

Suelos del mundo

Desde el punto de vista de la geografía física el aspecto más importante de la pedología o edafología es la clasificación de los suelos en grandes clases y subclases en relación con su área de distribución sobre las superficies continentales terrestres. Los geógrafos están particularmente interesados en el modo cómo los aspectos climáticos, substrato y morfología terrestre están relacionados con la distribución de los tipos de suelos. Los geógrafos también se interesan por los tipos de vegetación natural asociados con cada una de las grandes clases de suelos. La geografía de los suelos es de este modo un ingrediente fundamental en la determinación de las características del medio en cada una de las regiones del globo —importante para que la fertilidad del suelo, junto con la disponibilidad de agua dulce, constituya la medida básica del potencial del medio de una región para la producción de alimentos destinados a la especie humana.

Sistema completo de clasificación de los suelos

A principios de los años cincuenta fue emprendido un esfuerzo corporativo nacional en los Estados Unidos a fin de desarrollar un completo y nuevo sistema de clasificación de los suelos. Los científicos del Servicio de Conservación del Suelo (Soil Conservation Service), las facultades universitarias de cesiones de tierras y edafólogos de diversos países, participaron en las nuevas propuestas. Después de ir progresando a través de una sucesión de estadios durante un período de bastantes años, el nuevo esquema estaba listo para presentarlo a los pedólogos americanos en el VII Congreso Internacional de Edafología en 1960. Conocido al mismo tiempo como Séptima Aproximación (pues era la séptima de las series de revisiones), el nuevo sistema fue preparado por la Corporación del Servicio del Suelo del Servicio de Conservación del Suelo y fue publicado en 1960. En la década siguiente se realizaron muchas adaptaciones y modificaciones. El nuevo sistema fue denominado *Sistema Completo de Clasificación de los Suelos* (SCCS). En él se definen cada una de las clases estrictamente en términos de morfología y composición de los suelos, que son, en definitiva,

las características del suelo en sí mismas. Más aún, las definiciones están hechas lo más cuantitativamente posible. Cada una de ellas fue realizada basándose en hechos que pudieran ser observados o inferidos, de manera que las decisiones subjetivas o arbitrarias para la clasificación de un suelo determinado fueron rechazadas.

La SCCS reconoce y da una misma importancia a los tipos de suelos cuyas características derivan de las actividades humanas, tales como un largo y continuado cultivo y la aplicación de enmiendas de cal y fertilizantes, así como también la acumulación de residuos de desechos humanos. Puesto que la ocupación humana y la explotación agrícola de grandes extensiones de suelos se ha realizado desde hace siglos en las diversas partes del mundo, el reconocimiento de los suelos modificados por la mano del hombre es una realidad deseable en un sistema de clasificación.

La terminología de la SCCS utiliza un gran número de nuevos vocablos que le confieren una ventaja mayor sobre los otros sistemas, puesto que las sílabas fueron seleccionadas para transmitir el significado deseado con respecto a las propiedades o factores genéticos relacionados con la clase de suelo.

El sistema de clasificación de los suelos es conocido como *taxonomía de los suelos*; se basa en una jerarquía de seis categorías o niveles de clasificación. Están catalogados con los números de clases reconocidos en cada categoría.

Órdenes	10
Subórdenes	47
Grandes grupos	185
Subgrupos	1.000 (aprox.)
Familias	5.000 (aprox.)
Series	10.000 (aprox.)

Las cifras que se dan para las tres categorías inferiores se refieren tan sólo a los suelos de los Estados Unidos. Cuando se incluyen los suelos de todos los continentes, estas cifras, al menos las de las categorías inferiores, se verán incrementadas. Por otra parte, las cifras asignadas a

las tres primeras categorías se espera que permanezcan aproximadamente iguales, puesto que han sido designadas para proporcionar la clasificación de todos los suelos conocidos.

Nos centraremos en los dos niveles superiores de la taxonomía –órdenes y subórdenes– para poder comprender las grandes diferencias entre los suelos de las diferentes regiones. Resaltaremos aquellas unidades de mayor extensión geográfica que poseen mayor importancia para poder entender las directrices que sigue la vegetación natural –bosques, praderas y desiertos– y las tendencias de las unidades de los grandes suelos, que reflejan la diversa intensidad de los procesos de formación de los suelos que estudiaremos en el capítulo 22.

Horizontes de diagnóstico para una clasificación

Para poder comprender cómo se han diferenciado los 10 órdenes de suelos, se requiere el conocimiento de los horizontes de diagnóstico. Éstos han sido recogidos de nuevo de antiguos sistemas de clasificación, y han sido definidos rigurosamente, para así formar parte integrante del SCCS; no son meras reliquias del pasado.

La definición básica de los horizontes del suelo es la misma que ofrecimos en el capítulo 22, pero necesita de una nueva redefinición cuando sea aplicada al SCCS. Un horizonte, entonces, es una capa aproximadamente paralela a la superficie del suelo y que tiene una serie de propiedades obtenidas tras un proceso de formación. Las propiedades que caracterizan a un horizonte no son similares a aquellas que presenta la capa superior o inferior a él. Un horizonte se diferencia de los adyacentes por unos aspectos que en parte pueden ser observados y medidos en el campo, como pueden ser el color, la estructura, la textura, la consistencia y la presencia o ausencia de carbonatos. En algunos casos, sin embargo, las medidas de laboratorio son necesarias para complementar los aspectos reseñados en el campo.

Consideraremos en primer lugar los horizontes de diagnóstico de los suelos minerales –aquellos que presentan una pequeña proporción (menos de un 20 %) de carbono orgánico en peso. Los criterios de diagnóstico de los suelos orgánicos serán considerados aparte, pues definen el tipo de materia orgánica que está presente.

Los horizontes se pueden agrupar en dos grandes divisiones: epípedons y horizontes de diagnóstico subsuperficiales. Un *epípedon* (Gr. *epi*, “sobre”) es simplemente un horizonte que se forma en superficie. Pero no es, sin embargo, lo mismo que un horizonte A, ya definido en el capítulo 22. Los horizontes subsuperficiales se originan por debajo de la superficie del suelo. En algunos casos son identificados como partes integrantes del horizonte A o B. Las breves descripciones de los horizontes de diagnóstico seleccionados que siguen a continuación, han sido realizadas a fin de ofrecer un esquema general de los horizontes, antes de ofrecer definiciones estrictas; las definiciones precisas necesarias en la clasificación de los suelos son excesivamente detalladas y precisas y generalmente son largas.

Epípedons

Epípedon Móllico (L. *mollis*, blando). Horizonte superficial relativamente espeso y oscuro. Esta coloración más

oscura se debe a la presencia de materia orgánica (humus) procedente de las raíces o transportada por animales subterráneos. El horizonte es, generalmente, rico en bases –calcio, magnesio y potasio– por lo que la saturación de bases (PSB) es del 50 % o más. La estructura es normalmente granular o de bloques, y los pedos están muy sueltos cuando el suelo está seco.

Epípedon Úmbrico (L. *umbra*, sombreado, oscuro): Horizonte superficial oscuro parecido al Móllico, pero con un PSB inferior al 50 %.

Epípedon Hístico (Gr. *histos*, tejidos). Horizonte superficial de poco espesor y compuesto de turba, normalmente formado en lugares húmedos. El horizonte está saturado de agua durante 30 días consecutivos o más a lo largo del año (a menos que el suelo esté drenado artificialmente). Las grandes acumulaciones de turba están asociadas con suelos orgánicos; éstos no están clasificados como epípedons.

Epípedon Ócrico (Gr. *ochros*, pálido). Horizonte superficial de color claro que contiene menos de un 1 % de materia orgánica. Se incluyen también horizontes superficiales muy delgados, o muy duros, o muy secos para clasificarlos como uno de los epípedons previamente citados.

Epípedon Plaggen (Ger. *plaggen*, “sod”^{*}). Capa superficial mayor de 50 cm de espesor y de producto humano debido a un largo y continuado abonado, incorporando también en él el abonado en verde o estiércol animal en el suelo. Este horizonte es corriente en Europa Occidental y raro en cualquier otra parte.

Horizontes de diagnóstico subsuperficial

Horizonte Argílico (L. *Argilla*, arcilla clara). Horizonte iluvial (generalmente el horizonte B) y en el que las capas de silicatos se han acumulado por iluviación (véase capítulo 22). Los cutan de la arcilla, llamados “argillans” normalmente están presentes. El horizonte argílico se suele formar bajo un horizonte eluvial (A1).

Horizonte Ágrico (L. *ager*, campo). Horizonte iluvial formado bajo cultivo y que contiene grandes cantidades de sedimentos iluviales, arcillas y humus. El arado facilita el transporte hacia niveles inferiores de estos materiales los cuales se acumulan inmediatamente por debajo de la capa arada.

Horizonte Nátrico (L. *natrium*, sodio). Aunque se asemeja al horizonte argílico, este horizonte presenta una estructura prismática y una elevada proporción de Na⁺, llegando a un 15 % o más de CIC.

Horizonte Cálcico. Horizonte con acumulación de carbonato cálcico o carbonato de magnesio.

Horizonte Petrocálcico. Horizonte cálcico endurecido, que no se rompe en partes cuando está humedecido con agua.

Horizonte Gípsico. Horizonte con acumulaciones de sulfato de calcio hidratado (yeso).

Plintitas (Gr. *Plinthos*, ladrillo). Concentraciones ricas en hierro, generalmente dispuestas en forma de manchas rojo-oscuras, presentes en horizontes profundos y capaces de endurecerse como material rocoso, con el repetido humedecimiento y secado.

*N. del T.: La definición de “sod” es: capa superficial de las praderas en la que se incluyen las hierbas con sus raíces y tierra.

Horizonte Sálico. Horizonte enriquecido con sales solubles.

Horizonte Álbico (L. *albus*, blanco). Un horizonte de color claro, a menudo arenoso del que han sido eliminados las arcillas y los óxidos de hierro. Por norma general forma el horizonte A 2, por encima del horizonte Spódico.

Horizonte Spódico (Gr. *Spodos*, cenizas de madera). Un horizonte que contiene precipitados de materiales amorfos compuestos por materia orgánica y sesquióxidos de aluminio, con o sin hierro. El horizonte Spódico se encuentra generalmente en arenas de cuarzo y está formado parcialmente por iluviación. Se designa normalmente como horizonte Bir o Bhir, y se halla situado normalmente bajo un horizonte A2.

Horizonte Cámbico (L. *cambiare*, intercambiar). Horizonte alterado con una textura tan fina o más que la arena más fina que haya perdido sesquióxidos o bases, incluyendo carbonatos, a través de la lixiviación. Aunque se considera como horizonte B, ha acumulado algo de arcilla si lo comparamos con el horizonte argílico; carece del color oscuro y la materia orgánica que caracterizan un epípedon, hístico, móllico o incluso úmbrico.

Horizonte Oxíc (Fr. *oxide*, óxido). Un horizonte muy alterado de al menos 30 cm de espesor, rico en arcillas y sesquióxidos de bajo CIC (16 o menos). Permanecen en él pocos, o incluso no hay, minerales primarios capaces de liberar bases. Los horizontes Oxícos son muy viejos y raramente se hallan lejos de las latitudes ecuatoriales, tropicales o subtropicales.

Otros horizontes o capas con valor de diagnóstico

Duripan (L. *Durus*, duro). Horizonte subsuperficial denso y duro, cimentado por sílice y que no se reblandece por una humectación prolongada.

Fragipan (L. *fragilis*, quebradizo). Capa densa y moderadamente quebradiza y frecuentemente presenta manchas de color. La poca cimentación se puede explicar por un fuerte endurecimiento y unión con la arcilla. El fragipan tiende a retrasar el desplazamiento del agua hacia niveles inferiores.

Materiales de diagnóstico de suelos orgánicos

Materiales Fíbricos del suelo (L. *fibra*, fibra). Materia orgánica compuesta de fibras rápidamente identificables como de origen orgánico. Un ejemplo lo constituye la turba de Sphagnum de terrenos pantanosos en climas fríos.

Materiales Hémicos del suelo (Gr. *hemi*, medio). Materia orgánica con un grado de descomposición intermedio entre el material fíbrico y el sáprico.

Materiales Sápricos del suelo (Gr. *Sapros*, putrefacto). Materia orgánica muy descompuesta; más denso que los materiales fíbricos y hémicos, y con un pequeño contenido en fibras identificables.

Los órdenes de suelos

Cada polípedon pertenece a uno, y sólo a uno, de los diez órdenes de suelos. Cada orden posee un criterio

único, de forma que la selección de un criterio para uno determinado, excluye los miembros de todos los demás órdenes. El criterio a seguir puede ser: 1) grueso de la composición, ya sea de la materia mineral como la orgánica (por ejemplo, tanto por ciento de arcilla o porcentaje de materia orgánica); o 2) grado de desarrollo de los horizontes; o 3) presencia o ausencia de ciertos horizontes de diagnóstico; o 4) grado de alteración de los minerales del suelo, expresados como la capacidad de intercambio de cationes (CIC) o como el porcentaje de saturación de las bases (PSB).

Aquellos científicos del suelo que idearon la taxonomía de los suelos sabían que las propiedades de un polípedon derivan de una única combinación de los procesos de formación de los suelos y las influencias que reciben —el clima y los organismos que actúan sobre el substrato a lo largo de un período de tiempo y que además han sido influidos por la morfología terrestre. Una taxonomía de suelos que funcione, no puede ser, sin embargo, construida a partir de los procesos de formación de los suelos —como base genética que es— pues no siempre se dispone de esta información. Más aún, el origen de un hecho edafológico determinado está a menudo sujeto a diferencias en cuanto a la interpretación de los procesos involucrados. Aquí radica la explicación de por qué la taxonomía de suelos del SCCS se basa en hechos observables del perfil del suelo y hechos adicionales que pueden determinarse mediante el análisis de laboratorio de muestras de suelos.

Como geógrafos no podemos aceptar una clasificación alfabética de los diez órdenes de suelos (tal como se realiza en la Corporación del Servicio del Suelo). En su lugar, una agrupación natural y una ordenación de cada uno de los tipos probarán de tener un mayor significado, además de que pueden ser de la mayor utilidad. Sin embargo, las tres grandes agrupaciones que nosotros emplearemos no están reconocidas dentro del SCCS. Una breve exposición introducirá cada orden de suelo en la secuencia posterior:

Suelos con horizontes poco desarrollados o sin horizontes y susceptibles de una alteración mineral muy intensa:

Entisoles: Suelos carentes de horizontes.

Inceptisoles: Suelos que presentan unos horizontes levemente desarrollados y que contienen minerales fáciles de alterar.

Suelos con una gran proporción de materia orgánica.

Histosoles: Suelos con una capa superior gruesa compuesta de materia orgánica

Suelos con horizontes bien desarrollados o con minerales completamente alterados resultado de una larga y continua adaptación a unos regímenes térmicos e hídricos predominantes:

Oxisoles: Suelos de bajas latitudes muy antiguos y alterados, que poseen un horizonte óxico y un bajo valor de CIC.

Ultisoles: Suelos de regímenes térmico mesicos y cálido, con un horizonte argílicos y un bajo nivel de bases (PSB < 35 %).

Vertisoles: Suelos de las regiones tropicales y subtropicales con un elevado contenido en arci-

llas y que desarrollan amplios y profundos agrietamientos cuando están secos y que muestran un gran movimiento entre agregados notablemente manifiesto.

- Alfisolos:** Suelos de climas húmedos y subhúmedos con una elevada condición básica (PSB > 35 %) y un horizonte argílico.
- Spodosoles:** Suelos con un horizonte spódico (horizonte B), un horizonte álbico (A2) con bajo CIC, y que carece de carbonatos.
- Mollisoles:** Suelos que se encuentran principalmente en latitudes medias, con un epípedones móllicos y una condición básica muy elevada, asociado con regímenes hídricos semiárido y subhúmedo.
- Aridisoles:** Suelos de climas secos con o sin horizontes argílicos, y con acumulación de carbonatos o de sales solubles.

Los nombres de cada uno de los órdenes de suelos combinan una serie de *elementos formativos* con la sílaba *sol*, que significa suelo (tabla 23.1).

Dentro de cada orden de suelo se encuentran los *subórdenes* que oscilan en cuanto a número entre 2 y 7. Los subórdenes están definidos de diversas maneras pero los criterios que se utilizan para uno u otro pueden diferir completamente. Por ejemplo, dentro de algunos órdenes de suelos, los subórdenes están dispuestos comenzando por los suelos de los lugares húmedos en primer lugar, se sigue después con aquellos que presentan un buen drenaje y se finaliza con los suelos de los medios secos. Cada régimen térmico o hídrico, o ambos, pueden utilizarse para definir cada uno de los subórdenes dentro de cada orden. Y en, todavía, otros órdenes, los subórdenes, están definidos según su contenido orgánico o mineral. Seleccionaremos para nuestra descripción aquellos subórdenes más difundidos, generalmente sobre superficies elevadas bien drenadas y que posean una estrecha asociación con importantes tipos de vegetación.

Los elementos formativos utilizados para los subórdenes están indicados en la tabla del apéndice II. Estos elementos forman prefijos dispuestos con elementos formativos de los nombres de los suelos. Por ejemplo, *Boralf* es un suborden de los alfisolos. El elemento *bor* tiene connotaciones relacionadas con climas fríos (*boral*); *alt*, es la partícula formativa de alfisolos.

A lo largo del resto del capítulo tomaremos cada orden de suelo sucesivamente y lo definiremos, para luego seguir con aquellos subórdenes que tienen una mayor extensión y son importantes para entender la vegetación natural que crece sobre él, y su uso agrícola. La Lámina L.1 es un esquema de los órdenes de suelos y los principales subórdenes. El mapa mundial de los suelos de la Lámina L.2 muestra la distribución mundial de los órdenes de suelos y un cierto número de los subórdenes más importantes, teniendo en cuenta que sobre extensas áreas (particularmente en las bajas latitudes) los límites en el mapa no están sustentados por observaciones de campo. Para determinar órdenes tales como los aridisoles, mollisoles, spodosoles, ultisoles y oxisoles, su extensión sobre el mundo está fuertemente influenciado por los elementos de control del clima. A cada uno de estos subórdenes se les asigna un único color. En cuanto los Alfisolos, cada uno de los subórdenes está representado por un color diferente, queriendo indicar con ello que cada uno responde a un clima o a una zona latitudinal. Este tratamiento ayuda a simplificar el mapa y a acentuar las relaciones entre suelos y climas, lo cual ayuda a llevar a cabo nuestro objetivo, como geógrafos, de reconocimiento de importantes modelos medioambientales en el globo, y sus posibles interrelaciones.

La figura 23.1 es un mapa de los diversos órdenes de suelos y los subórdenes más importantes de los Estados Unidos y el sur del Canadá. En él los límites de cada uno de los suelos están correctamente establecidos después de diferentes observaciones de campo. En el apéndice II se ofrece un mapa todavía más detallado de la misma área, con la indicación de todos los subórdenes.

