

Capítulo 3

Horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico

Antes de usar los horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico, por favor lea las “Reglas para la clasificación de suelos” (Capítulo 2).

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

Los *materiales de diagnóstico* son materiales que influyen significativamente en los procesos edafogénicos o son indicativos de ellos.

A lo largo del siguiente texto, las referencias a los GSRs definidos en el Capítulo 4 y las características de diagnóstico listadas en cualquier otro lugar en este Capítulo se muestran en *itálicas*.

HORIZONTES DE DIAGNÓSTICO

Horizonte antrácuico

Descripción general

Un horizonte *antrácuico* (del griego *anthropos*, humano, y latín *aqua*, agua) es un horizonte superficial modificado por la actividad humana (cultivo húmedo) que comprende una *capa enlodada* y un *piso de arado*.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte *antrácuico* es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y tiene:

1. una capa enlodada con los siguientes colores Munsell, en húmedo, en $\geq 80\%$ del área expuesta:
 - a. un matiz de 7.5 YR o más amarillo, un brillo de ≤ 4 y un croma de ≤ 2 ; **o**
 - b. un matiz de GY, B o BG, y un brillo de ≤ 4 ; **y**
2. un piso de arado subyaciendo a la capa enlodada con todos los siguientes:
 - a. uno o ambos de los siguientes:
 - ai. una estructura laminar en $\geq 25\%$ de su volumen; **o**

- a. tiene un horizonte suprayacente de textura más gruesa con todos los siguientes:
- ai. el horizonte de textura más gruesa no está separado del horizonte árgico por una discontinuidad lítica; **y**
 - aii. si el horizonte de textura más gruesa está directamente sobre el horizonte árgico, su subhorizonte más bajo no forma parte de una capa de arado; **y**
 - aiii. si el horizonte de textura más gruesa no está directamente sobre el horizonte árgico, el horizonte transicional entre el horizonte de textura más gruesa y el horizonte árgico tiene un espesor de ≤ 15 cm; **y**
 - aiv. si el horizonte de textura más gruesa tiene $< 10\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte árgico tiene $\geq 4\%$ (absoluto) más arcilla; **y**
 - av. si el horizonte de textura más gruesa tiene ≥ 10 y $< 50\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, la relación entre arcilla en el horizonte árgico y arcilla en el horizonte de textura más gruesa es ≥ 1.4 ; **y**
 - avi. si el horizonte de textura más gruesa tiene $\geq 50\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte árgico tiene $\geq 20\%$ (absoluto) más arcilla; **o**
- b. tiene evidencia de arcilla iluvial en una o más de las siguientes formas:
- bi. arcilla orientada formando puentes entre $\geq 5\%$ de los granos de arena; **o**
 - bii. revestimientos de arcilla revistiendo $\geq 5\%$ de las superficies en los poros; **o**
 - biii. revestimientos de arcilla cubriendo $\geq 5\%$ de las superficies verticales y $\geq 5\%$ de las superficies horizontales de los agregados; **o**
 - biv. en cortes delgados, cuerpos de arcilla orientada que constituyen $\geq 1\%$ del corte; **o**
 - bv. un coeficiente de extensibilidad linear (COLE) de ≥ 0.04 , y una relación de arcilla fina² a arcilla total en el horizonte árgico mayor en ≥ 1.2 veces que la relación en el horizonte suprayacente de textura más gruesa; **y**
3. ambos de los siguientes:
- a. no forma parte de un horizonte *nátrico*; **y**
 - b. no forma parte de un horizonte *spódico*, a menos que la arcilla iluvial sea evidente por uno o más de los criterios de diagnóstico listados en 2.b; **y**

2 Arcilla fina: diámetro equivalente $< 0.2 \mu\text{m}$.

4. tiene un espesor de un décimo o más del espesor del material *mineral* suprayacente, si está presente, y uno de los siguientes:
 - a. ≥ 7.5 cm (espesor combinado, si está compuesto por láminas), si el horizonte árgico tiene una clase textural franco arenosa o más fina; **o**
 - b. ≥ 15 cm (espesor combinado, si está compuesto por láminas).

Identificación de campo

La diferenciación textural es el rasgo principal para reconocer los horizontes árgicos. La naturaleza iluvial del horizonte árgico puede establecerse usando una lupa de mano de 10 \times . Si ocurren revestimientos de arcilla sobre las superficies de los agregados, en fisuras, en poros y en canales – los horizontes árgicos iluviales muestran revestimientos de arcilla en por lo menos 5% de ambas caras vertical y horizontal de los agregados y en los poros. En suelos expandibles, los revestimientos de arcilla son fácilmente confundibles con facetas de presión (cutanes de presión). La presencia de revestimientos de arcilla en posiciones protegidas, por ejemplo en poros, cumple los requerimientos para un horizonte árgico iluvial.

Características adicionales

El carácter iluvial de un horizonte árgico puede establecerse mejor usando cortes delgados. Los horizontes de diagnóstico árgicos *iluviales* muestran áreas con arcillas orientadas que constituyen en promedio $\geq 1\%$ de todo el corte transversal. Otras pruebas involucradas son el análisis de la distribución por tamaño de partícula, para determinar el incremento en contenido de arcilla en una profundidad especificada, y la relación arcilla fina a arcilla total. En horizontes árgicos iluviales la relación arcilla fina a arcilla total es mayor que en los horizontes suprayacentes, causada por la eluviación preferencial de partículas de arcilla fina.

Si el suelo muestra una *discontinuidad lítica* directamente por encima del horizonte árgico, o si el horizonte superficial ha sido removido por erosión, o si hay una capa arable por encima del horizonte árgico, entonces la naturaleza iluvial debe establecerse claramente (criterio de diagnóstico 2b). El horizonte árgico puede ser subdividido en varias láminas (laminillas) con capas de textura más gruesa intermedias.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes árgicos normalmente están asociados con y situados debajo de horizontes eluviales, es decir, horizontes de los cuales han sido removidos la arcilla y el hierro. Aunque inicialmente formados como un horizonte subsuperficial, los horizontes árgicos pueden aparecer en la superficie como resultado de erosión o remoción de los horizontes suprayacentes. Posteriormente, se pueden acumular nuevos sedimentos.

Algunos horizontes árgicos cumplen todos los criterios de un horizonte *ferrálico*. Algunos horizontes árgicos cumplen la mayoría de los criterios del horizonte *ferrálico*, pero no cumplen el criterio 3, el cual requiere $< 10\%$ de arcilla dispersable en agua o *propiedades géricas* o $\geq 1.4\%$ de *carbono orgánico del suelo*. Los Ferralsols deben tener un *horizonte ferrálico* y pueden tener un horizonte árgico también, el cual puede o no sobreponerse con el horizonte *ferrálico*; pero si está presente un horizonte árgico, éste debe tener en sus primeros 30 cm: $< 10\%$ de arcilla dispersable en agua o *propiedades*

géricas o $\geq 1.4\%$ de *carbono orgánico del suelo*.

Los horizontes árgicos carecen de la saturación de sodio característica del horizonte *nátrico*.

Los horizontes árgicos en suelos frescos y húmedos, libremente drenados, de mesetas y montañas altas de regiones tropicales y subtropicales pueden aparecer en asociación con horizontes *sómbricos*.

HORIZONTE CÁLCICO

Descripción general

Un horizonte cálcico (del latín *calx*, cal) es un horizonte en el cual se ha acumulado carbonato de calcio secundario (CaCO_3) en forma difusa (el carbonato de calcio aparece como impregnación de la matriz o en forma de partículas finas de calcita de < 1 mm, dispersadas en la matriz) o como concentraciones discontinuas (venas, pseudomicelios, revestimientos, nódulos blandos y/o duros).

La acumulación usualmente ocurre en un horizonte subsuperficial, en el material parental, o más raramente, en horizontes superficiales. El horizonte cálcico puede contener también carbonatos primarios.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte cálcico:

1. tiene un contenido de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina de $\geq 15\%$; *y*
2. tiene uno o ambos de los siguientes:
 - a. $\geq 5\%$ (en volumen) de carbonatos secundarios; *o*
 - b. un carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina de $\geq 5\%$ más alto (absoluto, en masa) que el de una capa subyacente y no presenta *discontinuidad lítica* entre las dos capas; *y*
3. no forma parte de un horizonte *petrocálcico*; *y*
4. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación en campo

El carbonato de calcio puede identificarse en el campo usando una solución de ácido clorhídrico 1 M (HCl). El grado de efervescencia (sólo audible, visible como burbujas individuales, o como espuma) es un indicador de la cantidad de carbonato presente. Esta prueba es importante si sólo se encuentran presentes distribuciones difusas. Cuando se desarrolla espuma después de agregar HCl 1M, esto indica un carbonato de calcio equivalente próximo a o $> 15\%$.

Otros posibles indicadores de la presencia de un horizonte cálcico son:

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

El contenido de carbonato de calcio puede disminuir con la profundidad, pero esto es difícil de establecer en algunos lugares, particularmente si el horizonte cálcico ocurre en el subsuelo profundo. Debido a esto, una cierta acumulación de carbonatos secundarios es suficiente para diagnosticar un horizonte cálcico.

Características adicionales

La determinación de la cantidad de carbonato de calcio (en masa) y los cambios del contenido de carbonato de calcio dentro del perfil de suelo son los principales criterios analíticos para establecer la presencia de un horizonte cálcico. La determinación del pH_{agua} permite diferenciar acumulaciones con un carácter básico (*cálcico*) (pH 8–8.7) debido al predominio de CaCO_3 , de aquellas con un carácter ultrabásico (*no-cálcico*) (pH > 8.7) debido a la presencia de Na_2CO_3 y/o MgCO_3 .

Además, el análisis microscópico de cortes delgados puede revelar la presencia de formas de disolución en horizontes por encima o por debajo de un horizonte cálcico, evidencia de epigénesis de silicato (pseudomorfo de calcita a partir de minerales primarios), o la presencia de otras características de acumulación de carbonato de calcio, mientras que los análisis mineralógicos de arcilla de los horizontes cálcicos frecuentemente muestran arcillas características de ambientes confinados, tales como smectitas, palygorskitas y sepiolitas.

