

Propiedades Físicas: Indicadores de Calidad y Salud de Suelos

**Manuel Casanova P.; Oscar Seguel S.;
Julio Haberland A. y Cristian Kremer F.**
Laboratorio de Física de Suelos,
Departamento de Ingeniería y Suelos
mcasanova@uchile.cl

Se puede definir calidad de suelo como un reflejo de la capacidad de un suelo específico para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, para sostener la productividad animal y vegetal, para mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y para sustentar la salud humana. La salud o condición del suelo, en cambio, se define como su habilidad para comportarse acorde a su potencial, pudiendo cambiar en el tiempo debido al uso y manejo por el hombre, o debido a eventos naturales inusuales.

Como un tema ambiental complejo, la calidad de suelo es considerada de importancia fundamental para evaluar la magnitud de la degradación de los suelos. Además, es de un interés público creciente, al determinar las consecuencias de las prácticas de manejo en la sustentabilidad (de las funciones) de los ecosistemas y la productividad vegetal.

La calidad de suelos contempla tres aspectos principales: físicos, químicos y biológicos; incluye no solo propiedades sino procesos, ambos relacionados a la habilidad de un suelo para funcionar efectivamente como un componente de un ecosistema saludable.

No obstante que el énfasis de esta publicación se orienta a la calidad física de suelos, no pierde de vista el enorme efecto de los procesos tanto químicos como biológicos en los suelos y, por lo tanto, su rol central en estudios de calidad de suelos (Figura 1).

Los síntomas más frecuentes de una calidad física de suelos deficiente son una infiltración pobre, una escorrentía superficial excesiva, un

encostramiento o endurecimiento superficial, una aireación restringida, arraigamiento limitado de plantas, dificultades para la labranza, entre otros. Una buena calidad física de suelos, en cambio, se verifica cuando éstos exhiben las condiciones anteriores opuestas, o cuando ellas están ausentes. Frecuentemente, un suelo puede expresar simultáneamente más de un problema de naturaleza física, pero la causa de sus síntomas es normalmente siempre la misma, una estructura pobre o deteriorada.

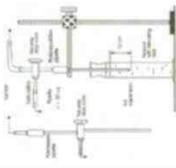
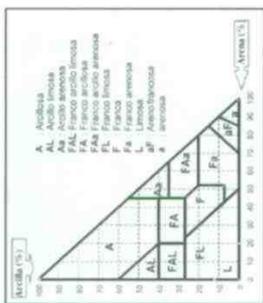
Ciertamente que una propiedad física individual no podría expresar la calidad física de un suelo en particular. Se requiere de una observación integrada de varias propiedades para obtener un juicio de evaluación más preciso. Consecuente-

mente, el objetivo de esta publicación es contribuir a reconocer e interpretar varias propiedades físicas de los suelos, con la perspectiva de emplearlas como indicadoras parciales de la calidad de los suelos.

En el Cuadro adjunto se caracterizan las propiedades físicas de los suelos en términos de su definición o concepto, la utilidad de conocerla, métodos más comunes empleados para determinarla, y forma en que deben ser muestreada. Finalmente se incluye valores típicos de cada propiedad y una valoración de sus magnitudes. Éstas y otras determinaciones físicas son empleadas en prestación de servicio del Laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Ingeniería y Suelos. ●



Figura 1. Jerarquía de indicadores, indicando el rol crítico de la calidad del suelo en el manejo sustentable de ecosistemas.