Entisoles

Los *entisoles* tienen en común las características de ser un suelo mineral y que carece de diferentes horizontes pedogénicos que persistirían después de un arado normal (la sílaba *ent* de entisoles, no procede de raíz alguna, pero podría asociarse con “reciente”). Los entisoles son suelos en el sentido de que mantienen plantas, pero pueden existir en cualquier tipo de clima, y bajo cualquier tipo de vegetación. La carencia de horizontes de este tipo de suelos puede explicarse, o bien por el tipo de sustrato, por ejemplo arena de cuarzo, en los que los horizontes no se forman rápidamente, o bien como una

Tabla 23.1. Elementos formativos en la nomenclatura de los órdenes de suelos

Nombre del orden	Elemento formativo	Procedencia del elemento formativo	Palabras mnemotécnicas de los elementos formativos
Entisol	ent	Sílaba sin significado	reciente
Inceptisol	ept	L. <i>inceptum</i> , iniciado	inepto
Histosol	ist	Gr. <i>Histos</i> , tejido	histología
Oxisoles	ox	Fr. <i>oxide</i> , óxido	“ox”
Ultisoles	ult	L. <i>ultimus</i> , último	último
Vertisoles	ert	L. <i>verto</i> , vuelta	invertir
Alfisol	alf	sílaba sin significado	alfalfa
Spodosol	od	Gr. <i>spodos</i> , ceniza de madera	“odd” (extraño)
Mollisol	oll	L. <i>mollis</i> , blando	mullido
Aridisol	id	L. <i>aridus</i> , seco	árido

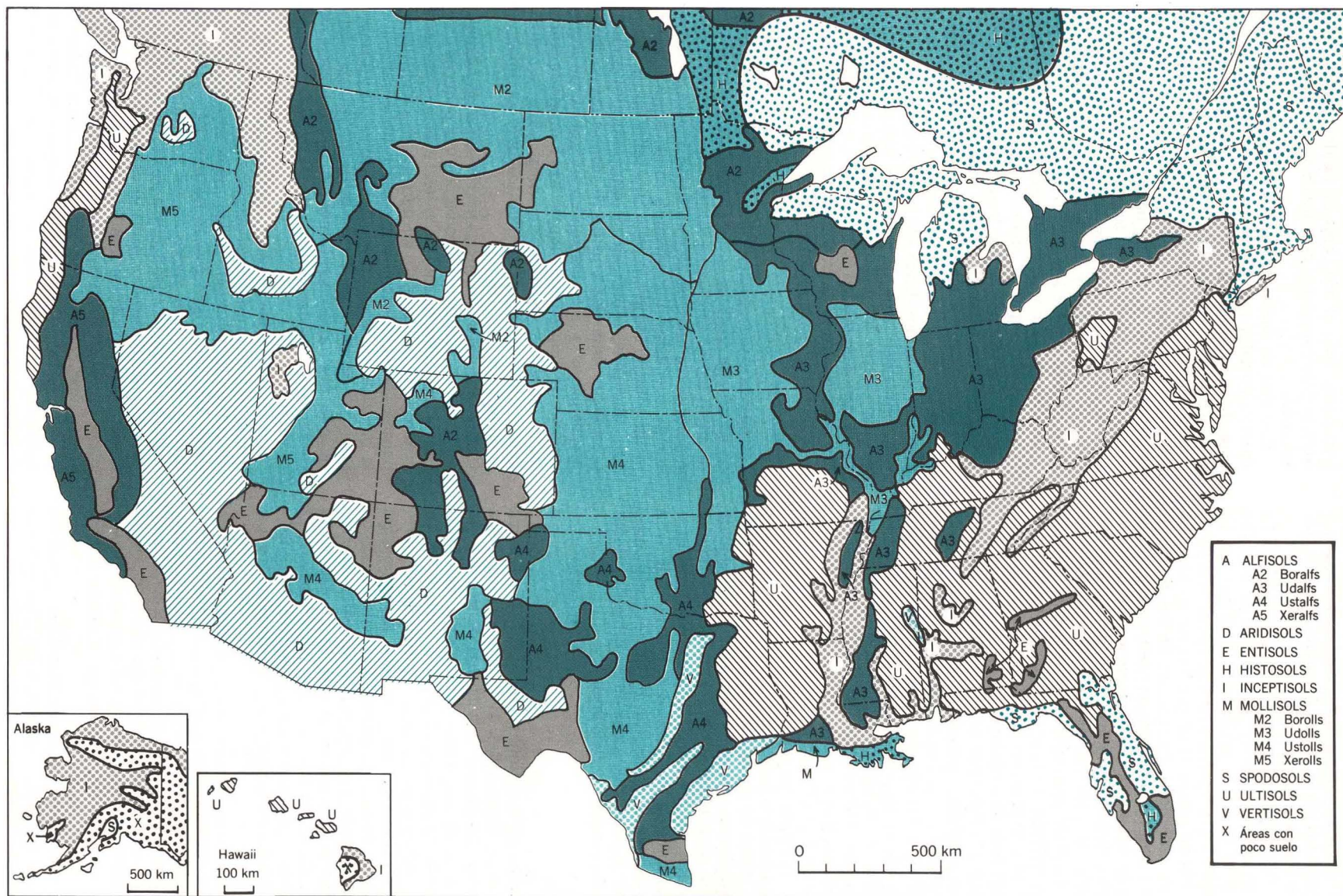


FIGURA 23.1. Órdenes de suelos en los Estados Unidos y Canadá. (Servicio de Conservación del Suelo, Departamento de Agricultura de los EE.UU., 1972.)

falta de tiempo para que se hayan formado bajo depósitos recientes de cenizas volcánicas o tierras de aluvión, o en pendientes afectadas por la erosión, o en suelos recientemente perturbados por la acción del arado a una profundidad de un metro o más.

Los entisoles se extienden por todo el globo, desde las zonas ecuatoriales hasta las árticas. Este tipo de suelos en los desiertos tropicales y subárticos son (junto con las áreas árticas de los inceptisoles) los más pobres, desde el punto de vista de potencial de producción agrícola. En contraste, los entisoles e inceptisoles de los lechos de inundación y de las grandes llanuras deltaicas, en climas cálidos y húmedos, se encuentran entre los más productivos del globo, agrícolamente hablando, debido a su textura favorable, su gran contenido en nutrientes y las grandes reservas de agua que pueden retener. Las densas poblaciones agrícolas de la China Central y las planicies del Ganges Brahmaputra en la India y Bangladesh, son claros ejemplos de este hecho.

De los cinco subórdenes de entisoles, tres merecen una especial atención. *Fluventes* (*fluv.* "fluvial"), están formados sobre aluviones recientes de los ríos. Pueden ser agrícolamente productivos debido a su equilibrada textura y su elevado contenido en nutrientes, características inherentes a los suelos que están sustentados por sedimentos. Los *orthens* (*orth.* "común" u "ordinario") ocupan extensas áreas; superficies afectadas por el glaciarrismo tanto en el medio ártico como en el alpino. Los *psammets* (*psamm.* "arena") derivan de un substrato de textura arenosa y fueron depositados como dunas de arena o arena de playa. En los desiertos se suelen encontrar numerosas y extensas parcelas con este tipo de suelo, y que normalmente están rodeadas por suelos de tipo aridisol. En los Estados Unidos tenemos como ejemplos notables de este suborden, la región de Sand Hills, en Nebraska, unas parcelas de praderas esteparias rodeadas por las dunas de arena de un campo de dunas que fue activo durante el Pleistoceno.

Inceptisoles

Los *inceptisoles* están definidos únicamente por la suma de las siguientes propiedades: 1) El agua del suelo está disponible para las plantas durante más de la mitad del año y para más de tres meses consecutivos durante la estación cálida. El régimen hídrico del suelo es en su mayor parte údico o perúdico. 2) Existencia de uno o más horizontes pedogénicos formados por alteración o concentración de materia, pero no hay acumulación de material transportado, a excepción de minerales carbonatados o sílice amorfo (no cristalino). 3) La textura del suelo es tan fina como la de la arena poco franca. 4) El suelo contiene algunos minerales alterables. 5) La fracción de arcilla del suelo contiene de una moderada a una alta CIC.

Los inceptisoles se encuentran en una gran variedad de latitudes que cumplen el requisito en cuanto al régimen hídrico. Una región donde adquiere una enorme extensión, es en la región de clima de tundra (12). Los inceptisoles también se encuentran en el alta montaña, asociados con el clima de tundra alpina; tales localizaciones se encuentran en todas las latitudes que bordean la zona ecuatorial.

Los inceptisoles a menudo se hallan sobre superficies geomorfológicas relativamente jóvenes, por ejemplo, superficies configuradas por el glaciarrismo del último avan-

ce glaciarr (Wisconsinense, capítulo 21). Debido a su juventud, estos suelos carecen de una diversificación de horizontes. Bajo el frío clima de tundra, con su *permafrost*, la descomposición química de los minerales resulta inhibida.

Este tipo de suelos los hallamos también sobre sedimentos aluviales recientemente acumulados en los lechos de inundación en los que la sedimentación no es muy activa, y se han podido desarrollar diferentes horizontes pedogénicos. Estos lugares están reseñados en el mapa de suelos del mundo, ocupando una extensión que va desde la zona ecuatorial hasta las latitudes medias. Ejemplos de tal disposición lo constituyen los lechos de inundación de los ríos Mississippi, Amazonas, Congo, Ganges, Brahmaputra y las llanuras deltaicas de los ríos Nilo, Irrawaddy y Me-kong.

De los cinco subórdenes de inceptisoles uno en particular merece especial atención. Los *acuepts* (aqu. "agua") son inceptisoles de lugares húmedos (terrenos pantanosos y marismas). Cuando se añade el prefijo *cri*, para acompañar al nombre de este suborden formando la palabra *criacuepts*, indica el régimen térmico críico de este tipo de suelos. Éstos son importantes pues abarcan una amplia extensión en los climas árticos y subárticos del hemisferio Norte, donde también son conocidos como *suelos de tundra* (Lámina L.2) y están caracterizados por una capa superficial de turba (epípedon hístico).

Histosoles

Los *histosoles* son característicos por su elevado contenido en materia orgánica en los primeros 80 cm superiores de suelo (véase Lámina L.4 A). Más de la mitad de este espesor posee entre un 20 y un 30 % de materia orgánica o más, o el horizonte orgánico puede reposar directamente sobre el lecho rocoso, o bien sobre fragmentos de éste. Muchos *histosoles* pueden estar formados por turba o estiércol, formados a partir de plantas más o menos descompuestas y que permanecen en lugares con acumulaciones de agua; pero algunos se han formado a partir de lecho forestal o pantanoso, o ambas cosas, en climas frescos continuamente humedecidos, pero son libremente drenados.

Los *histosoles* de los climas frescos son corrientemente ácidos en sus reacciones y contienen una pequeña cantidad de nutrientes vegetales. Las áreas más importantes de *histosoles* se hallan en los territorios noroccidentales del Canadá y la región colindante con la parte meridional de la bahía de Hudson, en Manitoba, Ontario, y Quebec. Este tipo de suelos se puede hallar en latitudes bajas, siempre que unas condiciones de mal drenaje hayan favorecido las espesas acumulaciones de materia orgánica vegetal.

Los *histosoles* que son estiércol (material fino de color negruzco y de consistencia viscosa) son agrícolamente valiosos en lechos donde antiguamente existían innumerables lagos de origen glaciarr. Después de un adecuado drenaje y de aplicar abono en cal y fertilizantes estos suelos son altamente productivos para el cultivo de hortalizas. La turba de terrenos pantanosos se utiliza frecuentemente para el cultivo de arándanos (pantanos de arándanos); la turba de *Sphagnum* es secada y embalada para su venta como cobertura del césped urbano y lechos de arbustos. La turba seca de los terrenos pantanosos ha sido utilizada desde hace siglos en Europa como combustible de baja graduación.

Oxisoles

Los *oxisoles* son singulares por la combinación de tres características: 1) La alteración extrema de la mayoría de los minerales, diferentes del cuarzo, tales como sesquióxidos de hierro y de aluminio, y caolinita; 2) CIC de la fracción arcilla muy bajo; 3) Textura franca o arcillosa (franca arenosa, o más fina). Normalmente se encuentra presente un horizonte de tipo *oxic* a dos metros de la superficie. Las plintitas se pueden hallar en las partes más profundas del perfil (véase figura 23.4 B).

Los *oxisoles* se desarrollan normalmente sobre las superficies continentales de las regiones ecuatoriales, tropicales y subtropicales, es decir, sobre zonas que son estables desde hace tiempo. Muchas de estas superficies son del Pleistoceno o más antiguas aún (algo así como dos millones de años). Durante el desarrollo del suelo, el clima ha debido de ser húmedo. En algunas áreas, sin embargo, los *oxisoles* ocupan ahora medios estacionalmente secos (clima tropical seco y húmedo), debido al cambio climático que se ha ido experimentando desde su formación.

Los *oxisoles* de las bajas latitudes carecen de una diversidad de horizontes, a excepción de las capas superficiales oscurecidas, aunque se hayan formado sobre un sustrato fuertemente alterado. Los colores rojo, amarillo y marrón amarillento son normales en los *oxisoles* con un buen drenaje, debido a la presencia de sesquióxidos de hierro (Lámina L.4 B). Los aportes de nutrientes vegetales suelen ser pequeños en general. Cuando se añade fósforo como abono, el suelo tiene la capacidad de fijarlo en forma inasequible para las plantas. La fracción arcillosa está compuesta, en su mayor parte, por silicatos de la arcilla, pero con una importante proporción de sesquióxidos de hierro y aluminio. A pesar de la importancia de la fracción arcillosa de este tipo de suelos, resultan frágiles (fácilmente rompibles) y en los que el agua y las raíces vegetales penetran con facilidad.

El mapamundi de suelos (Lámina L.2) muestra el dominio de los *oxisoles* en vastas áreas de África y Sudamérica ecuatorial y tropical. Éstas corresponden a regiones con clima ecuatorial lluvioso (1) y clima tropical seco y húmedo (3) (véase también el mapamundi de los climas, Lámina C.2).

Los *oxisoles* y los *ultisoles* de las bajas latitudes fueron utilizados, anteriormente a la llegada de las nuevas tecnologías, por sistemas de agricultura itinerante; una gran proporción de estos suelos está utilizada a la antigua manera. Los niveles de nutrientes para las plantas son tan bajos, en condiciones naturales, que las producciones que se obtienen bajo labranza resultan muy pobres, especialmente después de que alguna de estas parcelas haya sido utilizada durante un año o dos. El uso de cal, abonos y otros productos industriales es necesario para elevar y mantener los niveles productivos.

Ultisoles

Los *ultisoles* se caracterizan por las siguientes propiedades: 1) Presencia de un horizonte argílico; 2) Los aportes de bases intercambiables (CIC) son pequeños, particularmente en los horizontes inferiores; 3) La temperatura media anual del suelo es mayor de 8°C. Un punto importante a considerar es que el porcentaje de saturación de las bases (PSB) disminuye rápidamente con la profundi-

dad. Los niveles más elevados de PSB se encuentran en los primeros centímetros, de la parte superior, lo cual es reflejo del reciclaje de los cationes básicos por las plantas, o las adiciones de fertilizantes.

Los *ultisoles* suelen formarse, por lo general, bajo vegetación forestal en climas con un leve, a pronunciado, déficit hídrico estacional en el suelo, alternando con un período de excedente (régimenes údico y ústico). De este modo, en la estación con excedente de agua, parte de ella pasa a través del perfil hasta alcanzar el sustrato, permitiendo la lixiviación. El resultado es que las bases no retenidas en los tejidos vegetales son eliminadas. El horizonte B de este tipo de suelos, con un buen drenado, es característicamente rojo o marrón amarillento debido a la concentración de sesquióxidos de hierro (Lámina L.4 C).

El mapamundi de los suelos (Lámina L.2) muestra una amplia zona de dominio de los *ultisoles* en el sudeste de los EE.UU., y otra zona situada al sur de China. Hay además importantes áreas de *ultisoles* en Bolivia, sur del Brasil, África Central y Occidental, India, Burma, Indias Orientales y nordeste de Australia.

Tomando como referencia el mapa climático del mundo (Lámina C.2) observamos que el clima en áreas de *ultisoles* oscila entre el clima subtropical húmedo (6) en la zona subtropical, al clima tropical seco y húmedo (3) y clima monzónico y de vientos alisios en el litoral (2) en la zona tropical. Estos climas poseen unos elevados excedentes hídricos en una estación, aunque todos ellos cubran un amplio espectro en cuanto a las características térmicas. Las superficies continentales en estas regiones han estado sometidas a una prolongada meteorización y erosión, de forma que la roca ígnea de la parte inferior, está profundamente afectada, formando un paquete de alteritas grueso.

Los *ultisoles* de las bajas latitudes fueron utilizados, anteriormente al desarrollo de las nuevas tecnologías agrícolas, bajo sistemas de agricultura itinerante, a pesar de que todavía se encuentran en los lugares donde no han llegado los beneficios de la moderna tecnología y el capital. Los suelos son pobres en nutrientes vegetales, de forma que sin el aporte de cal y abonos, las producciones de los cultivos seguirán siendo bajas. Sin embargo, con un hábil manejo y una orientación hacia productos esencialmente industriales, este tipo de suelos puede dar unas elevadas producciones.

Vertisoles

Los *vertisoles* se definen por la combinación de las siguientes particularidades: 1) un elevado contenido en arcilla (montmorillonita) que se encoge e infla según las reservas de agua disponibles en el suelo; 2) presencia de profundas y amplias grietas en alguna estación, y 3) evidencias de un movimiento en el suelo por la presencia de una cierta morfología tal como estriaciones, protuberancias y oquedades, o inclinación de los agregados estructurales. Los horizontes están ligeramente esbozados, pero nunca claramente definidos (Lámina L.4 D).

Las evidencias de movimiento antes mencionados requieren una explicación. Las *estriaciones* (o acanaladuras) sobre la superficie del suelo han sido realizadas por el movimiento de una masa de suelo contra otra (marcas de desgarrar) mientras el suelo se encuentra en un estado húmedo y plástico. Las *protuberancias* y *oquedades* (en el original "gilgæ") son pequeños rasgos en el relieve que pueden configurarse como las ya citadas protuberan-



FIGURA 23.2. Losas de la acera basculadas debido al movimiento de suelos de tipo vertisoles (arcillas negras de Houston), Travis County, Texas. (Servicio de Conservación del Suelo, Departamento de Agricultura de los EE.UU.)

cias y oquedades o bien a modo de crestecillas con valles entre ellas. La agitación del suelo ocasiona la inclinación de los diferentes objetos que se hallan en la superficie, incluyendo cercados, aceras enlosadas... (figura 23.2).

Los vertisoles se forman generalmente bajo vegetación herbácea o sabanoide en los climas tropical y subtropical, con un moderado o pronunciado déficit hídrico estacional. Entre ellos se incluyen el clima tropical seco y húmedo (3) y el seco tropical, de subtipo semiárido (4s). En alguna estación los suelos se secan suficientemente



FIGURA 23.3. Hendiduras en un suelo de tipo vertisol en el estado de Texas, las arcillas negras de Houston, durante un período de extrema aridez. El cultivo que hay plantado es el algodón. (Servicio de Conservación del Suelo, Departamento de Agricultura de los EE.UU.)

como para que el suelo se agriete profundamente (figura 23.3). Cuando llega la lluvia, algunas masas de suelo superficial caen entre las grietas antes de que se cierren, de forma que el suelo “se traga a sí mismo”, lentamente. Los vertisoles son el tipo de suelos que más denominaciones han recibido a lo largo del globo. Ejemplos de ello lo constituyen los “suelos negros de algodón”, “arcillas negras” o “regur”.