Si la acumulación de carbonatos blandos se vuelve tal que desaparecen todas o la mayor parte de las estructuras de suelo y/o de roca y prevalecen concentraciones continuas de carbonato de calcio, se utiliza el calificador Hypercalcic.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Cuando los horizontes cálcicos se vuelven endurecidos, tiene lugar la transición al horizonte *petrocálcico*, cuya expresión puede ser estructuras masivas o laminares. Un horizonte cálcico y un horizonte *petrocálcico* pueden superponerse uno al otro. Las acumulaciones menos pronunciadas de carbonatos secundarios, que no califican como un horizonte cálcico, pueden cumplir los criterios de diagnóstico de las propiedades *protocálcicas*. El material *calcárico* se refiere a carbonatos primarios.

En regiones secas y en presencia de soluciones del suelo o aguas freáticas ricas en sulfato, los horizontes cálcicos aparecen asociados con horizontes *gípsicos*. Los horizontes cálcico y *gípsico* generalmente (pero no siempre) ocupan posiciones diferentes en el perfil de suelo debido a que el yeso es más soluble que el carbonato de calcio, y normalmente pueden distinguirse uno de otro con claridad por la diferencia en la morfología de los cristales. Los cristales de yeso tienden a ser aciculares, con frecuencia visibles a simple vista, mientras que los cristales de carbonato de calcio edafogénico son de tamaño mucho más pequeños.

HORIZONTE CÁMBICO

Descripción general

Un horizonte cámbico (del latín *campire*, cambiar) es un horizonte subsuperficial que muestra evidencia de alteración edafogénica que va desde débil hasta relativamente fuerte. El horizonte cámbico ha perdido, al menos en la mitad del volumen de la fracción tierra fina, su estructura original de roca. Si la capa subyacente tiene el mismo material parental, el horizonte cámbico usualmente muestra contenido más alto de óxidos y/o de arcillas que esta capa subyacente y/o evidencia de remoción de carbonatos y/o yeso. La alteración edafogénica de un horizonte cámbico también puede ser establecida por contraste con uno de los horizontes minerales suprayacentes que son generalmente más ricos en materia orgánica y por tanto tienen un color más oscuro y/o menos intenso. En este caso, algún desarrollo de estructura del suelo es necesario para probar la alteración edafogénica.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte cámbico consiste de material *mineral* y:

1. tiene una clase textural:
 - a. franco arenosa o más fina; **o**
 - b. arenosa muy fina o areno francosa muy fina³; **y**
2. tiene ausencia de estructura de roca en $\geq 50\%$ del volumen de la fracción tierra fina; **y**
3. muestra evidencia de alteración edafogénica en una o más de los siguientes:
 - a. cuando se compara con la capa directamente inferior, si ésta no está separada del horizonte cámbico por una *discontinuidad lítica*, uno o más de los siguientes:
 - ai. color Munsell con un matiz de ≥ 2.5 unidades más rojo, en húmedo; **o**
 - aii. color Munsell con un croma de ≥ 1 unidad más alto, en húmedo; **o**
 - aiii. un contenido de arcilla $\geq 4\%$ (absoluto) más alto; **o**
 - b. estructura de agregados de suelo en $\geq 50\%$ del volumen de de la fracción tierra fina **y**, cuando se compara con una capa mineral suprayacente, si ésta no está separada del horizonte cámbico por una *discontinuidad lítica*, uno o más de los siguientes:
 - bi. color Munsell con un matiz de ≥ 2.5 unidades más rojo, en húmedo; **o**
 - bii. color Munsell con un croma de ≥ 1 unidad más alto, en húmedo; **o**
 - biii. un contenido de arcilla $\geq 4\%$ (absoluto) más alto; **o**

3 Arena muy fina y areno francosa muy fina: La clase textural es arena o areno francosa y $\geq 50\%$ de la fracción arena es $< 125 \mu\text{m}$ y $< 25\%$ de la fracción arena es $\geq 630 \mu\text{m}$ (ver clases texturales, Anexo 4).

- c. cuando se compara con la capa directamente subyacente, si ésta no está separada del horizonte cámbico por una *discontinuidad lítica*, evidencia de remoción de carbonatos o yeso por uno o más de los siguientes:
 - ci. $\geq 5\%$ (en masa, absoluto, en la fracción tierra fina) menos carbonatos o yeso; **o**
 - cii. si todos los fragmentos gruesos en la capa subyacente están completamente cubiertos con carbonatos, algunos de estos fragmentos en el horizonte cámbico están parcialmente libres de recubrimientos; **o**
 - ciii. si los fragmentos gruesos en la capa subyacente están cubiertos con carbonatos solamente en la parte inferior, aquellos en el horizonte cámbico están libres de recubrimientos; **y**
- 4. no forma parte de una capa de arado y no forma parte de un horizonte *antrácico*, *árgico*, *cálcico*, *dúrico*, *ferrálico*, *frágico*, *gípsico*, *hórtico*, *hidrárgico*, *irrárgico*, *móllico*, *nátrico*, *nítico*, *petrocálcico*, *petrodúrico*, *petrogípsico*, *petroplíntico*, *pisoplíntico*, *plágico*, *plíntico*, *prético*, *sálico*, *sómbrico*, *spódico*, *úmbrico*, *térrico* o *vértico*; **y**
- 5. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

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

Los horizontes cámbicos en suelos frescos y húmedos, libremente drenados de mesetas y montañas altas en regiones tropicales y subtropicales pueden aparecer en asociación con horizontes *sómbricos*.

Horizonte crítico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte crítico tiene:

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

Identificación de campo

Los horizontes crícos ocurren en áreas con permafrost⁴ y muestran evidencias de segregación de hielo permanente, generalmente asociada con evidencia de procesos criogénicos (material de suelo mezclado, horizontes de suelo perturbados, involuciones, intrusiones orgánicas, levantamientos por helada, separación de materiales gruesos de los finos, grietas) por encima del horizonte críco y/o rasgos superficiales en patrones (lomas de tierra, montículos por helada, círculos de piedras, rayas, redes y polígonos).

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

Para identificar rasgos de crioturbación, separación o contracción térmica, un perfil de suelo debería intersectar diferentes elementos de terreno en patrones, si los hay, o ser más ancho de 2 m.

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes crícos pueden cumplir las características de horizontes *hístico*, *fólico* o *spódico*, y pueden aparecer en asociación con horizontes *sálico*, *cálcico*, *móllico* o *úmbrico*. En regiones áridas frías, pueden presentarse propiedades *arídicas* o *yérmicas*.

Horizonte chérnico

Descripción general

Un horizonte chérnico (del ruso *chorni*, negro) es un horizonte superficial relativamente grueso, bien estructurado, de color muy oscuro, con una alta saturación de bases, una alta actividad biológica y un contenido de materia orgánica moderado a alto.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte chérnico es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y tiene:

1. $\geq 20\%$ (en volumen, en promedio ponderado) de tierra fina; y
2. estructura granular o en bloques subangulares finos; y
3. $\geq 1\%$ de *carbono orgánico del suelo*; y
4. uno o ambos de los siguientes:
 - a. en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 3 en húmedo, y ≤ 5 en seco, y un croma de ≤ 2 en húmedo; o
 - b. todos los siguientes:

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

- bi.* $\geq 40\%$ (en masa) de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina y/o una clase textural areno francosa o más gruesa; y
 - bii.* en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 5 , y un croma de ≤ 2 , ambos en húmedo; y
 - biii.* $\geq 2.5\%$ de *carbono orgánico del suelo*; y
- 5. $\geq 1\%$ (absoluto) más de *carbono orgánico del suelo* que el material parental, si está presente y tiene un color Munsell con un brillo de ≤ 4 , en húmedo; y
- 6. una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$ en promedio ponderado, en todo el espesor del horizonte; y
- 7. un espesor de ≥ 25 cm.

Identificación de campo

Un horizonte chérnico puede identificarse fácilmente por su color negruzco, causado por la acumulación de materia orgánica, su estructura bien desarrollada granular o en bloques subangulares finos, un indicio de alta saturación de bases (p. ej. $\text{pH}_{\text{agua}} > 6$), y su espesor.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

El horizonte chérnico es un caso especial del horizonte *móllico* con un contenido más alto de *carbono orgánico del suelo*, un croma más bajo, estructura del suelo generalmente mejor desarrollada, un contenido mínimo de tierra fina y un espesor mínimo mayor. El límite superior del contenido de *carbono orgánico del suelo* es 20%, el cual es el límite inferior para el material *orgánico*.

Horizonte dúrico

Descripción general

Un horizonte dúrico (del latín *durus*, duro) es un horizonte subsuperficial que presenta nódulos o concreciones débilmente cementados hasta endurecidos por sílice (SiO_2), presumiblemente en forma de ópalo y formas microcristalinas de sílice (*durinodos*). Los durinodos con frecuencia tienen revestimientos de carbonato que tienen que ser removidos con HCl antes de disgregar los durinodos con hidróxido de potasio (KOH).

Criterios de diagnóstico

Un horizonte dúrico consiste de material *mineral* y tiene:

1. $\geq 10\%$ (en volumen) de nódulos enriquecidos en sílice (durinodos) débilmente cementados hasta endurecidos o fragmentos de un horizonte *petrodúrico* roto que muestren todos los siguientes:
 - a.* cuando secados al aire, $< 50\%$ (en volumen) se disgrega en HCl 1 M aún después de remojo prolongado, pero $\geq 50\%$ se disgrega en KOH concentrado, NaOH concentrado o en ácido y álcali alternados; y
 - b.* son firmes o muy firmes, y quebradizos en mojado, tanto antes como después del tratamiento con ácido; y

- c. tienen un diámetro de ≥ 1 cm ; y
2. un espesor de ≥ 10 cm.

Características adicionales

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

En regiones áridas los horizontes dúricos aparecen en asociación con horizontes *gípsico*, *petrogípsico*, *calcico* y *petrocálcico*.

Horizonte ferrálico

Descripción general

Un horizonte ferrálico (del latín *ferrum*, hierro, y *alumen*, alumbre) es un horizonte subsuperficial que resulta de meteorización intensa y prolongada. La fracción arcilla está dominada por arcillas de baja actividad y contiene varias cantidades de minerales resistentes tales como (hidr-)óxidos de Fe, Al, Mn y Titanio (Ti). Puede haber una acumulación residual de cuarzo muy marcada en las partículas de tamaño limo y arena. Los horizontes ferrálicos normalmente tienen $< 10\%$ de arcilla dispersable en agua. Ocasionalmente pueden tener más arcilla dispersable en agua, pero al mismo tiempo mostrarán propiedades *géricas* o un contenido de carbono orgánico relativamente alto.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte ferrálico consiste de material *mineral* y:

1. tiene una clase textural franco arenosa o más fina y $< 80\%$ (en volumen) de fragmentos gruesos, nódulos o concreciones *pisoplínticos* o remanentes de un horizonte *petroplíntico*; **y**
2. tiene una CIC (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $< 16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla y una suma de bases intercambiables (por NH_4OAc 1 M, pH 7) más Al intercambiable (por KCl 1 M, sin buffer) de $< 12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla; **y**
3. tiene una o más de los siguientes:
 - a. $< 10\%$ de arcilla dispersable en agua; **o**
 - b. propiedades *géricas*; **o**
 - c. $\geq 1.4\%$ de *carbono orgánico del suelo*; **y**

4. tiene < 10% (por recuento de granos) de minerales meteorizables⁵ en la fracción de 0.05 – 0.2 mm; *y*
5. no tiene propiedades *ándicas* o *vítricas*; *y*
6. tiene un espesor de ≥ 30 cm.

