como frentes de terrazas. La agroforestación (una combinación o rotación de cultivos arables y árboles bajo control estricto) parece promisorio pero está todavía en una etapa muy experimental. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos Leptosoles puede causar sequía aún en ambientes húmedos.

### **LIXISOLES**

Los Lixisoles comprenden suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) llevando a un horizonte *árgico* en el subsuelo. Los Lixisoles tienen alta saturación con bases y arcillas de baja actividad a ciertas profundidades. Muchos Lixisoles se incluyen en: *Red Yellow Podzolic soils* (e.g. Indonesia); *Argissolos* (Brasil); *sols ferralitiques faiblement desaturés appauvris* (Francia); y *Red and Yellow Earths, Latosols* o *Alfisolos* con arcillas de baja actividad (Estados Unidos de Norteamérica).

### **Descripción resumida de Lixisoles**

*Connotación:* Suelos con diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre el suelo superficial con menor y el subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de baja actividad y saturación con bases en alguna profundidad; del latín *lixivia*, sustancias lavadas.

*Material parental:* En una variedad amplia de materiales parentales, principalmente en materiales de textura fina no consolidados, fuertemente meteorizados químicamente.

*Ambiente:* Regiones con clima tropical, subtropical o templado cálido con una estación seca pronunciada, principalmente en antiguas superficies de erosión o depósito. Muchos Lixisoles se supone que son suelos poligenéticos con características formadas bajo un clima más húmedo en el pasado.

*Desarrollo del perfil:* Diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un contenido menor en el suelo superficial y un mayor contenido en el subsuelo, meteorización avanzada sin una lixiviación marcada de cationes básicos.

### Distribución regional de Lixisoles

Los Lixisoles se encuentran en regiones estacionalmente secas tropicales, subtropicales y templado cálidas sobre superficies del Pleistoceno o más antiguas. Estos suelos cubren un área total de alrededor de 435 millones ha, de las cuales más de la mitad ocurren en África sub-Saheliana y del Este, alrededor de un cuarto en América del Sur y Central, y el resto en el subcontinente Indio y en el Sudeste Asiático y Australia.

### Manejo y uso de Lixisoles

Las áreas con Lixisoles que todavía están bajo savana natural o vegetación forestal abierta son muy utilizados para pastoreo de bajo volumen. La preservación del suelo superficial con su tan importante materia orgánica es de máxima importancia. El suelo superficial degradado tiene baja estabilidad de agregados y es proclive a la disgregación y/o erosión cuando expuesto directamente al impacto de la gota de lluvia. La labranza de suelos mojados o el uso de maquinaria excesivamente pesada compacta el suelo y causa serio deterioro de la estructura. Medidas de control de labranzas y erosión tales como terrazas, labores en contorno, cobertura con rastrojo y uso de cultivos de cubierta ayudan a conservar el suelo. El bajo nivel absoluto de nutrientes para las plantas y la baja retención de cationes de los Lixisoles hacen que la aplicación recurrente de fertilizantes y/o calcáreo sean una precondition para el cultivo continuo. Los Lixisoles deteriorados química o físicamente se regeneran muy lentamente cuando no se los reclama activamente.

Deben preferirse los cultivos perennes a los anuales, particularmente en tierras en pendiente. La producción de cultivos de tubérculo (casava y papa dulce) o maní incrementa el peligro de deterioro y erosión del suelo. La rotación de cultivos anuales con pasturas mejoradas ha sido recomendada para mantener o mejorar el contenido de materia orgánica del suelo.

### LUVISOLES

Los Luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial *árgico*. Los Luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el *horizonte árgico* y alta saturación con bases a ciertas profundidades. Muchos Luvisoles son o fueron conocidos como: *suelos texturales-metamórficos* (Federación Rusa), *sols lessivés* (Francia), *Parabraunerden* (Alemania), *Chromosols* (Australia), *Luvissoles* (Brasil), *Grey-Brown Podzolic soils* (terminología antigua de los Estados Unidos de Norteamérica), y *Alfisolos* con arcillas de alta actividad (Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos).

### Descripción resumida de Luvisoles

*Connotación:* Suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases a alguna profundidad; del latín *luere*, lavar.

*Material parental:* Una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo till glaciario, y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.

*Ambiente:* Principalmente tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas (e.g. Mediterráneas) con estación seca y húmeda marcadas.

*Desarrollo del perfil:* Diferenciación pedogenética del contenido de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y un contenido mayor en el subsuelo sin lixiviación marcada de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad; los Luvisoles muy lixiviados pueden tener un horizonte eluvial *álbico* entre el horizonte superficial y el horizonte subsuperficial *árgico*, pero no tienen las *lenguas albelúvicas* de los Albeluvisoles.

### Distribución regional de Luvisoles

Los Luvisoles se extienden en unas 500–600 millones ha a nivel mundial, principalmente en regiones templadas como el este y centro de la Federación Rusa, Estados Unidos de Norteamérica, y Europa Central, pero también en la región Mediterránea y sur de Australia. En regiones subtropicales y tropicales, los Luvisoles ocurren principalmente sobre superficies jóvenes.

### Manejo y uso de Luvisoles

La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. Los Luvisoles con alto contenido de limo son susceptibles al deterioro de la estructura cuando se labran mojados con maquinaria pesada. Los Luvisoles en pendientes fuertes requieren medidas de control de la erosión.

Los horizontes eluviales de algunos Luvisoles están tan empobrecidos que se forma una estructura laminar desfavorable. En algunos lugares, el subsuelo denso ocasiona *condiciones reductoras* temporarias con un *patrón de color stágnico*. Estas son las razones por las que los Luvisoles truncados en muchas instancias son mejores suelos agrícolas que los suelos originales no erosionados.

Los Luvisoles en la zona templada se cultivan ampliamente con granos pequeños, remolacha azucarera y forraje; en áreas en pendiente, se usan para huertos, forestales y/o pastoreo. En la región Mediterránea, donde son comunes los Luvisoles (muchos de ellos con los calificadores Crómico, Cálcico o Vértico) en depósitos coluviales de meteorización de calizas, las pendientes inferiores se cultivan con trigo y/o remolacha azucarera mientras que las pendientes superiores frecuentemente erosionadas se usan para pastoreo extensivo o cultivos forestales.

### NITISOLES

Los Nitisoles son suelos rojos tropicales profundos, bien drenados, con límites difusos entre horizontes y un horizonte subsuperficial con por lo menos 30 por ciento de arcilla y estructura en bloques angulares moderada a fuerte con elementos que fácilmente se deshacen en los característicos elementos brillantes, de bordes planos o nuciformes. La meteorización es relativamente avanzada pero los Nitisoles son mucho más productivos que la mayoría de los otros suelos rojos tropicales. Muchos Nitisoles correlacionan con: *Nitossolos* (Brasil); Grandes Grupos kándicos de *Alfisoles* y *Ultisoles*, y diferentes Grandes Grupos de *Inceptisoles* y *Oxisoles* (Estados Unidos de Norteamérica); *Sols Fersialitiques* o *Ferrisols* (Francia); y *Red Earths*.

### Descripción resumida de Nitisoles

*Connotación:* Suelos tropicales rojos, profundos, bien drenados con un horizonte subsuperficial arcilloso *nítico* que tiene elementos estructurales de bordes planos o nuciformes, con caras de agregados brillantes; del latín *nitidus*, brillante.

*Material parental:* Productos de meteorización de textura fina de rocas parentales intermedias a básicas, en algunas regiones rejuvenecidos por adiciones recientes de ceniza volcánica.

*Ambiente:* Los Nitisoles se encuentran predominantemente en tierras llanas hasta con colinas bajo bosque lluvioso tropical o vegetación de savana.

*Desarrollo del perfil:* Suelos arcillosos rojos o pardo rojizos con un horizonte subsuperficial *nítico* con alta estabilidad estructural. El tipo de arcilla de los Nitisoles está dominado por caolinita/(meta)haloisita. Los Nitisoles son ricos en Fe y tienen poca arcilla dispersable en agua.

### Distribución regional de Nitisoles

Hay alrededor de 200 millones ha de Nitisoles a nivel mundial. Más de la mitad de todos los Nitisoles se encuentran en África tropical, notablemente en las tierras altas (> 1 000 m) de Etiopía, Kenya, Congo y Camerún. En otras partes, los Nitisoles están bien representados en latitudes más inferiores, e.g. Asia tropical, Sudamérica, América Central, Sudeste de África y Australia.

### Manejo y uso de Nitisoles

Los Nitisoles están entre los suelos más productivos de los trópicos húmedos. El solum profundo y poroso y la estructura del suelo estable de los Nitisoles permite enraizamiento profundo y hace a estos suelos bastante resistentes a la erosión. El fácil laboreo de los Nitisoles, su buen drenaje interno y buenas propiedades de retención de agua se complementan con propiedades químicas (fertilidad) que comparan favorablemente con las de la mayoría de otros suelos tropicales. Los Nitisoles tienen contenidos relativamente altos de minerales meteorizables, y el suelo superficial puede contener elevado porcentaje de materia orgánica, en particular bajo bosque o cultivos forestales. Los Nitisoles se cultivan con cultivos de plantación

como cacao, café, caucho y ananá, y también son muy utilizados para producir cultivos alimenticios en minifundios. La alta fijación de P necesita de la aplicación de fertilizantes P, generalmente provistos como roca fosfática de liberación lenta, bajo grado (varias toneladas por hectárea, con dosis de mantenimiento cada pocos años) en combinación con aplicaciones menores de *superfosfato* más soluble para la respuesta de corto plazo del cultivo.

### PHAEOZEMS

Los Phaeozems acomodan suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Los Phaeozems son muy parecidos a Chernozems y Kastanozems pero están más intensamente lixiviados. Consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con Chernozems y Kastanozems, son menos ricos en bases. Los Phaeozems pueden o no tener carbonatos secundarios pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo. Nombres usados comúnmente para los Phaeozems son: *Brunizems* (Argentina y Francia); *Suelos gris oscuro de bosque* y *Chernozems lixiviados* y *podzolizados* (antigua Unión Soviética); *Tschernoseme* (Alemania); *Dusky-red prairie soils* (antigua clasificación de Estados Unidos de Norteamérica); *Udoles* y *Alboles* (Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos); y *Phaeozems* (incluyendo la mayoría de los antiguos *Greyzems*) (FAO).

### Descripción resumida de Phaeozems

*Connotación:* Suelos oscuros ricos en materia orgánica; del griego *phaios*, oscuro, y ruso *zemlja*, tierra.

*Material parental:* Materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess), till glaciario y otros.

*Ambiente:* Cálido a fresco (e.g. tierras altas tropicales) regiones moderadamente continentales, suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca; tierras llanas a onduladas; la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque.

*Desarrollo del perfil:* Un *horizonte mólico* (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozems), principalmente sobre horizonte subsuperficial *cámbico* o *árgico*.

### Distribución regional de Phaeozems

Los Phaeozems cubren un área aproximada de 190 millones ha en todo el mundo. Unas 70 millones ha de Phaeozems se encuentran en las tierras bajas centrales y este de las Grandes Planicies de Estados Unidos de Norteamérica. Otros 50 millones ha de Phaeozems están en las pampas subtropicales de Argentina y Uruguay. La tercera gran área de Phaeozems (18 millones ha) está en el noreste de China, seguida por extensas áreas en el centro de la Federación Rusa. Áreas menores, principalmente discontinuas, se encuentran en Europa Central, notablemente en el área del Danubio de Hungría y países adyacentes y áreas montañosas en los trópicos.

### Manejo y uso de Phaeozems

Los Phaeozems son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas. En Estados Unidos de Norteamérica y Argentina, los Phaeozems se usan para la producción de soja y trigo (y otros granos pequeños). Los Phaeozems en las planicies altas de Texas producen buenos rendimientos de algodón bajo riego. Los Phaeozems en la franja templada se siembran con trigo, cebada y vegetales junto con otros cultivos. La erosión eólica e hídrica son peligros serios. Vastas áreas de Phaeozems se usan para cría de ganado y engorde en pasturas mejoradas are used for cattle rearing and fattening on improved pastures.

### PLANOSOLES

Los Planosoles son suelos con un horizonte superficial de color claro que muestra signos de estancamiento de agua periódico y suprayace abruptamente un subsuelo denso, lentamente permeable con significativo incremento de arcilla respecto del horizonte superficial. La clasificación de suelos de Estados Unidos acuñó el nombre *Planosoles* en 1938; su sucesor, la Taxonomía de Suelos de Estados Unidos, incluye la mayoría de los Planosoles original en los

Grandes Grupos de *Albacualfes*, *Albacuultes* y *Argialboles*. El nombre ha sido adoptado en Brasil (*Planossolos*).

### **Descripción resumida de Planosoles**

*Connotación:* Suelos con un horizonte superficial de textura gruesa abruptamente sobre un subsuelo denso y de textura más fina, típicamente en tierras planas estacionalmente anegadas; del latín *planus*, plano.

*Material parental:* Principalmente depósitos aluviales y coluviales arcillosos.

*Ambiente:* Estacionalmente o periódicamente saturados, áreas planas (plateau), principalmente en regiones subtropicales y templadas, semiáridas y subhúmedas con vegetación de bosque liviano o pastos.

*Desarrollo del perfil:* La estratificación geológica o pedogénesis (destrucción y/o remoción de arcilla), o ambos, ha producido un suelo superficial de color claro, textura relativamente gruesa, abruptamente por encima de un subsuelo de textura más fina; la percolación de agua descendente impedida causa *condiciones reductoras* temporarias con un *patrón de color stágnico*, por lo menos cerca del *cambio textural abrupto*.