Los vertisoles se encuentran solamente en aquellas latitudes correspondientes a las zonas tropicales y subtropicales. El mapa de los suelos de los EE.UU. (figura 23.1) muestra tres estrechas franjas con este tipo de suelos sobre las llanuras costeras de Texas. Sobre la región India del Deccan, también podemos situar otra gran área con estos suelos, los cuales se forman sobre basaltos alterados. Sobre el mapamundi se indican otras regiones como en Sudán, en el centro-este de África, y una amplia franja norte-sur en Australia Oriental.

Los vertisoles tienen una capacidad de intercambio de bases muy elevada, sobre todo de calcio y magnesio; muchos de ellos poseen un pH neutro y la mayoría presentan cantidades intermedias de materia orgánica. Por otra parte, estos suelos retienen una gran cantidad de agua, debido a su fina textura, pero la mayoría de ésta es retenida por la arcilla montmorillonita, de forma que las plantas no pueden disponer de ella. En los lugares donde el cultivo del suelo dependa de la energía humana o animal, las producciones suelen ser bajas. Los problemas de utilización de estos suelos suele ser una cuestión complicada; por ejemplo, cuando el suelo está húmedo deviene altamente plástico y dificulta el trabajo, de modo que muchas áreas con vertisoles han sido abandonadas en forma de prados sabanoides, que proveen de pastos para los animales. Con el empleo de la nueva tecnología y los recursos energéticos, la producción de alimentos y de fibra en estos suelos podría ser bastante sustanciosa.

Alfisoles

Los *alfisoles* se definen por las siguientes características: 1) un horizonte gris, marronáceo o rojizo (epípedon ócrico) no oscurecido por el humus, el cual se encuentra próximo a la superficie; 2) un horizonte de acumulación de arcillas (horizonte argílico); 3) un medio con un elevado porcentaje de saturación de bases (PSB); 4) el agua del suelo está disponible para las plantas durante más de la mitad del año, o bien, durante más de tres meses consecutivos a lo largo de la estación cálida. El horizonte B es un horizonte argílico (Lámina L.4 E). Enriquecido por la acumulación de los silicatos de las arcillas, está moderadamente saturado con bases intercambiables tales como el calcio o el magnesio. El horizonte A2 superior se caracteriza por la pérdida de bases, sílice y sesquióxidos.

En el mapamundi de los suelos (Lámina L.2) las áreas dominantes de alfisoles se encuentran en la parte central de Norteamérica, Europa, Siberia Central, norte de China y sur de Australia. Estas áreas corresponden a los climas húmedo continental (10), el marítimo de costa Oeste (8) y el mediterráneo (7); (véase mapa climático mundial, Lámina C.2). Otras áreas importantes de alfisoles presentes en el mapa son las localizadas en el Brasil Oriental; al oeste, este y sur de África; oeste de Madagascar; norte de Australia; este de la India e Indochina. Estos lugares son de clima tropical seco y húmedo (3) y los subtipos semiáridos de los climas secos tropicales y subtropicales (4s y 5s).

De forma global, los alfisoles son agrícolamente productivos bajo una simple utilización, puesto que la cantidad de agua en el suelo es, generalmente, adecuada en una estación y las bases no son eliminadas. En Europa Occidental y China, los alfisoles junto con los inceptivos, que se encuentran en las mismas regiones, han sustentado a densas poblaciones desde hace siglos.

De los cinco subórdenes de alfisoles, cuatro merecen especial mención, puesto que tienen una amplia localización en regiones elevadas. Cada uno de ellos representa un clima y un régimen hídrico diferentes, de forma que será tratado separadamente en nuestro diagrama mundial de suelos y sobre el mapa (Láminas L.1 y L.2).

Los *boralfs* (*bor*: "boreal") son alfisoles de las tierras forestales y frías de Norteamérica y Europa. Tienen un horizonte superficial gris, un subsuelo marrónceos, y están asociados con una temperatura media anual menor de 8°C.

Los *udalfs* (*ud*: "húmedo") son alfisoles de latitudes medias y que están estrechamente relacionados con el clima húmedo continental (10) en Norteamérica, Europa y Asia Oriental (Lámina L.4 E). Se forman bajo un régimen hídrico del suelo údico. La vegetación natural de los udalfs son los bosques de hoja caduca, pero actualmente están siendo explotados intensamente. Son altamente productivos cuando se les aplican cantidades moderadas de cal y fertilizantes.

Los *ustalfs* (*ust*: L. *ustus*, "quemado") son alfisoles con una coloración comprendida entre el marrónceos y el rojizo a lo largo del perfil (Lámina L.4 F) y se encuentran en lugares de climas cálidos bajo un régimen hídrico ústico. Estos suelos se encuentran desde la zona subtropical a la ecuatorial y se hallan asociados con un clima tropical seco y húmedo (3) en el sudeste de Asia, África, Australia y Sudamérica. En África, el alto nivel de bases que contienen los ustalfs se puede deber a la constante precipitación de polvo fino transportado por los vientos predominantes del desierto tropical adyacente. Los us-

talfs del norte de la India y Pakistán son muy productivos, una vez han sido sometidos a irrigación y suelen ser los mayores productores de trigo.

Por último, los *xeralfs* son alfisoles de régimen hídrico xérico, que encontramos en el clima mediterráneo (7) con sus inviernos frescos y húmedos, y sus veranos secos y cálidos. Los xeralfs son normalmente marrónceos y rojizos en su coloración (Lámina L.4 G). Unos buenos ejemplos se encuentran en los valles costeros y del interior del centro y sur de California. Estos suelos tienen una elevada fertilidad y mantienen pastos para ganado, o bien el cultivo de viñas, cítricos o aguacates.

Spodosoles

Los *spodosoles* tienen una única propiedad: un horizonte espódico (horizonte B) de acumulación (iluviación) de materiales oscuros y amorfos. Materiales que contienen materia orgánica, componentes de aluminio y hierro por lo general, todo ello traído por eluviación desde capas superiores, desde el horizonte A (véase figura 23.4 A y Lámina L.4 H). En un spodosol no perturbado, encontramos sobre el horizonte B un horizonte A2 de color blanco o gris blancuzco. Es un horizonte alábico. Los spodosoles son enormemente ácidos, pobres en nutrientes vegetales, tales como los cationes básicos de calcio y magnesio, y generalmente también pobres en humus. Suelen tener una textura arenosa y una capacidad de retención del agua, pequeña.

Los spodosoles, con algunas excepciones, fueron formados bajo cobertura forestal en climas de latitudes medias que pueden ser frescos y húmedos. Comparando la distribución mundial de los spodosoles, con la de los climas (comparar láminas L.2 con C.2) se observa una ajustada correspondencia con los climas de bosques boreales (11). Los spodosoles también ocupan porciones septentrionales de los climas húmedos continentales (10). La correspondencia con los bosques de hojas aciculadas

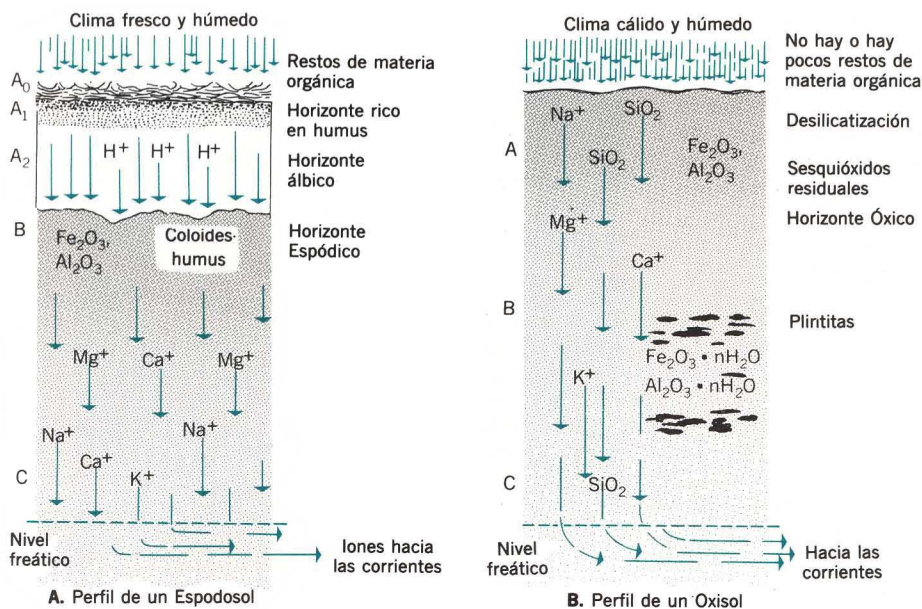


FIGURA 23.4. Diagramas esquemáticos de la composición del perfil de un spodosol (A) y el perfil de un oxisol (B). Ambos tipos de suelos se desarrollan bajo un régimen hídrico del suelo caracterizado por un elevado excedente de agua.

(boreal) también es bastante nítida (véase Lámina M.2).

Como en el caso de los inceptisuelos septentrionales, las regiones de spodosoles son aquellas que han experimentado los efectos de la más reciente glaciación continental; los suelos serán, en consecuencia, muy jóvenes. Sin embargo, los suelos del norte y parte central de Florida están clasificados como tales.

Los spodosoles de las latitudes medias y altas son en su forma natural pobres, en términos de producción agrícola. Debido a sus características ácidas se les debe aplicar cal, por otra parte como son pobres en nutrientes, aquellos que se requieren en la mayoría de los cultivos se han de aplicar abonos y productos químicos industriales necesarios y en su adecuada medida. De esta forma pueden convertirse en terrenos muy productivos. Otro factor desfavorable es la poca duración de la estación apta para el crecimiento, en las áreas más septentrionales con este tipo de suelo.

Mollisoles

Los *mollisoles* se definen por la combinación de las siguientes características: 1) un epípedon móllico, horizonte superficial marrón muy oscuro o negro que tiene más de un tercio del grosor de los dos horizontes A y B juntos, o bien tiene más de 25 cm de espesor y posee una estructura muy suelta, o una consistencia muy débil, cuando está seco (figura 23.5); 2) entre los cationes básicos extraíbles de los horizontes A y B predomina el calcio; 3) dominio de las arcillas cristalinas con una moderada, a alta, capacidad de intercambio de cationes (CIC); y 4) menos de 30 % de arcilla en algún horizonte si el suelo ha presentado grandes grietas durante alguna estación.

Los *mollisoles* se forman generalmente bajo hierbas, en climas con un moderado a pronunciado déficit hídrico estacional. Unos pocos se forman sobre marismas, o sobre margas (fango compacto de carbonato cálcico) en climas húmedos. Si comparamos la distribución de estos suelos con la distribución de los climas (Lámina L.2 con C.2), se puede observar una estrecha coincidencia de los *mollisoles* con el subtipo semiárido del clima seco de latitudes medias (9s), con el subtipo subhúmedo y partes contiguas del clima húmedo continental (10 sh y 10 h), y con el subtipo subhúmedo del clima subtropical húmedo (6sh). En Norteamérica, los *mollisoles* dominan la región de los Great Plains, la de Columbia Plateau, y la parte septentrional del Great Basin. A lo largo de los llanos

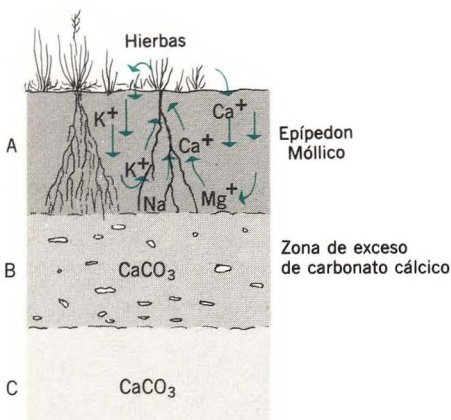


FIGURA 23.5. Diagrama esquemático del perfil mollisol.

costeros del Golfo de México y de la península del Yucatán encontramos áreas más pequeñas con este tipo de suelos. En Sudamérica una extensa área de mollisoles cubre la Pampa de Argentina y Uruguay. En Eurasia se extiende una larga franja con este tipo de suelos desde la región oriental de Rumania, pasando por las estepas rusas, Siberia y Mongolia, e introduciéndose finalmente en Manchuria.

Debido a su buena textura granular y su alta saturación de las bases, los mollisoles se ubican entre los suelos más fértiles del mundo. Ellos producen ahora el mayor volumen de grano que se mueve en los canales comerciales del mundo. La mayoría de estos suelos no fueron puestos bajo cultivo para la producción agraria hasta la pasada centuria. Antiguamente eran utilizados principalmente para pastos de las manadas nómadas. Los mollisoles poseen características favorables para el crecimiento de los cereales en explotaciones intensivas, y son relativamente fáciles de labrar. La producción varía considerablemente de un año para otro debido a que la precipitación estacional es variable y la reserva de agua en el suelo es un factor limitante de la productividad.

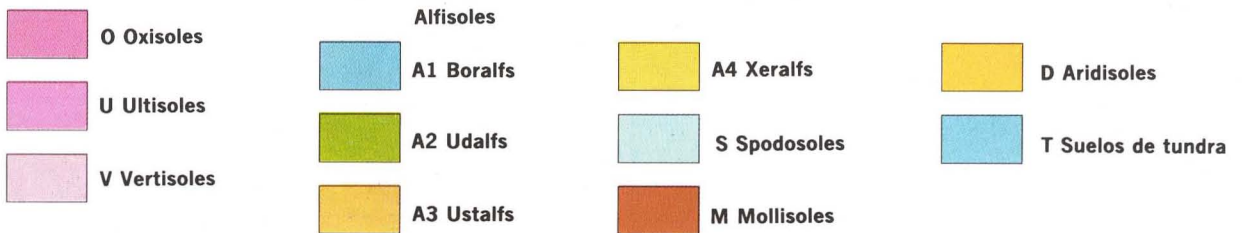
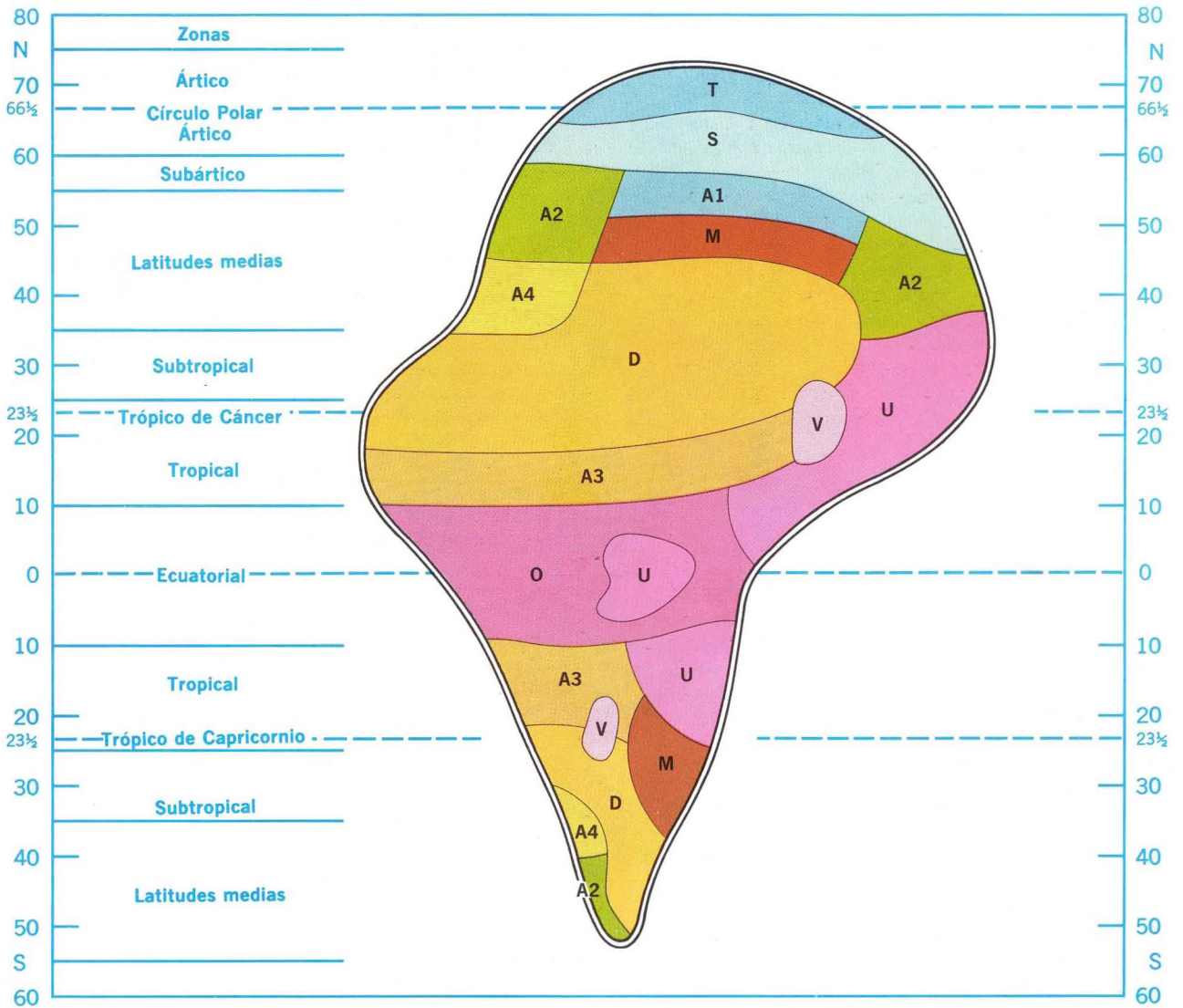
De los siete subórdenes de mollisoles hay cuatro que merecen ser destacados debido a su amplia localización en superficies elevadas con buen drenaje.

Los *borolls* son mollisoles de las llanuras semiáridas con inviernos fríos (estepas) (Lámina L.4 M). Los *udolls* son mollisoles de régimen hídrico údico, tienen tonalidades marronáceas a lo largo del perfil y no presentan horizontes de acumulación de carbonato cálcico (Lámina L.4 L). Estos suelos están asociados con las antiguas praderas de hierbas altas y ocupan extensas regiones de Iowa, Illinois y Missouri, y que es conocido también como el cinturón de maíz (véase figura 23.1 y Lámina L.6).

