

NIVELES SUPERIORES DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
 (HORIZONTES, MATERIALES Y PROPIEDADES)
SOIL TAXONOMY Y WORLD REFERENCE BASE

Cuadro 1. Órdenes del Soil Taxonomy (Bockheim & Gennadiyev, 2000)

| Orden de suelo | Horizonte Diagnóstico propiedades, material | Procesos de formación | Secuencia representativa de horizontes |
|-----------------------------------|--|--|--|
| ALFISOL (alto en bases) | argílico enriquecimiento biológico de cationes básicos | argilluviación | A /E /Bt /C |
| ANDISOL | epipedón melánico propiedades ándicas | andisolización | A /Bw /C |
| ARIDISOL | nátrico cálcico, petrocálcico gípsico, petrogípsico argílico duripán w x sálico | solonización, solodización calcificación calcificación argilluviación silicificación régimen de humedad árido/ salinización | A /Eg /Btn /Bk /By /C A /Bkm /Ck A /Cym /Cy A /E /Bt /Ck A /B /Cqm Az /Cz |
| HISTOSOL | materiales hísticos | paludización | Oi /Oa /Oe |
| MOLLISOL | epipedon móllico Elevado en bases | melanización enriquecimiento biológico de cationes básicos | A /Bt /C |
| OXISOL | óxico | ferralitización | A /Bo /Cr |
| SPODOSOL | materiales spódicos, plácico álbico | podzolización lavado de cationes básicos | Oa /E /Bh /Bs /C |
| ULTISOL | argílico bajo en bases | argilluviación / lavado de cationes básicos | E /Bt /C |
| VERTISOL | slickensides, grietas | vertización | A /C _{ss} |
| GELISOL | materiales gélicos | crioturbación | O /Bg _{ij} /Cf |
| INCEPTISOL | cámbico + otros | débil formación de suelo | A /Bw /C |
| ENTISOL | Ninguno | muy débil formación de suelo | A /C |

Cuadro 2. Grupos de Suelos de Referencia del World Reference Base (Bockheim & Gennadiyev, 2000)

| Grupo de suelo | Horizonte Diagnóstico propiedades, material | Procesos de formación | Secuencia representativa de horizontes |
|-----------------------|--|--|---|
| HISTOSOLES | hístico o fólico | paludización | H1/H2/H3 |
| CRISOLES | crílico | crioturbación | O/Bg/Ci |
| ANTROSOLES | hórtico, irrágrico, plágico, térico o antráquico, o antro- pedogénico, o materiales antropogeomórfico | antrosolización | Ap/Bw/Ahb/Bwb |
| LEPTOSOLES | móllico, ócrico, yérmico, o muy vértico | formación débil | O/Cck |
| VERTISOLES | vértico | vertización | Ah/Bwck/Ck |
| FLUVISOLES | materiales frescos flúvicos | sedimentos fluviátiles, marinos o lacustrinos | Ah/Bg/Cg/2Ahb |
| SOLONCHAKS | sálico | salinización | Ahz/Bzy/Czy |
| GLEYSOLES | prop. gléyicas | gleización | Ah/Bg/Cg |
| ANDOSOLES | vitrándicos o ándicos | andisolización | Ah/Bw/C |
| PODZOLES | Espódico | podzolización | Eh/Bs/BC/C |
| PLINTOSOLES | petroplíntico o plínthico | podzolización, gleización | Ah/Bsg/BCg |
| FERRALSOLES | Ferrálico | ferralitización | Ah/Bw/BC/C |
| SOLONETZ | nátrico | solonización, solodización | Ah/Btn/C |
| PLANOSOLES | eluvial | argiluviación, gleización | Ah/Eg/2Btg |
| CHERNOZEMS | mólico | melanización | Ah/Bk/Ck |
| KASTANOZEMS | mólico, cálcico | melanización, calcificación | Ah/Bw/Ck |
| PHAEZEMS | mólico | melanización | Ah/Bw/C |
| GYPSISOLES | gypsico or petrogypsico, materiales gypsicos | calcificación | Ah/Byk/Cyk |
| DURISOLES | dúrico o petrodúrico | silificación | A/Bw/Cqm |
| CALCISOLES | cálcico o hipercálcico | calcificación | Ah/Bwk/Ck |
| ACRISOLES | árgico, ócrico | ferralitización | A/(E)/Bt/C |
| NITISOLES | árgico | ferralitización, nitidización | A/Bt/C |
| RETISOLES | árgico, con lenguas (<i>tonguing</i>) úmbrico | argiluviación depositación | A/E/Bt/C A/(B)/C |
| REGOSOLES | ácrico | formación débil | A/C |
| ALISOLES | árgico, álico | hidrólisis, iluviación | A/Bt/C |
| LIXISOLES | ócrico, árgico | lixiviación, rubefacción | A/Bt/C |
| LUVISOLES | árgico | movilización, transporte, inmovilización | A/Bt/C |
| CAMBISOLES | cámbico o mólico u otros | incipiente desarrollo | A/B/C |
| ARENOSOLES | ócrico , álbico | depositación | A/(E)/C |