### **Distribución regional de Planosoles**

El área más grande de Planosoles en el mundo ocurre en regiones subtropicales y templadas con una alternancia clara de estación seca y húmeda, e.g. en América Latina (sue de Brasil, Paraguay y Argentina), África (zona de Sahel, Este y Sue de África), el este de Estados Unidos de Norteamérica, Sudeste Asiático (Bangladesh y Tailandia), y Australia. Su extensión total se estima en unos 130 millones ha.

### **Manejo y uso de Planosoles**

Las áreas naturales de Planosoles soportan una vegetación de pastos escasos, generalmente con arbustos dispersos y árboles que tienen sistema de raíces somero y pueden soportar anegamiento temporario. El uso de la tierra en Planosoles normalmente es menos intensivo que el de la mayoría de otros suelos bajo las mismas condiciones climáticas. Vastas áreas de Planosoles se usan para pastoreo extensivo. La producción de madera en Planosoles es mucho menor que la de otros suelos bajo las mismas condiciones.

Los Planosoles de zona templada tienen principalmente pastos o cultivos arables como remolacha azucarera. Los rendimientos son modestos aún en suelos drenados y aflojados en profundidad. El desarrollo de raíces en Planosoles naturales no modificados está severamente dificultado por la deficiencia de oxígeno en los períodos húmedos, el subsuelo denso y, en algunos lugares, por niveles tóxicos de Al en la zona de raíces. La baja conductividad hidráulica del denso suelo subsuperficial hace necesario el espaciado estrecho de drenes. La modificación de la superficie tal como surco y camellón puede disminuir la pérdida de rendimientos por anegamiento.

Los Planosoles en el Sudeste Asiático están ampliamente cultivados con un cultivo único de arroz inundado, producido en campos embancados que se inundan en la estación lluviosa. Los esfuerzos para producir cultivos de secano en la misma tierra durante la estación seca han tenido poco éxito; los suelos parecen más apropiados para un segundo cultivo de arroz con riego suplementario. Se necesitan fertilizantes para buenos rendimientos. Los campos de arroz inundado deben dejarse secar por lo menos una vez al año para prevenir o minimizar las deficiencias de microelementos o toxicidad asociada con la reducción prolongada del suelo. Algunos Planosoles requieren aplicación de más que simplemente fertilizantes NPK, y su bajo nivel de fertilidad puede ser difícil de corregir. Cuando la temperatura permite el cultivo de arroz inundado, este es probablemente superior a cualquier otro tipo de uso de la tierra.

Los pastizales con riego suplementario en la estación seca son un buen uso de la tierra en climas con largos períodos secos y cortos e infrecuentes instantes húmedos. Los Planosoles fuertemente desarrollados con un suelo superficial muy limoso o arenoso tal vez es mejor dejarlos l are perhaps best left sin tocar.

### **PLINTOSOLES**

Los Plintosoles son suelos con plintita, petro plintita o pisolitos. La plintita es una mezcla rica en Fe (en algunos casos también rica en Mn), pobre en humus de arcilla caolinítica (y otros

productos de fuerte meteorización como la gibsita) con cuarzo y otros constituyentes, que cambia irreversiblemente a una capa con nódulos duros, un pan duro a agregados irregulares por exposición a humedecimiento y secado repetidos. La petro plintita es una lámina continua, fracturada o rota de nódulos o moteados conectados, fuertemente cementados a endurecidos. Los pisolitos son nódulos discretos fuertemente cementados a endurecidos. Tanto la petroplintita como los pisolitos desarrollan a partir de la plintita por endurecimiento. Muchos de estos suelos se conocen como: *Groundwater Laterite Soils*, *Perched Water Laterite Soils* y *Plintossolos* (Brasil); *Sols gris latéritiques* (Francia); y *Plintacuox*, *Plintacualfes*, *Plintoxeralfes*, *Plintustalfes*, *Plintacuultes*, *Plintohumultes*, *Plintudultes* y *Plintustultes* (Estados Unidos de Norteamérica).

### Descripción resumida de Plintosoles

*Connotación:* Suelos con plintita, petroplintita o pisolitos; del griego *plinthos*, ladrillo.

*Material parental:* La plintita es más común en material meteorizado de rocas básicas que en meteorización de rocas acídicas. En todo caso, es crucial que haya suficiente Fe presente, originado ya sea del propio material parental o incorporado por filtración de agua o freática ascendente de algún otro lado.

*Ambiente:* La formación de plintita está asociada con áreas llanas a suavemente inclinadas con agua freática fluctuante o agua superficial estancada. Un concepto ampliamente aceptado es que la plintita está asociada con áreas de sleva lluviosa mientras que suelos petroplínticos y pisolíticos son más comunes en la zona de savana.

*Desarrollo del perfil:* Fuerte meteorización con segregación subsecuente de plintita a la profundidad de fluctuación del agua freática o drenaje superficial impedido. El endurecimiento de plintita a pisolitos o petroplintita tiene lugar por mojado y secado reiterados. Esto puede ocurrir durante los intervalos de recesión de una napa de agua fluctuante estacionalmente o después de levantamiento geológico del terreno, erosión del suelo superficial, descenso del nivel de agua freática, incremento de la capacidad de drenaje, y/o cambio climático hacia condiciones más secas. La petroplintita puede romperse en agregados irregulares o gravas, que pueden ser transportadas para formar depósitos coluviales o aluviales. El endurecimiento requiere una cierta concentración mínima de óxidos de hierro.

### Distribución regional de Plintosoles

La extensión global de los Plintosoles se estima en unas 60 millones ha. La plintita blanda es muy común en los trópicos húmedos, notablemente en el este de la cuenca del Amazonas, la cuenca central de Congo y partes del Sudeste Asiático. Áreas extensas con pisolitos y petroplintita ocurren en la zona de Sudán-Sahel, donde la petroplintita forma cubiertas duras arriba de elementos del paisaje levantados/expuestos. Suelos similares ocurren en la savana del sur de África, en el subcontinente Indio, y en partes más secas del Sudeste Asiático y norte de Australia.

### Manejo y uso de Plintosoles

Los Plintosoles presentan considerables problemas de manejo. La pobre fertilidad natural del suelo causada por la intensa meteorización, anegamiento en las partes bajas y sequía en Plintosoles con petroplintita, pisolitpos o gravas son limitaciones serias. Muchos Plintosoles fuera de los trópicos húmedos tienen petroplintita continua, somera, que limita el volumen de enraizamiento hasta el punto que los cultivos arables no son posibles; tales tierras pueden en el mejor de los casos usarse para pastoreo de bajo volumen. Los suelos con alto contenido de pisolitos (hasta 80 por ciento) todavía están plantados con cultivos alimenticios y forestales (e.g. cacao África Occidental, y castañas de cajú en India) pero los cultivos sufren de sequía en la estación seca. Muchas técnicas de conservación del suelo y del agua se usan para mejorar estos suelos para agricultura urbana y periurbana en África Occidental.

Los ingenieros civiles tienen una apreciación diferente de la petroplintita y plintita que los agrónomos. Para ellos, la plintita es un material valioso para hacer ladrillos, y la petroplintita masiva es una superficie estable para construir o puede cortarse en bloques para construcción. Las gravas de petroplintita rota pueden usarse en fundaciones y como material de superficie en

caminos y campos aéreos. En algunas instancias, la petroplintita es una mena valiosa de Fe, Al, Mn y/o Ti.

### **PODZOLES**

Los Podzoles son suelos con un horizonte subsuperficial superior típicamente gris ceniza, decolorado por pérdida de materia orgánica y óxidos de hierro, sobre un horizonte de acumulación oscuro con humus iluvial parda, rojiza o negra. Los Podzoles ocurren en áreas húmedas en las zonas boreal o templada y localmente también en los trópicos. El nombre *Podzol* se usa en la mayoría de los sistemas nacionales de clasificación de suelos; otros nombres para muchos de estos suelos son: *Spodosoles* (China y Estados Unidos de Norteamérica), *Espodosolos* (Brasil), y *Podosols* (Australia).

#### **Descripción resumida de Podzoles**

*Connotación:* Suelos con un horizonte iluvial *spódico* debajo de un horizonte subsuperficial que tiene la apariencia de ceniza y está cubierto por una capa orgánica; del ruso *pod*, por debajo, y *zola*, ceniza.

*Material parental:* Materiales meteorizados de rocas silíceas, incluyendo till glaciario y depósitos aluviales y eólicos de arenas cuarcíticas. Los Podzoles en la zona boreal ocurren sobre casi cualquier roca.

*Ambiente:* Principalmente en las regiones húmedas templada y boreal del hemisferio Norte, en tierras llanas y con colinas debajo de brezos y/o bosque de coníferas; en los trópicos húmedos bajo bosque ligero (de luz).

*Desarrollo del perfil:* Los complejos de Al, Fe y compuestos orgánicos migran desde el suelo superficial hacia abajo con la percolación del agua de lluvia. Los complejos metal-humus precipitan en un horizonte iluvial *spódico*; el horizonte eluvial suprayacente permanece decolorado y en muchos Podzoles es un horizonte *álbico*. Éste está cubierto por una capa orgánica mientras que los horizontes superficiales minerales oscuros están ausentes en la mayoría de los Podzoles boreales.

#### **Distribución regional de Podzoles**

Los Podzoles cubren unas 485 millones ha estimadas a nivel mundial, principalmente en las regiones templada y boreal del hemisferio Norte. Están extendidos en Escandinavia, el noroeste de la Federación Rusa, y Canadá. Además de estos Podzoles *zonales*, hay menores ocurrencias de Podzoles *intrazonales* tanto en la zona templada como en los trópicos.

Los Podzoles tropicales ocurren en menos de 10 millones ha, principalmente en areniscas residuales meteorizadas en regiones perhúmedas y en arenas aluviales cuarzosas, e.g. en áreas costeras levantadas. La distribución exacta de los Podzoles tropicales no se conoce; se encuentran ocurrencias importantes a lo largo del Río Negro y en la Guayana Francesa, Guyana y Surinam en Sudamérica, en la región malaya (Kalimantan, Sumatra e Irian), y en Australia. Al norte y sur. Parecen ser menos comunes en África.

#### **Manejo y uso de Podzoles**

Los Podzoles zonales ocurren en regiones con condiciones climáticas no favorables para la mayoría de los usos de la tierra arables. Los Podzoles intrazonales son más frecuentemente recuperados para uso arable que los Podzoles zonales, particularmente los que están en climas templados. El bajo nivel de nutrientes, bajo nivel de humedad disponible y el bajo pH hacen a los Podzoles suelos poco atractivos para la agricultura. La toxicidad por aluminio y deficiencia de P son problemas comunes. La arada profunda (para mejorar la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo y/o eliminar un horizonte iluvial denso o hardpan), ebcado y fertilización son las principales medidas de mejora que se utilizan. Los elementos traza pueden migrar con los complejos metal-humus. En la región del Cabo del Oeste de Sudáfrica, los huertos y viñedos de raíces profundas sufren menores deficiencias de elementos traza que los cultivos de vegetales con raíces menos profundas.

La mayoría de los Podzoles zonales están bajo bosque, los Podzoles intrazonal de regiones templadas están principañmente bajo bosques o arbustos (brezos). Los Podzoles tropicales normalmenye sostienen un bosque ligero que sólo se recupera lentamente luego de cortado o

incendiado. Los Podzoles maduros generalmente son mejor utilizados para pastoreo extensivo o se dejan ociosos bajo su vegetación natural (climax).

### **REGOSOLES**

Los Regosoles forman un grupo remanente taxonómico que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en alguno de los otros GSR. En la práctica, los Regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte *mólico* o *úmbrico*, no son muy someros ni muy ricos en gravas (*Leptosoles*), arenosos (*Arenosoles*) o con materiales *flúvicos* (*Fluvisoles*). Los Regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. Muchos Regosoles correlacionan con taxa de suelos que están marcados por formación de suelos incipiente tal como: *Entisoles* (Estados Unidos de Norteamérica); *Rudosols* (Australia); *Regosole* (Alemania); *Sols peu évolués régosoliques d'érosion* o aún *Sols minéraux bruts d'apport éolien ou volcanique* (Francia); y *Neossolos* (Brasil).

#### **Descripción resumida de Regosoles**

*Connotación:* Suelos débilmente desarrollados en material no consolidado; del griego *rhegos*, manta.

*Material parental:* material no consolidado de grano fino.

*Ambiente:* Todas las zonas climáticas sin permafrost y todas las alturas. Los Regosoles son particularmente comunes en áreas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas.

*Desarrollo del perfil:* Sin horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo, e.g. debido a la aridez.

#### **Distribución regional de Regosoles**

Los Regosoles cubren unas 260 millones ha a nivel mundial, principalmente en áreas áridas en el centro oeste de Estados Unidos de Norteamérica, norte de África, el Cercano Oriente y Australia. Unos 50 millones ha de Regosoles ocurren en el trópico seco y otros 36 millones ha en áreas montañosas. La extensión de la mayoría de áreas de Regosol es limitada; consecuentemente, los Regosoles son inclusiones comunes en otras unidades de mapeo en mapas de pequeña escala.

#### **Manejo y uso de Regosoles**

Los Regosoles en áreas de desierto tienen mínimo significado agrícola. Los Regosoles con 500–1 000 mm/year de lluvia necesitan riego para una producción satisfactoria de cultivos. La baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de agua de riego; el riego por goteo o chorritos resuelve el problema pero raramente es económico. Cuando la lluvia excede 750 mm/year, todo el perfil es llevado a su capacidad de retención de agua al principio de la estación húmeda; la mejora de las prácticas de cultivo de secano puede ser una mejor inversión que la instalación de facilidades de riego costosas.

Muchos Regosoles se usan para pastoreo extensivo. Los Regosoles en depósitos coluviales en la franja de loess del norte de Europa y Norteamérica están principalmente cultivados; se siembran granos pequeños, remolacha azucarera y árboles frutales. Los Regosoles en regiones montañosas son delicados y es mejor dejarlos bajo bosque.