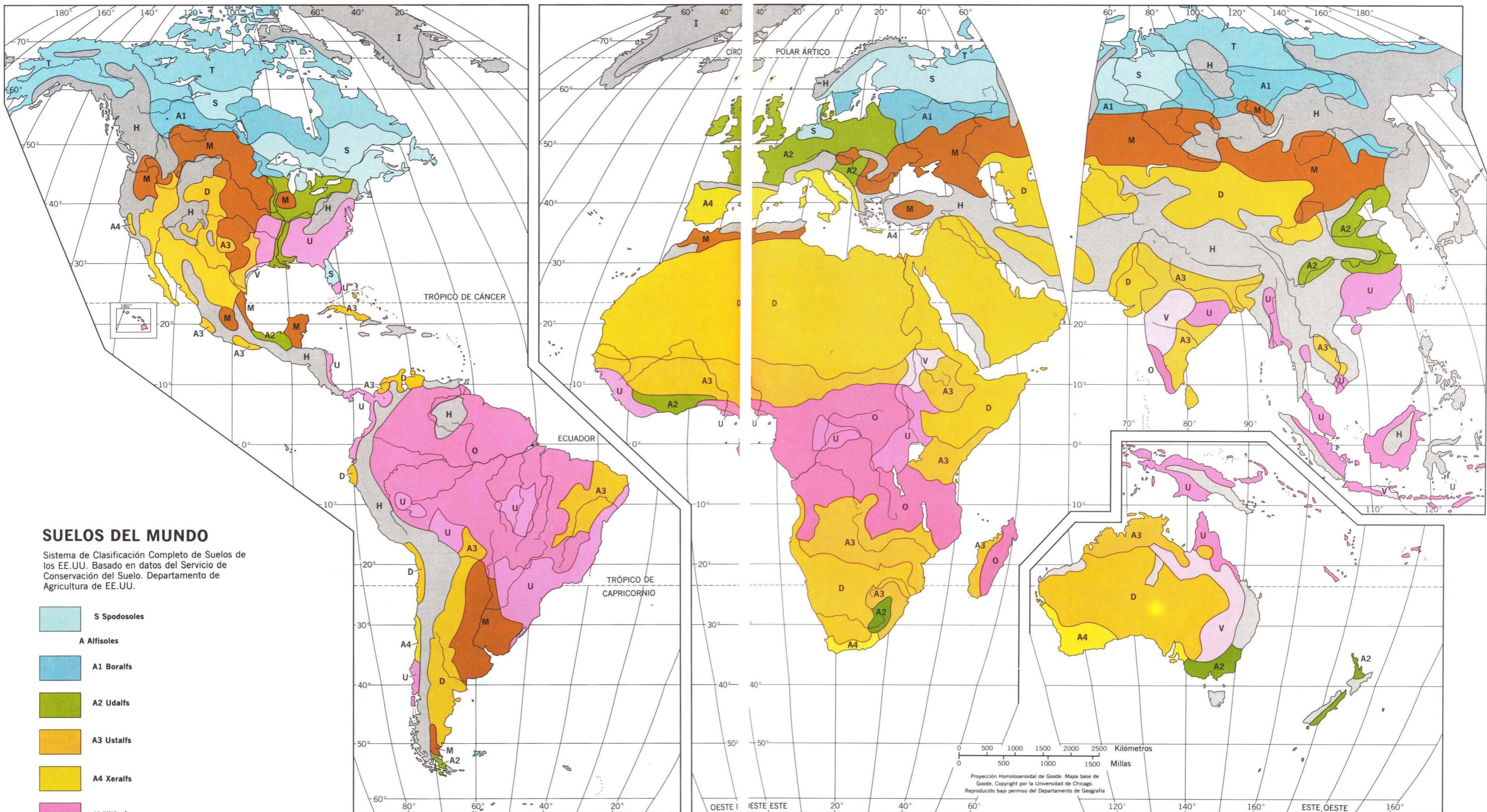
Los *ustolls* son mollisoles de régimen hídrico ústico, poseen un horizonte de acumulación de carbonato de calcio blando y polvoriento que se desarrolla a una profundidad comprendida entre 50 y 100 cm (Lámina L.4 J). Un horizonte petrocálcico también puede formarse a un metro de la superficie. En el sudoeste de los Estados Unidos este horizonte es conocido como *caliche* (figura 23.6). Los *ustolls* están asociados con las praderas de



FIGURA 23.6. Horizonte petrocálcico compuesto de lasas rocosas y nódulos de carbonato de calcio, formado en un área de *ustolls* sobre las llanuras del Pecos en Nuevo México. Este material es conocido localmente como "caliche" (A.N. Strahler.)



Esquema de los órdenes de suelos y de los grandes subórdenes situados en un imaginario supercontinente.



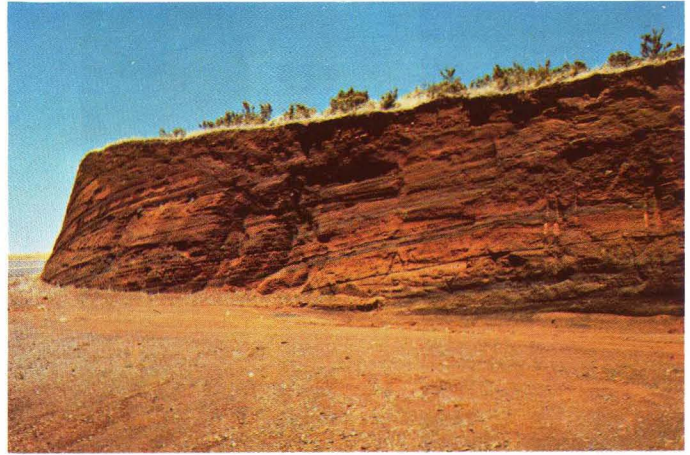
SUELOS DEL MUNDO

Sistema de Clasificación Completo de Suelos de los EE.UU. Basado en datos del Servicio de Conservación del Suelo. Departamento de Agricultura de EE.UU.

- S Spodosoles
- A Alfisoles**
- A1 Boralfs
- A2 Udalfs
- A3 Ustalfs
- A4 Xeralfs
- U Ultisoles
- O Oxisoles
- V Vertisoles
- M Mollisoles
- D Aridisoles
- T Suelos de tundra
- H Terrenos montañosos (I Inlandsis)



Este tocón de árbol, enterrado bajo varias capas de aluvión de textura fina nos evidencia un continuo depósito de sedimentos en el delta del río McKenzie, en los territorios del noroeste, Canadá. Las capas de permafrost son fáciles de distinguir en la parte inferior de este corte en el margen del río. (Mark A. Melton.)



Capas inclinadas de cenizas volcánicas basálticas parcialmente descompuestas (tefra) en la parte inferior de la ladera del extinto volcán Haleakala, Isla de Maui, Hawai. El color pardo-rojizo indica la presencia de óxidos de hierro-hematitas y limonitas. (Arthur N. Strahler.)



Capas de arenas y gravas bien clasificadas forman este depósito fluvioglacial. Una explotación de gravas al sur del estado de New York. (Arthur N. Strahler.)



Depósito eólico de loess, mostrando líneas verticales, expuesto en una cata de un río en Vermillion, Dakota del Sur. El suelo de color pardo es un fértil mollisol. (Arthur N. Strahler.)

Bloques de turba recién cortada dispuestos aparte para su secado; serán utilizados como combustible doméstico. El suelo expuesto en esta zanja es un histosol. Isla de Skye, Inner Hebridas, Escocia. (Mark A. Melton.)



Este suelo desértico gris, un aridisol, tiene una elevada productividad cuando es cultivado e irrigado. La localidad es cercana a Palm Springs, California, en el valle Coachella. (Ned L. Reglein.)

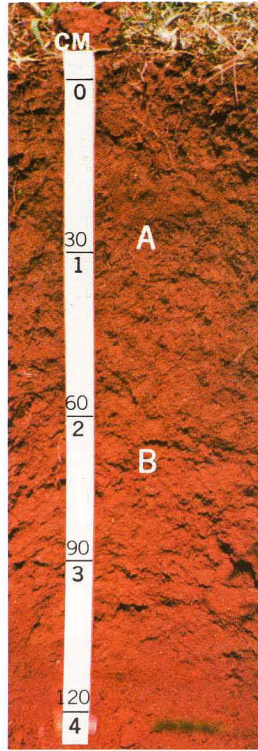


HISTOSOLES



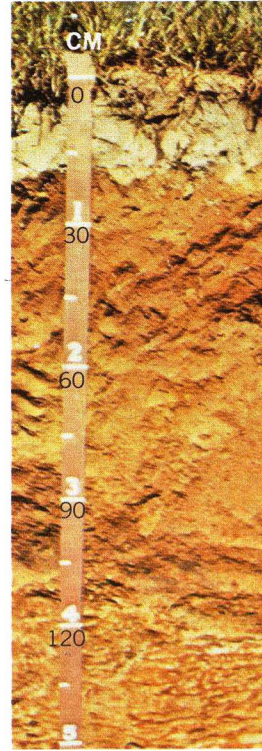
A Fibrist
(Minnesota)
(Pantanosol)

OXISOLES



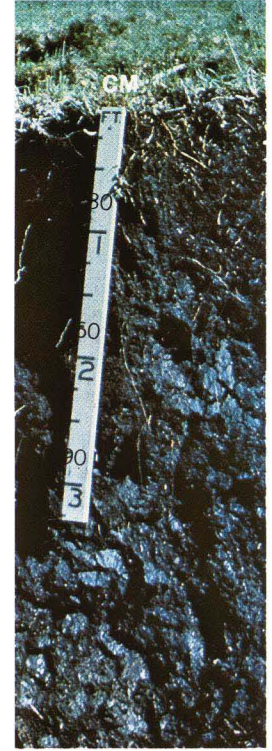
B Orthox
(Puerto Rico)
(Latosol)

ULTISOLES



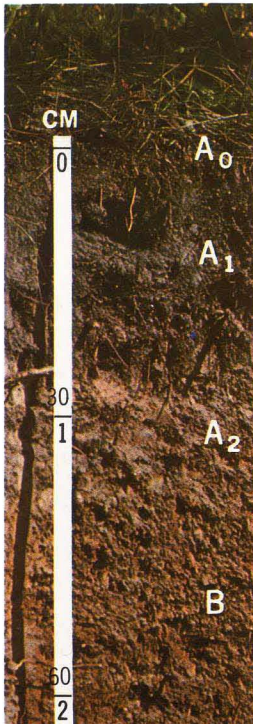
C Udult
(Carolina del Norte)
(Podzol rojo y amarillo)

VERTISOLES



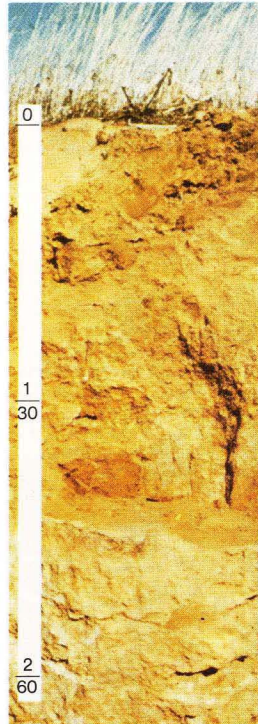
D Udert
(Texas)
(Tropical negro)

ALFISOLES



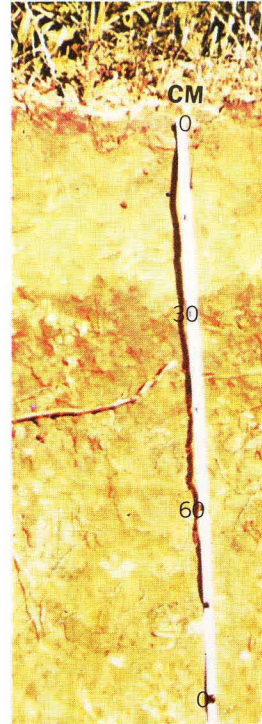
E Udalf
(Minnesota)
(Podzol gris pardo)

ALFISOLES



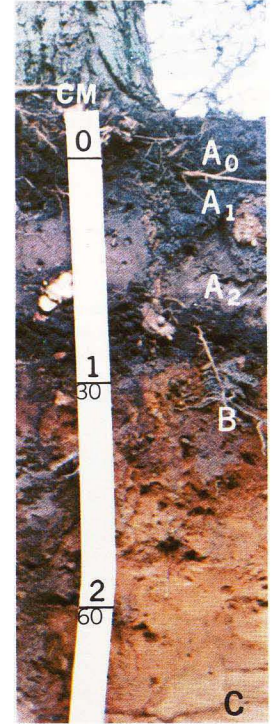
F Ustalf
(Texas)

ALFISOLES



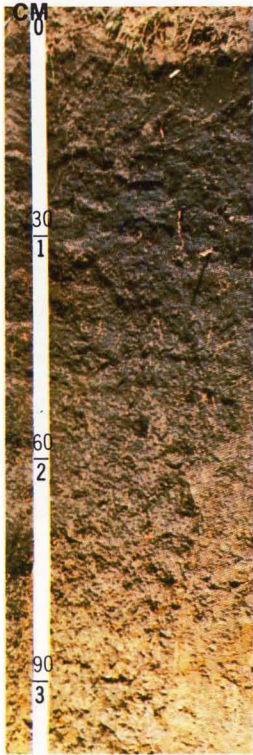
G Xeralf
(California)

SPODOSOLES



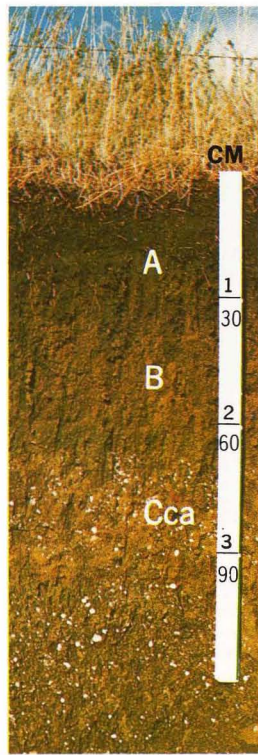
H Humod
(Francia)
(Podzólico)

MOLLISOLES



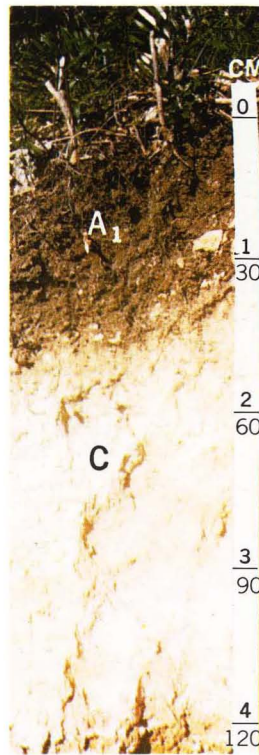
I Aquoll
(Iowa)
(Prado)

MOLLISOLES



J Ustoll
(Dakota del Sur)
(Chernozem)

MOLLISOLES



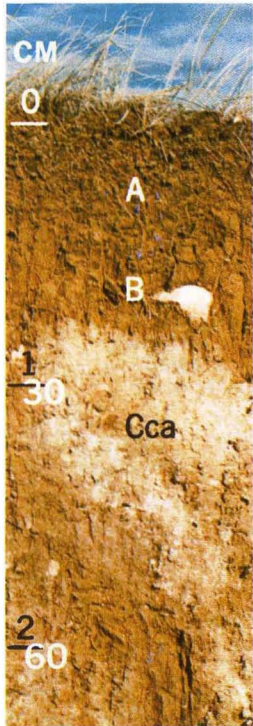
K Rendoll
(Puerto Rico)
(Rendzina)

MOLLISOLES



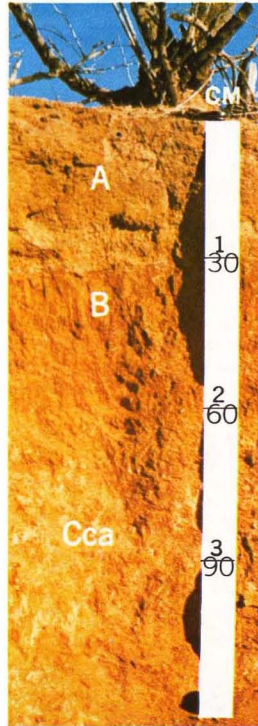
L Udoll
(Iowa)
(Pradera)

MOLLISOLES



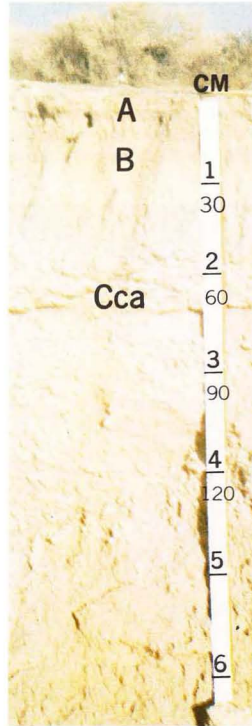
M Boroll
(Montana)
(Pardo)

ARIDISOLES



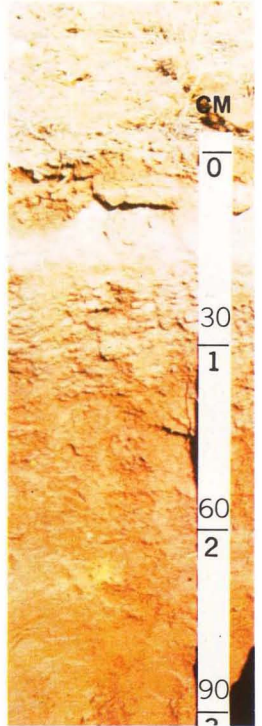
N Argid
(Arizona)
(Rojo desértico)

ARIDISOLES



O Orthid
(Utah)
(Gris desértico)

ARIDISOLES

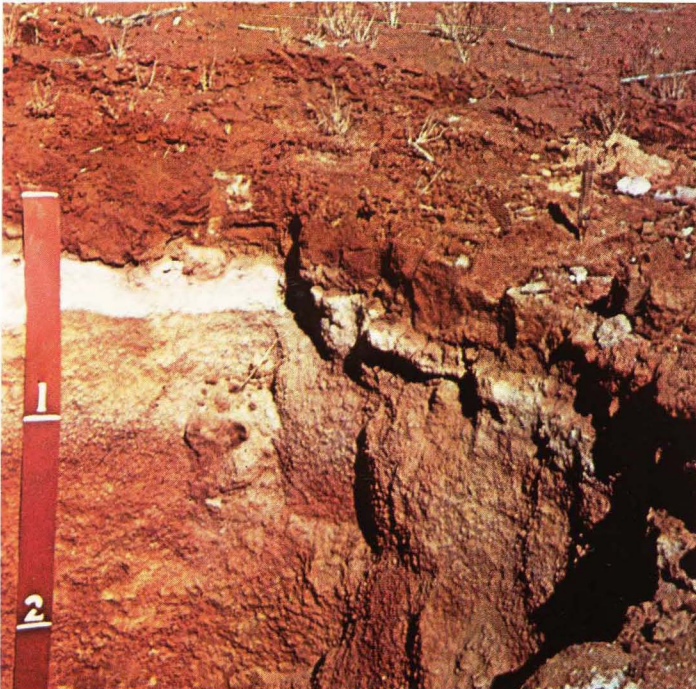


P Orthid
(Nevada)
(Solonchak)



Una delgada capa de limos y arena procedente de dunas ha sido depositada por el viento en este perfil de esodosol (capa de color marrón claro) enterrándolo parcialmente. El horizonte gris pálido del horizonte A₂ está superpuesto a un horizonte B rojizo u horizonte espódico. (Arthur N. Strahler.)

Esta zanja al lado de esta pista de Story County (Iowa) deja al descubierto el perfil de un udoll (orden de los mollisoles) con un grueso epípedon móllico. El cultivo del campo contiguo es maíz, un típico producto de esta región. (Soil Conservation Service.)