<p>Textura</p>	<p>Proporciones relativas (% en base a masa) de los separados arena, limo y arcilla (< 2 mm) en suelos.</p> <table border="1" data-bbox="319 1444 582 1780"> <thead> <tr> <th>Tamaño (mm)</th> <th>Denominación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,0 - 1,0</td> <td>Arena muy gruesa</td> </tr> <tr> <td>< 1,00 - 0,5</td> <td>Arena gruesa</td> </tr> <tr> <td>< 0,50 - 0,25</td> <td>Arena fina</td> </tr> <tr> <td>< 0,25 - 0,1</td> <td>Arena media</td> </tr> <tr> <td>< 0,10 - 0,05</td> <td>Arena muy fina</td> </tr> <tr> <td>< 0,05 - 0,02</td> <td>Limo grueso</td> </tr> <tr> <td>< 0,02 - 0,002</td> <td>Limo fino</td> </tr> <tr> <td>< 0,002 mm</td> <td>Arcilla</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño (mm)	Denominación	2,0 - 1,0	Arena muy gruesa	< 1,00 - 0,5	Arena gruesa	< 0,50 - 0,25	Arena fina	< 0,25 - 0,1	Arena media	< 0,10 - 0,05	Arena muy fina	< 0,05 - 0,02	Limo grueso	< 0,02 - 0,002	Limo fino	< 0,002 mm	Arcilla	<ul style="list-style-type: none"> • Retención y circulación de agua. • Retención de nutrientes • Susceptibilidad a la erosión (erocabilidad). • Otras 	<p>1. Pipeta de Robinson-Köhn o de Andreassen</p>  <p>2. Hidrómetro o densímetro de Bouyoucos</p>  <p>3. Tamizado (arenas)</p> 	<p>Extraer 500 g de suelo, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar.</p>	 <p>12 clases texturales (USDA)</p>		
Tamaño (mm)	Denominación																								
2,0 - 1,0	Arena muy gruesa																								
< 1,00 - 0,5	Arena gruesa																								
< 0,50 - 0,25	Arena fina																								
< 0,25 - 0,1	Arena media																								
< 0,10 - 0,05	Arena muy fina																								
< 0,05 - 0,02	Limo grueso																								
< 0,02 - 0,002	Limo fino																								
< 0,002 mm	Arcilla																								
<p>Densidad Aparente</p>	<p>Masa inalterada de suelo por unidad de volumen (Mg m-3).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de la porosidad total • Estimación de compactación y problemas con raíces • Conversión de contenidos de agua gravimétrica a volumétrico y viceversa • Cálculo de la lámina de agua riego • Circulación de agua y gases • Otras 	<p>1. Cilindro</p>  <p>2. Terrón recubierto con parafina</p>  <p>3. Excavación</p>  <p>4. Técnicas nucleares (aspersor de rayos gamma)</p> 	<p>Determinación in situ. Salvo terrón, extraer 3 a 4 unidades (2 a 4 cm de diámetro) por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar.</p> 	<table border="1" data-bbox="614 280 933 560"> <thead> <tr> <th>SUELO</th> <th>Db (Mg m-3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arenoso</td> <td>+1,55</td> </tr> <tr> <td>Franco arenoso</td> <td>+1,40</td> </tr> <tr> <td>Franco</td> <td>+1,20</td> </tr> <tr> <td>Franco limoso</td> <td>+1,15</td> </tr> <tr> <td>Arcilloso</td> <td>+1,05</td> </tr> <tr> <td>Volcánico</td> <td>< 0,9 (0,3)</td> </tr> <tr> <td>Orgánico</td> <td>0,15-0,30</td> </tr> <tr> <td>Compactado</td> <td>> 1,60</td> </tr> <tr> <td>Paties</td> <td>1,70-1,80</td> </tr> </tbody> </table>	SUELO	Db (Mg m-3)	Arenoso	+1,55	Franco arenoso	+1,40	Franco	+1,20	Franco limoso	+1,15	Arcilloso	+1,05	Volcánico	< 0,9 (0,3)	Orgánico	0,15-0,30	Compactado	> 1,60	Paties	1,70-1,80
SUELO	Db (Mg m-3)																								
Arenoso	+1,55																								
Franco arenoso	+1,40																								
Franco	+1,20																								
Franco limoso	+1,15																								
Arcilloso	+1,05																								
Volcánico	< 0,9 (0,3)																								
Orgánico	0,15-0,30																								
Compactado	> 1,60																								
Paties	1,70-1,80																								
<p>Densidad Real</p>	<p>Masa seca de partículas de suelo por unidad de volumen de partícula (Mg m-3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de la porosidad total • Sedimentación • Otras 	<p>1. Piezómetros</p> 	<p>Extraer 250 g de suelo, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar.</p>	<table border="1" data-bbox="957 280 1077 560"> <thead> <tr> <th>SUELO</th> <th>Dr (Mg m-3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Orgánico</td> <td>1,20 - 1,90</td> </tr> <tr> <td>Volcánico</td> <td>2,00 - 2,50</td> </tr> <tr> <td>Mineral</td> <td>2,50 - 2,70</td> </tr> </tbody> </table>	SUELO	Dr (Mg m-3)	Orgánico	1,20 - 1,90	Volcánico	2,00 - 2,50	Mineral	2,50 - 2,70												
SUELO	Dr (Mg m-3)																								
Orgánico	1,20 - 1,90																								
Volcánico	2,00 - 2,50																								
Mineral	2,50 - 2,70																								
<p>Estabilidad de Estructura</p>	<p>Capacidad de los agregados del suelo para mantener su forma al estar sometidos a condiciones de humectación, impacto de las gotas de lluvia y de manejo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Integridad de los agregados luego de alteraciones. • Procesos pedogénicos • Desarrollo de biota de suelo • Conservación de suelos 	<p>1. Tamizaje en seco y húmedo. Variantes con soluciones o tamaños de agregados distintos</p> 	<p>Extraer 500 g de suelo sin disturbar, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar (transportar en caja).</p>	<p>A partir del diámetro ponderado medio de agregados en seco, comparados con el diámetro medio ponderado medio de los agregados luego de tamizado en agua.</p>																				