Identificación de campo

Los horizontes ferrálicos están asociados con geoformas antiguas y estables. La macroestructura parece ser de moderada a débil a primera vista pero los horizontes ferrálicos típicos tienen una fuerte microagregación.

Los horizontes ferrálicos ricos en óxidos de Fe (especialmente ricos en hematita) usualmente tienen una consistencia friable y el material de suelo disgregado, seco, fluye como harina entre los dedos. Los terrones de horizontes ferrálicos usualmente son relativamente livianos en peso debido a la baja densidad aparente; muchos horizontes ferrálicos producen un sonido hueco al palmearlos, indicando porosidad elevada.

Si el horizonte ferrálico tiene menos hematita y un color más amarillento, típicamente muestra una densidad aparente más alta y una porosidad más baja. Es masivo o tiene una estructura débil de bloques subangulares y una consistencia dura o firme.

Indicadores de iluviación de arcilla tales como revestimientos de arcilla generalmente están ausentes, del mismo modo las facetas de presión y otros rasgos de presión. Los límites de un horizonte ferrálico normalmente son graduales a difusos y se puede detectar poca variación en color o distribución por tamaño de partículas dentro del horizonte.

Características adicionales

Como una alternativa al requerimiento de minerales meteorizables, puede resultar indicativa una reserva total de bases (RTB = calcio [Ca], magnesio [Mg], potasio [K] y sodio [Na] intercambiables más minerales) de < 25 cmol_c kg⁻¹ de suelo.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Algunos horizontes *árgicos* cumplen todos los criterios de diagnóstico del horizonte ferrálico. Algunos otros horizontes *árgicos* cumplen la mayoría de los criterios del horizonte ferrálico, pero no cumplen el criterio 3.

El Al_{ox}, Fe_{ox}, Si_{ox} en horizontes ferrálicos son muy bajos, lo que lo separa de los horizontes *níticos* y capas con propiedades *ándicas* o *vítricas*.

Algunos horizontes *cámbicos* tienen una CIC baja; sin embargo, la cantidad de minerales meteorizables o la RTB es demasiado alta para un horizonte ferrálico. Tales horizontes representan un estado avanzado de meteorización y una transición hacia el horizonte ferrálico.

5 Ejemplos de minerales que están incluidos en el significado de minerales meteorizables son todos los filosilicatos 2:1, clorita, sepiolita, palygorskita, alófana, filosilicatos trioctaédricos 1:1 (serpentininas), feldespatos, feldespatoides, minerales ferromagnésicos, vidrio, zeolitas, dolomita y apatito. La intención del término minerales meteorizables es incluir aquellos minerales que son inestables en climas húmedos comparados con otros minerales, tales como cuarzo y arcillas 1:1, pero que son más resistentes a la meteorización que la calcita (Soil Survey Staff, 1999).

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

Si hay procesos redox, los horizontes ferrálicos se pueden desarrollar en horizontes *plínticos*. La mayoría de los horizontes *plínticos* también cumplen los criterios de los horizontes ferrálicos.

Horizonte férrico

Descripción general

Un horizonte férrico (del latín *ferrum*, hierro) es un horizonte en el cual la segregación de Fe (o Fe y Mn) ha tenido lugar en tal grado que se forman grandes moteados o concreciones o nódulos discretos y la matriz entre moteados, concreciones o nódulos está muy empobrecida en Fe y Mn. Éstos no necesariamente tienen grandes cantidades de Fe (o Fe y Mn), pero el Fe (o Fe y Mn) se encuentran concentrados en los moteados o concreciones o nódulos. Generalmente, tal segregación lleva a una pobre agregación de las partículas del suelo en las áreas empobrecidas en Fe y Mn y a la compactación del horizonte. La segregación es el resultado de procesos redox que pueden ser activos o relictos.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte férrico consiste de material *mineral* y:

1. tiene uno o ambos de los siguientes:
 - a. $\geq 15\%$ del área expuesta ocupada por moteados gruesos (≥ 20 mm de diámetro), que son negros o con un color Munsell con un matiz más rojo que 7.5 YR y un croma de ≥ 5 , ambos en húmedo; **o**
 - b. $\geq 5\%$ del volumen que consiste de concreciones y/o nódulos discretos rojizos a negruzcos, con un diámetro de ≥ 2 mm, con por lo menos el exterior de las concreciones o los nódulos estando por lo menos débilmente cementados o endurecidos y, si no son negros, teniendo el exterior un matiz más rojo o un croma más fuerte que el interior; **y**
2. no forma parte de un horizonte *petroplíntico*, *pisoplíntico* o *plíntico*; **y**
3. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

En regiones tropicales o subtropicales, los horizontes férricos pueden transicionar lateralmente hacia horizontes *plínticos*. En los horizontes *plínticos* la cantidad de concreciones o nódulos o moteados alcanza $\geq 15\%$ (en volumen). Adicionalmente, en horizontes *plínticos* un cierto contenido de Fe_{dith} es excedido y/o las concreciones o nódulos o moteados se endurecen irreversiblemente hacia concreciones o nódulos duros o un hardpan por exposición a mojado y secado repetidos con libre acceso de oxígeno. Si la cantidad de concreciones o nódulos duros alcanza $\geq 40\%$, es un horizonte *pisoplíntico*.

Horizonte fólico

Descripción general

Un horizonte fólico (del latín *folium*, hoja) es un horizonte superficial o un horizonte subsuperficial que aparece a poca profundidad, que consiste de material *orgánico* bien aireado. Éstos predominantemente aparecen en climas frescos o a altas elevaciones.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte fólico consiste de material *orgánico* y:

1. está saturado con agua por < 30 días consecutivos en la mayoría de los años y no está drenado; y
2. tiene un espesor de ≥ 10 cm.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

El horizonte fólico tiene características similares al horizonte *hístico*; sin embargo, el horizonte *hístico* está saturado con agua durante un mes o más la mayoría de los años. Además, la composición del horizonte *hístico* generalmente es diferente a la del horizonte fólico ya que la cobertura vegetal con frecuencia es diferente. El límite inferior de 20% de *carbono orgánico del suelo* separa al horizonte fólico de los horizontes *chérnico*, *móllico* o *úmbrico*, los cuales tienen estos contenidos como límites superiores. Los horizontes fólicos pueden mostrar propiedades *ándicas* o *vítricas*.

Horizonte frágico

Descripción general

Un horizonte frágico (del latín *fragilis*, frágil) es un horizonte subsuperficial natural no cementado con una estructura y un patrón de porosidad tal que las raíces y agua de percolación sólo penetran el suelo a lo largo de las caras entre los agregados y vetas. El carácter natural excluye pisos de arado y panes superficiales por tráfico.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte frágico consiste de material *mineral* y:

1. muestra unidades estructurales que no permiten la entrada a raíces; las separaciones entre estas unidades tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm; y
2. muestra evidencia de alteración como se define en el horizonte *cámbico*, por lo menos en las caras de unidades estructurales; y
3. contiene < 0.5% (en masa) de *carbono orgánico del suelo*; y
4. muestra en $\geq 50\%$ del volumen disgregación o fractura de terrones secos al aire, de 5-10 cm de diámetro, dentro de ≤ 10 minutos cuando se coloca en agua; y
5. no se cementa por humedecimiento y secado repetidos; y
6. tiene a capacidad de campo una resistencia a la penetración de ≥ 4 MPa en $\geq 90\%$ del volumen, y
7. no muestra efervescencia después de agregar solución de HCl 1 M; y
8. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación de campo

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

Es esencial que el volumen de suelo requerido se inspeccione a partir de ambos cortes verticales y horizontales; los cortes horizontales frecuentemente revelan estructuras poligonales. Tres o cuatro de tales polígonos (o un corte de hasta 1 m²) son suficientes para probar la base volumétrica para la definición del horizonte frágico.

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

Los terrones secos son duros a extremadamente duros; los terrones húmedos son firmes a extremadamente firmes; la consistencia en húmedo puede ser quebradiza. Una unidad estructural de un horizonte frágico tiende a romperse de pronto bajo presión más que a sufrir deformación paulatina.

El horizonte frágico tiene poca actividad de fauna excepto, ocasionalmente, entre las unidades estructurales.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Un horizonte frágico puede estar por debajo (aunque no necesariamente directamente) de material *álbico*, o un horizonte *cámbico*, *spódico* o *árgico*, a menos que el suelo haya sido truncado. Puede sobreponerse parcial o completamente con un horizonte árgico. El horizonte frágico puede mostrar propiedades *réticas* o *lenguas albelúvicas*, especialmente en su parte superior. Además, los horizontes frágicos pueden tener *condiciones reductoras* y propiedades *stágnicas*.

Horizonte fúlvico

Descripción general

Un horizonte fúlvico (del latín *fulvus*, amarillo oscuro) es un horizonte espeso, de color oscuro, en o cerca de la superficie del suelo que está típicamente asociado con minerales de bajo grado de ordenamiento (comúnmente alófana) o con complejos alúmino-orgánicos. Tiene una baja densidad aparente y contiene materia orgánica altamente humificada que muestra una relación más baja entre ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, comparado con el horizonte *melánico*.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte fúlvico tiene:

1. propiedades *ándicas*; y
2. uno o ambos de los siguientes:
 - a. un color Munsell con brillo o croma de > 2 , en húmedo; **o**

Características adicionales

El análisis de cortes delgados es útil para establecer la presencia de un horizonte gípsico y la distribución del yeso en la masa del suelo.