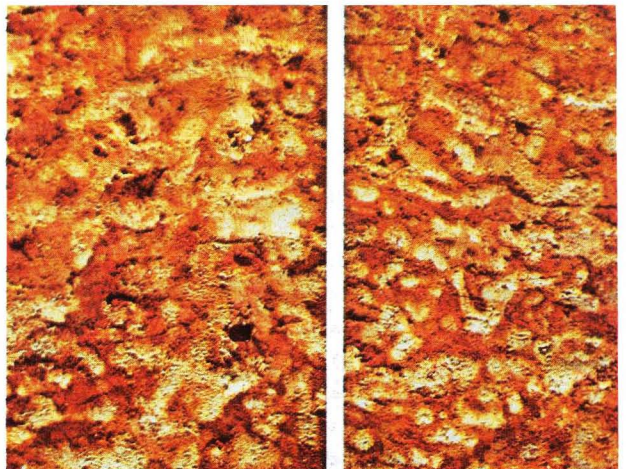


Un horizonte sálico, que aparece en la fotografía como una capa blanca, se halla muy próximo a la superficie de este perfil Orthid (orden de los Aridisoles) en el desierto de Nevada. La escala adjunta está expresada en pies de medida; 1 pie = 30 cm. (Soil Conservation Service.)



Imagen ampliada de cutans de arcilla (pieles) revistiendo e interconectando los granos de cuarzo. La barra de color blanca tan sólo tiene 2 mm de ancho. (Soil Conservation Service.)

Manchas rojizas caracterizan a este horizonte plintita en un perfil Udult (orden de los ultisoles) en Carolina del Norte. La superficie mostrada tiene solamente 50 cm de anchura. (Soil Conservation Service.)



hierbas bajas de los High Plains de Dakota del Sur, Nebraska, Kansas, Oklahoma y Texas. Su gran capacidad para producir elevadas cantidades de trigo es legendaria.

Los *xerolls* se encuentran en áreas con un régimen hídrico xérico, bajo un clima mediterráneo de áreas del interior y que presentan unos inviernos frescos, húmedos, y unos veranos calurosos y con poca precipitación. Los *xerolls* tienen una coloración que varía entre el marrón y el rojizo a lo largo del perfil. Este tipo de suelos ocupan grandes extensiones en las regiones orientales de Washington y Oregón, Sur de Idaho y las regiones septentrionales de California y Nevada. En la región Palouse, centrada en el punto de encuentro de los estados de Washington, Oregón e Idaho, los *xerolls* poseen una capacidad de productividad muy elevada derivada del tipo de substrato, compuesto en su mayoría de depósitos eólicos. El trigo y la patata son dos importantes cultivos en el suelo de Palouse.

En la Lámina L.5 se ilustran, además, otros dos subórdenes de mollisoles. Uno de ellos es el *acuolls* formado bajo un régimen hídrico acuico en regiones donde el suelo está estacionalmente saturado. Los *acuolls* se pueden encontrar en el valle del río Rojo al norte de Minnesota y Dakota. El otro suborden es el *rendoll*, formado sobre un substrato muy rico en caliza, normalmente bajo cobertura vegetal forestal. Presenta un horizonte C grueso y compacto de carbonato cálcico.

Aridisoles

Los *aridisoles* vienen definidos por el conjunto de las siguientes propiedades: 1) carencia de disponibilidad de

agua para las plantas durante largos períodos; 2) presencia de uno o más horizontes pedogénicos; 3) un horizonte superficial u horizontes no oscurecidos de forma significativa por el humus y 4) ausencia de grietas amplias y profundas.

Los aridisoles no poseen, prácticamente, de agua disponible durante gran parte del tiempo en la que el suelo es suficientemente cálido para permitir el crecimiento de las plantas, por ejemplo, es superior a 5° C. Durante muchos años el agua no está disponible para la vegetación en 90 días consecutivos, si la temperatura del suelo es superior a 8° C. Las acumulaciones de carbonato son a menudo cuantiosas en las profundidades del perfil.

Este tipo de suelos forma condiciones que evitan la entrada de gran parte del agua, ya sea por escasez de precipitación o ligeramente significativa; por una u otra razón el agua no penetra en el suelo. La vegetación está compuesta de plantas dispersas, hierbas efímeras y forbiáceas, cactus y arbustos, todas ellas adaptadas a largos períodos de sequía.

El mapamundi de suelos refleja que los aridisoles, comparando con el mapamundi climático (Lámina C.2), ocupan las regiones de los subtipos desértico y semidesértico de los climas secos tropical, subtropical y de latitudes medias (4sd, 4d, 5sd, 5d, 9sd, 9d) y de clima mediterráneo (7s y 7sd). Estas mismas regiones están ocupadas por grandes extensiones de entisoles, ocupando áreas de dunas de arena (psamments) o terrenos desérticos rocosos.

La mayor parte de los aridisoles son utilizados tal como lo fueron en épocas pasadas, es decir, por pastoreo nómada. Este uso viene dictaminado por la limitada precipita-

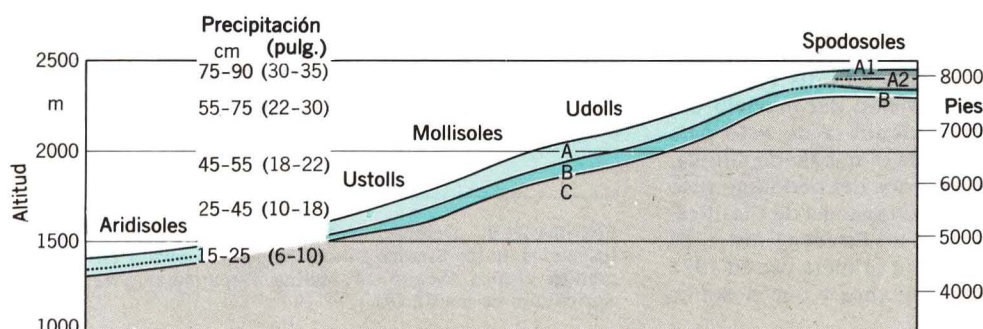


FIGURA 23.7. El esquema representa la gradación de los suelos desde una cuenca semiárida (izquierda) hasta un clima fresco y húmedo (derecha) como si ascendiésemos desde las vertientes occidentales de Bighorn Mountains, Wyoming. (Según J. Thorp.)

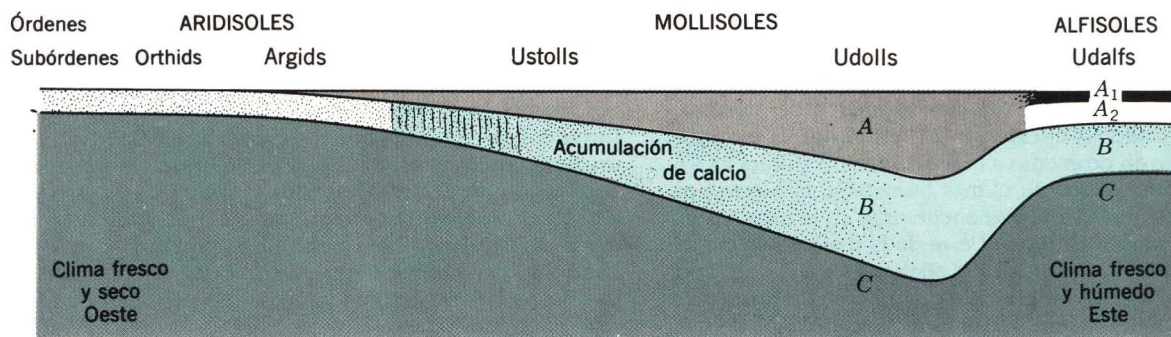


FIGURA 23.8. Esquema del cambio en el perfil del suelo desde un desierto fresco y seco, al oeste, hasta un clima húmedo y fresco, en el este. (Según C.E. Millar, L.M. Turk y H.D. Forth, *Fundamentals of Soil Science*, publicado en John Wiley and Sons, Nueva York.)

ción, que es del todo inadecuada para los cultivos sin el concurso de la irrigación. Localmente, donde los suelos poseen un buen suministro hídrico a partir de los ríos alóctonos o agua del acuífero, los aridisoles pueden llegar a ser altamente productivos para una amplia variedad de cultivos, eso sí, siempre mediante la instalación de regadío (Lámina L.3).

Suelos y altitud

Como explicamos en los capítulos 5 y 7, un incremento en la altura comporta un descenso en las temperaturas del aire y un aumento en la precipitación orográfica. Al mismo tiempo los regímenes térmico e hídrico del suelo sufren un cambio. El efecto producido por la altura se pone de manifiesto, particularmente, en las vertientes de las cadenas montañosas aisladas y situadas en climas secos de latitudes medias (9). La figura 23.7 muestra un perfil esquemático del suelo que cambia gradualmente a

medida que ascendemos como si siguiésemos las huellas de un horizonte del suelo desde el terreno de una cuenca semiárida hasta la cima de una alta cadena montañosa —en este caso las montañas de Bighorn en Wyoming. En las partes inferiores (izquierda) es el perfil de un suelo correspondiente a un aridisol (un argid). A medida que ascendemos encontramos el perfil de un ustoll, el cual bajo unas condiciones de fresco y humedad va gradando hasta convertirse en udoll, a una altura de 2.300 m. Sobre las altiplanicies somitales, a unos 2.400 m, las condiciones son semejantes a las de un clima de bosque boreal. En él, el perfil que obtenemos es el correspondiente a un spodosol, formado bajo bosques aciculifolios.

Obsérvese que series similares de estas gradaciones de perfiles edáficos pueden hallarse en una travesía Oeste-Este de los Estados Unidos, tal como se puede observar en la figura 23.8. Comenzando por el desierto septentrional de la Great Basin y cruzando todo el mediooeste norteamericano.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE MARBUT

Uno de los pioneros en el estudio de la génesis de suelos y su clasificación fue V.V. Dokuchaiev, un geólogo ruso; sus estudios entre 1882 y 1900 le condujeron al concepto de suelo como un cuerpo independiente; su carácter estaba determinado principalmente por los procesos climáticos y la actividad vegetal. Otro ruso, seguidor de Dokuchaiev, K.D. Glinka extendió el concepto de los distintos horizontes dentro del perfil del suelo. En los Estados Unidos, el mayor desarrollo de la ciencia edafológica entre los años 1920 a 1930, se debe a Curtis F. Marbut, quien trabajó como jefe de la división del Servicio del Suelo del Departamento de Agricultura de este país (U.S.D.A.). Marbut tradujo al inglés el trabajo de Glinka, adaptando y modificando los criterios del pedólogo ruso y finalmente creó su propio sistema (Sistema de Clasificación Completo de los Suelos) para los Estados Unidos. Es el Sistema de Marbut, publicado por primera vez en 1921 y revisado en los siguientes veinte años y que nosotros definimos en este trabajo.

EL SISTEMA DE MARBUT

El primer nivel de división que establece Marbut de los suelos de latitudes medias es el que establece los *pedocals* y los *pedalfers*. Los *pedocals* son suelos de climas semiáridos y áridos que se han formado al oeste de los Estados Unidos bajo un régimen climático de calcificación (explicado en el capítulo 22) en el que la evaporación excede en promedio a la precipitación (figura 23.9). Los *pedalfers*, suelos de climas húmedos, muestran una pronunciada lixiviación y se encuentran en la parte oriental de los Estados Unidos, al este de la línea de 60 cm de precipitación media anual. Las sílabas *al* y *fer*, significan aluminio y hierro, respectivamente, referencia explícita a las características acumulaciones de sesquióxidos de hierro y aluminio en el suelo.

En el siguiente nivel de clasificación tenemos los *órdenes de suelos*, entre los cuales hay: los zonales, los intra-

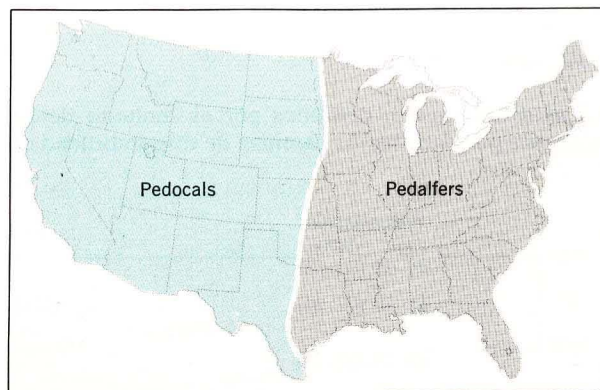


FIGURA 23.9. Determinados por las características climáticas, los suelos de los Estados Unidos se pueden dividir en dos grandes grupos. (Según C.F. Marbut. Departamento de Agricultura de los EE.UU.)

zonales y azonales (figura 23.10 y tabla 23.2). Los *suelos zonales* están formados con unas condiciones de buen drenaje en el suelo a través de la acción prolongada del clima y la vegetación. Es el más importante y extenso, con gran diferencia, de los tres órdenes. Los *suelos intrazonales* están formados: a) bajo condiciones de un drenaje muy pobre, en climas húmedos (por ejemplo, en terrenos pantanosos, lechos de inundación de corrientes fluviales); b) sobre regolitos en superficies elevadas, con un alto contenido en CaCO_3 ; o c) en desiertos y cuencas costeras donde el suelo contiene una elevada proporción en sales solubles. Los *suelos azonales* no presentan un perfil característico bien desarrollado, ya sea porque no han tenido suficiente tiempo para formarse o porque se ubican en laderas empinadas y que no permiten el desarrollo del perfil. Los suelos azonales incluyen entre ellos a los *litosoles* (suelos delgados situados sobre lecho rocoso en las regiones terrestres montañosas) y los *regosoles* (suelos aluviales y dunas).

TABLA 23.2. Sistema de clasificación Marbut de los suelos*

Palabras	
Orden zonal	Grandes Grupos de suelos
Suelos de colores claros podzolizados de regiones con bosques	Suelos podzólicos Suelos podzólicos pardos Suelos podzólicos gris-pardo Suelos podzólicos rojo-amarillos
Suelos lateríticos de regiones cálidas. Subtropicales húmedas, tropicales y ecuatoriales	Latosoles: Suelos lateríticos marrón rojizos Suelos tropicales negros y gris-oscuros
Suelos de bosques y praderas de transición Suelos oscuros de las praderas semiáridas subhúmedas y húmedas	Suelos chernozem degradados Suelos de pradera (brunizems) Suelos rojizos de pradera Chernozems Suelos castaños Suelos castaño rojizos y pardo-rojizos
Suelos claros de regiones áridas	Suelos pardos Suelos desérticos grises (suelos sierozems) Suelos desérticos rojos
Suelos de las regiones frías	Suelos de tundra Suelos de bosques árticos pardos
Orden Intrazonal	
Suelos hidromórficos de marismas, terrenos pantanosos, turberas y altiplanos	Suelos pantanosos Suelos de prados (Wiesenböden) Suelos de prados alpinos Planosols
Suelos halomorfo de regiones áridas insuficientemente drenadas y depósitos costeros	Suelos salinos (Solonchak) Suelos alcalinos (Solonetz)
Suelos calcimorfos	Rendzinas
Orden Azonal	
Litosoles	
Regosoles	Suelos aluviales Arenas (seco)

*Basado en datos del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (1938) *Soils and Men Yearbook of Agriculture 1938*, U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C. Véanse páginas 993-995.

En los órdenes zonal e intrazonal se encuentran muchos *subórdenes de suelos*. En cada uno de ellos se encuentran los *grandes grupos de suelos*. En la figura 23.10 y la tabla 23.2 hay catalogados 18 grandes grupos de suelos. Algunos de los nombres reflejan la influencia rusa (podzo¹, chernozem, solonchak, solonetz); otros reflejan la influencia americana (suelos de praderas, suelos castaños, suelos pardos).

Los suelos zonales e intrazonales de los 48 estados contiguos de Estados Unidos y sur del Canadá están indicados en la figura 23.11. La distribución en el mundo de los principales grupos de suelos zonales están reflejados en la figura 23.12. Continuaremos ahora con una breve descripción de cada uno de los suelos.

SUELOS DE CLIMAS HÚMEDOS

Podzol

De los suelos zonales de los climas húmedos y frescos, los que poseen una mayor difusión son los *suelos podzólicos* (o simplemente *podzoles*). Se hallan estrechamente asociados con el clima de bosques boreales, la parte septentrional de los climas húmedos continentales y las partes más frescas de los climas marítimos de costa Oeste.

El perfil de los podzoles es el ideal, o modelo de perfil, a partir del cual fueron reconocidos y designados originariamente los diversos horizontes (véase figura 22.6). Los detalles se muestran en la figura 23.4 A. En la

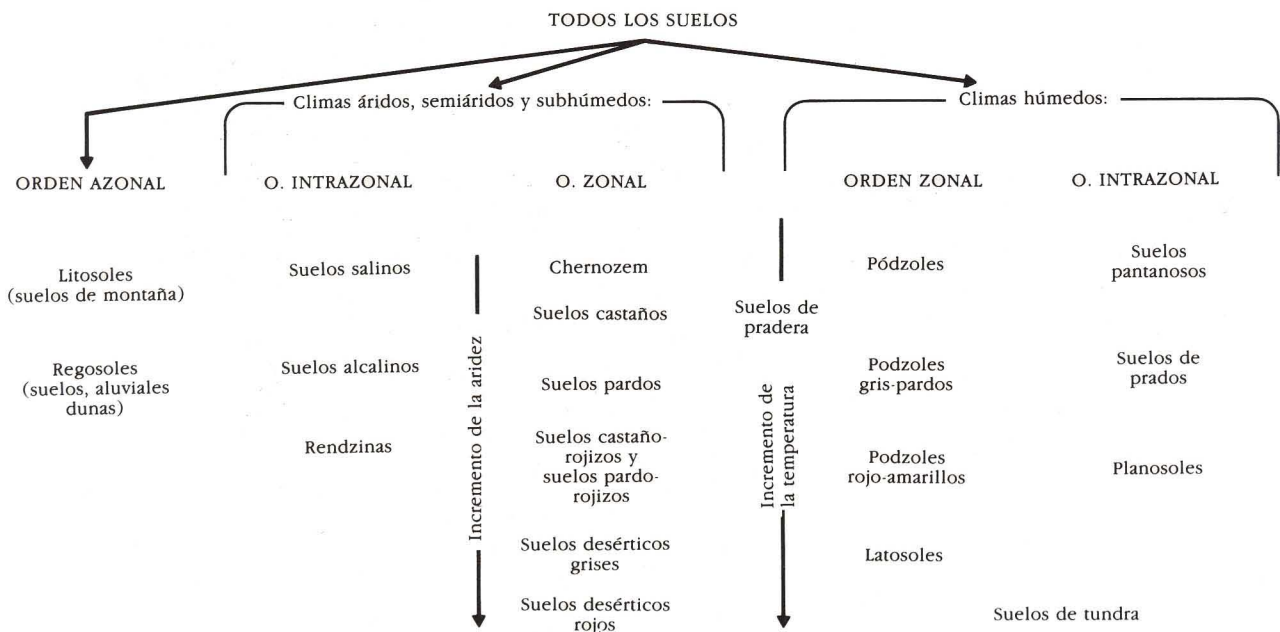


FIGURA 23.10. Sistema de Marbut de clasificación de los suelos del mundo en órdenes de suelos y grandes grupos de suelos.

parte más superior, lindando con la superficie del suelo, tenemos una capa de hojas enmohecidas y de humus ácido; es el horizonte A_0 (Lámina L.4 H). Por debajo de éste, tenemos el horizonte A_1 una capa ácida, de poco espesor, rico en humus y con un color que varía desde el gris pasando por el marrón amarillento, hasta el marrón rojizo. Este horizonte es rico en coloides y es la zona de interacción entre ácidos y bases. Por debajo de éste hallamos el horizonte A_2 , una zona con un característico color clareado. Es un horizonte fuertemente lixiviado del que han sido eliminados los coloides y las bases (Lámina L.6). El proceso de lixiviación corresponde a la eluviación, explicada en el capítulo 22 (véase figura 22.10).