HORIZONTE DIAGNÓSTICO

La definición de los horizontes genéticos es meramente cualitativa, lo que en algunos casos puede dificultar su empleo. Esto, unido al hecho de no haberse llegado a una normalización de la nomenclatura de horizontes genéticos a nivel internacional, dificulta la transferencia de información mediante ellos. Para evitar estos inconvenientes, se introdujo el concepto de horizontes de diagnóstico, cuyo uso se ha generalizado en todo el mundo. Un horizonte de diagnóstico es un horizonte definido morfométricamente o al menos con la mayor precisión posible, con datos de campo y de laboratorio, para su utilización taxonómica.

| Horizontes genéticos | Horizontes de diagnóstico |
|---|--|
| Usados para describir un perfil | Usados además para clasificar un suelo |
| Definidos principalmente en términos de génesis de suelos | Definidos solo en términos de propiedades medibles |
| Subjetivo | Definido rigurosamente |
| Sujetos a los sentidos. | Requiere análisis de laboratorio |

Las correspondencias con los horizontes genéticos no son biunívocas, ya que los horizontes diagnósticos han sido definidos de forma **cuantitativa** y con muchas mayores exigencias. La importancia relativa con que se pueden presentar los horizontes diagnósticos varía de un ámbito geográfico a otro. Por otra parte, ni los epipedones ni los endopedones tienen que coincidir, en su espesor, con alguno de los horizontes genéticos del suelo. Ellos pueden ser iguales o puede ser que el horizonte diagnóstico sea parte de uno o de varios horizontes genéticos.

1. Epipedones

Horizontes de diagnóstico formados en la parte superior o superficial del suelo. Se caracterizan por presentar un color relativamente oscuro, debido a la incorporación de materia orgánica (MO) por aporte de hojarasca y raíces, o bien por ser horizontes eluviales superiores. Epipedón no es sinónimo de horizonte A, puede incluir parte o la totalidad del horizonte B, si está oscurecido por MO desde la superficie. Para que se trate de un epipedón se requiere la acción de los procesos de formación de suelo (PFS), por lo que depósitos recientes y finamente estratificados, no constituyen un epipedón.

“epipedones” – deben mostrar evidencia de pedogénesis

– no son equivalentes a horizontes O o A, pueden incluir horizontes B iluviales.