### **SOLONCHAKS**

Los Solonchaks son suelos que tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Los Solonchaks están ampliamente confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas. Nombres comunes internacionales son *suelos salinos* y *suelos afectados por sales*. En sistemas nacionales de clasificación de suelos, muchos Solonchaks pertenecen a: *suelos halomórficos* (Federación Rusa), *Halosols* (China), y *Salides* (Estados Unidos de Norteamérica).

#### **Descripción resumida de Solonchaks**

*Connotación:* Suelos salinos; del ruso *sol*, sal.

*Material parental:* Virtualmente cualquier material no consolidado.

*Ambiente:* Regiones áridas y semiáridas, notablemente en áreas donde la napa freática ascendente alcanza el solum o donde hay algo de agua superficial presente, con vegetación de

pastos y/o hierbas halófitas, y en áreas de riego con manejo inadecuado. Los Solonchaks en áreas costeras ocurren en todos los climas.

*Desarrollo del perfil:* Desde débil a fuertemente meteorizados, muchos Solonchaks tienen un patrón de color gléyico a cierta profundidad. En áreas bajas con capa de agua somera, la acumulación de sales es mayor en la superficie del suelo (*Solonchaks externos*). Los Solonchaks donde el agua freática ascendente no alcanza el suelo superficial (o aún el solum) tienen la mayor acumulación de sales a cierta profundidad debajo de la superficie del suelo (*Solonchaks internos*).

### Distribución regional de Solonchaks

La extensión total de los Solonchaks en el mundo se estima en unas 260 millones ha. Los Solonchaks están más extendidos en el Hemisferio Norte, notablemente en las partes áridas y semiáridas del norte de África, el Cercano Oriente, la antigua Unión Soviética y Asia Central; también están extendidos en Australia y las Américas.

### Manejo y uso de Solonchaks

La acumulación excesiva de sales en suelos afecta el crecimiento de las plantas de dos maneras:

- Las sales agravan el stress hídrico porque los electrolitos disueltos crean un potencial osmótico que afecta la absorción de agua por las plantas. Antes de tomar algo de agua, las plantas deben compensar las fuerzas combinadas del potencial mátrico del suelo, i.e. la fuerza con que la matriz del suelo retiene agua, y el potencial osmótico. Como regla básica, el potencial osmótico de una solución del suelo (en hectoPascals) alcanza unos  $650 \times EC$  (dS/m). El potencial total que puede ser compensado por las plantas (conocido como el potencial agua crítico en la hoja) varía fuertemente entre especies vegetales. Las especies de plantas que vienen de los trópicos húmedos tienen comparativamente un bajo potencial agua crítico en la hoja. Por ejemplo, los pimientos verdes pueden compensar hídrico total (mátrico más fuerzas osmóticas) de sólo unos 3 500 hPa mientras que el algodón, un cultivo que evolucionó en climas áridos y semiáridos, sobrevive unos 25 000 hPa.
- Las sales trastornan el balance de iones de la solución del suelo porque los nutrientes están proporcionalmente menos disponibles. Se sabe que existen efectos antagonísticos, e.g. entre Na y K, entre Na y Ca, y entre Mg y K. En mayores concentraciones las sales pueden directamente ser tóxicas para las plantas. En este respecto, los iones Na y cloruro son muy dañinos (perturban el metabolismo de N).

Los productores en Solonchaks adaptan sus métodos de laboreo. Por ejemplo, las plantas en campos regados por surcos no se plantan sobre el camellón sino a media altura. Esto asegura que las raíces se benefician del agua de riego mientras que la acumulación de sales es mayor en la parte superior del camellón, lejos del sistema de raíces. Los suelos fuertemente afectados por sales tienen poco valor agrícola. Se usan para pastoreo extensivo de ovejas, cabras, camellos y ganado, o permanecen ociosos. Sólo después que las sales se han lavado del suelo (el cual entonces deja de ser un Solonchak) pueden esperarse buenos rendimientos. La aplicación de agua de riego no sólo debe satisfacer las necesidades del cultivo, pero debe aplicarse un exceso de agua por encima del requerimiento de riego para mantener el movimiento descendente en el suelo y lavar el exceso de sales de la zona de raíces. El riego de cultivos en regiones áridas y semiáridas debe estar acompañado de drenaje cuyas facilidades de drenaje deben diseñarse para mantener el nivel de agua freática debajo de la profundidad crítica. El uso de yeso sirve para mantener la conductividad hidráulica mientras las sales están siendo lavadas con el agua de riego.

### SOLONETZ

Los Solonetz son suelos con un horizonte subsuperficial arcilloso, denso, fuertemente estructurado, que tiene una proporción alta de iones Na y/o Mg adsorbidos. Los Solonetz que tienen  $Na_2CO_3$  libre son fuertemente alcalinos (pH de campo > 8.5). Nombres comunes internacionales son *suelos alcalinos* y *suelos sódicos*. En los sistemas nacionales de clasificación de suelos muchos Solonetz correlacionan con: *Sodosols* (Australia), el orden *Solonetzic* (Canadá), varios tipos de *Solonetz* (Federación Rusa), y los Grandes Grupos nátricos de varios Ordenes (Estados Unidos de Norteamérica).

### Descripción resumida de Solonetz

*Connotación:* suelos con alto contenido de Na y/o Mg intercambiables; del Ruso *sol*, sal.

*Material parental:* Materiales no consolidados, principalmente sedimentos de textura fina.

*Ambiente:* Los Solonetz están normalmente asociados con tierras planas en un clima con veranos secos y calurosos, o con (antiguos) depósitos costeros que contienen alta proporción de iones Na. Las mayores concentraciones de Solonetz están en pastizales planos o suavemente inclinados, francos o arcillosos (generalmente derivados de loess) en regiones semiáridas templadas y subtropicales.

*Desarrollo del perfil:* Suelo superficial negro o pardo sobre un horizonte *nátrico* con elementos estructurales columnares fuertes con la parte superior redondeada. Los Solonetz bien desarrollados pueden tener un horizonte eluvial *álbico* (comenzando) directamente sobre el horizonte *nátrico*. Debajo del horizonte *nátrico* puede haber un horizonte *cálcico* o un horizonte *gípsico*. Muchos Solonetz tienen un pH de campo de alrededor de 8.5, indicativo de la presencia de carbonato de sodio libre.

### Distribución regional de Solonetz

Los Solonetz ocurren predominantemente en áreas con clima de estepa (veranos secos y lluvia anual de no más de 400–500 mm), en particular en tierras planas con drenaje vertical y lateral impedido. Ocurrencias menores se encuentran en materiales parentales inherentemente salinos (e.g. arcillas marinas o depósitos aluviales salinos). A nivel mundial, los Solonetz cubren más de unas 135 millones ha. Las principales áreas de Solonetz se encuentran en Ucrania, Federación Rusa, Kazajstán, Hungría, Bulgaria, Rumania, China, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Sudáfrica, Argentina y Australia.

### Manejo y uso de Solonetz

La conveniencia para usos agrícolas de los Solonetz vírgenes está basada casi completamente por la profundidad y propiedades del suelo superficial. Se necesita un suelo superficial profundo (> 25 cm) rico en humus para la producción exitosa de cultivos arables. Sin embargo, la mayoría de los Solonetz sólo tienen un horizonte superficial mucho más somero, o incluso han perdido el horizonte superficial.

El mejoramiento de los Solonetz tiene dos elementos básicos:

- Mejora de la porosidad del suelo superficial o subsuperficial;
- Disminución del PSI.

La mayoría de los intentos de recuperación comienza con la incorporación de yeso o, excepcionalmente, cloruro de calcio al suelo. Cuando hay calcáreo o yeso a poca profundidad en el suelo, la arada profunda (mezclando el carbonato o yeso contenido en el subsuelo con el suelo superficial) pueden volver superfluas las enmiendas costosas. Las estrategias de recuperación tradicional comienzan sembrando un cultivo resistente a Na, e.g. pasto Rodas, para mejorar gradualmente la permeabilidad del suelo. Una vez que hay un sistema poroso funcionando en el lugar, se lavan cuidadosamente los iones Na del suelo con agua de *buena calidad* (rica en Ca) (el agua relativamente pura debe evitarse porque exacerba el problema de dispersión).

Un método de recuperación extremo (desarrollado en Armenia y aplicado exitosamente en Solonetz con horizonte *cálcico* o *petrocálcico* en el valle de Arax) usa ácido sulfúrico diluido (un producto de desecho de la industria metalúrgica) para disolver el  $\text{CaCO}_3$  contenido en el suelo. Esto lleva iones Ca a la solución del suelo, que desplaza al Na intercambiable. La práctica mejora la agregación y permeabilidad del suelo. Subsecuentemente, el sulfato de sodio resultante (en la solución del suelo) es lavado del suelo. En India, se aplicó piritita a Solonetz para producir ácido sulfúrico, bajando así la alcalinidad extrema y superando la deficiencia de Fe. Los Solonetz mejorados pueden producir buenos cultivos de granos o forraje. La mayoría de los Solonetz del mundo nunca han sido recuperados y se usan para pastoreo extensivo o se dejan ociosos.

### STAGNOSOLES

Los Stagnosoles son suelos con una napa de agua colgada que muestran rasgos redoximórficos causados por agua superficial. Los Stagnosoles están periódicamente mojados y moteados en el

suelo superficial y subsuelo, con o sin concreciones y/o decoloración. Un nombre común en muchos sistemas nacionales de clasificación de suelos para la mayoría de los Stagnosoles es *pseudogley*. En la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos, muchos de ellos pertenecen a los *Acuafes*, *Acuultes*, *Acuentes*, *Acueptes* y *Acuoles*.

### Descripción resumida de Stagnosoles

*Connotación:* Del latín *stagnare*, inundar.

*Material parental:* Una variedad amplia de materiales no consolidados incluyendo till glaiario, y depósitos francos eólicos, aluviales y coluviales, pero también limolita físicamente meteorizada.

*Ambiente:* Principalmente en tierras planas o suavemente onduladas en regiones templado frías a subtropicales con condiciones climáticas húmedas o perhúmedas.

*Desarrollo del perfil:* Fuerte moteado debido a procesos redox causados por agua estancada; el suelo superficial también puede estar completamente decolorado (horizonte álbico).

### Distribución regional de Stagnosoles

Los Stagnosoles cubren 150–200 millones ha a nivel mundial; la mayor parte en regiones templadas húmedas a perhúmedas de Europa Occidental y Central, Norteamérica, sudeste de Australia, y Argentina, asociados con Luvisoles así como Cambisoles y Umbrisols limosos a arcillosos. También ocurren en regiones subtropicales húmedas a perhúmedas, asociados con Acrisoles y Planosoles.

### Manejo y uso de Stagnosoles

La capacidad agrícola de los Stagnosoles es limitada por su deficiencia de oxígeno como resultado del agua estancada sobre un subsuelo denso. En consecuencia, tienen que ser drenados. Sin embargo, en contraste con los Gleysoles, el drenaje con canales o tuberías en muchos casos es insuficiente. Es necesario tener una mayor porosidad en el subsuelo para mejorar la conductividad hidráulica. Esto puede lograrse con cincelado profundo o arada profunda. Los Stagnosoles drenados pueden ser suelos fértiles debido a su grado moderado de lixiviación.

## TECNOSOLES

Los Tecnosoles comprenden un nuevo GSR y combina suelos cuyas propiedades están originadas por su origen *técnico*. Contienen una cantidad significativa de *artefactos* (algo en el suelo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el hombre), o están sellados por *roca dura técnica* (material duro creado por el hombre, que tiene propiedades diferentes a la roca natural). Incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre.

Los Tecnosoles son frecuentemente referidos como suelos *urbanos* o *de minas*. Se reconocen en el nuevo sistema ruso de clasificación de suelos como *Formaciones Tecnogénicas Superficiales*.

### Descripción resumida de Tecnosoles

*Connotación:* Suelos dominados o fuertemente influenciados por material hecho por el hombre; del griego *technikos*, hábilmente hecho.

*Material parental:* Todo tipo de materiales hechos o expuestos por actividad humana que de otro modo no ocurrirían sobre la superficie de la tierra; la pedogénesis en estos suelos está fuertemente afectada por materiales y su organización.

*Ambiente:* Principalmente en áreas urbanas e industriales, en áreas pequeñas, aunque en un patrón complejo de asociación con otros grupos.

*Desarrollo del perfil:* Generalmente ninguno, aunque en vaciaderos antiguos (e.g. escombros romanos) puede observarse evidencia de pedogénesis *natural*, tal como translocación de arcilla. Los depósitos de lignito y hollín con el tiempo pueden exhibir propiedades *vítricas* o *ándicas* (Zikeli, Kastler and Jahn, 2004; Zevenbergen *et al.*, 1999). El desarrollo original del perfil puede todavía estar presente en suelos naturales contaminados.

### **Distribución regional de Tecnosoles**

Los Tecnosoles se encuentran en todo el mundo donde la actividad humana ha llevado a la construcción de suelo artificial, sellando el suelo natural, o extrayendo material que normalmente no sería afectado por procesos de superficie. Así, ciudades, caminos, minas, vertederos de basura, derrames de petróleo, depósitos de hollín de carbón y otros semejantes, se incluyen en los Tecnosoles.

### **Manejo y uso de Tecnosoles**

Los Tecnosoles están fuertemente afectados por la naturaleza del material o la actividad humana que lo colocó. Son más factibles de estar contaminados que los suelos de otros GSR. Muchos Tecnosoles tienen que ser tratados con cuidado ya que pueden contener sustancias tóxicas resultantes de procesos industriales.