Por debajo del horizonte A_2 del perfil del podzol, tenemos un horizonte B, una zona marronácea que está enriquecida por los coloides y bases arrastrados del estrato superior. El proceso de acumulación corresponde a la iluviación (figura 22.10). El proceso completo de formación del perfil del podzol es conocido como *podzolización*, el cual está ilustrado en la figura 23.4 A.

Los podzoles se encuentran al norte de la región de los Grandes Lagos, sudeste del Canadá, y Nueva Inglaterra (figura 23.11). Este tipo de suelos tienen una pobre fertilidad. La lixiviación de importantes componentes vegetales se puede observar a través de la asociación de los bosques de pináceas con el suelo. Las coníferas necesitan poca cantidad de cationes básicos, en consecuencia, los árboles no reponen estas bases a la superficie del terreno a partir de la cual, si se hiciese, podrían retornar a los horizontes superiores del suelo.

Suelos podzólicos pardo grisáceos

El segundo gran grupo de suelos de climas húmedos es el formado por los *suelos podzólicos pardo grises*. Se diferencian de los podzoles en que la lixiviación es menos intensa y el color del suelo es marronáceo. El horizonte A_1 es un estrato de humus moderadamente ácido. El horizonte A_2 es una zona de lixiviación de color ma-

rrón grisáceo. El horizonte B es una espesa capa con un color que oscila entre el marrón amarillento y el marrón rojizo claro; posee una concentración de coloides y de bases (Lámina L.4 E).

Los suelos podzólicos gris-marrones ocupan una extensa zona de la región oriental y central de los Estados Unidos, donde la media anual de precipitación oscila entre 90 y 100 cm. Cuando son tratados con cal y fertilizantes, este tipo de suelos tienen un elevado rendimiento agrícola, sobre el que se desarrolla una amplia diversidad de cultivos, así como un gran desarrollo de la ganadería con vistas a la producción de leche. Como una transición entre los suelos podzólicos gris marrones y los podzoles, tenemos los *suelos podzólicos pardos*, que se localizan en Nueva Inglaterra, y cuya posición la mostramos en la figura 23.11.

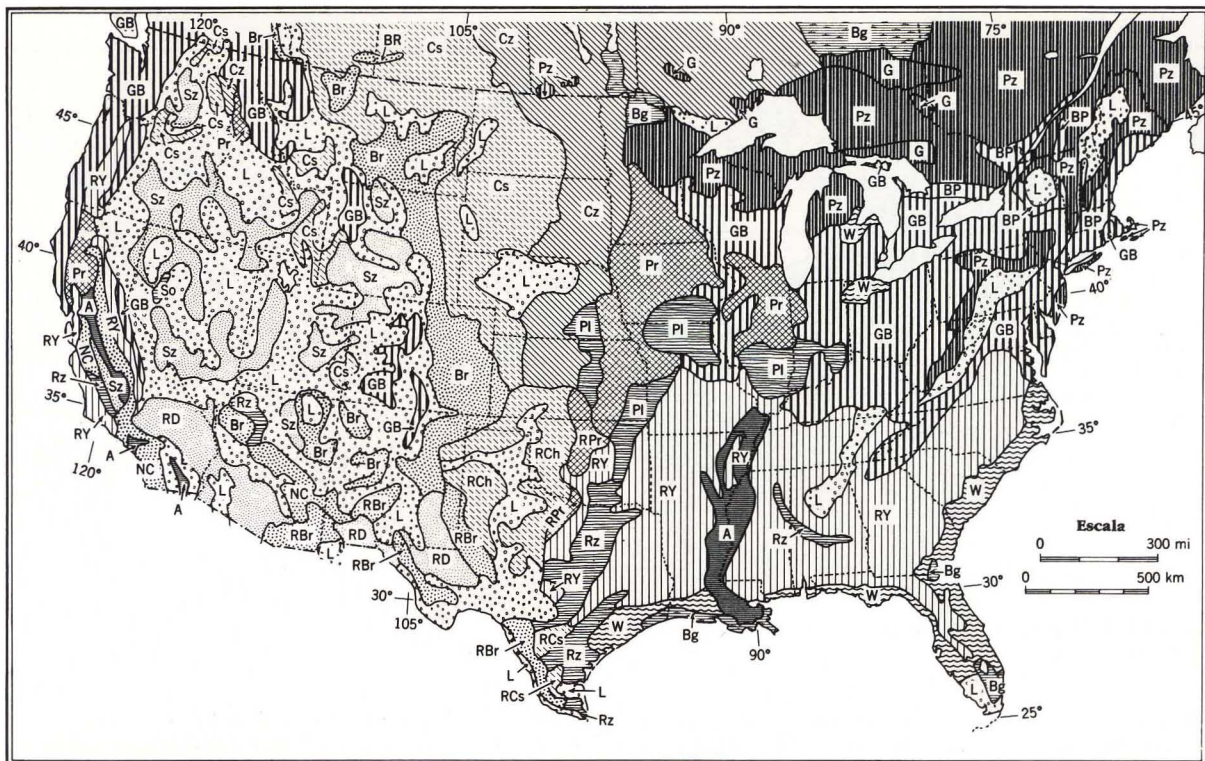
Suelos podzólicos rojo amarillentos

Al sur de los suelos podzólicos gris-marrones, en la zona cálida y que comprende la zona de clima húmedo subtropical yace una gran área de *suelos podzólicos rojo amarillos*. Corresponden al tipo podzólico y muestran la característica lixiviación del horizonte A_2 (Lámina L.4 C). Los cálidos veranos y los atemperados inviernos favorecen la acción bacteriana que consume gran parte del humus. Los colores típicos, rojo y amarillo, se deben a los sesquióxidos de hierro. Los sesquióxidos de aluminio también son abundantes en estos suelos.

Los suelos podzólicos rojoamarillos responden bien a un tratamiento con fertilizantes y han sido importantes productores de tabaco, algodón y cacahuetes. Los suelos amarillos formados sobre regolito arenoso y fuertemente lixiviado mantienen bosques de pinos "copas altas", de largas hojas y productores de resina.

Latosoles

Los suelos de las zonas tropicales y ecuatoriales, cálidas y húmedas pertenecen a la clase de los *latosoles* (figu-



SUELOS ZONALES

- Pz Suelos podzólicos
- G Suelos grises arbolados (Canadá)
- BP Suelos podzólicos pardos
- GB Suelos podzólicos gris pardos
- RY Suelos podzólicos rojos y amarillos
- Pr Suelos de pradera
- RPr Suelos rojizos de pradera
- Cz Suelos chernozems
- Cs Suelos castaños
- RCh Suelos castaños rojizos
- Br Suelos pardos
- RBr Suelos pardo rojizos
- NC Suelos pardos no calizos (pardos Shantung)

- Sz Sierozem (desérticos grises)
- RD Suelos desérticos rojos

SUELOS INTRAZONALES

- PI Planosols
- Rz Rendzinas
- So Suelos solonchak y solonetz
- W Wiesenböden, podzols con aguas freáticas y suelos semipantanosos
- Bg Suelos pantanosos

SUELOS AZONALES

- L Litosols y suelos poco profundos, sobre arenas, lechos de lava
- A Suelos aluviales

FIGURA 23.11. Suelos de 48 estados contiguos de Estados Unidos y Canadá. (Modificado y simplificado del mapa de asociaciones de suelos de los Estados Unidos, según el Departamento de Agricultura de los EE.UU., Soil Survey Division, en *Yearbook of American Agriculture, 1938*, publicado por U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. y Atlas of Canada, 1957, Lámina 35, publicado por Canada Dept. of Mines and Technical Surveys.)

ra 23.10, tabla 23.2). Están caracterizados por los siguientes aspectos: 1) La descomposición química y mecánica de la roca madre es completa, debido sobre todo a las condiciones favorables al calor y humedad; 2) la sílice ha sido casi completamente lixiviada del suelo; 3) los sesquióxidos de hierro y aluminio se han acumulado en el suelo en forma de abundantes y permanentes residuos materiales; 4) carencia completa o casi completa de humus debido a la rápida acción bacteriana; 5) el suelo es característicamente rojizo debido a la presencia de sesquióxidos de hierro (Lámina L.4 B). La suma total de los procesos asociados con el desarrollo de los latosoles es denominado *laterización* (véase figura 23.4 B).

Los latosoles son altamente favorables al crecimiento de la pluvisilva perenne de hojas anchas, del clima ecua-

torial lluvioso. Otras extensas áreas con bosques de pluvisilva y monte arbolado son las asociadas con el clima tropical seco y húmedo. Los latosoles pierden rápidamente su fertilidad bajo cultivos agrícolas, puesto que la excesiva lixiviación ha eliminado los nutrientes vegetales en toda la delgada capa superficial. Relacionada con las partes más profundas del perfil tenemos las lateritas, un material que se endurece hasta adquirir una consistencia rocosa bajo una exposición a los efectos de secado del aire (capítulo 17).

No todos los suelos de los climas tropicales y ecuatoriales húmedos son verdaderos latosoles. Las variaciones dentro del grupo de los latosoles incluyen los suelos lateríticos marrón rojizos (tabla 23.2). Un tipo de suelos completamente diferente a los latosoles son los suelos

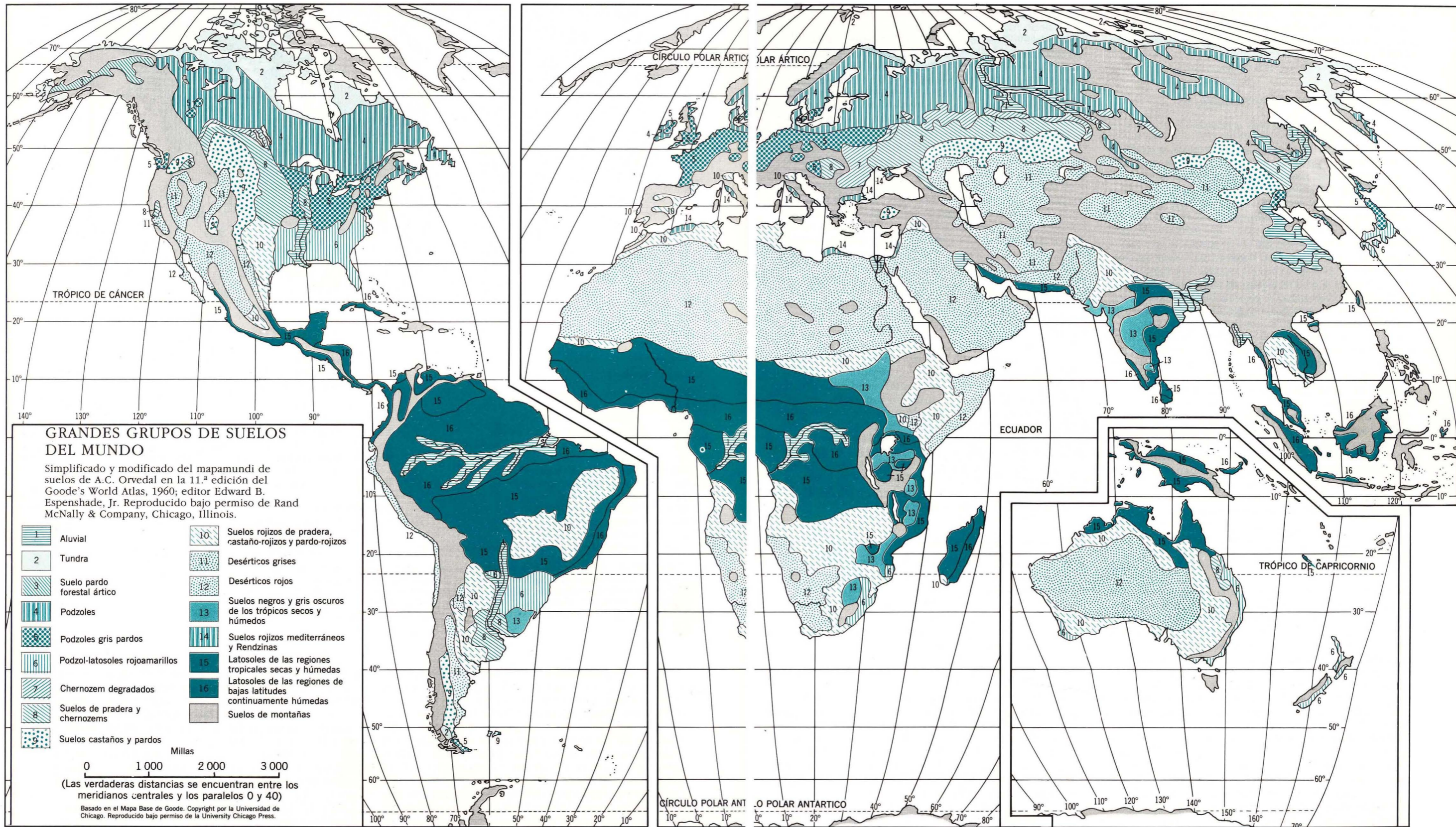


FIGURA 23.12. Mapamundi de los grandes grupos de suelos de acuerdo con el sistema de clasificación de Marbut. (Adaptado y simplificado a partir del mapa de A.C. Orvedal, Departamento de Agricultura de los EE.UU.)

tropicales negros y gris oscuros que se encuentran en regiones elevadas de África y la India, allá donde predominan los climas tropical seco y húmedo (figura 23.12, Lámina L.4 D). En ciertos lugares estos suelos oscuros coinciden con extensas áreas de lavas basálticas, como es el caso del antiplano del Deccan, en la India.

SUELOS HIDROMORFOS (INTRAZONALES)

Los *suelos hidromorfos* son aquellos suelos intrazonales asociados con marismas, terrenos pantanosos, o terrenos elevados mal drenados en climas que muestran una excesiva humedad. Tres grandes grupos de suelos se encuentran dentro de esta categoría (tabla 23.2).

Los *suelos pantanosos* están formados bajo vegetación palustre en regiones con climas continentales fríos y húmedos. La glaciación continental ha creado numerosas cuencas con poca profundidad favorables a la formación de terrenos pantanosos. Los vegetales parcialmente descompuestos se acumulan en una espesa capa superior de turba (Lámina L.4 A). Por debajo de esta turba se encuentra, a menudo, una capa de arcillas, humedecidas, poco estructuradas y conocidas como *glei* (o *gley*) de color gris azulado, muy impermeable a la filtración del agua.

Los *suelos de prados* (*Wiesenböden* en la figura 23.11) están formados por lechos de inundación de ríos donde el drenaje es ligeramente mejor que en los terrenos pantanosos, pero pobre sin embargo. Una capa densa y rica en humus se desarrolla sobre un horizonte *glei* humedecido (Lámina L.4 I).

Los *planosoles*, otro tipo perteneciente al orden de los suelos intrazonales, son suelos fuertemente lixiviados que se desarrollan sobre lugares planos o con una pendiente suave en superficies elevadas. Los horizontes del suelo son anormalmente gruesos (véase figura 22.9). Los planosoles tienen un horizonte arcilloso denso y grueso en climas húmedos. En climas subhúmedos estos suelos tienen un horizonte denso y cimentado.

SUELOS DE TUNDRA

Los suelos de tundra se extienden en las regiones pertenecientes a las altas latitudes con clima de tundra, y que pueden ser considerados como zonales, junto a los podzoles (figura 23.11). De otra parte, debido a su pobre drenaje, son clasificados, algunas veces, como intrazonales. La alteración química de los minerales es lenta en un régimen frío, y parte del substrato está fragmentado por la acción mecánica de meteorización. Abunda el humus bruto turba. Los suelos de tundra no tienen un perfil característico, pero están compuestos por capas delgadas de arcilla arenosa y humus bruto.

En parte de Alaska Central, principalmente en los valles de los ríos Yukón y Tanana, son suelos oscuros a los que se les ha asignado el calificativo de "gran grupo de suelos" tal como el *suelo ártico forestal pardo* (tabla 23.2, figura 23.12). El perfil tiene un horizonte A_1 grueso, oscuro y rico en materia orgánica. Hacia el interior el suelo gradaba hacia colores marrones claros, finalizando con un horizonte C gris. Estos suelos pueden haberse originado sobre una capa inicial de limos eólicos (loess).

SUELOS DE CLIMAS ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS

Chernozems

Entre los suelos zonales de los climas semiáridos y subhúmedos de las latitudes medias, el más característico y de mayor difusión, dentro de los grandes grupos de suelos, son los *chernozems* (figura 23.12). Un perfil típico de chernozem está compuesto básicamente de dos capas (figura 23.5 y Lámina L.5 J). Inmediatamente por debajo del césped encontramos una capa oscura rica en humus, el horizonte A, con un metro de espesor. En esta capa la estructura del suelo es nufiforme o de bloques. El horizonte va gradando hacia el interior hasta formar el horizonte B de color marrón o marrón amarillento, separándose con una línea claramente definida de demarcación del horizonte C, más claro (Lámina L.3, Lámina L.6). Los suelos chernozem son ricos en calcio, el cual aparece en exceso formando un precipitado de carbonato de calcio en el horizonte B, en su parte inferior, o justo por debajo de él.

Los chernozems, junto con sus parientes suelos castaños y los pardos, desde hace tiempo han llamado la atención de los edafólogos rusos. Este tipo de suelos ocupan una enorme extensión de Ucrania, rodeando el mar Negro en su lado occidental, oriental y septentrional, y continúan internándose, a modo de un gran cinturón, hacia el este, en el interior de Asia (figura 23.12). Estos mismos grupos de suelos son importantes en los Estados Unidos y Canadá, donde forman un cinturón Norte-Sur a través de los Great Plains e internándose en el centro de Texas (figura 23.11). La localización continental de este grupo de suelos corresponde a unos climas con veranos calurosos y fríos inviernos. Los períodos de sequía, con una fuerte evaporación, secan en gran manera el perfil, de forma que los bosques no tienen facilidades para desarrollarse; sí en cambio, las hierbas de rápida floración. La presencia de una capa superficial de limos de origen eólico (loess) ha favorecido especialmente el desarrollo de estos grandes grupos de suelos.

