

PLAN COMPLEMENTARIO DE AGROALIMENTACIÓN

# AGROALNEXT ARAGÓN



## PROYECTO DEMO Los suelos Guía para la evaluación básica de la calidad del suelo en agroecosistemas

Promovido y financiado por  
Iniciativa impulsada por:



**Autores:** En la elaboración de esta guía han participado **Emily Silva Araujo, Farida Dechmi, Ramón Isla y José Manuel Mirás Avalos**, investigadores del departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

Creado dentro del **Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT** en el marco del **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** y financiado por la **Unión Europea – NextGenerationEU**

AGROALNEXT



**Descargo de responsabilidad:** Esta publicación se basa en la información técnica más adecuada disponible. No obstante, esta información se facilita únicamente a título orientativo y su utilización depende de numerosos factores que escapan al control de los autores. Por lo tanto, el CITA o sus representantes no aceptan ninguna responsabilidad derivada del uso de esta publicación, por cualquier pérdida, daño o perjuicio. El usuario utiliza esta publicación en estos términos.

© de la edición: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).  
© del contenido: los autores

Depósito legal: Z 2162-2023

Año 2023

**Autores:** En la elaboración de esta guía han participado **Emily Silva Araujo, Farida Dechmi, Ramón Isla** y **José Manuel Mirás Avalos**, investigadores del departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

**Promovido y financiado por**  
Iniciativa impulsada por:



Creado dentro del **Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT** en el marco del **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** y financiado por la **Unión Europea – NextGenerationEU**

**AGROALNEXT**





# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>5</b>
Importancia del suelo	5
Objetivos de esta guía	6
<b>Protocolo para la toma de muestras de suelo representativas</b>	<b>7</b>
Material necesario	7
¿Cómo realizar un muestreo del suelo en una parcela agrícola?	7
Consejos generales	8
¿En qué momento se debe muestrear el suelo?	8
¿Cuántas muestras se deben tomar?	8
Etapas de la determinación de la salud del suelo	10
<b>Indicadores de la calidad del suelo</b>	<b>11</b>
Textura del suelo	11
Porcentaje de suelo cubierto por vegetación	14
Presencia de costra superficial	15
Estructura del suelo	17
Infiltración	18
Compactación / Resistencia a la penetración	20
pH del suelo	20
Materia orgánica	23
Presencia de carbonatos	24
Presencia de plantas indicadoras de salinidad, exceso de nitrógeno o encharcamiento	26
Raíces: estado general y profundidad	30
Lombrices (N° de individuos)	30
Diversidad de macrofauna	32
<b>Valores de referencia</b>	<b>34</b>
<b>Ficha de campo</b>	<b>38</b>
¿Cómo se rellena la ficha de campo?	36
Interpretación de los resultados	40
<b>Referencias</b>	<b>42</b>





## Introducción

---

### ***Importancia del suelo***

Los suelos son parte fundamental del paisaje agrario, entornos naturales (bosques, campos de cultivo, dunas, etc.), así como también de los entornos urbanos. Los suelos proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales e imprescindibles como, entre otros, hábitat para fauna y flora, y producción agrícola. Además, los suelos son fundamentales para filtrar, almacenar y purificar agua, fijar carbono, reciclar nutrientes, así como providenciar soporte para edificaciones. Los suelos son un recurso no renovable debido a que su velocidad de generación y “regeneración” es muy lenta con respecto a la velocidad a la que se pierde. Los suelos se componen de una mezcla de minerales, aire, agua y materia orgánica. En la naturaleza, sus características son el resultado del material de origen, condiciones ambientales, relieve, hidrología, cantidad de materia orgánica y actividad de los seres vivos (lombrices, hongos, bacterias, insectos, ácaros, etc.).

Existe una gran diversidad de suelos, lo que implica que algunos presenten una mayor o menor aptitud para su uso agrícola, forestal, o de conservación entre otros. Se entiende por calidad del suelo a la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar, dentro de unos límites naturales o gestionados, sosteniendo la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, y favorecer la salud humana y la vida (Karlen et al., 1997). Un suelo saludable es aquel que continúa poseyendo la capacidad de mantener sus funciones actuando como un ecosistema vivo, que sustenta plantas, animales y humanos. Es decir, la salud de un suelo depende en gran medida de la biodiversidad que sustenta.