Si la acumulación de yeso se vuelve tal que desaparecen todas o la mayoría de las estructuras edafológicas y/o litológicas, y predominan concentraciones continuas de yeso, se usa el calificador *Hypergypsic*.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Cuando los horizontes gípsicos se vuelven endurecidos, tiene lugar la transición hacia el horizonte *petrogípsico*, cuya expresión puede ser en estructuras masivas o laminares. Un horizonte gípsico y un horizonte *petrogípsico* pueden superponerse uno al otro. El material *gipsírico* contiene yeso primario y nada o muy poco yeso secundario.

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

Horizonte hístico

Descripción general

Un horizonte hístico (del griego *histos*, tejido) es un horizonte superficial, o un horizonte subsuperficial que aparece a poca profundidad, que consiste de material *orgánico* pobremente aireado.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte hístico consiste de material *orgánico* y:

1. está saturado con agua durante ≥ 30 días consecutivos en la mayoría de los años, o se encuentra drenado; y
2. tiene un espesor de ≥ 10 cm.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes hísticos tienen características similares al horizonte *fólico*; sin embargo, el horizonte *fólico* está saturado con agua durante menos de un mes en la mayoría de los años. Además, la composición del horizonte hístico generalmente es diferente a la del horizonte *fólico* ya que la cubierta vegetal es muchas veces diferente.

Horizonte hórtico

Descripción general

Un horizonte hórtico (del latín *hortus*, jardín) es un horizonte mineral superficial creado por las actividades humanas de labranza profunda, fertilización intensiva y/o aplicación continua y prolongada de residuos humanos y animales y otros residuos orgánicos (p. ej. estiércol, desperdicios culinarios, compost y heces humanas).

Criterios de diagnóstico

Un horizonte hórtico es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y tiene:

1. un color Munsell con un brillo y croma de ≤ 3 , húmedo; *y*
2. un promedio ponderado de $\geq 1\%$ de *carbono orgánico del suelo*; *y*
3. un contenido de P_2O_5 extractable en $NaHCO_3$ 0.5 M de ≥ 100 mg kg^{-1} de tierra fina en los primeros 25 cm; *y*
4. una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$; *y*
5. $\geq 25\%$ (en volumen, en promedio ponderado) de poros de fauna, coprolitos u otros rastros de actividad de fauna del suelo; *y*
6. un espesor de ≥ 20 cm.

Identificación de campo

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes hórticos pueden cumplir también los criterios de diagnóstico de un horizonte *móllico* o *chérnico*.

Horizonte hidrágrico

Descripción general

Un horizonte hidrágrico (del griego *hydor*, agua, y latín *ager*, campo) es un horizonte subsuperficial que resulta de la actividad humana asociada con labranza inundada.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte hidrágrico consiste de material *mineral*, está asociado con labranza inundada y:

1. tiene un horizonte *antrácuico* suprayacente; *y*
2. consiste de uno o más subhorizontes y cada uno de ellos tiene uno o más de los siguientes:
 - a. revestimientos de Fe o Mn en $\geq 15\%$ del área expuesta, predominantemente alrededor de canales de raíces y en o cerca de la superficie de los agregados; *o*
 - b. empobrecimientos redox con un color Munsell con un brillo de ≥ 4 y un croma de ≤ 2 , ambos en húmedo, en macroporos; *y*
 - c. concentraciones de Fe o Mn en $\geq 5\%$ del área expuesta, predominantemente

⁷ Conocido como el método de rutina de Olsen (Olsen et al., 1954); datos de acuerdo con Gong et al., 1997.

dentro de los agregados; **o**

d. $Fe_{dith} \geq 1.5$ veces y/o $Mn_{dith} \geq 3$ veces que el del horizonte superficial; **y**

3. tiene un espesor de ≥ 10 cm.

Identificación de campo

El horizonte hidrágrico aparece debajo de la capa de arado de un horizonte *antrácico*. Tiene características de reducción en poros, tales como revestimientos o halos con un color Munsell con un matiz de 2.5 Y o más amarillo y un croma de ≤ 2 , ambos en húmedo, y/o concentraciones de Fe y/o Mn en la matriz como resultado del ambiente oxidativo. Generalmente muestra cutanes grises de arcilla-limo fino y arcilla-limo-humus sobre las caras de los agregados. Las características listadas como parte del criterio de diagnóstico 2 rara vez aparecen juntas en la misma capa pero están distribuidas sobre diferentes subhorizontes.

Características adicionales

El manganeso y/o el hierro reducidos se mueven lentamente de forma descendente a lo largo del pan de arado del horizonte *antrácico* suprayacente hacia el horizonte hidrágrico; el manganeso tiende a moverse más hacia abajo que el hierro. Dentro del horizonte hidrágrico, el manganeso y el hierro siguen migrando más hacia el interior de los agregados donde van a ser oxidados.

Horizonte irrágrico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte irrágrico es un horizonte superficial consistente de *material* mineral y tiene:

1. una capa superficial de textura uniforme; **y**
2. un mayor contenido de arcilla, particularmente arcilla fina, que el suelo original subyacente; **y**
3. diferencias en los contenidos de arena media, de arena fina, de arena muy fina, de limo, de arcilla y de carbonatos de $< 20\%$ (relativo) **o** $< 4\%$ (absoluto) entre partes dentro del horizonte; **y**
4. un promedio ponderado de $\geq 0.5\%$ de *carbono orgánico del suelo*, disminuyendo con la profundidad pero que permanece en $\geq 0.3\%$ en el límite inferior del horizonte irrágrico; **y**
5. $\geq 25\%$ (en volumen, en promedio ponderado) de poros de fauna, coprolitos u otros rastros de actividad de fauna del suelo; **y**
6. un espesor de ≥ 20 cm.

Identificación de campo

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes irrágricos difieren de los materiales *flúvicos* en que, debido al arado continuo, carecen de evidencias de estratificación. Algunos horizontes irrágricos pueden calificarse también como horizontes *móllicos* o *úmbricos*, dependiendo de su saturación de bases.

Horizonte melánico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte melánico tiene:

1. propiedades *ándicas*; *y*
2. un color Munsell con brillo y croma de ≤ 2 , en húmedo; *y*
3. un índice melánico⁸ de < 1.7 ; *y*
4. un promedio ponderado de $\geq 6\%$ de *carbono orgánico del suelo* y $\geq 4\%$ de *carbono orgánico del suelo* en todas sus partes; *y*
5. un espesor combinado de ≥ 30 cm con ≤ 10 cm de material no melánico intermedio.

Identificación de campo

El color negro intenso, su espesor, así como su asociación común con depósitos piroclásticos ayudan a reconocer al horizonte melánico en el campo. Sin embargo, se necesitan análisis de laboratorio para determinar el tipo de materia orgánica para identificar inequívocamente el horizonte melánico.

Horizonte móllico

Descripción general

Un horizonte móllico (del latín *mollis*, blando) es un horizonte superficial relativamente grueso, de color oscuro, con una alta saturación de bases y un contenido de materia orgánica moderado a alto.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte móllico es un horizonte superficial consistente de material *mineral*. Para

8 Ver Anexo 2.

los criterios de diagnóstico 2 al 4, se calcula un promedio ponderado de cada valor y luego se compara con el criterio de diagnóstico, ya sea para los primeros 20 cm, o para todo el suelo mineral sobre *roca continua*, material *duro técnico* o un horizonte *crúico*, *petrocálcico*, *petrodúrico*, *petrogípsico* o *petroplúntico* si comienza a < 20 cm de la superficie del suelo mineral. Si el horizonte móllico tiene subhorizontes que inicien \geq 20 cm de la superficie del suelo mineral, no se calcula un promedio ponderado para esos subhorizontes; cada valor se compara separadamente con el criterio de diagnóstico. Un horizonte móllico tiene:

1. una estructura del suelo suficientemente fuerte como para que no sea a la vez masivo y duro o muy duro en seco (prismas de más de 30 cm de diámetro se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura que subdivida los prismas); y
2. $\geq 0.6\%$ de *carbono orgánico del suelo*; y
3. uno o ambos de los siguientes:
 - a. en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 3 en húmedo, y ≤ 5 en seco, y un croma de ≤ 3 en húmedo; o
 - b. todos los siguientes:
 - bi. $\geq 40\%$ (en masa) de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina y/o una clase textural areno francosa o más gruesa; y
 - bii. en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 5 y un croma de ≤ 3 , ambos en húmedo; y
 - biii. $\geq 2.5\%$ de *carbono orgánico del suelo*; y
4. $\geq 0.6\%$ (absoluto) más *carbono orgánico del suelo* que el material parental, si está presente y tiene un color Munsell con un brillo de ≤ 4 , en húmedo; y
5. una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$ en promedio ponderado en todo el espesor del horizonte; y
6. un espesor de uno de los siguientes:
 - a. ≥ 10 cm si está directamente por encima de *roca continua*, material *duro técnico* o un horizonte *crúico*, *petrocálcico*, *petrodúrico*, *petrogípsico* o *petroplúntico*; o
 - b. ≥ 20 cm.

Identificación de campo

Un horizonte móllico puede identificarse fácilmente por su color oscuro, causado por la acumulación de materia orgánica, en la mayoría de los casos una estructura bien desarrollada (generalmente una estructura granular o en bloques subangulares finos), un indicador de alta saturación de bases (p. ej. $\text{pH}_{\text{agua}} > 6$), y su espesor.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

La saturación de bases de $\geq 50\%$ separa al horizonte móllico del horizonte *úmbrico*, que por lo demás es similar. El límite superior del contenido de *carbono*

orgánico del suelo es 20%, el cual es el límite inferior para el material *orgánico*.

Un tipo especial de horizonte mólico es el horizonte *chérnico*. Éste requiere un mayor contenido de *carbono orgánico del suelo*, un croma más bajo, una estructura del suelo mejor desarrollada, un mínimo contenido de tierra fina y un espesor mínimo más amplio.

Algunos horizontes *hórticos*, *irrágricos*, *préticos* o *térricos* también pueden calificar como horizontes mólicos.