Suelos de pradera (brunizems)

Entre los suelos chernozem y los podzol gris-pardos de la región central de los Estados Unidos, se ubica una zona de *suelos de pradera* (o *brunizems*); forman un grupo de transición (figuras 23.10 y 23.11). En esta zona los promedios de precipitación anual se sitúan entre 60 y 100 cm disminuyendo rápidamente a medida que nos desplazamos hacia el oeste a través del cinturón. Los suelos de pradera tienen un perfil similar al de los chernozems, pero difieren en lo que se refiere a la ausencia de carbonato de calcio (Lámina L.5 L). Al sur de los suelos de pradera, en los Estados Unidos, tenemos un área lindante pequeña de *suelos de pradera rojizos* (tabla 23.2, figura 23.11). Son, en líneas generales, similares a los de pradera, pero difieren en cuanto al color que es pardo-rojizo. Los suelos de pradera son extremadamente productivos, y en ellos se combina la fertilidad de los chernozems con un poco de clima húmedo. El cultivo más relevante que se da en él es el maíz.

Suelos castaños y suelos pardos

En los costados áridos de los chernozems, tanto para América del Norte, como para Eurasia, se encuentran los

cinturones de *suelos castaños* y de *suelos pardos* (figura 23.12). El perfil del suelo castaño es bastante semejante al de los chernozems, pero contiene menor cantidad de humus, de modo que pierde la oscuridad de su color. Los suelos castaños son fértiles bajo condiciones de una adecuada precipitación o bien si se proporciona riego. Se hallan en zonas marginales, un tanto arriesgadas para su habitación, en las que alternan secuencias de sequía junto con períodos de una adecuada precipitación.

Los suelos castaños se encuentran entre los castaños y los suelos desérticos. Al oeste de los Estados Unidos, los suelos pardos forman una franja de dirección Norte-Sur a lo largo de los High Plains y extendiéndose hacia las laderas orientales de las Rocosas (figura 23.11). El perfil de los suelos pardos se muestra en la Lámina L.5 M, el cual revela una acumulación de carbonato cálcico muy endurecido en el horizonte C. El horizonte B muestra una estructura prismática. La pradera baja es la formación natural de este tipo de suelos, que son extensamente utilizados como pastos para carneros y ganadería en general.

Suelos castaño-rojizos y pardo-rojizos

Se extienden por las regiones semiáridas y subhúmedas de las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Su color en las partes próximas a la superficie es pardo rojizo, para luego, más hacia el interior, pasar a un subsuelo de color rojo o pardo-rojizo más denso y llegar finalmente a una zona de acumulación de las calizas. Este tipo de suelos se les conoce como *suelos castaño-rojizos* y *suelos pardo-rojizos* (figura 23.10, tabla 23.2). Estos suelos se encuentran en las regiones de clima tropical seco y húmedo con una corta estación lluviosa y en los subclimas de estepa de bajas latitudes que los rodean. También ocupan las regiones de bajas latitudes de climas monzónicos y en Australia y en la región mediterránea, los climas de regiones mediterráneas (figura 23.12). En todas estas regiones las altas temperaturas del aire y las grandes deficiencias de agua son características durante una estación del año. La aridez en el ciclo estacional explica la presencia de carbonato cálcico en los estratos inferiores de estos suelos, mientras que el color rojo significa una abundancia de sesquióxidos de hierro que tienden a acumularse bajo un clima cálido.

Suelos grises desérticos y suelos rojos desérticos

Los suelos de latitudes medias y de los desiertos tropicales se hallan en dos grandes grupos de suelos basados en el color: son los *suelos grises desérticos* y los *suelos rojos desérticos* (figura 23.10 y tabla 23.2).

Los suelos grises desérticos (también llamados *sierozems*) han adquirido un buen desarrollo en Wyoming y en los desiertos de Nevada, en la zona occidental de Utah y en las regiones meridionales de Oregón y de Idaho (figura 23.11). Los suelos grises desérticos contienen poca cantidad de humus debido a la dispersión de la vegetación. Su color oscila entre el gris claro y el marrón grisáceo. Los horizontes están presentes, pero no son muy notables. Los excedentes de carbonato cálcico se encuentran a profundidades de más de 30 cm y toman un aspecto de costras calcáreas o caliche. En algunos lugares este depósito de carbonato tiene la apariencia de una capa rocosa dura (Lámina L.5 O).

En los desiertos tropicales más áridos y calurosos se encuentran los suelos rojos desérticos (figura 23.12). Su color oscila entre el gris-rojo pálido al rojo muy intenso (Lámina L.5 N). Los horizontes están pobremente desarrollados; la textura es a menudo gruesa, con algunos fragmentos de roca madre a lo largo del perfil. Al igual que en los suelos anteriores, se pueden encontrar depósitos de carbonato de calcio.

SUELOS HALOMORFOS (INTRAZONALES)

Los *suelos halomorfos* clasificados como intrazonales, se encuentran en los márgenes de cuencas lacustres desérticas poco profundas o playas. En ellas las sales precipitan en forma de capas de limos y arcillas. Se conocen dos grandes grupos de suelos de este tipo: suelos salinos (*solonchak*) y suelos alcalinos (*solonetz*) (figura 23.10, tabla 23.2 y Lámina L.5 P).

Los *suelos salinos* (o *solonchak*) contienen cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos de sodio, calcio, magnesio y potasio. Estos suelos son de color claro y muestran unos horizontes pobremente desarrollados (Lámina L.5 P). Los suelos alcalinos muestran un predominio de sales sódicas, especialmente carbonato de sodio.

Suelos calcimorfos (intrazonales)

Otra clase de suelos intrazonales es la de los *suelos calcimorfos* (tabla 23.2). Estos suelos están fuertemente influenciados por la presencia de un substrato rico en carbonato cálcico. Un importante ejemplo de este tipo de suelos es el gran grupo de las *rendzinas* (figura 23.10, Lámina L.5 K).

Las *rendzinas* presentan una capa superficial gris oscura o negruzca, superpuesta a un material gris claro o blanco muy rica en caliza (Lámina L.5 K). El perfil del suelo puede aparentar una cierta inmadurez en su formación. Las *rendzinas* en los Estados Unidos se hallan en parcelas relativamente pequeñas limitadas en lugares geológicamente favorables. Un lugar particularmente interesante es el Cinturón Negro de Alabama y Mississippi, unas llanuras delimitadas por terrenos con caliza poco consistente (figura 23.11).

VISIÓN RETROSPECTIVA DEL SISTEMA MARBUT

El sistema de clasificación de los suelos de Marbut comenzó a experimentar dificultades en los años posteriores a la II Guerra Mundial, a medida que se intensificaban los estudios sobre suelos y se extendían por las regiones de bajas latitudes de África, Sudamérica, Eurasia y Australia. Importantes y nuevos tipos de suelos fueron identificados y añadidos a la clasificación de Marbut, que inicialmente había sido diseñada para su empleo en las latitudes correspondientes a Norteamérica y Eurasia. En la década de los cuarenta, los edafólogos habían llegado a la opinión generalizada de que el conocimiento de los procesos de formación de los suelos de las bajas latitudes no era lo suficientemente avanzado como para poder otorgar una base suficientemente válida de trabajo, necesaria para una clasificación de los suelos del mundo. De este modo, el cuerpo de científicos del U.S. Department

of Agriculture, decidió comenzar de nuevo y construir un nuevo sistema de clasificación de los suelos, y con él, un nuevo sistema de nomenclatura para cada suelo que pudiera ser definido estrictamente sobre las bases de unas propiedades mensurables del perfil, como podían ser los regímenes hídricos y térmicos. Aunque el resultante Sistema de Clasificación completo de los suelos, cubierto en la primera parte de este capítulo, es actualmente el

que se utiliza preferentemente en las investigaciones efectuadas por los edafólogos en los Estados Unidos, en otros países sin embargo el sistema diseñado por Marbut sigue siendo utilizado en un nivel introductorio, pues suministra las bases de una amplia apreciación de la geografía de los suelos del mundo y sus relaciones con los climas del globo y con los modelos globales de vegetación natural y tipo de agricultura.

EL SISTEMA CANADIENSE DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS*

La creación en el año 1940 del Comité Nacional del Servicio del Suelo fue un acontecimiento en el desarrollo de la clasificación de suelos y de la pedología, en general, en Canadá. Anteriormente a esta fecha, el Sistema de Marbut (U.S.D.A.) fue empleado en este país, pero aunque la experiencia canadiense mostró que el concepto de suelos zonales era aplicable en las grandes llanuras occidentales, se demostró también que apenas servía en el Canadá Oriental, donde el substrato y los factores del relieve ejercían una influencia dominante sobre las propiedades del suelo y el desarrollo en muchas áreas.

Los pedólogos canadienses observaron minuciosamente la evolución del Sistema Completo de Clasificación de los Suelos, que se estaba realizando en los EE.UU. (SCCS) durante la década de los cincuenta y la de los sesenta, y finalmente adoptaron bastantes e importantes logros de este nuevo sistema. Sin embargo, los especiales requerimientos de un sistema nacional que fuera práctico para el Canadá, conllevó al establecimiento de un sistema de clasificación independiente. Debido a que este país se hallaba completamente en una zona orientada hacia el Polo, en latitudes superiores a los 40° N, no había necesidad de incorporar todos aquellos órdenes que se encontraban en las bajas latitudes. Más aún, la vasta extensión del territorio canadiense lindando con los climas de bosque boreal y de tundra, necesitaba del reconocimiento, en el nivel taxonómico más elevado (el orden), de suelos de las regiones frías, los cuales dentro del SCCS aparecen como subórdenes y aun como incluidos dentro de los grandes grupos —por ejemplo los *criaquents* y *criorthents*— que ocupan gran parte del mapa de suelos del norte de Canadá, sobre el paralelo 50° (Lámina L.2).

La filosofía predominante del sistema canadiense es del todo pragmática: el propósito es el conocimiento de los suelos en una vía razonable y práctica. El sistema es natural o taxonómico en el que las clases (taxones) se basan sobre propiedades de los suelos en sí, y no sobre interpretaciones de los suelos para sus diferentes utilidades. De esta manera, los taxones son conceptos basados sobre generalizaciones de las propiedades de las masas reales de los suelos, antes que conceptos idealiza-

dos de los tipos de suelos que resultarían de la acción de presumibles procesos genéticos. Al respecto, esta filosofía concuerda con la que subyace en la del SCCS. Aunque los taxones en el sistema canadiense están basados sobre propiedades del suelo reales, que pueden ser observados y medidos, el sistema posee además un sesgo genético; aquellas propiedades o conjunto de propiedades que reflejan una génesis están favorecidas como distintivo en los taxones más elevados. De esta manera aquellos suelos que se hallan juntos dentro de un único orden de suelos, se contemplan como el producto de una secuencia similar de procesos de formación de los suelos dominantes, resultantes de unas condiciones climáticas bastante similares.

El Sistema Canadiense reconoce el pedon como unidad básica de los suelos y lo define tal como lo hace el SCCS. Los grandes horizontes minerales del suelo (A, B y C) también se definen de forma similar al sistema de los EE.UU. De esta manera se puede inferir que el sistema de clasificación canadiense de los suelos está más emparentado con el estadounidense que con cualquier otro. Ambos son sistemas jerárquicos y los diversos taxones se definen sobre bases mensurables de las propiedades de los suelos. Sin embargo, difieren en bastantes aspectos. El Sistema Canadiense está diseñado para clasificar los suelos que se encuentran en Canadá solamente y no es un sistema integrado. El Sistema Estadounidense, por su parte, incluye los subórdenes, un nivel no reconocido en el canadiense. Puesto que el 90 % de la superficie de Canadá no es apropiada para la agricultura, el sistema canadiense no reconoce como horizontes de diagnóstico a aquellos que están fuertemente afectados por el arado y la aplicación de acondicionadores y fertilizantes en los suelos.

Horizontes del suelo y otras capas

Las definiciones de clases en el Sistema canadiense están basadas principalmente sobre los tipos, grados de desarrollo y las secuencias de los horizontes de los suelos y otras capas en los pedons. Los horizontes minerales más importantes son el A, B y C. Los horizontes orgánicos principales son el L, F y H, que son esencialmente lechos forestales con diferentes niveles de descomposición, y el O, que deriva principalmente de terrenos pantanosos, marismas o vegetación palustre. Las subdivisiones de los horizontes se denominan añadiendo unos sufijos en minúsculas a los símbolos de los horizontes mayores; por ejemplo, Ah, o Ae.

*A lo largo de la presente sección, numerosas oraciones y frases han sido tomadas palabra por palabra o parafraseadas del siguiente trabajo: Canada Soil Survey Committee, *The Canadian System of Soil Classification*, Rama de Investigación del Departamento de Agricultura de Canadá. Publicación 1646, 1978. Tabla 23.3 y figura 23.13., han sido también recogidas de la misma fuente.

Tabla 23.3. *Subhorizontes y horizontes orgánicos del Sistema Canadiense de Clasificación de los Suelos*

Subhorizontes: sufijos en minúsculas

- b* Horizonte del suelo enterrado
- c* Horizonte pedogénico cimentado (irreversible)
- ca* Horizonte con enriquecimiento secundario de carbonatos, en el que la concentración de caliza supera a un sustrato empobrecido
- e* Horizonte caracterizado por eluviación de arcillas, hierro, aluminio, o materia orgánica sola o combinada
- f* Horizonte enriquecido con material amorfo, principalmente Fe y Al combinado con materia orgánica; rojizo en zonas próximas a su límite superior y amarillento en las partes inferiores
- g* Horizonte caracterizado por colores grisáceos, o muy moteado, o ambas cosas a la vez, indicativas de una permanente o intensa reducción
- b* Horizonte enriquecido con materia orgánica
- j* Utilizado como un modificador de los sufijos e, f, g, n y t, que denota los límites específicos del sufijo que modifica, a excepción de no poder encontrarlos
- k* Denota la presencia de carbonatos lo cual viene indicado por una visible efervescencia cuando se aplica HCl al suelo
- m* Horizonte ligeramente alterado por hidrólisis, oxidación o soluciones, o las tres juntas, que dan un cambio en el color o en la estructura, o ambas cosas a la vez
- n* Horizonte en el que la proporción de Ca intercambiable a Na intercambiable es de un 10 % o menor. Debe además tener las siguientes características morfológicas distintivas: estructura columnar o prismática, revestimientos oscuros sobre la superficie de los pedos y una consistencia dura o muy dura cuando estén secos
- p* Horizonte perturbado por las actividades del Hombre, tales como el cultivo, tala de árboles y el poblamiento
- s* Horizonte de sales, incluyendo el yeso que puede ser detectado como cristales o vetas o como una costra superficial de cristales de sal
- sa* Horizonte con un enriquecimiento secundario de sales más solubles que los carbonatos de Ca y Mg; la concentración de sales supera la que se puede encontrar en un empobrecido sustrato
- t* Horizonte iluvial enriquecido con silicatos de arcilla
- u* Horizonte notablemente desorganizado debido a procesos físicos o faunísticos diferentes de la crioturbación
- x* Horizonte con carácter de fragipan (Un fragipan es un horizonte subsuperficial margoso con una densidad de bloques elevada y con muy bajo contenido en materia orgánica)
- y* Horizonte afectado por la crioturbación manifiesta por unos horizontes y muy desorganizados o rotos, por incorporación de materiales procedentes de otros horizontes y clasificación mecánica de estos materiales
- z* Estrato helado

Horizontes orgánicos

- O* Horizonte orgánico desarrollado principalmente a partir de musgos, juncos y material leñoso
- L* Horizonte orgánico caracterizado por una acumulación de materia orgánica procedente de hojas, leña menuda, material leñoso y en el que las estructuras originales son fácilmente identificables
- F* Lo mismo que L, en líneas generales, pero las estructuras originales son difícilmente reconocibles
- H* Horizonte orgánico caracterizado por materia orgánica descompuesta y en la que las estructuras originales son inidentificables

Los principales horizontes minerales A, B y C se definen de la siguiente manera:

- A: Horizonte mineral formado en o cerca de, la superficie en la zona de lixiviación o eluviación de materiales en solución o suspensión, o de máxima acumulación *in situ* de materia orgánica, o ambas cosas a la vez.
- B: Horizonte mineral caracterizado por un enriquecimiento de materia orgánica, sesquióxidos, o arcilla; o por el desarrollo de una estructura del suelo o por cambios de color que denota una hidrólisis, reducción u oxidación.
- C: Horizonte mineral relativamente inafectado por los procesos pedogénicos que operan en los horizontes anteriores A y B. Los procesos de gleización y la acumulación de calcio y magnesio y sales solubles pueden darse en este horizonte.

Los sufijos en minúsculas utilizados para designar las subdivisiones de los horizontes están indicados en la tabla 23.3.

Órdenes de suelos del Sistema Canadiense

Los grandes taxones del Sistema Canadiense están formados por nueve órdenes de suelos. Catalogados siguiendo un orden alfabético son los siguientes:

Brunisólico	Gleysólico	Podzólico
Chernozémico	Luvisólico	Regosólico
Criosólico	Orgánico	Solonétzico

La tabla 23.4 cataloga los grandes grupos dentro de cada orden.

Orden brunisólico

La característica fundamental del *orden brunisólico* es la de que presentan unos horizontes Bm de color pardusco bajo vegetación forestal. Pueden estar bien drenados y canalizar bien el agua o con un drenaje imperfecto. Se pueden encontrar en una gran variedad de medios climá-

Tabla 23.4. *Grandes Grupos de Suelos del Sistema Canadiense de Clasificación de los Suelos*

Orden	Gran grupo
Brunisólico	Brunisol melánico Brunisol éútrico Brunisol sómbrico Brunisol dístrico
Chernozémico	Pardo Pardo oscuro Negro Gris oscuro
Criosólico	Criosol túrbico Criosol estático Criosol orgánico
Gleysólico	Gleysol húmico Gleysol Gleysol lúvico
Luisólico	Luisol gris pardo Luisol gris
Orgánico	Fibrisol Mesisol Humisol Folisol
Podzólico	Podzol húmico Podzol ferrohúmico Podzol humoférrico
Regosólico	Regosol Regosol húmico
Solonéztico	Solonetz Solonetz solodizado Sólod

ticos y vegetales incluyendo los bosques boreales; bajo bosque mixto, arbustos y hierbas o con brezales y tundra. Comparados con los suelos chernozémicos, que en su modelo ideal carecen de horizonte B, los brunisólicos presentan un ligero horizonte B de acumulación, lo cual se puede atribuir a la humedad del medio. Este tipo de suelos carecen del horizonte B de diagnóstico podzólico propio de los suelos podzólicos, en los que la acumulación en el horizonte susodicho está fuertemente desarrollado. Los brunisoles melánicos mostrados en el perfil de la figura 23.13 pueden encontrarse en St. Lawrence Lowlands bordeando los suelos podzólicos (figura 23.14). Quizás los suelos brunisólicos se podrían entender en sus rasgos generales como el equivalente de los suelos forestales pardos de la clasificación de Marbut.