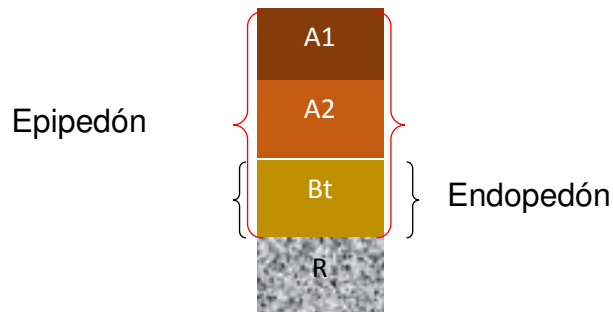
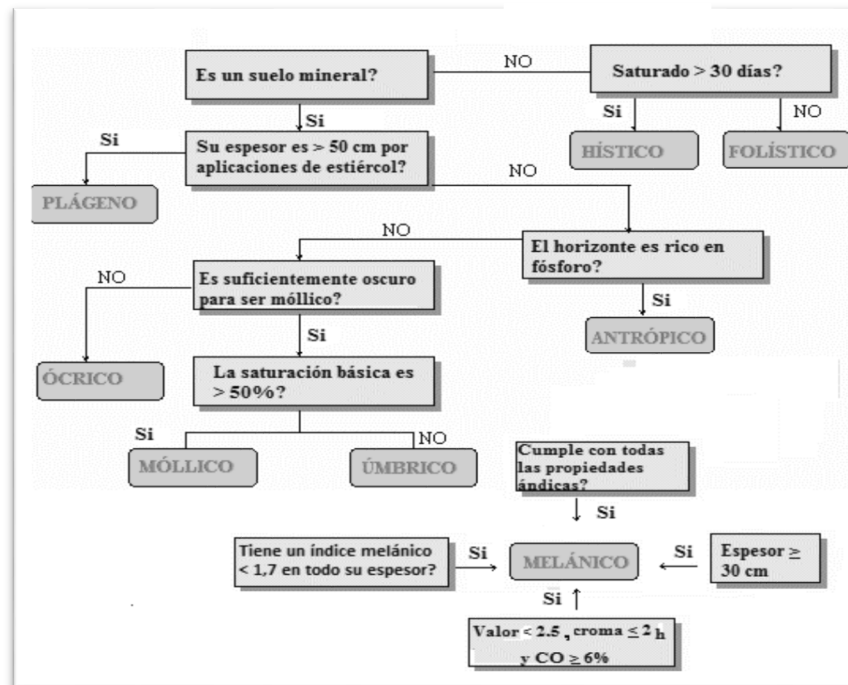
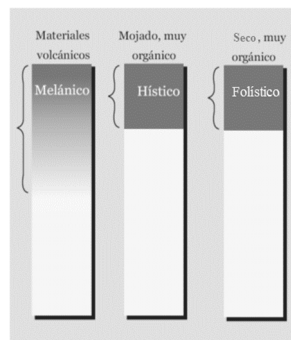


Figura 1. Concepto de epipedón y endopedón.

Cuadro 3. Características de los epipedones

| Denominación | Características simplificadas |
|--------------|---|
| Móllico | Con buena estructura. Horizonte de color oscuro debido a la materia orgánica; saturación de bases alta, superior al 50 %. Típico en suelos de pradera de gramíneas. |
| Úmbrico | Morfológicamente semejante al móllico, pero característico de suelos ácidos, con un porcentaje de saturación de bases inferior al 50 %. |
| Antrópico | Horizonte que ha adquirido unas características semejantes a las de un móllico por intervención humana. A causa del estercolado y de aportes antropógenos cuyo contenido en fósforo es muy elevado, lo que ofrece un criterio para diferenciarlo de un móllico. |
| Plágeno | De origen antrópico, formado por acumulación de los materiales de camas de ganado a lo largo de muchos años. Ausente en el área mediterránea. |
| Ócrico | Pobre en materia orgánica, en general, de colores claros y poco espesor para móllico, estructura moderada, a veces duro o muy duro en seco. Típico en la zona mediterránea. |
| Hístico | Horizonte orgánico formado en condiciones de saturación por agua durante períodos prolongados. Típico de turberas (Histosoles). |
| Melánico | Horizonte de color oscuro, con elevado contenido de materia orgánica, característico de suelos volcánicos. |
| Folístico | Generalmente material orgánico que contiene un volumen importante de fibras (más del 75 %) y una baja densidad aparente. Saturado con agua menos de 30 días. |

Saturación de base (SB), en %: proporción de los cationes Ca, Mg, Na y K respecto de total de cationes del suelo.