Desde un punto de vista agrícola, se desean suelos que ofrezcan la posibilidad de sustentar y retornar buenos rendimientos. Por ello, conocer las características del suelo es fundamental para realizar un manejo más eficiente del mismo. La información sobre el estado de salud del suelo es una potente herramienta para los agricultores porque permite tomar decisiones racionales sobre el ma-

nejo y la capacidad productiva del suelo. La calidad/salud de un suelo se evalúa empleando lo que se denomina propiedades inherentes y dinámicas que sirven como indicadores de la funcionalidad de este.

Una propiedad inherente es aquella que, prácticamente, no cambia con el manejo empleado, sino que resulta principalmente de los factores de formación del suelo como: clima, topografía, tiempo, material de origen, entre otros. Algunos ejemplos de este tipo de propiedades son la textura del suelo, clase de drenaje, tipo de arcilla, profundidad, etc. Una propiedad dinámica es aquella que sí se ve afectada por el manejo agrícola empleado o por perturbaciones naturales. Estos cambios pueden percibirse en una escala de tiempo mucho más corta, como años, décadas, e, incluso, entre campañas de cultivo. Ejemplos de este tipo de propiedades son contenido en materia orgánica, número de lombrices y estructura del suelo, entre otras.

## ***Objetivos de esta guía***

Esta guía se ha elaborado con el fin de informar a los usuarios, ya sean agricultores, técnicos o simplemente aficionados, sobre cómo realizar una evaluación básica del estado de calidad de los suelos agrícolas e indicar herramientas sencillas que posibiliten generar este conocimiento. Asimismo, al final de la guía, se incluye una ficha con valores de referencia para cada indicador, lo que permite su correcta interpretación. En definitiva, esta guía es una herramienta para ayudar en la determinación objetiva del estado de salud del suelo en base a algunas de sus propiedades clave. El suelo es el activo natural más importante en agricultura, por lo que, sin su buen funcionamiento, la productividad del cultivo no será la óptima.

Monitorizar el estado del suelo puede ayudar a tomar decisiones para mejorar la fertilidad del suelo y realizar un manejo sostenible, así como a identificar alguna restricción importante en el suelo. Una monitorización de la salud del suelo permite controlar si las prácticas de manejo están conservando el suelo, mejorándolo o degradándolo.



## Protocolo para la toma de muestras de suelo representativas

### Material necesario

Para poder determinar todos los indicadores que se explicarán en esta guía, es imprescindible contar con el material que se lista a continuación y que se puede adquirir en supermercados, droguerías y tiendas de bricolaje y jardinería.

PALA PLANA	CINTA MÉTRICA	MAZO	BANDEJA BLANCA
VASO GRADUADO	VASOS DE PLÁSTICO	CRONÓMETRO	TACO DE MADERA
AGUA DESTILADA	AGUA OXIGENADA	AGUA DEL GRIFO	VINAGRE DE LIMPIEZA
LUPA	TIRAS INDICADORAS DE pH	BOLÍGRAFO O LÁPIZ	CILINDRO DE PVC O METÁLICO
VARILLA METÁLICA DE 1 M DE LONGITUD	MANUAL DE CAMPO	TELÉFONO MÓVIL	CUCHILLO

### ¿Cómo realizar un muestreo del suelo en una parcela agrícola?

Para tomar muestras representativas del suelo de una parcela agraria se debe considerar la variabilidad tanto natural como de manejo de la parcela. En general, las principales características que debes tener en cuenta son:

- Áreas de surcos y entre surcos,
- Diferencias naturales en tipo de suelo,
- Diferencias de manejo,
- Áreas con y sin paso de maquinaria,
- Diferencias en el crecimiento del cultivo,
- Áreas afectadas por salinidad frente a áreas no afectadas,
- Diferencias en la pendiente, y
- Áreas húmedas frente áreas no húmedas (drenaje)