Orden chernozémico

El rasgo que define el *orden chernozémico* es el de que son suelos bien o imperfectamente drenados, con horizontes superficiales oscurecidos por la acumulación de materia orgánica de la descomposición de vegetación herbácea xerofítica o mesofítica y forman comunidades representativas de praderas o bosques con prados, con

asociación de arbustos y forbiáceas. La mayor extensión de este tipo de suelos se encuentra en las frescas llanuras interiores del oeste del Canadá, subhúmedas o subáridas. La mayor parte de los suelos chernozémicos están helados durante algún tiempo cada invierno, y durante el verano también se secan por algún período. La temperatura media anual es superior a los 0° C, pero inferior a los 5,5° C. El clima asociado con este orden de suelos es generalmente la variedad semiárida (o de estepa) de los climas secos de latitudes medias (figura 23.14).

Un aspecto esencial en la definición de los suelos de este orden es que deben poseer un horizonte A (generalmente Ah) en el que se ha acumulado la materia orgánica, además de otros requerimientos. Los horizontes A tienen por lo menos 10 cm de espesor; su color puede variar entre el marrón oscuro y el negro. Generalmente tienen una buena estructura, suficiente para que no adquiera un aspecto macizo y duro, como tampoco un aspecto blando y suelto cuando se seca. El perfil mostrado en la figura 23.13 corresponde al subgrupo Orthic del gran grupo de los suelos pardos; muestra un horizonte Bm que es normalmente de estructura prismática. El horizonte C es de acumulación de calizas (Cca). Los suelos chernozémicos pueden identificarse con los chernozems, los suelos castaños y los pardos de la clasificación de Marbut y con los mollisoles en el SCCS.

Orden criosólico

Los suelos del *orden criosólico* ocupan gran parte del tercio norte de Canadá, donde el permafrost permanece próximo a las superficies tanto de los depósitos orgánicos como de los minerales. Los suelos criosólicos predominan al norte de la línea límite del arbolado, son comunes en el área forestal subártica en suelos con una textura fina, y se extienden en los bosques boreales en algunos materiales orgánicos y en ciertas áreas alpinas de regiones montañosas. La crioturbação (intensa perturbación ocasionada por la actividad de hielo y deshielo) es típica de estos suelos, y puede ser indicada mediante ciertas formaciones en el terreno en forma de redes con clasificación de piedras o no, círculos, polígonos, estrías y hummoks.

Los suelos criosólicos están formados tanto por material mineral como orgánico, que presentan permafrost a un metro o dos de la superficie, si más de un tercio del pedon ha sido fuertemente crioturbação, lo cual viene indicado por una interrupción, mezcla o rotura de los horizontes. El perfil que se muestra en la figura 23.13 pertenece al subgrupo Orthic del gran grupo de suelos Criosol Estático. Obsérvese la presencia de horizontes superficiales orgánicos L, H y O, así como el delgado horizonte Ah. Los suelos criosólicos están estrechamente relacionados con los suelos de tundra del Sistema de Marbut y los crioquepts del SCCS.

Orden gleysólico

Lo suelos del *orden gleysólico* tienen marcas que indican una saturación periódica o prolongada de agua, y condiciones de reducción. Se encuentran generalmente en asociación poco uniforme con otros suelos en el paisaje. Los suelos gleysólicos se relacionan, corrientemente, con un nivel freático elevado en algún período del año, o bien, están temporalmente saturados sobre una capa rela-

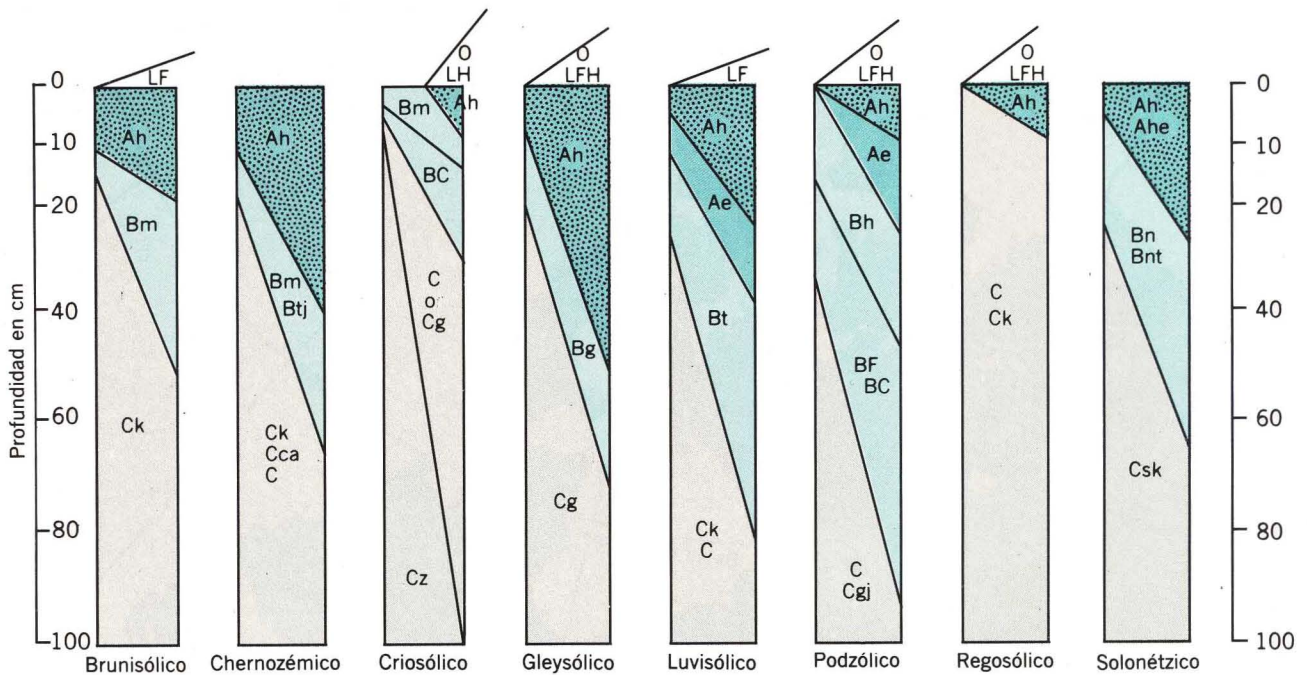


FIGURA 23.13. Perfiles esquemáticos representativos de ocho de los nueve órdenes del Sistema Canadiense de Clasificación de Suelos. Las líneas oblicuas representan la proporción en profundidad y grosor de cada uno de los horizontes. (Los planos horizontales son, en realidad, aproximadamente horizontales dentro del pedon.) Véase la tabla 23.3 para conocer el sentido de la simbología. (Según Canada Soil Survey Committee, Research Branch, Departamento de Agricultura de Canadá, 1978.)

tivamente impermeable. Algunos suelos de este tipo están sumergidos bajo aguas poco profundas a lo largo del año. La vegetación es, por supuesto, higrófila. El perfil que se muestra en la figura 23.13 es del gran grupo de suelos gleysol. Posee un espeso horizonte Ah y el horizonte Bg es grisáceo mostrando un típico policromado de condiciones de reducción.

Orden luvisólico

Los suelos de *orden luvisólico* generalmente tienen unos horizontes eluviales (Ae) con colores claros y unos horizontes B (Bt) iluviales en los que se acumulan silicatos de arcilla. Estos suelos se desarrollan preferentemente en lugares con buen o imperfecto drenaje, sobre un sustrato de margas arenosas o arcillosas con saturación de sus bases, bajo vegetación forestal y en climas que varían de subhúmedos a húmedos y de templados a muy fríos. La génesis de los suelos luvisólicos se cree que presenta tres fases: la suspensión de la arcilla en la solución del suelo, cerca de su superficie; un movimiento hacia el interior de la arcilla suspendida junto con la solución del suelo, y el depósito de la arcilla trasladada hacia la profundidad del perfil, donde cesa el movimiento hacia el interior, o bien se vuelve más lento. El perfil representado en la figura 23.13 corresponde al subgrupo Orthic del gran grupo de los luvisólicos gris-pardos.

Los suelos luvisólicos se encuentran desde el extremo sur de Ontario a la zona donde se forma el permafrost y desde Terranova hasta la Columbia Británica. La mayor área de este tipo de suelos es la que se refiere a los luvisólicos grises, que se encuentran en el centro y la

parte septentrional de los llanos interiores, bajo bosques de caducifolios, perennifolios y coníferas. En este emplazamiento puede relacionarse con los boralfs, correspondientes al orden de los alfisoles en el Sistema de Clasificación Completa de los Suelos. Los luvisólicos gris-pardos del sur de Ontario pueden identificarse como el suborden de los udalfs. Estos últimos también podrían relacionarse con los suelos podzólicos gris-pardos del Sistema de Marbut.

Orden orgánico

Los suelos de *orden orgánico* están compuestos, en su mayor parte, de materiales orgánicos. Componen la mayor parte de los suelos corrientemente conocidos como turba, estiércol o suelos palustres. Los suelos orgánicos contienen un 17% o más de carbono orgánico (30% de materia orgánica) por peso. La mayor parte de este tipo de suelos están saturados de agua durante unos largos y prolongados períodos. Se suelen hallar en depresiones pobremente o muy mal drenadas y terrenos llanos, en regiones de climas subhúmedo o perhúmedo y que proceden de la vegetación que crece en tales emplazamientos. Sin embargo, existe un grupo de suelos orgánicos que están compuestos por capas de hojas muertas superpuestas sobre la roca o material fragmentado; los suelos de este tipo se localizan en pendientes pronunciadas y raramente están saturados por el agua (en la figura 23.13 no se representa ni un perfil de este tipo de suelos). Los suelos orgánicos pueden relacionarse con los suelos pantanosos intrazonales del Sistema de Marbut y con los histosoles del SCCS.

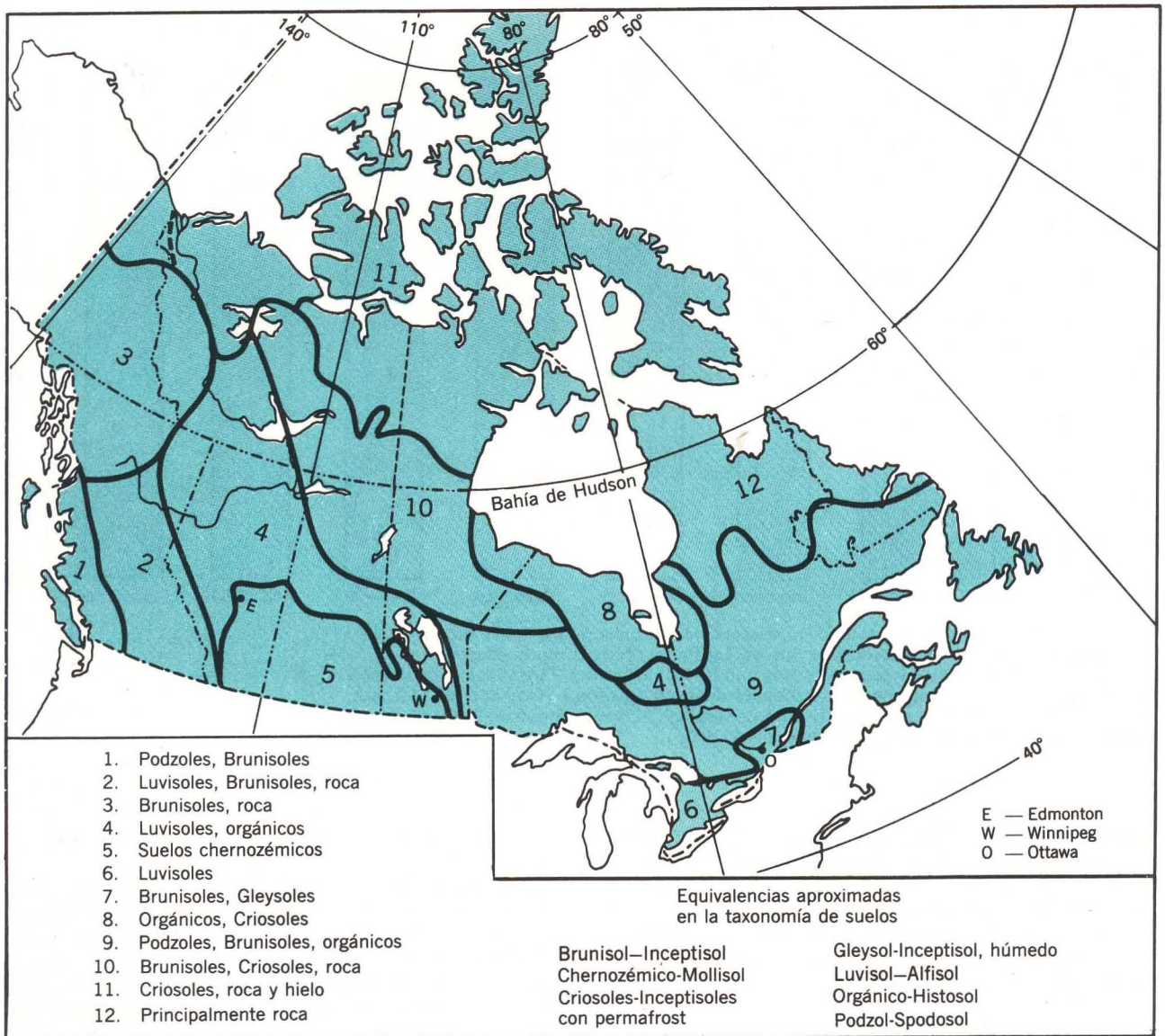


FIGURA 23.14. Mapa generalizado de las regiones de suelos de Canadá (Cortesía del Land, Resource Research Institute, Agriculture Canadá). (La ilustración procede de *Fundamentals of Soil Science*, 7.^a ed., por Henry D. Froth [Wiley, 1984].)

Orden podzólico

Los suelos de *orden podzólico* poseen un horizonte B en el que el producto predominante de acumulación es un material amorfo compuesto principalmente por materia orgánica humificada en diferentes grados, junto con hierro y aluminio. Típicamente este tipo de suelos presenta texturas gruesas o medias, con un substrato ácido, bajo bosques o brezales y en climas que oscilan entre ser muy frescos a muy fríos, y de húmedos a perhúmedos. Los suelos podzólicos pueden ser rápidamente reconocibles en el campo. Poseen generalmente unos horizontes orgánicos superficiales L, F y H. La mayoría de los suelos podzólicos presentan un horizonte B (Bh) cuyos colores varían entre el marrón rojizo y el negro, y su límite superior está claramente definido. El perfil que se representa en la figura 23.13 corresponde al subgrupo Orthic del gran grupo de suelo Podzol Húmedo.

Los suelos podzólicos están estrechamente emparentados con los del mismo nombre en el Sistema de Marbut y con los espososoles (Orthods) del SCCS.

Orden regosólico

Los suelos *regosólicos* tienen unos horizontes ligeramente desarrollados. La carencia en cuanto a la formación de horizontes genéticos se puede explicar de diversas maneras: por la juventud del substrato, o a tierras de reciente aluvión; inestabilidad del material; los aportes coluviales de pendientes expuestas a desprendimientos de tierras; naturaleza del material, por ejemplo arenas formadas en su mayor parte por cuarzo; factores climáticos, condiciones de frío seco. Los suelos regosólicos pueden tener un rápido y buen drenaje, o bien un drenaje imperfecto del agua. Se pueden encontrar en una gran variedad de vegetación y de climas. El perfil representado en la

figura 23.13 corresponde al grupo Orthic del gran grupo de los Regosoles. Tiene solamente una delgada capa de horizonte A húmico (Ah) y un horizonte superficial de materiales orgánicos.

Los regosólicos se corresponden con los litosoles y suelos aluviales azonales del Sistema Marbut y con los entisoles del SCCS.

Orden solonétzico

Los suelos del *orden solonétzico* tienen un horizonte B de dura consistencia cuando están secos y que se convierten en una masa húmeda e hinchada, de muy baja permeabilidad cuando se humedecen. Generalmente el horizonte B de los solonétzicos presenta una macroestructura prismática o columnar que irrumpe en unos pedos, en bloques duros o extraordinariamente duros, con unos recubrimientos oscuros. Los solonétzicos se hallan en lugares que presentan un substrato salino en regiones de características semiáridas o subhúmedas de los llanos del interior, en asociación con los chernozémicos y pequeñas extensiones de suelos luvisólicos y gleysólicos. La mayoría de los solonétzicos están relacionados con una cobertura vegetal de hierbas y forbiáceas. El perfil representado en la figura 23.13 corresponde al subgrupo pardo del gran grupo de los solonetz.

Los solonétzicos se cree que se han desarrollado a partir de un substrato más o menos uniformemente salino, con sales con un elevado contenido en sodio. La lixiviación de las sales por la infiltración del agua de lluvia, probablemente conlleva la desfloculación de los coloides saturados de sodio. Los coloides peptizados (proceso contrario a la floculación) son aparentemente arrastrados hacia el interior del perfil siendo acumulados en el horizonte B. Otras consecuencias de la lixiviación es la reducción de los cationes alcalinos en el horizonte A, el cual deviene ácido y se desarrolla un horizonte Ahe de estructura laminar. La capa inferior subyacente, el horizonte B (Bn, Bnt), está compuesta por pedos columnares compactos, fusionados entre sí y con manchas de color oscuro. Este nivel está seguido por la ruptura estructural de la parte superior del horizonte B y finalmente su completa destrucción, en un nivel más avanzado, proceso conocido como *solodnización*. Los suelos solonétzicos están correlacionados con los suelos intrazona-

les solonetz de la clasificación de Marbut y con el suborden de los argids, en el orden de los aridisols, en el SCCS.

Revisión a los suelos del mundo

A lo largo de dos capítulos, siendo fieles a los elementos básicos de la ciencia del suelo, hemos delimitado importantes conceptos sobre la formación de los suelos y una breve descripción de cada uno de los órdenes y subórdenes. Uno de los temas dominantes ha sido el del papel del clima en la configuración de las características de los suelos. Ello ha permitido un buen empleo del conocimiento de los balances caloríficos e hídricos del globo, y más específicamente del balance hídrico del suelo. Aquellos suelos asociados con unos excedentes de agua, son notablemente diferentes en cuanto a estructura, composición y fertilidad, de aquellos asociados con balances deficitarios del elemento agua en el suelo. De forma sorprendente, los suelos más fértiles, desde el punto de vista de los nutrientes vegetales, son aquellos que se encuentran en climas semiáridos –por ejemplo, los mollisoles–. Un gran excedente en los climas cálidos de agua no ofrece unos suelos agrícolamente ricos debido a que bajo tales condiciones las bases nutritivas son lixiviadas del suelo y las arcillas son alteradas hasta obtener variedades con una baja capacidad para retener cationes básicos, como en los oxisoles, por ejemplo.

Hemos recalado también que el carácter del suelo viene configurado por los organismos que viven en o sobre el suelo. Los tejidos vegetales suministran humus que influenciará profundamente en el perfil. Por otra parte, los vegetales reciben los nutrientes básicos, retrasando o impidiendo de esta manera que escapen del suelo.

En los próximos tres capítulos volveremos al estudio de la biosfera. En primer lugar investigaremos el flujo de energía y la materia de la biosfera. En segundo lugar, desarrollaremos los conceptos básicos de la biogeografía –una aproximación geográfica a los ecosistemas y sus medios–. Y en tercer lugar, examinaremos la distribución global de la vegetación sobre los continentes, en busca de unos modelos de distribución relacionados con los tipos de suelos y controlados por los rasgos climáticos del globo.