Propiedades ándicas:

- $A_{lox} + \frac{1}{2}Fe_{ox} \geq 2\%$; y
- Densidad aparente $\leq 0,9 \text{ Mg m}^{-3}$ y
- Retención de P de $\geq 85\%$

El índice melánico (suelo + NaOH 0,5 M):
 absorbanza a 450 nm
 absorbanza a 520 nm.
cantidad de radiación que absorbe (o no transmite) un material

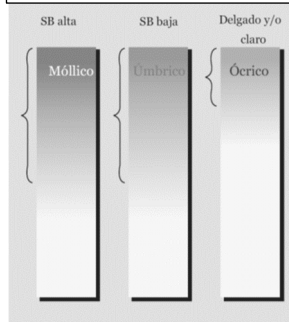


Figura 2. Comparación y claves de algunos epipedones.

2. Endopedones

Los PFS pueden dar lugar a la formación de horizontes en el interior del suelo. Se les denomina genéricamente horizontes de diagnóstico subsuperficiales o endopedones. Los endopedones se forman debajo de un A o de una capa de hojarasca. Son el resultado de procesos de meteorización del material originario o de la translocación de sustancias movilizadas en la parte superior del suelo y acumuladas en el endopedón. En forma general, aunque no necesariamente, coinciden con el horizonte B de éste. Se han definido varios endopedones que abarcan los distintos ámbitos geográficos. Para las definiciones que se dan a continuación, de manera resumida, los endopedones se han agrupado teniendo en cuenta el PFS que ha dominado en su desarrollo, aclarando que no es el único que ha actuado en el suelo que posee determinado endopedón. Definiciones simplificadas de ellos serían:

Ágrico: Es un horizonte que se forma por efecto del cultivo continuado durante largo tiempo; presenta altas cantidades de limo, arcilla y humus, pH cercano a la neutralidad y son comunes los pedotúbulos. Acumulación de materia orgánica (MO), arcilla, o limo bajo la capa arable.

Argílico: Es un horizonte iluvial de arcillas silicatadas. Acumulación de arcillas silicatadas evidenciadas como películas.

Cálcico: Es un horizonte de acumulación de carbonatos de calcio (CaCO_3) y de otros carbonatos secundarios; tiene ≥ 15 cm de espesor y no está cementado. Acumulación de calcita (CaCO_3) o dolomita ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$).

Espódico: Es un horizonte iluvial de $\geq 2,5$ cm de espesor, con $\geq 85\%$ de materiales espódicos (materiales amorfos activos iluviales compuestos de MO y Al, con o sin Fe). Acumulación de MO y sesquióxidos.

Yésico: Es un horizonte de acumulación de yeso secundario de ≥ 15 cm de espesor, no cementado ni endurecido.

Nátrico: Es un horizonte argílico que tiene, además de las características de este horizonte, elevados contenidos de sodio ($\text{PSI} > 15\%$) en los primeros 40 cm del horizonte y estructura columnar o prismática dominante. Horizonte argílico, rico en sodio con estructura columnar o prismática.

Sómbrico: Es un horizonte iluvial de humus que no está complejado con Al, ni disperso; tiene $\text{SB} < 50\%$; tiene mayor contenido de MO que el horizonte suprayacente (de arriba) y menor valor y/o croma (Munsell) que este. Acumulación de MO, y baja SB.

Cámbico: Es un horizonte de alteración de ≥ 15 cm de espesor, que presenta cambios de color, textura y/o estructura, pero que no cumple los requerimientos de los epipedones definidos anteriormente, ni de los endopedones argílico, cálcico, yésico, nátrico, óxico, espódico, plácico, petrocálcico, petroyésico, duripán o fragipán. Horizonte débilmente desarrollado.