## **Consejos generales**

- Para una estimación general de la calidad del suelo selecciona sitios de muestreo dentro de un lote representativo del área. Es importante que los sitios escogidos se encuentren dentro del mismo tipo de suelo y unidad de manejo.
- Si es posible, recurre a mapas de suelo del área para identificar diferencias y variaciones entre tipos de suelos.
- Para la evaluación de los sitios problemáticos dentro de un campo, muestrea áreas que sean representativas de estos sitios.
- Al comparar sistemas de manejo, asegúrate de que los sitios elegidos para la comparación estén localizados en el mismo tipo de suelo y en los mismos rasgos topográficos.
- Cuando el objetivo es monitorizar cambios en la calidad del suelo a lo largo del tiempo, asegúrate de que, cada vez, se midan los mismos sitios dentro del campo. Asimismo, trata de realizar las medidas en condiciones similares de humedad para reducir la variabilidad en los resultados.

## ***¿En qué momento se debe muestrear el suelo?***

Algunas propiedades del suelo varían con las estaciones del año y con las operaciones de manejo, como el laboreo. Por lo tanto, un buen momento para realizar un muestreo es aquel en el que el clima sea más estable, y durante el cual el suelo no haya sido perturbado, como después de la cosecha o hacia el final del periodo de crecimiento del cultivo.

## ***¿Cuántas muestras se deben tomar?***

El número de medidas o muestras a tomar en una parcela dependerá de la variabilidad existente en el campo. En líneas generales, se recomienda la recolección de un mínimo de tres muestras para cada una de las combinaciones de



tipo de suelo y manejo. Cuanto mayor sea la variabilidad, mayor será el número de medidas necesarias para conseguir un valor representativo a la escala de parcela. En esta guía recomendamos tomar 5 muestras para que los valores sean representativos de los indicadores de calidad del suelo en tu campo. Dependiendo de la superficie del campo y del cultivo que exista sobre él, se diseñará el muestreo. La distancia entre cada punto de muestreo dependerá de la superficie del campo, pero debe ser de al menos 5 metros (pueden tomarse a lo largo de un transecto o en zigzag). En cada uno de estos puntos de muestreo se extraerán dos bloques de suelo de 20 x 20 x 20 cm, uno de ellos para la estimación de los indicadores biológicos (raíces, lombrices y diversidad de macrofauna) y el otro para el resto de los indicadores.

Al tomar muestras a lo largo de un campo, mantente apartado de áreas manifiestamente diferentes y que no sean representativas, tales como caminos de tierra y bordes, bandas de fertilización, baches, sectores erosionados, etc.

A modo de ejemplo, se exponen tres posibles situaciones:

1. En un campo de hortalizas se puede realizar el muestreo sobre un transecto a lo largo del contorno para asegurar condiciones similares de humedad de suelo. Si el riego se realiza por goteo, intenta muestrear en la zona de influencia de la manguera.
2. En un pastizal o en un campo de cereal recién cosechado se pueden tomar las muestras en un transecto en el sentido de la pendiente. Si solo existe un tipo de suelo y el campo es grande, puedes espaciar los 5 puntos de muestreo en intervalos de 20 metros.
3. En huertos de frutales y viñedos se pueden realizar dos transectos: en la fila de plantas y en la calle. En el caso de frutales en regadío, muestrea solo bajo la línea de goteros.

En resumen, las claves que debes tener en cuenta cuando diseñes el muestreo son: permanecer en el mismo tipo de suelo, permanecer en la misma unidad de manejo, permanecer en la misma parte del paisaje, muestrear cuando el suelo está húmedo en un momento similar cada año y, cada vez que se muestree, utilizar la misma área para el transecto.

## ***Etapas de la determinación de la salud del suelo***

1. Comprueba el material: Asegúrate de que dispones de todo el material necesario y de que se encuentra en buen estado.
2. Prepara tu muestreo: Debes tener bien planificada la zona en la que vas a muestrear y con qué frecuencia vas a determinar la salud del suelo.
3. Determina cada indicador de salud del suelo siguiendo las indicaciones descritas en esta guía.
4. Rellena la ficha a medida que vayas realizando las determinaciones: Al final de la presente guía aparece la ficha de campo. A medida que determines los indicadores, rellena la ficha. Sigue las instrucciones disponibles al final de la guía.
5. Suma tus resultados y revísalos: Una vez hayas puntuado cada una de las propiedades clave del suelo puedes evaluar el resultado comparándolo frente a los valores de referencia indicados en esta guía e identifica áreas en las que necesites realizar algún manejo alternativo. Al final de la guía se proponen algunas prácticas que pueden ayudar a mejorar la salud del suelo.