Muchos Tecnosoles, en particular los de vertederos de basura, normalmente se cubren con una capa de material de suelo *natural* para permitir la revegetación. Tal capa forma parte del Tecnosol, siempre que se cumpla el requerimiento de *20 por ciento o más (en volumen, por promedio ponderado) de artefactos en los primeros 100 cm de la superficie del suelo o hasta roca continua o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad*, de la definición de Tecnosol.

### **UMBRISOLES**

Los Umbrisoles acomodan suelos en los cuales se ha acumulado materia orgánica dentro del suelo superficial mineral (en la mayoría de los casos con baja saturación con bases) hasta el punto en que afecta significativamente el comportamiento y la utilización del suelo. Los Umbrisoles son la contraparte lógica de los suelos con *horizonte mólico* y alta saturación con bases en todo su espesor (Chernozems, Kastanozems y Phaeozems). No reconocidos previamente en un nivel taxonómico tan alto, muchos de estos suelos se clasifican en otros sistemas como: varios Grandes Grupos de *Entisoles* e *Inceptisoles* (Estados Unidos de Norteamérica); *Cambisoles Húmicos* y *Regosoles Úmbricos* (FAO); *Brunisoles Sómbricos* y *Regosoles Húmicos* (Francia); *Very dark-humus soils* (Federación Rusa); *Brown Podzolic soils* (e.g. Indonesia); y *Umbrisoles* (Rumania).

### **Descripción resumida de Umbrisoles**

*Connotación:* Suelos con suelo superficial oscuro; del latín *umbra*, sombra.

*Material parental:* Material meteorizado de rocas silíceas.

*Ambiente:* Climas húmedos; comunes en regiones montañosas con poco o sin déficit de humedad, principalmente en áreas frescas pero incluyendo montañas tropicales y subtropicales.

*Desarrollo del perfil:* Horizonte superficial *úmbrico* (raramente: *Mólico*) pardo oscuro, en muchos casos sobre un horizonte subsuperficial *cámbico* con baja saturación con bases.

### **Distribución regional de Umbrisoles**

Los Umbrisoles ocurren en regiones húmedas, frescas, principalmente montañosas, con poco o sin déficit de humedad del suelo. Ocupan unos 100 millones ha en todo el mundo. En Sudamérica, los Umbrisoles son comunes en la cordillera de los Andes de Colombia, Ecuador y, en menor proporción, en Venezuela, Bolivia y Perú. También ocurren en Brasil, e.g. en la Serra do Mar, y en Lesoto y Sudáfrica, e.g. en la cadena de Drakensberg. Los Umbrisoles en Norteamérica están ampliamente confinados al litoral Pacífico noroeste. En Europa, los Umbrisoles ocurren a lo largo del litoral Atlántico noroeste, e.g. en Islandia, Islas Británicas y noroeste de Portugal y España. En Asia, se encuentran en las cadenas montañosas al este y oeste del Lago Baikal, y en las franjas de Himalaya, notablemente en India, Nepal, China y Myanmar. Los Umbrisoles ocurren en latitudes más bajas en Manipur (este de la India), en las Chin Hills (oeste de Myanmar) y en Sumatra (cadena Barisan). En Oceanía, los Umbrisoles se encuentran en las cadenas montañosas de Papua Nueva Guinea y sudeste de Australia y en la parte este de la Isla Sur, Nueva Zelanda.

### **Manejo y uso de Umbrisoles**

Muchos Umbrisoles están bajo vegetación natural o casi-natural. Los Umbrisoles por encima de la línea de árboles real en las cadenas montañosas de los Andes, Himalaya y Asia Central, o en

latitudes menores en el norte y oeste de Europa donde la antigua vegetación forestal ha sido desmontada en gran parte, soportan una vegetación de pastos cortos de bajo valor nutricional. Los bosques de coníferas predominan en Brasil (e.g. *Araucaria* spp.) y en Estados Unidos de Norteamérica (principalmente *Thuja*, *Tsuga* y *Pseudotsuga* spp.). Los Umbrisoles en áreas montañosas tropicales en el sur de Asia y Oceanía están bajo bosque montañoso siempreverde. En las montañas del sur de México, la vegetación varía de bosque tropical semi-decíduo al más fresco bosque de niebla.

La predominancia de tierras en pendiente y condiciones climáticas húmedas y frescas restringen la utilización de muchos Umbrisoles al pastoreo extensivo. El manejo se centra en la introducción de pastos mejorados y corrección del pH del suelo por encalado. Muchos Umbrisoles son susceptibles a la erosión. Plantar cultivos perennes y terrazas de banco o en contorno ofrecen posibilidades para agricultura permanente en pendientes más suaves. Donde las condiciones son apropiadas pueden producirse cultivos rentables, e.g. cereales y cultivos de raíces en Estados Unidos de Norteamérica, Europa y Sudamérica, o te y cinchona en el sur de Asia (Indonesia). El café de altura en Umbrisoles demanda altos insumos de manejo para alcanzar los estrictos requerimientos de nutrientes. En Nueva Zelandia, los Umbrisoles han sido transformados en suelos muy productivos, usados para cría intensiva de ovejas y ganadería lechera, y producción de cultivos rentables.

### VERTISOLES

Los Vertisoles suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre Vertisoles (del latín *vertere*, dar vuelta) se refiere al reciclado interno constante del material de suelo. Nombres comunes locales para muchos Vertisoles son: *suelos negros de algodón*, *regur* (India), *black turf soils* (Sudáfrica), *margalites* (Indonesia), *Vertosols* (Australia), *Vertissolos* (Brasil), y *Vertisoles* (Estados Unidos de Norteamérica).

#### Descripción resumida de Vertisoles

*Connotación:* Suelos pesados arcillosos, que se mezclan; del latín *vertere*, dar vuelta.

*Material parental:* Sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas.

*Ambiente:* Depresiones y áreas llanas a onduladas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con una alternancia clara de estación seca y húmeda. La vegetación climax es savana, pastizal natural y/o bosque.

*Desarrollo del perfil:* La expansión y contracción alternada de arcillas expandibles resulta en grietas profundas en la estación seca, y formación de *slickensides* y agregados estructurales cuneiformes en el suelo subsuperficial. El microrelieve *gilgai* es peculiar de los Vertisoles aunque no se encuentra comúnmente.

#### Distribución regional de Vertisoles

Los Vertisoles cubren 335 millones ha a nivel mundial. Unos 150 millones ha estimadas son potenciales tierras de cultivos. Los Vertisoles en los trópicos cubren unos 200 millones ha; un cuarto de éstas se consideran tierras útiles. La mayoría de los Vertisoles ocurren en los trópicos semiáridos, con una lluvia media anual de 500–1 000 mm, pero también se encuentran Vertisoles en los trópicos húmedos, e.g. Trinidad (donde la lluvia anual alcanza 3 000 mm). Las áreas más grandes de Vertisol están sobre sedimentos que tienen alto contenido de arcillas smectíticas o que producen tales arcillas por meteorización post-deposicional (e.g. en Sudán), y en plateaus extensos de basalto (e.g. in India y Etiopía). Los Vertisoles también son prominentes en Sudáfrica, Australia, sudoeste de Estados Unidos de Norteamérica (Texas), Uruguay, Paraguay y Argentina. Los Vertisoles se encuentran típicamente en bajas posiciones del paisaje tales como fondos de lagos secos, cuencas de ríos, terrazas inferiores de ríos y otras tierras bajas que periódicamente están mojadas en su estado natural.

#### Manejo y uso de Vertisoles

Grandes áreas de Vertisoles en los trópicos semiáridos están todavía sin utilizar o sólo se usan para pastoreo extensivo, cortar madera, quemar carbón y similares. Estos suelos tienen

considerable potencial agrícola, pero el manejo adecuado es una precondition para la producción sostenida. La fertilidad química comparativamente buena y su ocurrencia en planicies llanas extensas donde puede considerarse la recuperación y el laboreo mecánico son ventajas de los Vertisoles. Las características físicas del suelo y, notablemente, su difícil manejo del agua causan problemas. Los edificios y otras estructuras están en riesgo sobre Vertisoles, y los ingenieros tienen que tomar precauciones especiales para evitar daños.

Los usos agrícolas de los Vertisoles van desde muy extensivos (pastoreo, recolección de leña, y quema de carbón) a través de producción de cultivos post-estación lluviosa en minifundios (mijo, sorgo, algodón y garbanzos) hasta agricultura bajo riego en pequeña escala (arroz) y gran escala (algodón, trigo, cebada, sorgo, garbanzos, lino, noug o semilla de Niger [*Guizotia abyssinica*] y caña de azúcar). El algodón se sabe que se desempeña bien en Vertisoles, según se asegura, porque el algodón tiene un sistema radicular vertical que no se daña severamente por el agrietamiento del suelo. Los cultivos forestales generalmente son menos exitosos porque las raíces de los árboles encuentran difícil establecerse en el subsuelo y se dañan cuando el suelo se expande y se contrae. Las prácticas de manejo para producción de cultivos deberían dirigirse primariamente al control del agua en combinación con conservación o mejora de la fertilidad del suelo.

Las propiedades físicas y el régimen de humedad del suelo de los Vertisoles representan serias restricciones de manejo. La textura del suelo pesada y el predominio de minerales de arcilla expandibles resulta en rango de humedad del suelo restringido entre stress hídrico y exceso de agua. La labranza se obstaculiza por la adhesividad cuando el suelo está mojado y dureza cuando está seco. La susceptibilidad de los Vertisoles al anegamiento puede ser el único factor más importante que reduce el período de crecimiento real. El exceso de agua en la estación lluviosa debe almacenarse para su uso post-estación lluviosa (*cosecha de agua*) en Vertisoles con velocidad de infiltración muy lenta.

Una compensación por la característica de expansión-contracción es el fenómeno de *self-mulching* que es común en muchos Vertisoles. Los terrones grandes producidos por las labores primarias se rompen con el secado gradual en agregados finos, los que proporcionan una cama de siembra pasable con un esfuerzo mínimo. Por la misma razón, la erosión en cárcavas en los Vertisoles sobrepastoreados, raramente es severa porque las paredes de las cárcavas rápidamente asumen un pequeño ángulo de reposo, que permite que el pasto se reestablezca más fácilmente.



## Capítulo 5

# Definiciones de elementos formativos para unidades de Segundo nivel de la WRB

Las definiciones de los elementos formativos para las unidades de segundo nivel se relacionan con GSR, horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, atributos tales como color, condiciones químicas, textura, etc. Las referencias a los GSR definidos en los Capítulos 3 y 4 y los rasgos de diagnóstico listados en el Capítulo 2 se indican en letra cursiva.

Generalmente, sólo serán posibles un número limitado de combinaciones; la mayoría de las definiciones son mutuamente excluyentes.

**Abrúptico (ap):** que tiene un *cambio textural abrupto* dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

**Acérico (ae):** que tiene un pH (1:1 en agua) entre 3.5 y 5 y moteados de jarosita en alguna capa dentro de los 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Solonchaks*).

**Ácrico (ac):** que tiene un *horizonte árgico* con una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arcilla en alguna parte hasta una profundidad máxima de 50 cm debajo de su límite superior, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de los 200 cm de la superficie del suelo si el *horizonte árgico* tiene por encima textura arenoso franca o más gruesa en todo su espesor, y con una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Acroxic (ao):** que tiene menos de 2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> tierra fina de bases intercambiables más Al<sup>3+</sup> intercambiable en KCl 1 M en una o más capas con un espesor combinado de 30 cm o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Andosoles*).

**Álbico (ab):** que tiene un horizonte *álbico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hiperálbico (ha):** que tiene un horizonte *álbico* que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo y tiene su límite inferior a una profundidad de 100 cm o más desde la superficie del suelo.

**Glosálbico (gb):** que muestra lenguas de un horizonte *álbico* dentro de un horizonte *árgico* o *nátrico*.

**Alcálico (ax):** que tiene un pH (1:1 en agua) de 8.5 o más en todo el espesor dentro de 50 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Álico (al):** que tiene un *horizonte árgico* que tiene una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arcilla o más en todo el espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el *horizonte árgico* tiene por encima textura arenoso franca o más gruesa en todo su espesor, y con una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Aluándico (aa):** que tiene una o más capas, de 15 cm o más de espesor acumulado, con propiedades *ándicas* y un contenido de sílice extractable en oxalato ácido (pH 3) menor del 0.6 por ciento, y un Al<sub>py</sub><sup>51</sup>/Al<sub>ox</sub><sup>52</sup> de 0.5 o más, dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Andosoles*).

<sup>51</sup> Al<sub>py</sub>: aluminio extractable en pirofosfato, expresado como por ciento de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

**Taptaluándico (aab):** que tiene una o más capas enterradas, de 15 cm o más de espesor acumulado, con propiedades *ándicas* y un contenido de sílice extractable en oxalato ácido (pH 3) menor del 0.6 por ciento, y un  $Al_{py}^{53}/Al_{ox}^{54}$  de 0.5 o más, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Alúmico (au):** que tiene una saturación con Al (efectiva) de 50 por ciento o más en alguna capa entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.

**Ándico (an):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas con propiedades *ándicas* o *vítricas* con un espesor combinado de 30 cm o más (en *Cambisoles* 15 cm o más), de los cuales 15 cm o más (en *Cambisoles* 7.5 cm o más) tienen propiedades *ándicas*.

**Taptándico (ba):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas enterradas con propiedades *ándicas* o *vítricas* con un espesor combinado de 30 cm o más (en *Cambisoles* 15 cm o más), de los cuales 15 cm o más (en *Cambisoles* 7.5 cm o más) tienen propiedades *ándicas*.

**Antrácuico(aq):** que tiene un horizonte *antrácuico*.

**Ántrico (am):** que tiene un *horizonte ántrico*.

**Arénico (ar):** que tiene a texture of loamy fine sand or coarser in a layer, 30 cm o más thick, within 100 cm de la superficie del suelo.

**Epiarénico (arp):** que tiene una textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de loa 50 cm de la superficie del suelo.