Óxico: Es un horizonte con textura franco arenosa o más fina, con una $\text{CIC}_7 < 16 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ de arcilla y $\text{CICE} < 12 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ de arcilla, ≥ 30 cm de espesor y $< 10\%$ de minerales meteorizables en la fracción de 0,2 a 0,05 mm de diámetro. Horizonte muy meteorizado + acumulación de óxidos de Fe y Al + arcillas no expandibles.

Sulfúrico: Es un horizonte de ≥ 15 cm de espesor, compuesto de materiales orgánicos o minerales de suelo, que presenta un pH en agua (1:1) $< 3,5$ y que tiene evidencias de que el bajo pH es causado por ácido sulfúrico. Se forma como consecuencia del drenaje y oxidación de materiales de suelo orgánicos ricos en sulfuros. Horizonte muy ácido con moteados de azufre.

Fragipán: Es un endopedón que puede formarse por alteración y/o por iluviación de arcilla. Es un horizonte de espesor ≥ 15 cm, duro a muy duro en seco, estructura poliédrica muy gruesa y casi sin raíces; generalmente es un limitante para el paso de agua y de raíces. Pan débilmente cementado, capa frágil o quebradiza.

Duripán: Es un endopedón que se forma por la translocación de sílice soluble y la posterior cementación del material del suelo por ella. Pan duro debido a cementación por sílice.

Glósico: Es un horizonte mezclado de espesor ≥ 5 cm. En él se diferencia una parte eluvial de materiales álbicos y otra iluvial de remanentes de horizontes argílico, kándico o nátrico. Degradación de horizontes argílicos, kaádicos o nátricos en la forma de lenguas.

Kándico: de ≥ 15 cm de espesor, con clase textural areno francosa muy fina o más fina, con CIC_7 de arcilla $< 16 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y CICE de arcilla $< 12 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ en $\geq 50\%$ del espesor. Este horizonte se puede generar por iluviación de arcilla; por destrucción de la arcilla o por erosión selectiva de las partículas más finas en el epipedón o por sedimentación de materiales gruesos en la superficie del suelo. Acumulación de arcillas de baja actividad (caolinita, óxidos: $CIC \leq 16 \text{ cmol}_{+}\text{kg}^{-1}$). [CIC de arcilla \approx CIC del suelo/Contenido de arcilla]

Orstein: Es un horizonte espódico, con espesor ≥ 25 mm, que tiene $> 50\%$ de su volumen cementado.

Petrocálcico: se forma mediante la acumulación iluvial de CaCO_3 secundarios y la posterior cementación del horizonte por dichos carbonatos. En general, es un horizonte cementado por CaCO_3 , principalmente, que presenta reacción positiva al HCl y que tiene ≥ 10 cm de espesor, si no está directamente sobre la roca, si lo está, debe tener un espesor ≥ 1 cm.

Petroyésico: Es un horizonte similar al petrocálcico, del cual se diferencia porque el cementante principal (yeso).

Plácico: Es un horizonte que se presenta cementado por Fe (con o sin Mn) y MO. Tiene colores de rojo oscuro hasta negro; su espesor es >1 mm, sin límite máximo, si no está asociado a materiales espódicos, caso en el cual, el espesor máximo es de 25 mm. Pan cementado muy fino y muy duro, negro a rojo, que se mantienen unido por Fe, Mn, y/o MO.

Álbico: Es un horizonte eluvial de ≥ 1 cm de espesor que contiene $\geq 85\%$ (por volumen) de materiales álbicos (claros). Horizonte eluvial de colores claros que ha perdido MO y arcilla.

Sálico: Horizonte de acumulación, generalmente residual, de sales más solubles que el yeso. Tiene un espesor ≥ 15 cm y una conductividad eléctrica de $\geq 30 \text{ dS m}^{-1}$. Acumulación de sales.

