

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	críico	crioturbación	O/Bg/Ci
ANTROSOLES	hórtico, irrágrico, plágico, térnico 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.

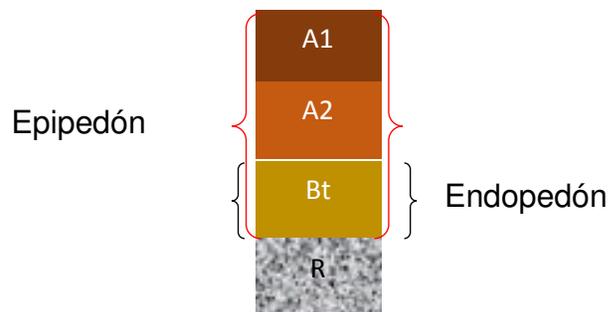
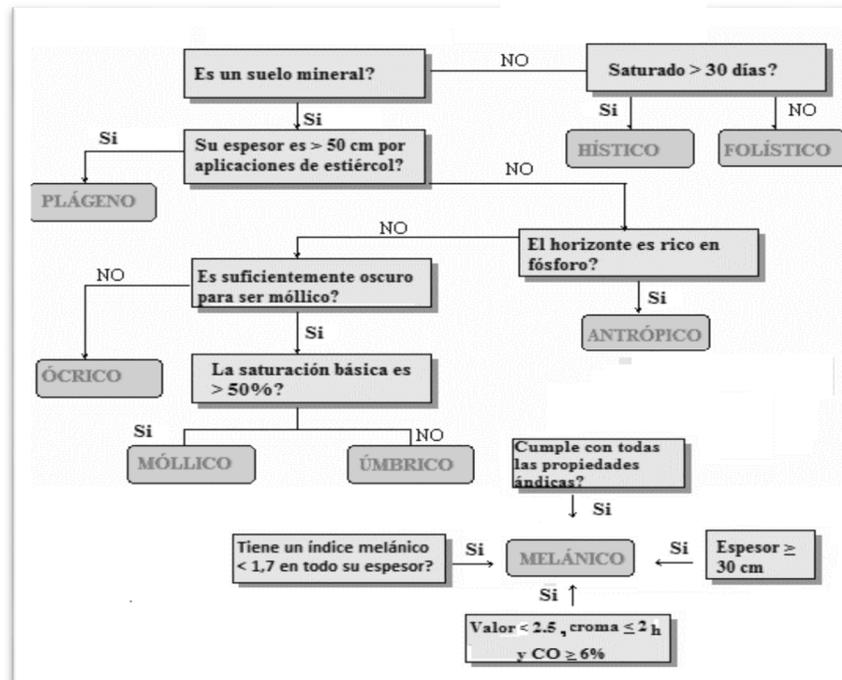
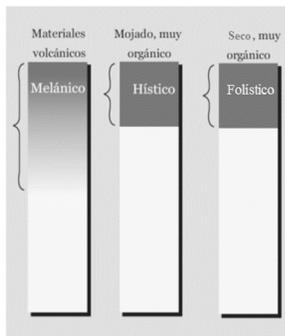


Figura 1. Concepto de epipedón y endopedón.

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):
absorbancia a 450 nm
absorbancia a 520 nm.
cantidad de radiación que absorbe (o no transmite) un material

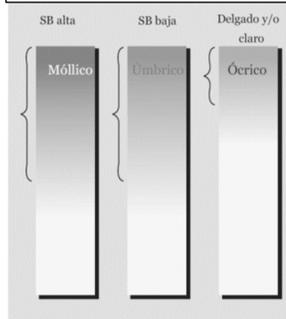


Figura 2. Comparación y claves de algunos epipedones.

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.

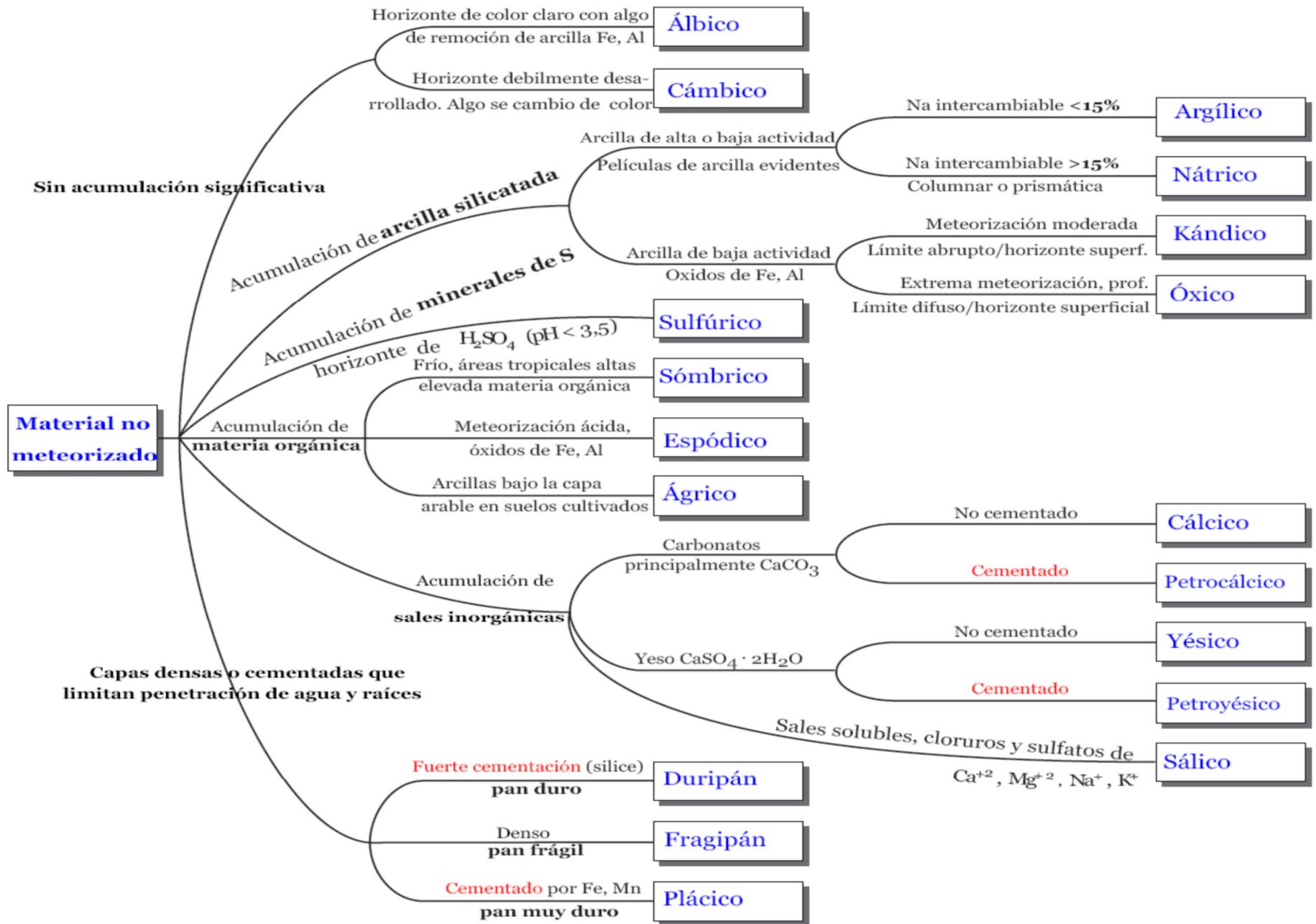


Figura 3. Conceptos de horizontes de diagnóstico (Weil & Brady, 2017)

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.