Propiedad Física	Definición	Unidad Principal	Métodos más comunes	Muestreo	Interpretación
Límites de Consistencia o de Atterberg	Consistencia es la cualidad de un suelo relacionada a la mayor o menor facilidad con la que puede fluir, deformarse o romperse. Está relacionada a las fuerzas de adhesión cohesión, el contenido de agua, cantidad/tipo de arcilla y contenido de materia orgánica. *Índice de plasticidad: diferencia entre límite líquido y límite plástico	<ul style="list-style-type: none"> Mecanización agrícola Conservación de suelos Clasificación taxonómica de suelos e Ingeniería 	<p>Límite plástico superior (límite líquido) se determina con Alabe de Casagrande.</p> <p>Límite plástico inferior: (límite plástico) se determina hallando el contenido de agua al cual el suelo se deja moldear en cilindros de 3 a 4 mm de diámetro y 5 cm de largo.</p>	<p>Extraer 500 g de suelo, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar</p>	<p>SUELO Orgánico Volcánico Arcilloso Plástico Sin plasticidad Ligera Baja Media Alta Muy alta</p> <p>Índice de plasticidad* 40-110 30-75 20-60 0 1 a <5 5 a <10 10 a <20 20 a <40 >40</p>
Coefficiente de expansión Lineal (COLE)	Expresa el grado de contracción del suelo, ante un cambio en el contenido de agua, a temperatura ambiente, en un período de tiempo determinado.	<ul style="list-style-type: none"> Clasificación taxonómica de suelos 	1. Rodillo	<p>Extraer 500 g de suelo, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar</p>	<p>COLE (cm cm⁻¹) <0,01 0,01 a < 0,03 0,03 a <0,06 0,06 a <0,09 >0,09</p> <p>Clases Muy bajo Bajo Moderado Alto Muy alto</p> <p>D volumen (%) < 10 10 a < 20 20 a < 30 > 30</p>
Resistencia a la penetración	Resistencia opuesta por el suelo a la penetración de un implemento mecánico como es un cono.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de raíces y organismos Movimiento de agua Manejo del suelo 	1. Penetrómetro de cono	<p>Determinación in situ</p>	<p>Resistencia a Penetración (MPa) <0,1 0,1 a < 2 2 a < 8 > 8</p> <p>Clases Baja Media Alta Muy alta</p>
Retención de Agua (curva pF o constantes hídricas)	Cantidad de agua retenida por el suelo debido a fuerzas de adhesión, cohesión y fuerzas capilares. Depende de la textura, mineralogía de las arcillas y contenidos de materia orgánica. Constantes hídricas: contenidos de agua (W, % gravimétrico) Capacidad de campo (cc) y punto de marchitez permanente (pmp)	<ul style="list-style-type: none"> Almacenaje de agua Cálculo de la lámina de agua riego Distribución de tamaño de poros Escorrentía 	1. Desorción de agua con platos, ollas, y membranas de presión de Richard	<p>Extraer 500 g de suelo, por horizonte, almacenar en bolsa plástica e identificar</p>	<p>Clase textural a Fa F FA Aa A</p> <p>Wcde (10-50 kPa) 9(6-12) 14(10-18) 22(18-26) 27(23-31) 31(27-35) 35(31-39)</p> <p>Wimp (10-2-10⁵ kPa) 4(2-6) 6(4-8) 10(6-12) 13(11-15) 15(13-17) 17(14-19)</p>
Infiltración	Proceso de entrada de agua generalmente vertical, a través de la superficie del suelo. Entrada que tiene lugar en condiciones no saturadas, principalmente por efecto del gradiente de potencial mátrico, y en menor medida por el potencial gravitacional.	<ul style="list-style-type: none"> Diseños de riego Erosión hídrica Control de salinidad Otras 	1. Cilindro infiltrómetro 2. Surcos infiltrómetros 3. Simulador de lluvia	<p>Velocidad de infiltración (VI) Determinación in situ</p>	<p>VI (cm h⁻¹) <0,1 0,1 a < 0,5 0,5 a < 2,0 2,0 a < 6,3 6,3 a < 12,7 12,7 a < 25,4 > 25,4</p> <p>Clases Muy lenta Lenta Moderadamente lenta Moderada Moderadamente rápida Rápida Muy rápida</p>
Conductividad hidráulica saturada	Capacidad de un suelo para conducir agua en condiciones saturadas; movimiento que es provocado principalmente por diferencias de potencial	<ul style="list-style-type: none"> Drenaje Contaminación Obras de Ingeniería Otras 	En laboratorio, permeámetro de carga constante en muestras disturbadas o no. In situ, poro barreno con o sin nivel freático; tensiointegrómetro o permeámetro de disco	<p>Determinación in situ o laboratorio de K</p>	<p>Clase Muy alta Alta Mod. alta Mod. baja Baja Muy baja</p> <p>cm h⁻¹ > 36 3,6 a < 36 0,36 a < 3,6 0,036 a < 0,36 0,0036 a < 0,036 < 0,0036</p> <p>Ksat m día⁻¹ > 864 86,4 a < 864 8,64 a < 86,4 0,864 a < 8,64 0,0864 a < 0,864 < 0,0864</p>
Conductividad hidráulica insaturada	Capacidad de un suelo para conducir agua en condiciones insaturadas; movimiento que es provocado principalmente por diferencias de potencial	<ul style="list-style-type: none"> Conservación de suelos Contaminación Otras 	Tensiointegrómetro: indirectamente vía potencial mátrico y contenido de agua	<p>Determinación in situ</p>	