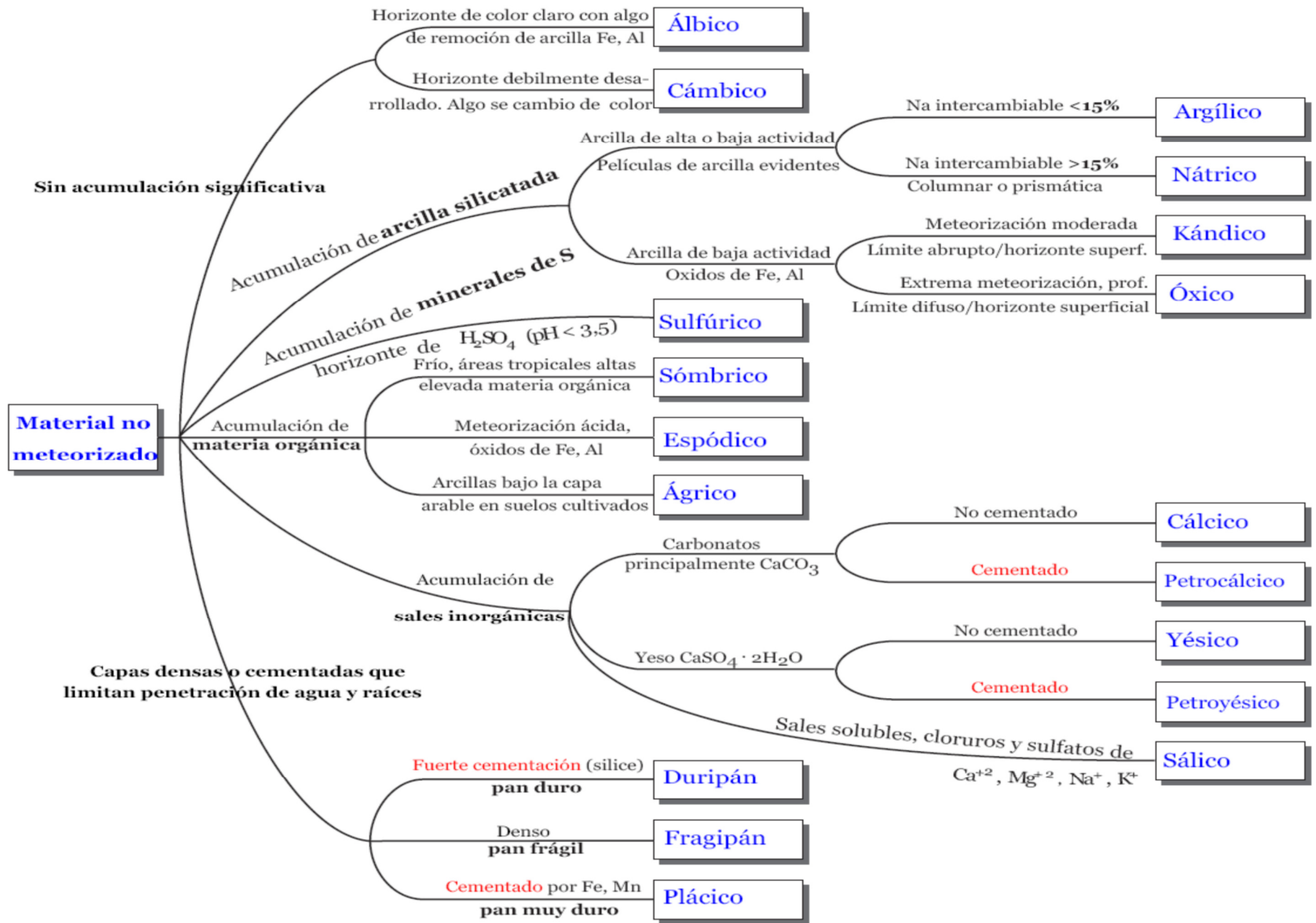


Figura 3. Conceptos de horizontes de diagnóstico (Weil & Brady, 2017)