Horizonte nátrico

Descripción general

Un horizonte nátrico (del árabe *natrún*, sal) es un horizonte subsuperficial denso con un contenido de arcilla evidentemente más alto que en el (los) horizonte(s) suprayacente(s). Tiene un alto contenido de Na intercambiable y, en algunos casos, un contenido relativamente alto de Mg intercambiable.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte nátrico consiste de material *mineral* y:

1. tiene una clase textural areno francosa o más fina y $\geq 8\%$ de arcilla; **y**
2. uno o ambos de los siguientes:
 - a. tiene un horizonte suprayacente de textura más gruesa con todos los siguientes:
 - ai. el horizonte de textura más gruesa no está separado del horizonte nátrico por una *discontinuidad lítica*, **y**
 - a.ii. si el horizonte de textura más gruesa está directamente sobre el horizonte nátrico, su subhorizonte más bajo no forma parte de una capa de arado; **y**
 - a.iii. si el horizonte de textura más gruesa no está directamente sobre el horizonte nátrico, el horizonte transicional entre el horizonte de textura más gruesa y el horizonte nátrico tiene un espesor de ≤ 15 cm; **y**
 - a.iv. si el horizonte de textura más gruesa tiene $< 10\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico tiene $\geq 4\%$ (absoluto) más arcilla; **y**
 - a.v. si el horizonte de textura más gruesa tiene ≥ 10 y $< 50\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, la relación entre arcilla en el horizonte nátrico y arcilla en el horizonte de textura más gruesa es ≥ 1.4 ; **y**
 - a.vi. si el horizonte de textura más gruesa tiene $\geq 50\%$ de arcilla en la fracción tierra fina, el horizonte nátrico tiene $\geq 20\%$ (absoluto) más arcilla; **o**
 - b. tiene evidencia de arcilla iluvial en una o más de las siguientes formas:

Identificación de campo

El color del horizonte nátrico va de pardo a negro, especialmente en la parte superior, pero también pueden encontrarse colores más claros, o colores de amarillo a rojizo. La estructura es usualmente columnar gruesa o prismática gruesa, a veces en bloques. Son características las cabezas redondeadas de los elementos estructurales. En muchos casos, se encuentran cubiertas con un polvo blanquecino proveniente del horizonte eluvial suprayacente.

Ambas características de color y estructurales dependen de la composición de los cationes intercambiables y el contenido de sales solubles en las capas subyacentes. Con frecuencia aparecen recubrimientos de arcilla gruesos y de color oscuro, especialmente en la parte superior del horizonte. Muchos horizontes nátricos tienen una pobre estabilidad de los agregados y muy baja permeabilidad bajo condiciones húmedas. Cuando seco, el horizonte nátrico es duro a extremadamente duro. La reacción del suelo usualmente es fuertemente alcalina con un $\text{pH}_{\text{agua}} \geq 8.5$.

Características adicionales

Otra medida para caracterizar al horizonte nátrico es la relación de adsorción de sodio (SAR) que debe ser ≥ 13 . El SAR se calcula a partir de datos de la solución del suelo (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} expresados en mmolc/litro): $\text{SAR} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2]^{0.5}$.

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

El horizonte superficial puede ser rico en materia orgánica, puede tener un espesor desde unos pocos centímetros hasta > 25 cm, y puede ser un horizonte *móllico* o *chérnico*. Puede haber presente *material álbito* entre el horizonte superficial y el horizonte nátrico.

Frecuentemente aparece una capa afectada por sales debajo del horizonte nátrico. La influencia de sales puede extenderse dentro del horizonte nátrico, el cual también se vuelve salino. Las sales presentes pueden ser cloruros, sulfatos o carbonatos/bicarbonatos.

La parte con humus iluvial del horizonte nátrico tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$, lo que lo separa del horizonte *sómbrico*.

Horizonte nítico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte nítico consiste de material *mineral* y:

1. tiene todos los siguientes:
 - a. $\geq 30\%$ de arcilla; **y**
 - b. una relación limo/arcilla < 0.4 ; **y**
2. tiene $< 20\%$ de diferencia (relativa) en el contenido de arcilla sobre 15 cm a capas directamente por encima o por debajo; **y**
3. tiene una estructura en bloques moderada a fuerte, que rompen en elementos poliédricos o con bordes chatos o nuciformes con caras de agregados brillantes en estado húmedo. Las caras brillantes no están, o sólo están parcialmente, asociadas con revestimientos de arcilla; **y**
4. tiene todos los siguientes:
 - a. $\geq 4\%$ de Fe_{dith} (hierro *libre*) en la fracción tierra fina; **y**
 - b. $\geq 0.2\%$ de Fe_{ox} (hierro *activo*) en la fracción tierra fina; **y**
 - c. una relación entre hierro *activo* y *libre* de ≥ 0.05 ; **y**
5. no forma parte de un horizonte *plúntico*; **y**
6. tiene un espesor de ≥ 30 cm.

Identificación de campo

Un horizonte nítico tiene textura franco arcillosa o más fina, pero puede sentirse francosa. La diferencia en el contenido de arcilla con los horizontes supra- y subyacentes es gradual o difusa. Del mismo modo, no hay diferencia abrupta de color con los horizontes por encima y por debajo. Los colores son de brillo bajo con un frecuente matiz de 2.5 YR en húmedo, pero a veces más rojo o más amarillo. La estructura es moderada a fuerte en bloques que rompen en elementos poliédricos o con bordes chatos o nuciformes con caras brillantes.

Características adicionales

En muchos horizontes níticos la CIC (por NH_4OAc 1 M, pH 7) es $< 36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla o aún $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de arcilla. La suma de bases intercambiables (por NH_4OAc 1 M, pH 7) más Al intercambiable (en KCl 1 M, sin buffer) es alrededor de la mitad de la CIC. La CIC moderada a baja refleja el predominio de arcillas 1:1 (ya sea caolinita y/o [meta]halloisita). Muchos horizontes níticos tienen una relación de arcilla dispersable en agua a arcilla total de < 0.1 .

Relaciones con algunos otros diagnósticos

El horizonte nítico puede considerarse como un horizonte *cámbico* fuertemente expresado, con propiedades específicas tales como una elevada cantidad de hierro activo. Los horizontes níticos pueden mostrar revestimientos de arcilla y pueden cumplir los requerimientos de un horizonte *árgico*, aunque el contenido de arcilla en el horizonte nítico no es mucho más elevada que el del horizonte subyacente. Su mineralogía (caolínica/[meta]halloisítica) los separa de la mayoría de los horizontes *vérticos*, los cuales tienen una mineralogía esmectítica predominante. Sin embargo, los horizontes níticos pueden transicionar lateralmente hacia horizontes *vérticos* en posiciones del paisaje más bajas. La estructura del suelo bien expresada, la elevada

cantidad de hierro activo, y, en algunos casos, la CIC intermedia en los horizontes níticos los separa de los horizontes *ferrálicos*. Los horizontes níticos en suelos frescos y húmedos, libremente drenados de mesetas y montañas altas en regiones tropicales y subtropicales pueden aparecer en asociación con horizontes *sómbricos*.

Horizonte petrocálcico

Descripción general

Un horizonte petrocálcico (del griego *petros*, roca, y latín *calx*, cal) es un horizonte endurecido, que está cementado por carbonato de calcio y, en algunos sitios, por carbonato de magnesio también. Es de naturaleza masiva o laminar y extremadamente duro.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte petrocálcico consiste de material *mineral* y:

1. presenta una muy fuerte efervescencia al agregar solución de HCl 1 M; y
2. muestra endurecimiento o cementación, al menos parcialmente por carbonatos secundarios, hasta el grado de que los fragmentos secados al aire no se disgregan en agua; y
3. es continuo hasta el grado que las fracturas verticales, si están presentes, tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm y ocupan $< 20\%$ (en volumen); y
4. no puede ser penetrado por raíces, excepto a lo largo de fracturas verticales, si están presentes; y
5. tiene una consistencia extremadamente dura en seco de modo que no puede ser penetrado por pala o barrena; y
6. tiene un espesor de ≥ 10 cm, o ≥ 1 cm si es laminar y descansa directamente sobre *roca continua*.

Identificación de campo

Los horizontes petrocálcicos ocurren como calcretas no laminares (ya sea masiva o nodular) o como calcretas laminares, de las cuales los siguientes tipos son los más frecuentes:

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

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

En regiones áridas, los horizontes petrocálcicos pueden aparecer en asociación con horizontes (*petro-*)*dúricos*, hacia los cuales pueden transicionar lateralmente. Los horizontes petrocálcico y dúrico se diferencian por el agente cementante. En horizontes

petrocálcicos el carbonato de calcio y algo de carbonato de magnesio constituyen los principales agentes cementantes mientras que puede haber algo de sílice accesorio. En los horizontes *dúricos* la sílice es el principal agente cementante, con o sin carbonato de calcio. Los horizontes petrocálcicos también aparecen en asociación con horizontes *gípsicos* o *petrogípsicos*.

Los horizontes con una acumulación significativa de carbonatos secundarios sin endurecimiento o cementación califican como horizontes *cálcicos*.

Petroduric horizon

Descripción general

Un horizonte petrodúrico (del griego *petros*, roca, y latín *durus*, duro), también conocido como duripán o dorbank (Sudáfrica), es un horizonte subsuperficial, generalmente de color rojizo o pardo rojizo, que está cementado principalmente por sílice secundaria (SiO₂, presumiblemente ópalo y formas microcristalinas de sílice). Los fragmentos secos al aire de horizontes petrodúricos no se disgregan en agua, aún después de un remojo prolongado. El carbonato de calcio puede estar presente como agente cementante complementario.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte petrodúrico consiste de material *mineral* y:

1. tiene cementación o endurecimiento en $\geq 50\%$ (en volumen) de algún subhorizonte; **y**
2. muestra evidencia de acumulación de sílice (ópalo u otras formas de sílice) por ejemplo como revestimientos en algunos poros, en algunas caras estructurales o como puentes entre granos de arena; **y**
3. cuando secado al aire, $< 50\%$ (en volumen) se disgrega en HCl 1 M aún después de remojo prolongado, pero $\geq 50\%$ se disgrega en KOH concentrado, NaOH concentrado o en ácido y álcali alternados; **y**
4. es continuo hasta el grado que las fracturas verticales, si están presentes, tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm y ocupan $< 20\%$ (en volumen); **y**
5. no puede ser penetrado por raíces en las partes endurecidas o cementadas, excepto a lo largo de fracturas verticales, si están presentes; **y**
6. tiene un espesor de ≥ 1 cm.

Identificación de campo

Un horizonte petrodúrico tiene una consistencia muy a extremadamente firme en húmedo, y es extremadamente duro en seco. Puede presentar efervescencia al aplicar HCl 1 M, pero probablemente no es tan vigorosa como en horizontes *petrocálcicos*, los cuales se ven muy similares.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

En climas áridos y secos, los horizontes petrodúricos pueden aparecer en asociación con horizontes *petrocálcicos*, hacia los que pueden transicionar lateralmente, y/o aparecer en conjunto con horizontes *cálcico* o *gípsico*.