## Indicadores de la calidad del suelo

El suelo posee tres tipos de características que definen su calidad y fertilidad: físicas, químicas y biológicas. Todas ellas son importantes y se influyen entre sí. Un suelo sano es aquel que presenta una buena calidad en los tres aspectos. Esto resultará en un buen funcionamiento del ecosistema suelo.

En esta guía se describen indicadores que definen estos tres tipos de características y que se refieren a propiedades clave que afectan en gran medida al funcionamiento del suelo y a su fertilidad. Se describen métodos de determinación sencillos y que se pueden realizar directamente en campo a bajo coste para 12 indicadores básicos, incluyendo propiedades físicas (textura, porcentaje de suelo cubierto, infiltración de agua, estructura y compactación), químicas (pH, materia orgánica, presencia de plantas indicadoras de salinidad y carbonatos), y biológicas (raíces, presencia de lombrices y diversidad de macrofauna). Existen otros indicadores que podrían medirse para obtener una visión más detallada del estado del suelo. Sin embargo, su determinación requiere más tiempo y esfuerzo. Entre estos indicadores se incluyen la densidad aparente, la diversidad de mesofauna, la porosidad y la estabilidad de agregados al agua.

### **Textura del suelo**

La textura del suelo se refiere a la distribución de sus partículas minerales (arena, limo y arcilla) (Figura 1). La textura es una propiedad importante porque afecta a la fertilidad, la tasa de infiltración y la capacidad de almacenamiento de agua, la facilidad para el laboreo y la aireación en el suelo. Por ejemplo, los suelos arcillosos retienen más agua y nutrientes que los arenosos. Es una de las propiedades más estables del suelo, pudiendo ser modificada ligeramente por el laboreo y otras prácticas que causan la mezcla de las diferentes capas del suelo. Por tanto, no se considera un indicador de la calidad/salud del suelo, pero ayuda a interpretar correctamente los valores de otros indicadores.

### Triángulo textural del suelo

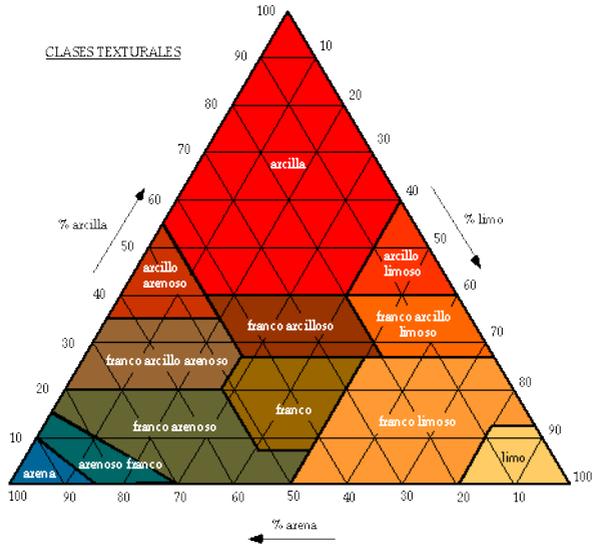


Figura 1. Triángulo textural del suelo (Fuente: <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>).

### Estimación de la textura del suelo



**1**  
TOMA UNA PEQUEÑA  
PORCIÓN DE SUELO



**2**  
HUMEDÉCELA Y FORMA  
UNA BOLA



**3**  
CONVIERTE LA BOLA  
EN UNA CINTA PLANA

Figura 2. Primeras etapas de la estimación de la textura del suelo. Fotos: Emily Silva Araujo



## Protocolo de medida:

Averigua la textura de tu suelo empleando esta sencilla clave:

1. Coge suelo (primeros 7 cm de profundidad), aproximadamente el volumen de un huevo, y colócalo en la palma de la mano. Elimina las raíces y piedras que pueda contener. Añade agua y amasa el suelo con los dedos. Continúa añadiendo agua hasta que el suelo esté uniformemente húmedo y parezca plastilina (Figura 2).
2. Aprieta el suelo en la palma de su mano. ¿Puedes formar una pelota? Si lo consigues, pasa al siguiente punto, en caso contrario, la textura del suelo es ARENOSA.
3. ¿Puedes apretar la bola de suelo y convertirla en una cinta plana de unos 3 mm de espesor? Si la respuesta es afirmativa, pasa al siguiente punto, en caso contrario, la textura del suelo es ARENOSA FRANCA.
4. Ahora, coloca la cinta de suelo sobre tu mano de modo que soporte su propio peso. Sigue la clave que se muestra en la Figura 3:

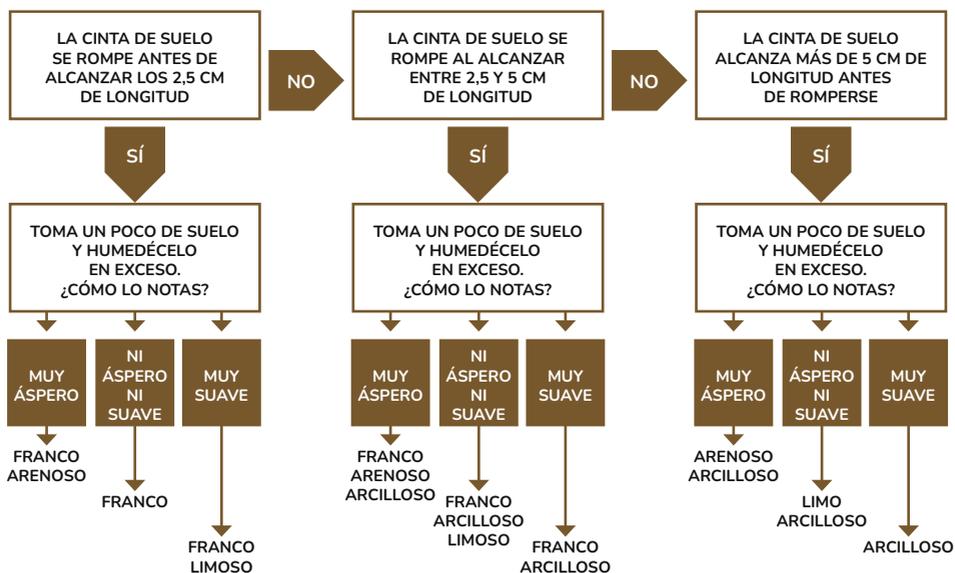


Figura 3. Clave para reconocer al tacto las diferentes texturas del suelo.

5. Anota la textura de tu suelo en la ficha de campo.

## Porcentaje de suelo cubierto por vegetación

Las plantas, especialmente aquellas con sistemas radiculares fibrosos rasos, como muchas gramíneas, contribuyen en gran medida a la mejora de la estructura del suelo. Las hojas de estas plantas proporcionan una protección mecánica contra los impactos de gotas de lluvia y/o riego, lo que incide en una menor compactación de la capa superficial del suelo y en una protección del suelo frente a la erosión.

Los cultivos de cobertura pueden reciclar nutrientes que de otra forma podrían perderse por procesos de escorrentía en periodos entre un cultivo y otro. Las leguminosas pueden ayudar a fijar nitrógeno de la atmósfera, facilitando que este elemento esté disponible para los cultivos. Otro beneficio es el incremento de la materia orgánica en los suelos y el aumento de biodiversidad, lo que puede favorecer la supresión de patógenos del suelo y posibilita las actividades microbiológicas benéficas para el sistema agrícola.

### Protocolo de medida:

Camina a lo largo de un transecto dentro del campo y, a cada paso, para y mira lo que hay en la punta de tu pie: suelo desnudo, residuo vegetal, plantas, etc. Anota este valor en la ficha (Figura 4) y repite el proceso 25 veces a lo largo del transecto. Una vez hecho esto, cuenta los resultados obtenidos y calcula el porcentaje de suelo cubierto.