Cuadro 4. Algunas equivalencias aproximadas entre horizontes diagnósticos y genéticos.

| | | | | | |
|--|-------|--------------|-----|---|-------------|
| Argílico (Latín <i>argilla</i> = arcilla blanca) | Bt | Kándico | Bt | Sulfúrico | B |
| Agrico (Latín <i>ager</i> = campo) | A o B | Oxico | Bo | Nátrico(Latín <i>natrium</i> = sodio) | Btn |
| Albico (Latín <i>albus</i> = blanco) | E | Petrocálcico | Bkm | Duripan (Latín <i>duras</i> = duro) | Bqm |
| Cálcico (Latín <i>calcis</i> = dolomita) | Bk | Petroyésico | Bym | Fragipan (Latín <i>fragilis</i> = frágil) | Bx |
| Cámbico (Latín <i>cambiare</i> = cambiar) | Bw | Plácico | Bsm | Sómbrico (Francés sombre = oscuro) | B |
| Yésico | By | Sálico | Bz | Espódico | Bh, Bhs, Bs |

Cuadro 5. Importancia de los factores de formación de suelos en los horizontes diagnósticos.

| | Clima | Organismos | Relieve | Material parental | Tiempo | Humano |
|--------------|-------|------------|---------|-------------------|--------|--------|
| Epipedones | | | | | | |
| Antrópico | | | | | | X |
| Folístico | | X | x | | | |
| Hístico | | x | x | X | | |
| Melánico | | | | X | | |
| Móllico | x | X | | x | | |
| Ócrico | | | | | X | |
| Plágeno | | | | | | X |
| Úmbrico | X | | x | x | | |
| Endopedones | | | | | | |
| Ágrico | | | | | | X |
| Álbico | | | x | X | | |
| Argílico | x | | x | X | x | |
| Cálcico | x | | | X | x | |
| Cámbico | | | | | X | |
| Duripán | x | | | X | x | |
| Fragipán | x | x | | X | | |
| Glósico | x | x | | X | | |
| Yésico | x | | x | X | | |
| Kándico | x | | | X | x | |
| Nátrico | x | | x | X | | |
| Ortstein | x | | x | X | | |
| Óxico | x | x | | | x | |
| Petrocálcico | x | | | x | x | |
| Petroyésico | x | | | X | x | |
| Plácico | x | | x | x | | |
| Sálico | x | | X | x | | |
| Sómbrico | X | x | | | | |
| Espódico | X | x | x | | | |

Cuadro 6. Horizontes de diagnóstico y climas más frecuentes (Porta et al., 2003).

| Horizontes | AMBIENTES | | | |
|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | Mediterráneo | Templado-Húmedo | Tropical húmedo | Tropical árido |
| <i>Epipedones:</i> | | | | |
| Óchrico | •••• | •• | •• | •••• |
| Móllico | • | •• | • | |
| Úmbrico | • | •• | •• | |
| Melánico | | • | • | |
| Antrópico | | • | | |
| Plaggen | | • | | |
| Hístico | | • | • | |
| Folístico | | | | |
| <i>Endopedones:</i> | | | | |
| Cámbico | •••• | •• | •• | •••• |
| Cálcico | •• | | | •• |
| Argílico | •• | • | ••• | • |
| Petrocálcico | •• | | | •• |
| Gypsico | • | | | • |
| Albico | • | • | • | |
| Nátrico | • | | | • |
| Sálico | • | | | • |
| Duripán | • | | •• | |
| Agrico | • | | | |
| Espódico | | •••• | • | |
| Fragipán | | • | | |
| Glósico | | • | | |
| Plácico | | • | | |
| Ortstein | | • | | |
| Óxico | | | •••• | |
| Kándico | | | • | |
| Sómbrico | | | • | |
| Sulfúrico | | | • | |
| Petrogypsico | | | | • |