Horizonte petrogípsico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte petrogípsico consiste de material *mineral* y:

1. tiene $\geq 5\%$ (en masa) de yeso; *y*
2. tiene $\geq 1\%$ (en volumen) de yeso secundario visible; *y*
3. muestra endurecimiento o cementación, al menos parcialmente por yeso secundario, hasta el grado de que los fragmentos secados al aire no se disgregan en agua; *y*
4. es continuo hasta el grado que las fracturas verticales, si están presentes, tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm y que ocupan $< 20\%$ (en volumen); *y*
5. no puede ser penetrado por raíces, excepto a lo largo de fracturas verticales, si están presentes; *y*
6. tiene un espesor de ≥ 10 cm.

Identificación de campo

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

Características adicionales

El análisis de cortes delgados es una técnica útil para establecer la presencia de un horizonte petrogípsico y la distribución del yeso en la masa del suelo.

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Ya que el horizonte petrogípsico se desarrolla a partir de un horizonte *gípsico*, los dos están estrechamente ligados. Los horizontes petrogípsicos aparecen frecuentemente en asociación con horizontes *cálcicos*. Las acumulaciones cálcicas y gípsicas usualmente ocupan posiciones diferentes en el perfil de suelo debido a que la solubilidad del carbonato de calcio es menor a la del yeso. Normalmente pueden distinguirse claramente uno de otro por su morfología (ver horizonte *cálcico*).

Horizonte petroplíntico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte petroplíntico consiste de material *mineral* y:

1. es una lámina de fuertemente cementadas a endurecidas, conectadas:
 - a. concreciones y/o nódulos amarillentos, rojizos y/o negruzcos; **o**
 - b. concentraciones amarillentos, rojizos y/o negruzcos en patrones laminar, poligonal o reticulado; **y**
2. tiene una resistencia a la penetración¹¹ de ≥ 4.5 MPa en $\geq 50\%$ del volumen de la tierra fina; **y**
3. tiene uno o ambos de los siguientes:
 - a. $\geq 2.5\%$ (en masa) de Fe_{dith} en la fracción tierra fina; **o**
 - b. $\geq 10\%$ (en masa) de Fe_{dith} en las concreciones, nódulos y/o concentraciones; **y**
4. tiene una relación entre Fe_{ox} (pH 3) y $Fe_{dith} < 0.10^{12}$ en la fracción tierra fina; **y**
5. es continuo hasta el grado que las fracturas verticales, si están presentes, tienen un espaciamiento horizontal promedio de ≥ 10 cm y que ocupan $< 20\%$ (en volumen); **y**
6. tiene un espesor de ≥ 10 cm.

Identificación de campo

Los horizontes petroplínticos son extremadamente duros y típicamente de color pardo herrumbre a pardo amarillento. Pueden ser, o bien masivos, o mostrar un patrón interconectado nodular, reticulado, laminar o columnar, que encierra material no endurecido. Pueden estar fracturados o rotos. Las raíces generalmente sólo se encuentran en las fracturas verticales.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

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

11 Asiamah (2000). Desde este punto en adelante, el horizonte comenzará a endurecerse irreversiblemente.

12 Estimado a partir de datos de Varghese y Byju (1993).

La baja relación entre Fe_{ox} y Fe_{dith} separa al horizonte petroplíntico de los panes de hierro delgados, hierro de pantanos y horizontes *spódicos* endurecidos que aparecen, por ejemplo, en *Podzols*, los que además contienen una buena cantidad de materia orgánica.

Horizonte pisoplíntico

Descripción general

Un horizonte pisoplíntico (del latín *pisum*, guisante, y griego *plinthos*, ladrillo) contiene concreciones o nódulos que están fuertemente cementados a endurecidos por (hidr-) óxidos de Fe (y en algunos casos también de Mn).

Criterios de diagnóstico

Un horizonte pisoplíntico consiste de material *mineral* y:

1. tiene $\geq 40\%$ del volumen ocupado por concreciones y/o nódulos fuertemente cementados a endurecidos, amarillentos, rojizos y/o negruzcos con un diámetro de ≥ 2 mm; y
2. no forma parte de un horizonte *petroplíntico*; y
3. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Un horizonte pisoplíntico es el resultado de un horizonte *plíntico* que se endurece en forma de nódulos o concreciones discretos. La dureza y la cantidad de nódulos o concreciones lo separa también del horizonte *férrico*. Si los nódulos o concreciones están lo suficientemente interconectados, el horizonte pisoplíntico se convierte en un horizonte *petroplíntico*.

Horizonte plágico

Descripción general

Un horizonte plágico (del bajo alemán *plaggen*, cepellón) es un horizonte superficial mineral negro o pardo que resulta de la actividad humana. Mayormente en suelos pobres en nutrientes de la parte noroccidental de Europa Central, desde tiempos medievales hasta la introducción de fertilizantes minerales al inicio del siglo 20, cepellones y otros materiales de tierra vegetal se usaban comúnmente como cama para el ganado. Los cepellones consisten de vegetación de céspedes, hierbas o arbustos bajos, con sus raíces y el material del suelo adherido a ellas. La mezcla de cepellones y excrementos se esparcían después en los campos. Los materiales aportados a lo largo del tiempo producían un horizonte apreciablemente engrosado (en algunos sitios con más de 100 cm de espesor) que es rico en *carbono orgánico del suelo*. La saturación de bases es típicamente baja.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte plágico es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y:

1. tiene una clase textural arenosa, areno francosa, franco arenosa o franca, o una combinación de ellas; y
2. contiene *artefactos*; y
3. tiene colores Munsell con un brillo de ≤ 4 en húmedo, ≤ 5 en seco, y un croma

de ≤ 4 en húmedo; y

4. tiene ≥ 0.6 % de *carbono orgánico del suelo*; y
5. tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $< 50\%$, a menos que el suelo haya sido encalado o fertilizado; y
6. aparece en tierras con superficies localmente levantadas; y
7. tiene un espesor de ≥ 20 cm.

Identificación de campo

El horizonte plágico tiene colores parduzcos o negruzcos, relacionados con los materiales de origen. Contiene *artefactos*, pero normalmente menos de 20%. Su reacción es principalmente de ligera a fuertemente ácida. El pH puede haber aumentado debido a abonado reciente pero sin alcanzar una elevada saturación de bases. Muestra evidencias de trabajos agrícolas antiguas en su parte más baja, tales como marcas de pala o azada así como antiguas capas de labranza. Los horizontes plágicos comúnmente están por encima de suelos enterrados aunque la superficie original puede estar mezclada con los cepellones. En algunos casos, se hacen zanjas en los suelos enterrados como una forma de cultivo para mejoramiento del suelo. El límite inferior es típicamente claro.

Características adicionales

En la mayoría de los casos la textura es arenosa o areno francosa. Franco arenosa y franca son raras. El *carbono orgánico del suelo* puede incluir carbono agregado con el cepellón. El contenido de P_2O_5 (extractable en ácido cítrico al 1 por ciento) en horizontes plágicos puede ser alto, con frecuencia $\geq 0.025\%$ dentro de ≤ 20 cm desde la superficie del suelo. Originalmente, el horizonte plágico tiene una baja saturación de bases. Si se ha encalado o fertilizado, este criterio se omite.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

La saturación en bases baja diferencia al horizonte plágico del horizonte *térrico*. Hay solamente pocas otras características que diferencian al horizonte *térrico* y plágico entre sí. Los horizontes *térricos* generalmente tienen una reacción del suelo neutra a ligeramente alcalina (pH_{agua} normalmente ≥ 7) y pueden contener carbonatos de calcio libres. Usualmente tienen una alta actividad biológica. Algunos horizontes plágicos pueden calificarse también como horizontes *úmbricos* o hasta *móllicos*. No puede excluirse que un horizonte cumpla también los criterios del horizonte *prético*. En este caso, el edafólogo debería usar el conocimiento histórico para tomar la decisión final, para que el horizonte sea llamado plágico o *prético*.

Horizonte plíntico

Descripción general

Un horizonte *plíntico* (del griego *plinthos*, ladrillo) es un horizonte subsuperficial que es rico en (hidr-)óxidos de Fe (en algunos casos también de Mn), y pobre en humus. La arcilla es principalmente caolinítica, con la presencia de otros productos de intensa meteorización, tal como gibsita. El horizonte plíntico cambia irreversiblemente a una capa de nódulos o concreciones duros, o una capa continua endurecida por exposición repetida a humedecimiento y secado con libre acceso al oxígeno.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte plíntico consiste de material *mineral* y:

1. tiene en $\geq 15\%$ del volumen, solo o en combinación:
 - a. concreciones y/o nódulos discretos que son, en estado húmedo, al menos firmes y que tienen un matiz más rojo o un cromatismo más fuerte que el material que los rodea; **o**
 - b. concentraciones en patrones laminar, poligonal o reticulado que son, en estado húmedo, al menos firmes y que tienen un matiz más rojo o un cromatismo más fuerte que el material que los rodea; **y**
2. uno o más de los siguientes:
 - a. tiene $\geq 2.5\%$ (en masa) de Fe_{dith} en la fracción tierra fina; **o**
 - b. tiene $\geq 10\%$ (en masa) de Fe_{dith} en las concreciones, los nódulos o las concentraciones; **o**
 - c. se endurece irreversiblemente por la exposición a humedecimiento y secado repetidos; **y**
3. tiene una relación entre Fe_{ox} (pH 3) y Fe_{dith} de < 0.1 en la fracción tierra fina¹³; **y**
4. no forma parte de un horizonte *petroplíntico* o *pisoplíntico*; **y**
5. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación de campo

Un horizonte plíntico presenta concreciones o nódulos o concentraciones prominentes en patrones laminar, poligonal o reticulado. En un suelo permanentemente húmedo, muchas concreciones, nódulos o concentraciones no son duros sino firmes o muy firmes y pueden cortarse con una pala. El humedecimiento y secado repetidos generalmente los cambian irreversiblemente a concreciones o nódulos duros o un *hardpan* (*ironstone*), especialmente si también está expuesto al calor del sol, pero éstos no se endurecen irreversiblemente como resultado de un solo ciclo de secado y rehumedecimiento.