**EndoArénico (arn):** que tiene una textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Árico (ai):** que tiene sólo restos de horizontes de diagnóstico– disturbados por arada profunda.

**Arídico (ad):** que tiene propiedades *arídicas* sin un horizonte *takyrico* o *yérmico*.

**Árzico (az):** que tiene agua freática rica en sulfatos en alguna capa dentro de 50 cm desde la superficie del suelo durante algún tiempo en la mayoría de los años y contiene 15 por ciento o más de yeso promediado en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad (*sólo en Gipsisoles*).

**Brúnico (br):** que tiene una capa, 15 cm o más de espesor, que cumple los criterios 2–4 del *horizonte cámbico* pero incumple el criterio 1 y no forma parte de un horizonte *álbico*, que comienza dentro de los 50 cm de la superficie del suelo.

**Calcárico (ca):** que tiene material *calcárico* entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Cálcico (cc):** que tiene un horizonte *cálcico* o concentraciones de *carbonatos secundarios* que comienzan dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

**Pisocálcico (cp):** que sólo tiene concentraciones de carbonatos secundarios que comienzan dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Cámbico (cm):** que tiene un *horizonte cámbico* que no forma parte de un horizonte *álbico*, que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Cárbico (cb):** que tiene un horizonte *spódico* que no se vuelve rojo por ignición en todo su espesor (*sólo en Podzoles*).

**Carbonático (cn):** que tiene un horizonte *sálico* con una solución del suelo (1:1 en agua) con un pH de 8.5 o más y  $[HCO_3^-] > [SO_4^{2-}] \gg [Cl^-]$  (*sólo en Solonchaks*).

**Clorídico (cl):** que tiene un horizonte *sálico* con una solución del suelo (1:1 en agua) con  $[Cl^-] \gg [SO_4^{2-}] > [HCO_3^-]$  (*sólo en Solonchaks*).

<sup>52</sup>  $Al_{ox}$ : aluminio extractable en oxalato ácido (Blakemore, Searle and Daly, 1981), expresado como por ciento de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

<sup>53</sup>  $Al_{py}$ : aluminio extractable en pirofosfato, expresado como por ciento de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

<sup>54</sup>  $Al_{ox}$ : aluminio extractable en oxalato ácido (Blakemore, Searle and Daly, 1981), expresado como por ciento de la fracción tierra fina (0–2 mm) en base seco en estufa (105 °C).

**Crómico (cr):** que tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, que tiene un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un hue de 7.5 YR y un croma, húmedo, de más de 4.

**Arcílico (ce):** que tiene una textura arcillosa en una capa, de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Epiarcílico (cep):** que tiene una textura arcillosa en una capa, de 30 cm o más de espesor, dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Endoarcílico (cen):** que tiene una textura arcillosa en una capa, de 30 cm o más de espesor, entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Colúvico (co):** que tiene material *colúvico*, 20 cm o más de espesor, creado por movimiento lateral inducido por el hombre.

**Crítico (cy):** que tiene un *horizonte crítico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo o que tiene un *horizonte crítico* que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo con evidencia de crioturbación en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Cutánico (ct):** que tiene revestimientos de arcilla en algunas partes de un *horizonte árgico* ya sea comenzando dentro de 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el *horizonte árgico* tiene por encima textura arenoso franca o más gruesa en todo su espesor.

**Dénsico (dn):** que tiene compactación natural o artificial dentro de 50 cm de la superficie del suelo al grado en que las raíces no pueden penetrar.

**Drénico (dr):** que tiene un *horizonte hístico* que está artificialmente drenado que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo.

**Dúrico (du):** que tiene a *horizonte dúrico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endodúrico (nd):** que tiene a *horizonte dúrico* que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Hiperdúrico (duh):** que tiene un *horizonte dúrico* con 50 por ciento o más (en volumen) de durinodes o fragmentos de un *horizonte petrodúrico* roto, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Dístrico (dy):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y *roca continua* o una capa cementada o endurecida, o, en *Leptosoles*, en una capa, de 5 cm o más de espesor, directamente encima de *roca continua*, si la *roca continua* comienza dentro de 25 cm de la superficie del suelo.

**Endodístrico (ny):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todo el espesor entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epidístrico (ed):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todo el espesor entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo.

**Hiperdístrico (hd):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todo el espesor entre 20 and 100 cm de la superficie del suelo, y menos de 20 por ciento en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Ortodístrico (dyo):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 por ciento en todo el espesor entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Ekránico (ek):** que tiene *roca dura técnica* comenzando dentro de 5 cm de la superficie del suelo y cubriendo 95 por ciento o más del alcance horizontal del suelo (*sólo en Tecnosoles*).

**Endodúrico (nd):** ver *Dúrico*.

**Endodístrico (ny):** ver *Dístrico*.

**Endoéutrico (ne):** ver *Éutrico*.

**Endoflúvico (nf):** ver *Flúvico*.

**Endogleyico (ng):** ver *Gleyico*.

**Endoléptico (nl):** ver *Léptico*.

**Endosálico (ns):** ver *Sálico*.

**Éntico (et):** que no tiene un *horizonte álbico* y que tiene un *horizonte spódico* suelto (*sólo en Podzoles*).

**Epidístrico (ed):** ver *Dístrico*.

**Epiéutrico (ee):** ver *Éutrico*.

**Epiléptico (el):** ver *Léptico*.

**Episálico (ea):** ver *Sálico*.

**Escálico (ec):** que ocurre en terrazas hechas por el hombre.

**Éutrico (eu):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y *roca continua* o una capa cementada o endurecida, o en una capa de 5 cm o más de espesor, directamente encima de *roca continua* si la *roca continua* comienza dentro de 25 cm de la superficie del suelo.

**Endoéutrico (ne):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epiéutrico (ee):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo.

**Hiperéutrico (he):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo y 80 por ciento o más en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Ortoéutrico (euo):** que tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Eutrosílico (es):** que tiene una o más capas, de 30 cm o más de espesor acumulado, con propiedades *ándicas* y una suma de bases intercambiables de 15 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> tierra fina o más dentro de 100 cm de la superficie (*sólo en Andosoles*).

**Ferrálico (fl):** que tiene un *horizonte ferrálico* que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo (*sólo en Antrosoles*), o que tiene propiedades *ferrálicas* en por lo menos alguna capa que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*en otros suelos*).

**Hiperferrálico (flh):** que tiene propiedades *ferrálicas* y una CIC<sup>55</sup> (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 16 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de arcilla en por lo menos alguna capa que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hipoferrálico (flw):** que tiene en una capa de 30 cm o más de espesor, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo, una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> tierra fina y un cromax Munsell, húmedo, de 5 o más o un hue más rojo que 10 YR (*sólo en Arenosoles*).

**Férrico (fr):** que tiene un *horizonte férrico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hiperférrico (frh):** que tiene un *horizonte férrico* con 40 por ciento o más del volumen de nódulos discretos rojizos o negruzcos que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Fíbrico (fi):** que tiene, después de frotado, dos tercios o más (en volumen) del material *orgánico* consistente de tejido vegetal reconocible dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Flótico (ft):** que tiene material *orgánico* flotando sobre agua (*sólo en Histosoles*).

**Flúvico (fv):** que tiene material *flúvico* en una capa de 25 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endoflúvico (nf):** que tiene material *flúvico* en una capa de 25 cm o más de espesor, entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Fólico (fo):** que tiene un *horizonte fólico* que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo.

**Taptofólico (fob):** que tiene un *horizonte fólico* enterrado que comienza entre 40 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Fractipétrico (fp):** que tiene un *horizonte fuertemente cementado* o endurecido que consiste de terrones fracturados o rotos con una longitud horizontal promedio menor de 10 cm, comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

<sup>55</sup> Ver Anexo 1.

**Fractiplántico (fa):** que tiene un horizonte *petroplántico* que consiste de terrones fracturados o rotos con una longitud horizontal promedio menor de 10 cm, comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Frágico (fg):** que tiene un horizonte *frágico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Fúlvico (fu):** que tiene un horizonte *fúlvico* que comienza dentro de 30 cm de la superficie del suelo.

**Gárbico (ga):** que tiene una capa de 20 cm o más de espesor dentro de 100 cm de la superficie del suelo, con 20 por ciento o más (en volumen, por promedio ponderado) de *artefactos* que contienen 35 por ciento o más (en volumen) de materiales de desecho orgánicos (*sólo en Tecnosoles*).

**Gélico (ge):** que tiene una capa con una temperatura del suelo de 0 °C o menos por dos o más años consecutivos que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo.

**Gelistágnico (gt):** que tiene saturación con agua temporaria en la superficie del suelo causada por un subsuelo congelado.

**Gérico (gr):** que tiene propiedades *géricas* en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Gíbsico (gi):** que tiene una capa de 30 cm o más de espesor que contiene 25 por ciento o más de gibsita en la fracción tierra fina que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Glácico (ge):** que tiene una capa de 30 cm o más de espesor que contiene 75 por ciento (en volumen) o más hielo que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Gleyico (gl):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm o más de espesor que tiene *condiciones reductoras* en algunas partes y un *patrón de color gléyico* en todo el espesor.

**Endogleyico (ng):** que tiene entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm o más de espesor que tiene *condiciones reductoras* en algunas partes y un *patrón de color gléyico* en todo su espesor.

**Epigleyico (glp):** que tiene dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm o más de espesor que tiene *condiciones reductoras* en algunas partes y un *patrón de color gléyico* en todo su espesor.

**Glosálbico (gb):** ver *Álbico*.

**Glósico (gs):** que muestra lenguas de un horizonte *mólico* o *úmbrico* dentro de una capa subyacente.

**Moliglósico (mi):** que muestra lenguas de un horizonte *mólico* dentro de una capa subyacente.

**Umbriglósico (ug):** que muestra lenguas de un horizonte *úmbrico* dentro de una capa subyacente.

**Gréyico (gz):** que tiene colores Munsell con un croma de 3 o menos en húmedo, un value de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco y granos de limo o arena no revestidos sobre las caras estructurales dentro de 5 cm de la superficie del suelo mineral.

**Grúmico (gm):** que tiene una capa superficial del suelo con un espesor de 3 cm o más con estructura fuerte más fina que granular grueso (*sólo en Vertisoles*).

**Gípsico (gy):** que tiene un *horizonte gípsico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Gipsírico (gp):** que tiene material *gipsírico* entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Háplico (ha):** que tiene una expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos.

**Hémico (hm):** que tiene, después de frotado, entre dos tercios y un sexto (en volumen) del material *orgánico* que consiste de restos reconocibles de tejido vegetal dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Hístico (hi):** que tiene un horizonte *hístico* que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo.

**Taptohistico (hib):** que tiene un horizonte *hístico* enterrado que comienza entre 40 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Hórtico (ht):** que tiene un *horizonte hórtico*.

**Húmico (hu):** que tiene el siguiente contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado: en *Ferralsoles* y *Nitisoles*, 1.4 por ciento o más hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo mineral; en *Leptosoles* en los que aplica el calificador Hiperesquelético, 2 por ciento o más hasta una profundidad de 25 cm desde la superficie del suelo mineral; en otros suelos, 1 por ciento o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.

**Hiperhúmico (huh):** que tiene un contenido de carbono orgánico de 5 por ciento o más como promedio ponderado en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.

**Hidrágrico (hg):** que tiene un horizonte *antrácuico* y un horizonte *hidrágrico* subyacente, el último que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hídrico (hy):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas con un espesor combinado de 35 cm o más, que tienen una retención de agua de 100 por ciento o más a 1 500 kPa (en muestras sin secar) (*sólo en Andosoles*).

**Hidrofóbico (hf):** repelente al agua, i.e. el agua queda sobre un suelo seco con una duración de 60 segundos o más (*sólo en Arenosoles*).

**Hiperálbico (hb):** ver *Álbico*.

**Hiperálico (hl):** que tiene an *Horizonte árgico* que comienza ya sea dentro de 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el horizonte *árgico* tiene por encima texturas arenoso franco o más gruesa en todo su espesor, y tiene una relación limo a arcilla menor de 0.6 y una saturación (efectiva) con Al de 50 por ciento o más, en todo su espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad (*sólo en Alisoles*).

**Hipercálcico (hc):** que tiene un horizonte *cálcico* con 50 por ciento o más (en masa) de carbonato de calcio equivalente y que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Calcisoles*).

**Hiperdístrico (hd):** ver *Dístrico*.

**Hiperéutrico (he):** ver *Éutrico*.

**Hipergípsico (hp):** que tiene un horizonte *horizonte gípsico* con 50 por ciento o más (en masa) de yeso y que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Gipsisoles*).

**Hiperócrico (ho):** que tiene una capa de suelo superficial mineral de 5 cm o más de espesor, con un value Munsell, seco, de 5.5 o más que se vuelve más oscuro por humedecimiento, un contenido de carbono orgánico menor de 0.4 por ciento, una estructura laminar en 50 por ciento o más del volumen, y una costra superficial.

**Hipersálico (hs):** ver *Sálico*.

**Hiperesquelético (hk):** que contiene menos de 20 por ciento (en volumen) de tierra fina promediado en una profundidad de 75 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua*, lo que esté a menor profundidad.

**Hipocálcico (wc):** que tiene un horizonte *cálcico* con un contenido de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina menor de 25 por ciento y que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Calcisoles*).

**Hipogípsico (wg):** que tiene un horizonte *gípsico* con un contenido de yeso en la fracción tierra fina menor de 25 por ciento y que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Gipsisoles*).

**Hipolúvico (wl):** que tiene un incremento de arcilla absoluto de 3 por ciento o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Arenosoles*).