Cuadro 7. Correlación de Órdenes (Soil Taxonomy) y Grupos de Referencia (WRB)

| ↓WRB/TS→ | <i>Alfisol</i> | <i>Andisol</i> | <i>Aridisol</i> | <i>Entisol</i> | <i>Gelisol</i> | <i>Histosol</i> | <i>Inceptisol</i> | <i>Mollisol</i> | <i>Spodosol</i> | <i>Oxisol</i> | <i>Ultisol</i> | <i>Vertisol</i> | ←TS/WRB↓ |
|-------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| Acrisol | ± | | | | | | | | | ± | + | | Acrisol |
| Albeluvisol | + | | | | | | | ± | | | ± | | Albeluvisol |
| Alisol | ± | | | | | | | | | | + | | Alisol |
| Andosol | | + | | | | | | | | | | | Andosol |
| Antrosol | | ± | ± | + | ± | | ± | | | ± | | | Antrosol |
| Arenosol | | | | ± | | | | | | | | | Arenosol |
| Calcisol | ± | | + | | | | ± | | | | | | Calcisol |
| Cambisol | | | ± | | | | + | | | | | | Cambisol |
| Chernozem | | | | | | | | + | | | | | Chernozem |
| Criosol | | | | | + | | | | | | | | Criosol |
| Durisol | ± | | + | | | | ± | | | | ± | | Durisol |
| Ferrasol | ± | | | | | | | | | + | ± | | Ferrasol |
| Fluvisol | | | | + | | | | | | | | | Fluvisol |
| Gleisol | ± | ± | | ± | | | ± | ± | | ± | ± | | Gleisol |
| Gipsisol | ± | | + | | | | ± | | | | | ± | Gipsisol |
| Histosol | | | | | ± | + | | | | | | | Histosol |
| Kastanozem | | | | | | | | + | | | | | Kastanozem |
| Leptosol | | | ± | + | | ± | | ± | | | | | Leptosol |
| Lixisol | + | | | | | | | | | | ± | | Lixisol |
| Luvisol | + | | | | | | | | | | ± | | Luvisol |
| Nitisol | ± | | | | | | | | | ± | + | | Nitisol |
| Faeozem | | | | | | | | + | | | | | Faeozem |
| Planosoles | ± | | | | | | ± | ± | | | ± | | Planosoles |
| Plintisol | ± | | | | | | | | | ± | ± | | Plintisol |
| Podzol | | | | | | | | | + | | | | Podzol |
| Regosol | | | | + | | | | | | | | | Regosol |
| Solonchaks | | | + | | | | ± | | | | | | Solonchaks |
| Solonetz | ± | | ± | | | | | | | | | | Solonetz |
| Estagnosol | ± | | | ± | | | ± | ± | | | ± | | Estagnosol |
| Tecnosol | | ± | ± | + | ± | | ± | | | | | ± | Tecnosol |
| Umbrisol | | | | | | | + | | | | | | Umbrisol |
| Vertisol | | | | | | | | | | | | + | Vertisol |
| ↑WRB/TS→ | <i>Alfisol</i> | <i>Andisol</i> | <i>Aridisol</i> | <i>Entisol</i> | <i>Gelisol</i> | <i>Histosol</i> | <i>Inceptisol</i> | <i>Mollisol</i> | <i>Espodosol</i> | <i>Oxisol</i> | <i>Ultisol</i> | <i>Vertisol</i> | ←TS/WRB↑ |

+: Indica que todos o casi todos los suelos de WRB están en ST y viceversa

±: Indica que algunos suelos de WRB están en ST y viceversa

Bibliografía:

Bockheim, J. & Gennadiyev, A. 2010. The role of soil-forming processes in the definition of taxa in Soil Taxonomy and the World Soil Reference Base. *Geoderma* 95:53–72.

Porta, J., López, M & Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi Prensa, España.

Weil, R. & Brady, N. 2007. *The Nature and Properties of Soils*. Pearson Ed. 15th edition.