Porcentaje de cobertura del suelo			
Tipo	Cuenta	Total	Total de cubiertas
Planta			
Hojas, ramas			
Estiércol			
Rocas, gravas			
Tipo	Cuenta	Total de suelo desnudo	
Suelo desnudo			
Cálculos			
Total cubiertas			
Total cubiertas + Total suelo desnudo			
División: total cubiertas / (total cubiertas + total suelo desnudo)			
Multiplicar el resultado anterior por 100 y tendremos el % de cobertura			

Figura 4. Ficha de recogida de datos en campo para estimar el porcentaje de cobertura del suelo.



## Ejemplos de lo que puedes encontrar a lo largo del transecto:



### **Presencia de costra superficial**

La compactación y sellado de la capa superficial del suelo por el impacto de las gotas de lluvia y de agua de riego por aspersión sobre suelos desnudos o escasamente cubiertos por vegetación es un aspecto de suma importancia en lo concerniente al deterioro de las propiedades de los suelos. La degradación física del suelo se produce, generalmente, por la pérdida de materia orgánica, y/o el tránsito de maquinaria pesada, y/o por ausencia de cobertura vegetal sobre el suelo. La acción conjunta de estos tres procesos genera que se refuercen unos a otros, afectando negativamente a las propiedades hidráulicas del suelo (disminución de la capacidad de infiltración del agua en el suelo y aumentando la escorrentía superficial), favoreciendo los procesos de erosión. Los efectos se acentúan cuando la estructura de los agregados del suelo es deficiente y/o por ser un suelo con una textura descompensada (suelos muy arcillosos o gran abundancia de limos).

Las capas superficiales, con los agregados destruidos se denominan *sellos* o *costras* del suelo, y a los procesos que las inducen *sellado* y *encostramiento del suelo*. Este indicador es conveniente medirlo cuando el suelo está seco (una semana después de una lluvia).

**Protocolo de medida:**

1. Con ayuda de una pala investiga la presencia de placas compactadas de suelo en tu parcela.
2. Anota el espesor de la capa compactada.
3. Identifica lo observado en una de estas categorías: ausencia de costra, costra, sellado u horizontes superficiales endurecidos. A continuación, las detallamos para que sea más fácil su identificación.
  - a) No se observa costra y sellados.
  - b) *Costra del suelo*: cuando se trate de una lámina fina sobre la superficie del suelo que ha perdido gran parte de su porosidad y que alcanza un espesor de unos 0,5 a 2 cm, que se puede doblar sobre sí misma.
  - c) *Sellado del suelo*: lámina muy fina sobre la superficie del suelo de unos 1 – 5 mm de espesor. Esta lámina reduce la porosidad y permeabilidad del suelo.
  - d) *Horizontes superficiales endurecidos*: En casos extremos y en ciertos tipos de suelos, el horizonte A puede llegar a endurecerse por completo, lo cual reviste mayor gravedad.
4. Clasifica lo observado en una de las categorías que aparecen en la Tabla 1 (valores de referencia), al final de esta guía.



Figura 5. Ejemplos de costra superficial en campos de cultivo (Foto: José Manuel Mirás).



## **Estructura del suelo**

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas se agrupan (por acción de los exudados de las raíces y las actividades de la fauna del suelo), toman el aspecto de partículas mayores que se llaman agregados. La agregación del suelo puede asumir diferentes modalidades, dando como resultado distintas estructuras. La circulación del agua en el suelo varía notablemente de acuerdo con la estructura.

### **Protocolo de medida:**

- 1.** Excava una palada de tierra hasta una profundidad de 25 a 30 cm.
  - Si la tierra está recién cavada o labrada, simplemente empuja la pala verticalmente en la tierra y saca una palada.
  - En suelos con una superficie dura o en cultivo, corta un bloque de tierra de la anchura de una pala hasta aproximadamente 25-30 cm. Corta por tres lados y, a continuación, haz palanca dejando un lado inalterado.
- 2.** Abre suavemente como un libro el lado no tocado del bloque y empieza a romperlo.
  - Si el bloque se rompe fácilmente en pequeños fragmentos, es probable que la estructura sea buena.
  - Si el bloque es difícil de romper y se mantiene con raíces, separa las raíces para exponer los fragmentos de tierra.
- 3.** Rompe el bloque para determinar si hay capas de estructura diferente. Si el bloque es uniforme valora en su conjunto, si hay dos capas, puntúa por separado.
- 4.** Mide la profundidad y el grosor de las distintas capas.
- 5.** Divide el suelo con las manos en agregados y puntúa comparando con esta ficha de referencia (Figura 6):