**Hiposálico (ws):** ver *Sálico*.

**Hiposódico (wn):** ver *Sódico*.

**Irrágrico (ir):** que tiene un horizonte *irrágrico*.

**Lamélico (ll):** que tiene lamelas de arcilla con un espesor combinado de 15 cm o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Láxico (la):** que tiene una densidad aparente menor de  $0.9 \text{ kg dm}^{-3}$ , en una capa de suelo mineral de 20 cm o más de espesor, que comienza dentro de 75 cm de la superficie del suelo.

**Léptico (le):** que tiene *roca continua* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endoléptico (nl):** que tiene *roca continua* que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epiléptico (el):** que tiene *roca continua* que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Lígnico (lg):** que tiene inclusiones de fragmentos de madera intactos, que constituyen un cuarto o más del volumen del suelo, dentro de 50 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Límnico (lm):** que tiene material *límnico* de 10 cm o más de espesor acumulado, dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Línico (lc):** que tiene una geomembrana continua construida, muy lentamente permeable a impermeable de cualquier espesor que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Lítico (li):** que tiene *roca continua* que comienza dentro de 10 cm de la superficie del suelo (*sólo en Leptosoles*).

**Nudilítico (nt):** que tiene *roca continua* en la superficie del suelo (*sólo en Leptosoles*).

**Líxico (lx):** que tiene un *horizonte árgico* que tiene una CIC (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) menor de  $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  arcilla en alguna parte hasta una profundidad máxima de 50 cm debajo de su límite superior, ya sea comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el *horizonte árgico* tiene por encima textura de arenoso franco o más gruesa en todo su espesor, y que tiene una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) de 50 por ciento o más en la mayor parte entre 50 and 100 cm de la superficie del suelo.

**Lúvico (lv):** que tiene un *horizonte árgico* que tiene una CIC (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) de  $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  arcilla o más en todo su espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el *horizonte árgico* tiene por encima textura de arenoso franco o más gruesa en todo su espesor, y que tiene una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) de 50 por ciento o más en la mayor parte entre 50 and 100 cm de la superficie del suelo.

**Magnésico (mg):** que tiene una relación Ca a Mg intercambiable menor de 1 en la mayor parte dentro de 100 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Manganiférrico (mf):** que tiene un *horizonte férrico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo en el cual la mitad o más de los nódulos o moteados son negros.

**Mázico (mz):** masivo y duro o muy duro en los primeros 20 cm del suelo (*sólo en Vertisoles*).

**Melánico (ml):** que tiene un *horizonte melánico* que comienza dentro de 30 cm de la superficie del suelo (*sólo en Andosoles*).

**Mesotrófico (ms):** que tiene una saturación con bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$ ) menor de 75 por ciento a una profundidad de 20 cm de la superficie del suelo (*sólo en Vertisoles*).

**Mólico (mo):** que tiene un *horizonte mólico*.

**Moliglósico (mi):** ver *Glósico*.

**Nátrico (na):** que tiene un *horizonte Nátrico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Nítico (ni):** que tiene un *horizonte nítico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Nóvico (nv):** que tiene por encima del suelo que se clasifica a nivel de GSR, una capa con sedimentos recientes (material nuevo), de 5 cm o más de espesor y menos de 50 cm.

**Areninóvico (anv):** que tiene por encima del suelo que se clasifica a nivel de GSR, una capa con sedimentos recientes (material nuevo), de 5 cm o más de espesor y menos de 50 cm, que tiene una textura arenoso franco fino o más gruesa en su mayor parte.

**Arcillinóvico (cnv):** que tiene por encima del suelo que se clasifica a nivel de GSR, una capa con sedimentos recientes (material nuevo), de 5 cm o más de espesor y menos de 50 cm, que tiene una textura arcillosa en su mayor parte.

**Limínovico (snv):** que tiene por encima del suelo que se clasifica a nivel de GSR, una capa con sedimentos recientes (material nuevo), de 5 cm o más de espesor y menos de 50 cm, que tiene una textura limosa, franco limosa, franco arcillo limosa u arcillo limosa an su mayor parte.

**Nudiárgico (ng):** que tiene un horizonte *árgico* que comienza en la superficie del suelo mineral.

**Nudilítico (nt):** ver *Lítico*.

**Ómbrico (om):** que tiene un horizonte *hístico* saturado predominantemente con agua de lluvia que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Ornítico (oc):** que tiene una capa de 15 cm o más de espesor con material *ornitogénico* que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Ortsteinic (os):** que tiene un horizonte *spódico* cementado (*ortstein*) (*sólo en Podzoles*).

**Oxiácuico (oa):** saturado con agua rica en oxígeno durante un período de 20 días o más consecutivos y que no tiene un *patrón de color gleyico* o *stágnico* en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Páquico (ph):** que tiene un horizonte *mólico* o *úmbrico* de 50 cm o más de espesor.

**Pélico (pe):** que tiene en los primeros 30 cm del suelo un value Munsell, húmedo, de 3.5 o menos y un croma, húmedo, de 1.5 o menos (*sólo en Vertisoles*).

**Pétrico (pt):** que tiene una capa fuertemente cementada o endurecida que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endopétrico (ptn):** que tiene una capa fuertemente cementada o endurecida que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epipétrico (ptp):** que tiene una capa fuertemente cementada o endurecida que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Petrocálcico (pc):** que tiene un horizonte *petrocálcico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Petrodúrico (pd):** que tiene un horizonte *petrodúrico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Petrogleyico (py):** que tiene una capa de 10 cm o más de espesor, con un patrón de color oximórfico<sup>56</sup>, 15 por ciento o más (en volumen) del cual está cementado (*bog iron*), dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Petrogípsico (pg):** que tiene un horizonte *petrogípsico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Petroplíntico (pp):** que tiene un horizonte *petroplíntico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Petrosálico (ps):** que tiene, dentro de 100 cm de la superficie del suelo, una capa de 10 cm o más de espesor, que está cementada por sales más solubles que el yeso.

**Pisocálcico (cp):** ver *Cálcico*.

**Pisoplíntico (px):** que tiene un horizonte *pisoplíntico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Plácico (pi):** que tiene, dentro de 100 cm de la superficie del suelo, un pan de hierro, entre 1 y 25 mm de espesor, que está continuamente cementado por una combinación de materia orgánica, Fe y/o Al.

**Plágico (pa):** que tiene un horizonte *plágico*.

**Plíntico (pl):** que tiene un horizonte *plíntico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Pósico (po):** que tiene una carga cero o positiva ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{agua}} \geq 0$ , ambos en suspensión 1:1) en una capa de 30 cm o más de espesor, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Plintosoles y Ferralsoles*).

**Profúndico (pf):** que tiene un *horizonte árgico* en el cual el contenido de arcilla no decrece por 20 por ciento o más (relativo) de su máximo dentro de 150 cm de la superficie del suelo.

**Prótico (pr):** que no muestran desarrollo de horizontes (*sólo en Arenosoles*).

**Púfico (pu):** que tiene una costra levantada por cristales de sales (*sólo en Solonchaks*).

<sup>56</sup> Como se define en el *patrón de color gleyico*.

**Reductácuico (ra):** saturado con agua durante el período de deshielo y que tiene en algún momento del año *condiciones reductoras* por encima de un *horizonte crítico* y dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Criosoles*).

**Redúctico (rd):** que tiene *condiciones reductoras* en 25 por ciento o más del volumen del suelo dentro de 100 cm de la superficie del suelo causado por emisiones gaseosas, e.g. metano o dióxido de carbono (*sólo en Tecnosoles*).

**Régico (rg):** que no tiene horizontes enterrados (*sólo en Antrosoles*).

**Réndzico (rz):** que tiene un *horizonte mólico* que contiene o está inmediatamente por encima de material *calcárico* o roca calcárea que contiene 40 por ciento o más de carbonato de calcio equivalente.

**Rheico (rh):** que tiene un horizonte *hístico* saturado predominantemente con agua freática o flujo de agua superficial que comienza dentro de 40 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Ródico (ro):** que tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial de 30 cm o más de espesor, con un hue Munsell 2.5 YR o más rojo, un value, húmedo, menor de 3.5 y un value, seco, no más de una unidad mayor que el value húmedo.

**Rúbico (ru):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial de 30 cm o más de espesor, con un hue Munsell más rojo que 10 YR o un croma, húmedo, de 5 o más (*sólo en Arenosoles*).

**Rúptico (rp):** que tiene a *discontinuidad litológica* dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Rústico (rs):** que tiene un horizonte *spódico* en el cual la relación del porcentaje de Fe extractable en oxalato ácido (pH3) al porcentaje de carbono orgánico es 6 o más en todo el espesor (*sólo en Podzoles*).

**Sálico (sz):** que tiene un horizonte *sálico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endosálico (ns):** que tiene un horizonte *sálico* que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Episálico (ea):** que tiene un horizonte *sálico* que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Hipersálico (hs):** que tiene una  $CE_e$  de 30 dS  $m^{-1}$  o más a 25 °C en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hiposálico (ws):** que tiene una  $CE_e$  de 4 dS  $m^{-1}$  o más a 25 °C en alguna capa dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Sáprico (sa):** que tiene, después de frotado, menos de un sexto (en volumen) del material *orgánico* que consiste de tejido vegetal reconocible dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Histosoles*).

**Silándico (sn):** que tiene una o más capas de espesor acumulado de 15 cm o más, con propiedades *ándicas* y un contenido de sílice ( $Si_{ox}$ ) extractable en oxalato ácido (pH 3) de 0.6 por ciento o más, o una relación  $Al_{py}$  a  $Al_{ox}$  menor de 0.5 dentro de 100 cm de la superficie del suelo (*sólo en Andosoles*).

**Taptosilándico (snb):** que tiene una o más capas enterradas de 15 cm o más de espesor acumulado, con propiedades *ándicas* y un contenido de sílice ( $Si_{ox}$ ) extractable en oxalato ácido (pH 3) de 0.6 por ciento o más, o una relación  $Al_{py}$  a  $Al_{ox}$  menor de 0.5 dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Límico (sl):** que tiene una textura limosa, franco limosa, franco arcillo limosa o arcillo limosa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Endolímico (sln):** que tiene una textura limosa, franco limosa, franco arcillo limosa o arcillo limosa en una capa de 30 cm o más de espesor, entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epilímico (slp):** que tiene una textura limosa, franco limosa, franco arcillo limosa o arcillo limosa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Esquelético (sk):** que tiene 40 por ciento o más (en volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos promediado en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Endoesquelético (skn):** que tiene 40 por ciento o más (en volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos promediado en una profundidad entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epiesquelético (skp):** que tiene 40 por ciento o más (en volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos promediado en una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo.

**Sódico (so):** que tiene 15 por ciento o más Na más Mg intercambiables en el complejo de intercambio dentro de 50 cm de la superficie del suelo en todo el espesor.

**Endosódico (son):** que tiene 15 por ciento o más Na más Mg intercambiables en el complejo de intercambio entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo en todo el espesor.

**Hiposódico (sow):** que tiene 6 por ciento o más Na más Mg intercambiables en el complejo de intercambio en una capa de 20 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Solódico (sc):** que tiene una capa de 15 cm o más de espesor dentro de 100 cm de la superficie del suelo, con la estructura columnar o prismática del horizonte *nátrico*, pero sin su requerimiento de saturación con sodio.

**Sómbrico (sm):** que tiene un horizonte *sómbrico* que comienza dentro de 150 cm de la superficie del suelo.

**Spódico (sd):** que tiene un horizonte *spódico* que comienza dentro de 200 cm de la superficie del suelo mineral.

**Spólico (sp):** que tiene una capa de 20 cm o más de espesor dentro de 100 cm de la superficie del suelo, con 20 por ciento o más (en volumen, en promedio ponderado) de *artefactos* que contienen 35 por ciento o más (en volumen) de residuos industriales (desechos de minería, materiales dragados, escombros, etc.) (*sólo en Tecnosoles*).

**Stágnico (st):** que tiene en algunas partes dentro de 100 cm de la superficie del suelo mineral, *condiciones reductoras* por algún tiempo durante el año y en 25 por ciento o más del volumen del horizonte, solo o en combinación, un *patrón de color stágnico* o un horizonte *álbico*.

**Endostágnico (stn):** que tiene en algunas partes entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo mineral, *condiciones reductoras* por algún tiempo durante el año y en 25 por ciento o más del volumen del horizonte, solo o en combinación, un *patrón de color stágnico* o un horizonte *álbico*.

**Epistágnico (stn):** que tiene en algunas partes dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral, *condiciones reductoras* por algún tiempo durante el año y en 25 por ciento o más del volumen del horizonte, solo o en combinación, un *patrón de color stágnico* o un horizonte *álbico*.

**Subacuático (sq):** que está permanentemente sumergido bajo agua no más profundo que 200 cm (*sólo en Fluvisoles*).

**Sulfático (su):** que tiene un horizonte *sálico* con una solución del suelo (1:1 en agua) con  $[\text{SO}_4^{2-}] \gg [\text{HCO}_3^-] > [\text{Cl}^-]$  (*sólo en Solonchaks*).

**Takyrico (ty):** que tiene un horizonte *takyrico*.

**Técnico (te):** que tiene 10 por ciento o más (en volumen, en promedio ponderado) de *artefactos* en los primeros 100 cm de la superficie del suelo o hasta *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Téfrico (tf):** que tiene material *téfrico* hasta una profundidad de 30 cm o más de la superficie del suelo o hasta *roca continua*, lo que esté a menor profundidad.

**Térrico (tr):** que tiene un horizonte *térrico*.

**Taptándico (ba):** ver *Ándico*.

**Taptovítrico (bv):** ver *Vítrico*.

**Tiónico (ti):** que tiene un horizonte *tiónico* horizon o una capa con material *sulfuroso* de 15 cm o más de espesor, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Hipertiónico (tih):** que tiene un horizonte *tiónico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo y que tiene un pH (1:1 en agua) menor de 3.5.