Características adicionales

Los estudios micromorfológicos pueden revelar el grado de impregnación de la masa del suelo por (hidr-)óxidos de Fe. El horizonte plíntico con concreciones o nódulos se ha desarrollado bajo condiciones redoximórficas causadas por agua estancada y muestra propiedades *stágnicas*. El horizonte plíntico con concentraciones en patrones laminares, poligonales, o reticulares se ha desarrollado bajo condiciones oximórficas en la franja capilar del agua freática. En este caso, el horizonte plíntico muestra propiedades *gléyicas* con colores oximórficos y en muchos casos tiene por debajo un horizonte blancuzco. En muchos horizontes plínticos, ya no se presentan *condiciones reductoras* prolongadas.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Si las concreciones y nódulos del horizonte plíntico se endurecen y alcanzan $\geq 40\%$ del volumen, el horizonte plíntico se vuelve un horizonte *pisoplíntico*. Si se endurece

13 Estimado a partir de datos de Varghese y Byju (1993).

como una hoja continua, el horizonte plúntico se convierte entonces en un horizonte *petroplúntico*.

Si las concreciones, nódulos o moteados no alcanzan el 15% del volumen, éste puede ser un horizonte *férrico*.

Horizonte prético

Descripción general

Un horizonte prético (del portugués *preto*, negro) es un horizonte superficial mineral que resulta de actividades humanas incluyendo la adición de carbón vegetal. Se caracteriza por su color oscuro, la presencia de *artefactos* (fragmentos de cerámica, instrumentos líticos, de hueso o de conchas, etc.) y altos contenidos de carbono orgánico, fósforo, calcio, magnesio y micronutrientes (principalmente zinc y manganeso), por regla general en contraste con los suelos naturales en las áreas circundantes. Típicamente contiene restos visibles de carbón vegetal.

Los horizontes préticos se encuentran, por ejemplo, en muchos lugares a lo largo de la cuenca del Amazonas, donde son el resultado de actividades precolombinas y han persistido durante muchos siglos a pesar de las condiciones de humedad tropical y las altas tasas de mineralización. Estos suelos con un horizonte prético son conocidos como “Terra Preta de Indio” o “Tierras Oscuras del Amazonas”. Generalmente tienen altas reservas de carbono orgánico. Muchos de ellos están dominados por arcillas de baja actividad.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte prético es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y tiene:

1. un color Munsell con un brillo de ≤ 4 y un croma de ≤ 3 , ambos en húmedo; **y**
2. ≥ 1 % de carbono orgánico; **y**
3. Ca más Mg intercambiables (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de ≥ 2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de tierra fina; **y**
4. P extractable (Mehlich-1) de $\geq 30 \text{ mg kg}^{-1}$; **y**
5. uno o más de los siguientes:
 - a. $\geq 1\%$ de *artefactos*, (en volumen, en promedio ponderado); **o**
 - b. $\geq 1\%$ de carbón vegetal, (en volumen, en promedio ponderado); **o**
 - c. evidencia de ocupación humana antigua en el paisaje circundante, p. ej. construcciones, jardines, concheros (sambaquis) u obras de tierra (geoglifos); **y**
6. $< 25\%$ (en volumen) de poros de animales, coprolitos u otros rastros de actividad animal en el suelo; **y**
7. una o más capas con un espesor combinado de ≥ 20 cm.

Características adicionales

El carbón vegetal es un *artefacto* sólo si es fabricado intencionalmente por los humanos.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes préticos no muestran la actividad animal requerida para los horizontes *hórtico* e *irrágrico*. Los criterios de diagnóstico para la concentración de P en los horizontes prético y *hórtico* se basan en diferentes métodos analíticos con un menor requerimiento para el horizonte prético. No puede excluirse que un horizonte prético cumpla también los criterios del horizonte *plágico*. En este caso, el edafólogo debería usar el conocimiento histórico para tomar la decisión final, para que el horizonte sea llamado *plágico* o prético. Algunos horizontes préticos pueden calificarse también como horizontes *móllicos* o *úmbricos*.

Horizonte protovértico

Descripción general

Un horizonte protovértico (del griego *protou*, antes, y latín *vertere*, dar vuelta), tiene arcillas expandibles y contraíbles.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte protovértico consiste de material *mineral* y tiene:

1. $\geq 30\%$ de arcilla; **y**
2. uno o más de los siguientes:
 - a. agregados de suelo en forma de cuña en $\geq 10\%$ del volumen del suelo; **o**
 - b. slickensides (caras de presión con estriamientos o canales suaves que se producen por fuerzas de expansión y contracción) en $\geq 5\%$ de las superficies de los agregados de suelo; **o**
 - c. grietas de expansión y contracción; **o**
 - d. un COLE de ≥ 0.06 promediado en toda la profundidad del horizonte; **y**
3. un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación de campo

Los agregados en forma de cuña y las caras de presión pueden no ser evidentes de inmediato si el suelo está húmedo. En algunas ocasiones hay que esperar hasta que el suelo se haya secado para decidir si están presentes. Los agregados en forma de cuña pueden ser una subestructura de bloques angulares más grandes o elementos prismáticos, los cuales deben ser examinados cuidadosamente para ver si se encuentran presentes agregados en forma de cuña.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Si la expansión y contracción es más prominente (o la capa es más gruesa), el horizonte protovértico transiciona hacia un horizonte *vértico*.

Horizonte sálico

Descripción general

Un horizonte *sálico* (del latín *sal*, sal) es un horizonte superficial o subsuperficial a una profundidad somera que contiene altas cantidades de sales fácilmente solubles, es decir, sales más solubles que el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\log K_s = -4.85$ a 25°C).

Criterios de diagnóstico

Un horizonte *sálico* tiene:

1. en algún momento del año, una conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE_e) a 25°C de
 - a. $\geq 15 \text{ dS m}^{-1}$; **o**
 - b. $\geq 8 \text{ dS m}^{-1}$ si el pH_{agua} del extracto de saturación es ≥ 8.5 ; **y**
2. en algún momento del año, un producto del espesor (en centímetros) por la CE_e a 25°C (en dS m^{-1}) de ≥ 450 ; **y**
3. un espesor de $\geq 15 \text{ cm}$.

Identificación de campo

Salicornia, *Tamarix* u otras plantas halófitas y cultivos tolerantes a sales son los primeros indicadores. Las capas afectadas por sales con frecuencia están esponjosas. Las sales precipitan sólo después de la evaporación de la mayor parte de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, puede ser que las sales no estén visibles.

Las sales pueden precipitarse en la superficie (*Solonchaks* externos) o en profundidad (*Solonchaks* internos). Una costra de sales, si está presente, es parte del horizonte *sálico*.

Características adicionales

En suelos alcalinos carbonatados, una CE_e a 25°C de $\geq 8 \text{ dS m}^{-1}$ y un pH_{agua} de ≥ 8.5 son muy comunes. Los horizontes sálicos pueden consistir de materiales *orgánicos* o *minerales*.

Horizonte sómbrico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte sómbrico consiste de material *mineral* y:

1. tiene un color Munsell con un brillo o croma en húmedo, inferior que el horizonte suprayacente; **y**
2. muestra evidencia de acumulación de humus por uno o más de los siguientes:
 - a. un mayor contenido de *carbono orgánico del suelo* respecto del horizonte suprayacente; **o**
 - b. la presencia de humus iluvial sobre caras de agregados o en poros; **o**

- c. la presencia de humus iluvial en poros visible en cortes delgados; *y*
3. no tiene una *discontinuidad lítica* en su límite superior, no está directamente por debajo de una capa con material *álbico* y no forma parte de un horizonte *nátrico* o *spódico*; *y*
4. tiene un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación de campo

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes *sómbricos* pueden coincidir con horizontes *árgico*, *cámbico*, *ferrálico* o *nítico*. Los horizontes *sómbricos* pueden parecerse a horizontes *melánico* y *fúlvico* u horizontes *mólicos* o *úmbricos* enterrados. Los horizontes *spódicos* se diferencian del horizonte *sómbrico* por su CIC de la fracción arcilla mucho más alta. La parte de humus iluvial de los horizontes *nátricos* tiene un contenido de arcilla más alto, una alta saturación de Na y una estructura específica, lo que lo separa del horizonte *sómbrico*.

Horizonte spódico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte *spódico* consiste de material *mineral* *y*:

1. tiene un pH (1:1 en agua) de < 5.9 en $\geq 85\%$ del horizonte, a menos que el suelo sea cultivado; *y*
2. tiene en $\geq 85\%$ de su 1 cm más superficial, uno o ambos de los siguientes:
 - a. $\geq 0.5\%$ de *carbono orgánico del suelo*; *o*
 - b. un valor de la densidad óptica del extracto de oxalato (ODOE) de ≥ 0.25 ; *y*

3. uno o ambos de los siguientes:

- a. tiene material *álbico* por encima que no está separado del horizonte *spódico* por una *discontinuidad lítica* y que está por encima del horizonte *spódico* ya sea directamente o por encima de un horizonte de transición que tenga un espesor de un décimo o menos del material *álbico* suprayacente, y

tiene, en $\geq 85\%$ de sus 2.5 cm más superficiales, uno de los siguientes colores Munsell, en húmedo (muestra apelmazada y suavizada):

- ai. un matiz de 5 YR o más rojo; **o**
- aii. un matiz de 7.5 YR y un brillo de ≤ 5 y un croma de ≤ 4 ; **o**
- aiii. un matiz de 10 YR y un brillo y un croma de ≤ 2 ; **o**
- aiv. un color 10 YR 3/1; **o**
- av. un matiz de N y un brillo de ≤ 2 ; **o**
- b. tiene uno de los colores listados más arriba, o un color con un matiz de 7.5 YR, un brillo de ≤ 5 y un croma de 5 o 6, todos en húmedo (muestra apelmazada y suavizada), en $\geq 85\%$ de sus 2.5 cm más superficiales, y
- tiene uno o más de los siguientes:
- bi. cementación por materia orgánica y Al con o sin Fe en $\geq 50\%$ del horizonte y en la parte cementada una consistencia muy firme o más; **o**
- bii. $\geq 10\%$ de los granos de arena del horizonte mostrando revestimientos agrietados; **o**
- biii. un subhorizonte con un valor de $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ de $\geq 0.5\%$ que es ≥ 2 veces más alto que el valor de $Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_{ox}$ más bajo de todos los horizontes minerales por encima del horizonte *spódico*; **o**
- biv. un subhorizonte con un valor de ODOE de ≥ 0.25 que es ≥ 2 veces más alto que el valor de ODOE más bajo de todos los horizontes minerales por encima del horizonte *spódico*; **o**
- bv. $\geq 10\%$ (en volumen) de láminas de Fe^{14} en una capa de ≥ 25 cm de espesor; **y**

4. no forma parte de un horizonte *nátrico*; **y**

5. si aparece debajo de material *téfrico* que cumple los requerimientos del material *álbico*: tiene una relación C_{py} / OC^{15} y una C_f / C_{py} de ≥ 0.5 en sus 2.5 cm más superficiales; **y**

14 Las láminas de hierro son bandas de hierro iluvial no cementadas de espesor de < 2.5 cm.

15 C_{py} , C_f y OC son C extractable en pirofosfato, C de ácidos fúlvicos y C orgánico, respectivamente (Ito et al., 1991), expresados como porcentaje de la fracción tierra fina (0-2 mm) en una base de secado en horno ($105^\circ C$).