**Ortotiónico (tio):** que tiene un horizonte *tiónico* que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo y que tiene un pH (1:1 en agua) entre 3.5 y 4.0.

**Prototiónico (tip):** que tiene una capa con material *sulfuroso* de 15 cm o más de espesor, que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Tixotrópico (tp):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo material que cambia, bajo presión o frotado, de un sólido plástico a un estado de licuefacción y vuelve a la condición sólida.

**Tidálico (td):** que se inunda con agua de marea pero no es cubierto por agua en la marea baja media.

**Tóxico (tx):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo concentraciones tóxicas de sustancias orgánicas o inorgánicas que no sean los iones Al, Fe, Na, Ca y Mg.

**Antrotóxico (atx):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo concentraciones suficientemente altas y persistentes de sustancias orgánicas o inorgánicas como para afectar marcadamente la salud de las personas que tienen contacto regular con el suelo.

**Ecotóxico (etx):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo concentraciones suficientemente altas y persistentes de sustancias orgánicas o inorgánicas como para afectar marcadamente la ecología del suelo, en particular las poblaciones de mesofauna.

**Fitotóxico (ptx):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo concentraciones suficientemente altas o bajas de iones que no sean Al, Fe, Na, Ca y Mg, como para afectar marcadamente el crecimiento de las plantas.

**Zootóxico (ztx):** que tiene en alguna capa dentro de 50 cm de la superficie del suelo concentraciones suficientemente altas y persistentes de sustancias orgánicas o inorgánicas como para afectar marcadamente la salud de animales, incluyendo humanos, que ingieran plantas que crecen en estos suelos.

**Transpórtico (tn):** que tiene en la superficie una capa de 30 cm o más de espesor, con material sólido o líquido que ha sido movido de un área de origen fuera de la vecindad inmediata del suelo por actividad humana intencional, generalmente con la ayuda de maquinaria, y sin retrabajado sustancial o desplazamiento por fuerzas naturales.

**Túrbico (tu):** que tiene rasgos de crioturbación (material mezclado, horizontes del suelo rotos, involuciones, intrusiones orgánicas, levantamiento por helada, separación de material grueso del fino, grietas o terreno con patrones) en la superficie del suelo o por encima de un *horizonte crítico* y dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Úmbrico (um):** que tiene un horizonte *úmbrico*.

**Umbriglósico (ug):** ver *Glósico*.

**Úrbico (ub):** que tiene una capa de 20 cm o más de espesor dentro de 100 cm de la superficie del suelo, con 20 por ciento o más (en volumen, en promedio ponderado) de *artefactos* que contienen 35 por ciento o más (en volumen) de escombros y desechos de asentamientos humanos (*sólo en Tecnosoles*).

**Vérmico (vm):** que tiene 50 por ciento o más (en volumen, en promedio ponderado) de huecos de lombrices, moldes o cuevas de animales rellenas en los primeros 100 cm del suelo o hasta la *roca continua* o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.

**Vértico (vr):** que tiene un horizonte *vértico* o propiedades *vérticas* que comienzan dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Vético (vt):** que tiene una CICE (suma de bases intercambiables más acidez intercambiable en KCl 1 M) menor de  $6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  arcilla en alguna capa subsuperficial dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Vítrico (vi):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas con propiedades *ándicas* o *vítricas* con un espesor combinado de 30 cm o más (en *Cambisoles*: 15 cm o más), de los cuales 15 cm o más (en *Cambisoles*: 7.5 cm o más) tienen propiedades *vítricas*.

**Taptovítrico (bv):** que tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas enterradas con propiedades *ándicas* o *vítricas* con un espesor combinado de 30 cm o más

(en *Cambisoles*: 15 cm o más), de los cuales 15 cm o más (en *Cambisoles*: 7.5 cm o más) tienen propiedades *vítricas*.

**Vorónico (vo)**: que tiene un horizonte *vorónico* (*sólo en Chernozems*).

**Xántico (xa)**: que tiene un *horizonte ferrálico* que tiene en un subhorizonte de 30 cm o más de espesor dentro de 150 cm de la superficie del suelo, un hue Munsell de 7.5 YR o más amarillo y un value, húmedo, de 4 o más y un croma, húmedo, de 5 o más.

**Yérmico (ye)**: que tiene un horizonte *yérmico*, incluyendo un pavimento de desierto.

**Nudiyérmico (yes)**: que tiene un horizonte *yérmico* sin un pavimento de desierto.

Los siguientes **especificadores** pueden usarse para indicar profundidad de ocurrencia, o para expresar la intensidad de las características del suelo. Su código siempre se agrega después del código del calificador.

Los especificadores se combinan con otros elementos en una palabra, e.g. Endoesquelético. Se permite una combinación triple, e.g. Epihiperdístrico.

**Bati (..d)**: los criterios del calificador se cumplen para el espesor requerido en algún lugar entre 100 y 200 cm de la superficie del suelo.

**Cumuli (..c)**: que tiene una acumulación repetitiva de material con un espesor acumulado de 50 cm o más en la superficie del suelo (e.g. Cumulinóvico y Cumulimólico).

**Endo (..n)**: los criterios del calificador se cumplen para el espesor requerido en algún lugar entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epi (..p)**: los criterios del calificador se cumplen para el espesor requerido en algún lugar dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Hiper (..h)**: que tiene una expresión fuerte de ciertos rasgos.

**Hipo (..w)**: que tiene una expresión débil de ciertos rasgos.

**Orto (..o)**: que tiene una expresión típica de ciertos rasgos. (típica en el sentido de que no se hace ninguna caracterización adicional o significativa).

**Para (..r)**: que tiene parecido con ciertos rasgos. (e.g. Paralítico).

**Proto (..t)**: indica una precondición o un estado temprano de desarrollo de ciertos rasgos. (e.g. Prototiónico).

**Tapto (..b)**: que tiene una capa enterrada relacionada con horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico dentro de 100 cm de la superficie (se da en combinación con el horizonte de diagnóstico enterrado, e.g. Taptomólico).

## Referencias

- Asiamah, R.D.** 2000. *Plinthite and conditions for its hardening in agricultural soils in Ghana*. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana. (Thesis)
- Blakemore, L.C., Searle, P.L. & Daly, B.K.** 1981. *Soil Bureau analytical methods. A method for chemical analysis of soils*. NZ Soil Bureau Sci. Report 10A. DSIRO.
- Bridges, E.M.** 1997. *World soils*. 3rd edition. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Buivydaité, V.V., Vaičys, M., Juodis, J. & Motuzas, A.** 2001. *Lietuvos dirvožemių klasifikacija*. Vilnius, Lievos mokslas.
- Burt, R., ed.** 2004. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. Lincoln, USA, Natural Resources Conservation Service.
- Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy (CRGCST).** 2001. *Chinese soil taxonomy*. Beijing and New York, USA, Science Press.
- CPCS.** 1967. *Classification des sols*. Grignon, France, Ecole nationale supérieure agronomique. 87 pp.
- European Soil Bureau Network/European Commission.** 2005. *Soil atlas of Europe*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- FAO.** 1966. *Classification of Brazilian soils*, by J. Bennema. Report to the Government of Brasil. FAO EPTA Report No. 2197. Rome.
- FAO.** 1988. *Soil map of the world. Revised legend*, by FAO–UNESCO–ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- FAO.** 1994. *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. Draft. Rome/Wageningen, Netherlands.
- FAO.** 1998. *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. World Soil Resources Report No. 84. Rome.
- FAO.** 2001a. *Lecture notes on the major soils of the world* (with CD-ROM), by P. Driessen, J. Deckers, O. Spaargaren & F. Nachtergaele, eds. World Soil Resources Report No. 94. Rome.
- FAO.** 2001b. *Major soils of the world*. Land and Water Digital Media Series No. 19. Rome.
- FAO.** 2003. *Properties and management of soils of the tropics*. Land and Water Digital Media Series No. 24. Rome.
- FAO.** 2005. *Properties and management of drylands*. Land and Water Digital Media Series No. 31. Rome.
- FAO.** 2006. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Rome.
- FAO–UNESCO.** 1971–1981. *Soil map of the world 1:5 000 000*. 10 Volumes. Paris, UNESCO.
- Fieldes, M. & Perrott, K.W.** 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *N. Z. J. Sci.*, 9: 623–629.
- Gong, Z., Zhang, X., Luo, G., Shen, H. & 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.
- Ito, T., Shoji, S., Shirato, Y. & Ono, E.** 1991. Differentiation of a Spódico horizon from a buried A horizon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 438–442.
- Krogh, L. & Greve, M.H.** 1999. Evaluation of World Reference Base for Soil Resources and FAO Soil Map of the World using nationwide grid soil data from Denmark. *Soil Use & Man.*, 15(3):157–166.
- Nachtergaele, F.** 2005. The “soils” to be classified in the World Reference Base for Soil Resources. *Euras. Soil Sci.*, 38(Suppl. 1): 13–19.
- Němceček, J. Macků, J., Vokoun, J., Vavříč, D. & Novák, P.** 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České Republiky*. Prague, ČZU.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A.** 1954. *Estimation of available phosphorus by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circ. 939. Washington, DC, United States Department of Agriculture.
- Poulenard, J. & Herbillon, A.J.** 2000. Sur l’existence de trois catégories d’horizontes de référence dans les Andosoles. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. Terre & plan.*, 331: 651–657.
- Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I. & Gerasimova, M.I., eds.** 2001. *Russian soil classification system*. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute.

- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R.A. & Quantin, P.** 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosoles in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sci.*, 161(9): 604–615.
- Soil Survey Staff.** 1999. *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* 2nd Edition. Agric. Handbook 436. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff.** 2003. *Keys to soil taxonomy.* 9th Edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Sombroek, W.G.** 1986. Identification and use of subtypes of the argillic horizon. *In: Proceedings of the International Symposium on Red Soils*, pp. 159–166, Nanjing, November 1983. Beijing, Institute of Soil Science, Academia Sinica, Science Press, and Amsterdam, Netherlands, Elsevier.
- Takahashi, T., Nanzyo, M. & Shoji, S.** 2004. Proposed revisions to the Criterios de diagnóstico de andic and vitric horizons and calificadores de Andosoles in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50 (3): 431–437.
- Van Reeuwijk, L.P.** 2006. *Procedures for soil analysis.* 7th Edition. Técnicoal Report 9. Wageningen, Netherlands, ISRIC – World Soil Information.
- Varghese, T. & Byju, G.** 1993. *Laterite soils. Their distribution, characteristics, classification and management.* Technical Monograph 1. Thirivananthapuram, Sri Lanka, State Committee on Science, Technology and Ambiente.
- Zevenbergen, C., Bradley, J.P., van Reeuwijk, L.P., Shyam, A.K., Hjelmar, O. & Comans, R.N.J.** 1999. Clay formation and metal fixation during weathering of coal fly ash. *Env. Sci. & Tech.*, 33(19): 3405–3409.
- Zikeli, S., Kastler, M. & Jahn, R.** 2005. Classification of Anthrosols with Vitric/andic properties derived from lignite ash. *Geoderma*, 124: 253–265.

## Anexo 1

# Resumen de procedimientos analíticos para caracterización de suelos

Este anexo proporciona resúmenes de los procedimientos analíticos recomendados para utilizarse en la caracterización de suelos para la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Las descripciones completas pueden encontrarse en *Procedures for soil analysis* (Van Reeuwijk, 2006) y el *Soil Survey Laboratory Methods Manual* del USDA (Burt, 2004).

### 1. PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras se secan al aire o, alternativamente, en estufa a un máximo de 40 °C. La fracción tierra fina se obtiene tamizando la muestra seca en un tamiz de 2 mm. Los terrones que no pasan por el tamiz se aplastan (no muelen) y tamizan nuevamente. Las gravas, fragmentos de roca, etc. que no pasan el tamiz se tratan separadamente.

En casos especiales cuando el secado al aire causa cambios irreversibles inaceptables en ciertas propiedades de los suelos (e.g. en turba y suelos con propiedades ándicas), las muestras se mantienen y tratan en el estado de humedad de campo.

### 2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Los cálculos de resultados de análisis de suelos se hacen sobre base de masa de suelo *seco en estufa* (105 °C).

### 3. ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULA

La parte mineral del suelo se separa en varias fracciones y se determina la proporción de estas fracciones. La determinación comprende todo el material, i.e. incluyendo gravas y material más grueso, pero el procedimiento en sí mismo se aplica sólo a la tierra fina (< 2 mm).

El pretratamiento de la muestra busca la dispersión completa de las partículas primarias. En consecuencia, los materiales cementantes (generalmente de origen secundario) tal como materia orgánica y carbonato de calcio pueden necesitar ser removidos. En algunos casos también es necesario aplicar desferración. Sin embargo, dependiendo del objetivo del estudio, puede ser fundamentalmente erróneo remover ciertos materiales cementantes. Así, todos los pretratamientos deben ser considerados opcionales. Sin embargo, para propósitos de caracterización de suelos, la remoción de materia orgánica con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y de carbonatos con HCl se realiza como rutina. Después de este pretratamiento, la muestra se agita con un agente dispersante y la arena se separa de la arcilla y limo con un tamiz de 63-µm. La arena se fracciona por tamizado en seco, las fracciones arcilla y limo se determinan por el método de la pipeta o, alternativamente, por el método del hidrómetro.

### 4. ARCILLA DISPERSABLE EN AGUA

Este es el contenido de arcilla que se encuentra cuando la muestra se dispersa en agua sin pretratamiento para remover compuestos cementantes y sin el uso de un agente dispersante. La proporción de arcilla natural a arcilla total puede usarse como un indicador de estabilidad de la estructura.