6. tiene un espesor de ≥ 2.5 cm y su límite inferior en
 - a. el límite inferior del subhorizonte más profundo que cumpla los criterios de diagnóstico 1 y 4 y tiene uno de los colores listados en 3; o
 - b. el límite inferior del subhorizonte más profundo que cumpla los criterios de diagnóstico 1 y 4 y que cumpla uno o más de los criterios listados en 3b, i – v;
 cualquiera que sea más profundo.

Identificación de campo

Un horizonte *spódico* frecuentemente subyace a un material *álbico* y tiene colores negro pardusco a pardo rojizo, los cuales a menudo se desvanecen conforme aumenta la profundidad. Los horizontes spódicos también pueden caracterizarse por la presencia de un pan de hierro fino, o cuando están débilmente desarrollados, por la presencia de esferitas (pellets) orgánicas, o por la acumulación de Fe en forma laminar.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Los horizontes spódicos frecuentemente están asociados con material *álbico*, al cual subyacen; puede haber un horizonte *hórtico*, *plágico*, *térrico* o *úmbrico* por encima, con o sin material *álbico*.

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

Algunas capas con propiedades *ándicas* están cubiertas por eyecciones volcánicas relativamente jóvenes, de color claro, que cumplen los requerimientos del material *álbico*. En consecuencia, en algunos casos, se necesitan datos analíticos para verificar la diferencia entre capas con propiedades *ándicas* y horizontes spódicos, en particular las relaciones C_{py} a OC o C_f a C_{py} .

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

Los horizontes *plínticos*, que contienen grandes cantidades de Fe acumulado, tienen menos Fe_{ox} que los horizontes spódicos.

Horizonte térrico

Descripción general

Un horizonte térrico (del latín *terra*, tierra) es un horizonte superficial mineral que se desarrolla a través de la adición de, por ejemplo, abonos terrosos, compost, arena de playa, loess o barro. Puede contener piedras, ordenadas y distribuidas al azar. En la mayoría de los casos, está construido gradualmente durante un largo período de tiempo. Ocasionalmente, los horizontes térricos son creados por una sola adición de

material. Normalmente el material agregado se mezcla con el suelo superficial original.

Crterios de diagnóstico

Un horizonte térnico es un horizonte superficial consistente de material *mineral* y:

1. tiene un color relacionado con el material de origen; *y*
2. tiene una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $\geq 50\%$; *y*
3. no muestra estratificación; *y*
4. aparece en tierras con superficies localmente levantadas; *y*
5. tiene un espesor de ≥ 20 cm.

Identificación de campo

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Pocas características diferencian al horizonte térnico del *plágico*. Los horizontes térnicos comúnmente muestran una alta actividad biológica, tienen una reacción del suelo neutra a ligeramente alcalina (pH_{agua} normalmente ≥ 7) y pueden contener cal libre, mientras que los horizontes *plágicos* tienen una reacción del suelo ácida, a menos que la cal o los fertilizantes minerales hayan elevado el pH. El color del horizonte térnico está fuertemente relacionado con el material origen. Pueden observarse suelos enterrados en la base del horizonte aunque la mezcla puede oscurecer el contacto. Algunos horizontes térnicos pueden calificarse como horizontes *móllicos*.

Horizonte tíónico

Descripción general

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

Crterios de diagnóstico

Un horizonte tíónico tiene:

1. un $\text{pH} < 4$ (1:1 en masa en agua, o en un mínimo de agua que permita la medición); *y*
2. uno o más de los siguientes:
 - a. moteados o revestimientos con acumulaciones de sulfatos o hidroxisulfatos de hierro o aluminio; *o*
 - b. superposición directa sobre material *sulfuroso*; *o*
 - c. $\geq 0.05\%$ (en masa) de sulfato soluble en agua; *y*
3. un espesor de ≥ 15 cm.

Identificación de campo

Los horizontes tíonicos generalmente exhiben moteados o revestimientos amarillos pálidos de jarosita o pardos amarillentos de schwertmannita. La reacción del suelo es extremadamente ácida; no es raro un pH_{agua} de 3.5. Aunque principalmente están asociados con sedimentos costeros sulfurosos recientes, los horizontes tíonicos también se desarrollan en el interior en materiales *sulfurosos* que pueden estar presentes ya sea en depósitos naturales o en *artefactos* como los desechos de minas.

Características adicionales

Los sulfatos o hidroxisulfatos de hierro o aluminio comprenden jarosita, natrojarosita, schwertmannita, sideronatrilita y tamarugita. Los horizontes tíonicos pueden componerse de material *orgánico* o *mineral*.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Un horizonte tíonico con frecuencia subyace a un horizonte fuertemente moteado con propiedades *stágnicas* (moteados rojizos a pardo rojizos de hidróxido de hierro y una matriz de color claro, empobrecida en Fe).

Horizonte úmbrico

Descripción general

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

Criterios de diagnóstico

Un horizonte úmbrico es un horizonte superficial consistente de material *mineral*. Para los criterios de diagnóstico 2 al 4, se calcula un promedio ponderado de cada valor y luego se compara con el criterio de diagnóstico, ya sea para los primeros 20 cm, o para todo el suelo mineral sobre *roca continua*, material *duro técnico* o un horizonte *crítico*, *petrodúrico* o *petroplúntico* si comienza a < 20 cm de la superficie del suelo mineral. Si el horizonte úmbrico tiene subhorizontes que inicien ≥ 20 cm de la superficie del suelo mineral, no se calcula un promedio ponderado para esos subhorizontes; cada valor se compara separadamente con el criterio de diagnóstico. Un horizonte úmbrico tiene:

1. una estructura del suelo suficientemente fuerte como para que no sea a la vez masivo y duro o muy duro, en seco (prismas de más de 30 cm de diámetro se incluyen en el significado de masivo si no hay estructura que subdivida los prismas); y
2. $\geq 0.6\%$ de *carbono orgánico del suelo*; *y*
3. uno o ambos de los siguientes:
 - a. en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 3 en húmedo, y ≤ 5 en seco, y un croma de ≤ 3 en húmedo; *o*
 - b. todos los siguientes:
 - bi. una clase textural areno francosa o más gruesa; *y*

- bii. en muestras ligeramente apelmazadas un color Munsell con un brillo de ≤ 5 y un chroma de ≤ 3 , ambos en húmedo; *y*
 - biii. $\geq 2.5\%$ de *carbono orgánico del suelo*; *y*
- 4. $\geq 0.6\%$ (absoluto) más *carbono orgánico del suelo* que el material parental, si está presente y tiene un color Munsell con un brillo de ≤ 4 , en húmedo; *y*
- 5. una saturación de bases (por NH_4OAc 1 M, pH 7) de $< 50\%$ en promedio ponderado en todo el espesor del horizonte; *y*
- 6. un espesor de uno de los siguientes:
 - a. ≥ 10 cm si está directamente por encima de *roca continua*, material *duro técnico* o un horizonte *crúico*, *petrodúrico* o *petroplúntico*; *o*
 - b. ≥ 20 cm.

Identificación de campo

Las principales características de campo de un horizonte úmbrico son su color oscuro y su estructura. En general, los horizontes úmbricos tienden a tener menor grado de estructura del suelo que los horizontes *móllicos*.

La mayoría de los horizontes úmbricos tienen una reacción ácida ($\text{pH}_{\text{agua}} < 5.5$), lo cual normalmente representa una saturación de bases de $< 50\%$. Un indicador adicional de la acidez es un patrón de enraizamiento horizontal somero en ausencia de una barrera física.

Relaciones con algunos otros diagnósticos

El requisito de saturación de bases separa al horizonte úmbrico del horizonte *móllico*, que por lo demás es muy similar. El límite superior del contenido de *carbono orgánico del suelo* es 20% que es el límite inferior del *material orgánico*.

Algunos horizontes *irrágricos* o *plágicos* pueden también calificarse como horizontes úmbricos.

Horizonte vértico

Descripción general

Un horizonte vértico (del latín *vertere*, dar vuelta) es un horizonte subsuperficial arcilloso que, como resultado de expansión y contracción, presenta slickensides (caras de presión con estriamientos o canales suaves) y agregados en forma de cuña.

Criterios de diagnóstico

Un horizonte vértico consiste de material *mineral* y tiene:

1. $\geq 30\%$ de arcilla; *y*
2. uno o ambos de los siguientes:
 - a. agregados de suelo en forma de cuña con un eje longitudinal inclinado entre $\geq 10^\circ$ y $\leq 60^\circ$ respecto de la horizontal en $\geq 20\%$ del volumen del suelo; *o*

b. slickensides (caras de presión con estriamientos o canales suaves que se producen por fuerzas de expansión y contracción) en $\geq 10\%$ de las superficies de los agregados de suelo; y

3. grietas de expansión y contracción; y

4. un espesor de ≥ 25 cm.

Identificación de campo

Los horizontes vérticos son arcillosos, y cuando están secos con frecuencia tienen una consistencia dura a muy dura. Es muy distintiva la presencia de superficies brillantes (*slickensides*), generalmente en ángulos agudos.

Los agregados en forma de cuña y las caras de presión pueden no ser evidentes de inmediato si el suelo está húmedo. En algunas ocasiones hay que esperar hasta que el suelo se haya secado para decidir si están presentes. Los agregados en forma de cuña pueden ser una subestructura de bloques angulares más grandes o elementos prismáticos, los cuales deben ser examinados cuidadosamente para ver si se encuentran presentes agregados en forma de cuña.

Características adicionales

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

Relaciones con algunos otros diagnósticos

Varios otros horizontes de diagnóstico también pueden tener elevados contenidos de arcilla, p. ej. los horizontes *árgico*, *nátrico* y *nítico*. Aunque algunos de estos pueden calificarse como horizontes vérticos, la mayoría carecen de las características típicas del horizonte vértico. Sin embargo, pueden estar ligados lateralmente en el paisaje con el horizonte vértico, éste último generalmente ocupando la posición más baja. La expansión-contracción de arcilla menos pronunciadas pueden indicar un horizonte *protovértico*.