### 5. RETENCIÓN DE AGUA DEL SUELO

El contenido de agua se determina en muestras de suelo que han sido equilibradas con agua a varios valores de succión (tensión). Para valores de succión bajos, muestras no disturbadas se equilibran en un baño de limo y caolín; para altos valores de succión, muestras disturbadas se

equilibrar en extractores de placa de presión. La densidad aparente se calcula a partir de la masa de las muestras no disturbadas.

## 6. DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente del suelo es la masa por unidad de volumen de suelo. Como la densidad aparente cambia con el contenido de agua, debe especificarse el estado de humedad de la muestra..

Pueden usarse dos procedimientos diferentes:

- *Muestras no disturbadas.* Un cilindro de metal de volumen conocido se presiona dentro del suelo. Se registra la masa de muestra húmeda. Este puede ser en el estado de humedad de campo o en el estado luego de equilibrar la muestra a una tensión de agua específica. La muestra se seca en estufa y se pesa nuevamente. La densidad aparente es la relación entre la masa seca y el volumen en el contenido de agua determinado y/o a la tensión de agua específica.
- *Terrones revestidos.* Terrones obtenidos en el campo se revisten con laca plástica (e.g. Saran disuelto en metil etil cetona) para permitir determinar la masa sumergida en agua. Esto da el volumen del terrón. Se registra la masa húmeda de la muestra. Esto puede ser en el estado de humedad de campo o el estado luego de equilibrar el terrón con un valor específico de succión de agua. La muestra se seca en estufa y se pesa nuevamente. La densidad aparente es la relación entre la masa seca y el volumen a la succión de agua especificada.

**Note:** La determinación de densidad aparente es muy sensible a errores, particularmente causados por la falta de representatividad de las muestras (piedras, grietas, raíces, etc.). Por lo tanto, las determinaciones deben hacerse siempre por triplicado.

## 7. COEFICIENTE DE EXTENSIBILIDAD LINEAR (COEL)

El COEL da indicios de la capacidad de expansión-contracción reversible de un suelo. Se calcula a partir de la densidad aparente en seco y la densidad aparente a 33 kPa de succión de agua. El valor COEL se expresa en centímetros por centímetro o como porcentaje.

## 8. pH

El pH del suelo se mide potenciométricamente en la suspensión sobrenadante de una mezcla sólido:líquido 1:2½. El líquido es agua destilada (pH-H<sub>2</sub>O) o una solución de KCl 1 M (pH-KCl). En algunos casos, las definiciones para clasificación especifican una relación suelo:agua 1:1.

## 9. CARBONO ORGÁNICO

Se sigue el procedimiento de Walkley-Black. Esto involucra la combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico a alrededor de 125 °C. El dicromato residual se titula con sulfato ferroso. Para compensar por destrucción incompleta, en el cálculo de los resultados se aplica un factor empírico de corrección de 1.3.

**Note:** También pueden utilizarse otros procedimientos, incluyendo analizadores de carbono (combustión seca). En estos casos, se recomienda un test cualitativo para carbonatos por efervescencia con HCl y, si está presente, se requiere una corrección por C inorgánico (ver Carbonatos más abajo).

## 10. CARBONATOS

Se usa el *método rápido de titulación* de Piper (también llamado *método de neutralización ácida*) is used. La muestra se trata con HCl diluido y se titula el ácido residual. Los resultados se refieren como *carbonato de calcio equivalente* ya que la disolución no es selectiva para calcita y también otros carbonatos como la dolomita se disuelven en alguna medida.

**Nota:** También pueden usarse otros procedimientos tal como el método volumétrico de Scheibler.

### 11. YESO

El yeso se disuelve agitando la muestra con agua. Luego se precipita selectivamente del extracto agregando acetona. Este precipitado se re-disuelve en agua y se determina la concentración de Ca como una medida del yeso.

### 12. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) Y BASES INTERCAMBIABLES

Se usa el método de acetate de amonio pH 7. La muestra se percola con acetate de amonio (pH 7) y las bases se miden en el percolado. La muestra se percola subsecuentemente con acetato de sodio (pH 7), se remueve el exceso de sal y se intercambia el Na adsorbido por percolación con acetato de amonio (pH 7). El Na en este percolado es una medida de la CIC.

Alternativamente, después de la percolación con acetate de amonio, la muestra puede lavarse del exceso de sal, se destila la muestra completa y se determina el amonio liberado.

La percolación en tubos puede reemplazarse agitando la muestra en frascos. Cada extracción debe repetirse tres veces y los tres extractos deberían combinarse para el análisis.

**Nota 1:** Pueden usarse otros procedimientos para CIC siempre que la determinación se haga a pH 7.

**Nota 2:** En casos especiales donde la CIC no es un criterio de diagnóstico, e.g. suelos salinos y alcalinos, la CIC puede determinarse a pH 8.2.

**Nota 3:** La saturación con bases de suelos salinos, calcáreos y con yeso puede considerarse de 100 por ciento.

**Nota 4:** Cuando hay involucradas arcillas de baja actividad, debe deducirse la CIC de la materia orgánica. Esto puede hacerse por el método gráfico (FAO, 1966), o analizando la CIC de la materia orgánica o de los coloides minerales por separado.

### 13. ACIDEZ INTERCAMBIABLE

Esta es la acidez (H + Al) que se libera por intercambio con una solución no tamponada de KCl 1 M. También se puede denominar acidez *actual* (como opuesto de *acidez potencial* o *extractable*). Se usa para determinar la llamada *capacidad de intercambio catiónico efectiva* (CICE) definida como: *suma de bases + (H + Al)*, donde las bases de determinan por extracción con acetato de amonio.

Cuando la acidez intercambiable es sustancial, el Al puede determinarse separadamente en el extracto ya que puede ser tóxico para las plantas.

**Nota:** Como la contribución de H<sup>+</sup> frecuentemente es despreciable, algunos laboratorios sólo determinan Al intercambiable. En ese caso, la CICE se calcula como: *suma de bases + Al*.

### 14. HIERRO, ALUMINIO, MANGANESO Y SÍLICE EXTRACTABLES

Estos análisis comprenden:

- Compuestos de Fe, Al y Mn libres en el suelo extractados con una solución de ditionita-citrato. (Pueden usarse ambos procedimientos de *Mehra y Jackson* y *Holmgren*.)
- Compuestos *activos, de bajo grado de ordenamiento* o *amorfos* de Fe, Al y sílice extractados con una solución de oxalato ácido.
- Fe y Al *orgánicamente ligados* extractados con una solución de pirofosfato.

### 15. SALINIDAD

Los atributos asociados con salinidad en los suelos se determinan en el *extracto de saturación*. Los atributos incluyen: pH, conductividad eléctrica (CE<sub>e</sub>), relación de adsorción de sodio (RAS) y los cationes y aniones de las sales disueltas. Estos incluyen Ca, Mg, Na, K, carbonato y bicarbonato, cloruro, nitrato y sulfato. El RAS y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) pueden estimarse a partir de las concentraciones de cationes disueltos.

### 16. RETENCIÓN DE FOSFATO

Se usa el procedimiento de *Blakemore*. La muestra se equilibra con una solución de fosfato a pH 4.6 y se determina la proporción de fosfato extraída de la solución.

### 17. DENSIDAD ÓPTICA DEL EXTRACTO DE OXALATO (DOEO)

La muestra se percola o agita con una solución de oxalato de amonio ácido. Se mide la densidad óptica del extracto a una longitud de onda de 430-nm.

**18. INDICE MELÁNICO**

La muestra se agita con una solución de NaOH 0.5 M y se mide la absorbancia del extracto a 450 y 520 nm, respectivamente. El *índice melánico* se obtiene dividiendo la absorbancia a 450 nm por la absorbancia a 520 nm.

**19. ANÁLISIS MINERALÓGICO DE LA FRACCIÓN ARENA**

Luego de la remoción de materiales cementantes y revestimientos, la arena se separa de la arcilla y limo por tamizado en húmedo. Se separa la fracción 63–420  $\mu\text{m}$  de la arena por tamizado en seco. Esta fracción se divide en fracción *pesada* y fracción *liviana* con la ayuda de un líquido de alta densidad: una solución de politungstato<sup>57</sup> de sodio con una densidad específica de 2.85  $\text{kg dm}^{-3}$ . Se hace un preparado para microscopio de; la *fracción liviana* se tiñe selectivamente para la identificación microscópica de feldespatos y cuarzo.

El vidrio volcánico generalmente se reconoce como granos isotrópicos con vesículas.

**20. DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X**

La fracción arcilla se separa de la tierra fina y se deposita de una manera orientada sobre placas de vidrio o cerámica porosa para ser analizadas en un difractor de rayos X. Especímenes en polvo no orientado de arcilla y otras fracciones se analizan en el mismo aparato o con una cámara Guinier de rayos X (fotografías).

---

<sup>57</sup> El bromoformo también puede usarse como líquido de alta densidad pero su uso se desaconseja por sus vapores altamente tóxicos.

## Anexo 2

# Códigos recomendados para los Grupos de Suelos de Referencia, calificadores y especificadores

Grupos de Suelos de Referencia							
Acrisol	AC	Chernozem	CH	Kastanozem	KS	Podzol	PZ
Albeluvisol	AB	Criosol	CR	Leptosol	LP	Regosol	RG
Alisol	AL	Durisol	DU	Lixisol	LX	Solonchak	SC
Andosol	AN	Ferralsol	FR	Luvisol	LV	Solonetz	SN
Antrosol	AT	Fluvisol	FL	Nitisol	NT	Stagnosol	ST
Arenosol	AR	Gleysol	GL	Phaeozem	PH	Tecnosol	TC
Calcisol	CL	Gipsisol	GY	Planosol	PL	Umbrisol	UM
Cambisol	CM	Histosol	HS	Plintosol	PT	Vertisol	VR
Calificadores							
Abruptico	ap	Ferrálico	fl	Irrágrico	ir	Reductácuico	ra
Acérico	ae	Férrico	fr	Lamélico	ll	Redúctico	rd
Ácrico	ac	Fíbrico	fi	Láxico	la	Régico	rg
Álbico	ab	Flótico	ft	Léptico	le	Réndzico	rz
Alcálico	ax	Flúvico	fv	Lígnico	lg	Rheico	rh
Álico	al	Fólico	fo	Límnico	lm	Ródico	ro
Aluándico	aa	Fractipétrico	fp	Línico	lc	Rúbico	ru
Alúmico	au	Fractiplíntico	fa	Lítico	li	Rúptico	rp
Ándico	an	Frágico	fg	Líxico	lx	Rústico	rs
Antrácuico	aq	Fúlvico	fu	Lúvico	lv	Sálico	sz
Ántrico	am	Gárbico	ga	Magnésico	mg	Sáprico	sa
Arénico	ar	Gélico	ge	Manganiférrico	mf	Silándico	sn
Árico	ai	Gelistágnico	gt	Mázico	mz	Límico	sl
Árido	ad	Gérico	gr	Melánico	ml	Esquelético	sk
Árzico	az	Gíbsico	gi	Mesotrófico	ms	Sódico	so
Brúnico	br	Glácico	gc	Mólico	mo	Solódico	sc
Calcárico	ca	Gleyico	gl	Moliglósico	mi	Sómbrico	sm
Cálcico	cc	Glosálbico	gb	Nátrico	na	Spódico	sd
Cámbico	cm	Glósico	gs	Nítico	ni	Spólico	sp
Cárbico	cb	Gréyico	gz	Nóvico	nv	Stágnico	st
Carbonático	cn	Grúmico	gm	Nudiárgico	na	Sulfático	su
Clorídico	cl	Gipsico	gy	Nudilítico	nt	Takyrico	ty
Crómico	cr	Gipsirico	gp	Ómbico	om	Técnico	te
Arcílico	ce	Háplico	ha	Ornítico	oc	Téfrico	tf
Colúvico	co	Hémico	hm	Ortsteinico	os	Térrico	tr
Críco	cy	Hístico	hi	Oxiácuico	oa	Thaptándico	ba
Cutánico	ct	Hórtico	ht	Páquico	ph	Taptovítrico	bv
Dénsico	dn	Húmico	hu	Pélico	pe	Tiónico	ti
Drénico	dr	Hidrágrico	hg	Pétrico	pt	Tixotrópico	tp
Dúrico	du	Hídrico	hy	Petrocálcico	pc	Tidálico	td
Dístrico	dy	Hidrofóbico	hf	Petrodúrico	pd	Tóxico	tx
Ekránico	ek	Hiperálbico	hb	Petrogleyico	py	Transpórtico	tn
Endodúrico	nd	Hiperálico	hl	Petrogípsico	pg	Túrbico	tu
Endodístrico	ny	Hipercálcico	hc	Petroplíntico	pp	Úmbico	um
Endoeutríco	ne	Hiperdístrico	hd	Petrosálico	ps	Umbriglósico	ug
Endoflúvico	nf	Hiperéutríco	he	Pisocálcico	cp	Úrbico	ub
Endogleyico	ng	Hipergípsico	hp	Pisoplíntico	px	Vérmico	vm
Endoléptico	nl	Hiperócríco	ho	Plácico	pi	Vértico	vr
Endosálico	ns	Hipersálico	hs	Plágico	pa	Vético	vt
Éntico	et	Hiperesquelético	hk	Plíntico	pl	Vítrico	vi
Epidístrico	ed	Hipocálcico	wc	Pósico	po	Vorónico	vo
Epieutríco	ee	Hipogípsico	wg	Profúndico	pf	Xántico	xa
Epiléptico	el	Hipolúvico	wl	Prótico	pr	Yérmico	ye
Episálico	ea	Hiposálico	ws	Púfico	pu		
Escálico	ec	Hiposódico	wn				
Éutríco	eu						
Eutrosílico	es						
Especificadores							
Bati	..d	Epi	..p	Orto	..o	Proto	..t
Cumuli	..c	Hiper	..h	Para	..r	Tapto	..b
Endo	..n	Hipo	..w				