Calidad estructural	Tamaño y apariencia de los agregados	Porosidad y raíces	Apariencia tras la rotura	Característica distintiva
<b>Friable</b>	Mayoritariamente < 6 mm cuando se desmigajan	Altamente poroso Raíces por todo el suelo		 Agregados finos
<b>Intacto</b>	Una mezcla de agregados redondeados (de 2 mm a 7 cm) y porosos. No aparecen terrones	La mayoría de los agregados son porosos Raíces por todo el suelo		 Elevada porosidad en los agregados
<b>Compacto – Firme</b>	Mezcla de agregados porosos de 2 mm a 10 cm; menos de 30% son < 1 cm. Algunos agregados son angulares y sin poros (terrones) pueden estar presentes	Existen macroporos y fracturas Cierta porosidad y raíces entre los agregados		 Baja porosidad en los agregados
<b>Muy compacto</b>	La mayoría mayor que 10 cm, muy pocos menores de 7 cm, angulares y sin poros	Porosidad muy baja. Pueden aparecer macroporos. Pueden existir zonas anaeróbicas. Pocas raíces y, las que aparecen, se restringen a las fracturas		 Color gris azulado

Figura 6. Ficha para clasificar la estructura del suelo. Fuente: Visual Evaluation of Soil Structure: <https://bbro.co.uk>

## Infiltración

Cuando se aplica agua al suelo, tanto a través de la lluvia como por medio del riego, una cantidad se pierde por escorrentía superficial y el resto entra en el suelo mediante el proceso denominado infiltración que depende de la textura del suelo, estructura, compactación, contenido de materia orgánica y presencia de costras superficiales. En suelos con una alta tasa de infiltración, la mayor parte del agua podría entrar en el suelo y estar disponible para las plantas. Por el contrario, si la tasa de infiltración es baja, el agua podría moverse hacia fuera de los campos de cultivo a través de escorrentía, causando tanto erosión como arrastre de ciertos nutrientes.



## Protocolo de medida:

Para medir este indicador, toma un cilindro de tubería y, con ayuda de un mazo y un taco de madera, clávalo 2 cm en el suelo (Figura 7). Evita discontinuidades (grietas, piedras, ramas, etc.) y recuerda eliminar el exceso de vegetación en la superficie del suelo en caso de que sea necesario. Coloca una regla pegada a una pared del cilindro. Vierte agua suavemente dentro del cilindro hasta llegar casi hasta el borde. Rápidamente, anota la altura a la que ha llegado el agua en la regla. Espera 6 minutos. Mide cuántos milímetros ha bajado el agua en ese tiempo. Multiplica el resultado por 10 para obtener el valor de infiltración de agua en milímetros por hora (mm/h). Anota este resultado en la ficha de campo. Repite esta medida en los 5 puntos del transecto de muestreo.



Figura 7. Diferentes fases del ensayo de medición de la velocidad de infiltración de agua:

1. Material, 2. Clavar el cilindro 2 cm en el suelo, 3. Cilindro colocado,
4. Agua aplicada en el cilindro, 5. Suelo tras haber infiltrado el agua aplicada.

## **Compactación / Resistencia a la penetración**

Una excesiva compactación del suelo dificulta el desarrollo en profundidad de las raíces y la entrada de agua y aire en el suelo, lo que se traduce en una reducción de la producción agrícola. Además, la compactación del suelo está relacionada con la aparición de enfermedades radiculares.

### **Protocolo de medida:**

Para estimar la compactación, introduce una varilla (de, aproximadamente, 8 mm de diámetro) en el suelo hasta la profundidad que puedas. Para ello, haz un esfuerzo modesto con una sola mano. Anota cuantos centímetros ha sido posible introducir la varilla en el suelo y compara el resultado con los valores de referencia al final de esta guía. En caso de que tropieces con una piedra que impida el paso de la varilla, inténtalo de nuevo en un punto cercano. Repite esta medida en los 5 puntos del transecto de muestreo y calcula la media de los resultados.

Esta medida depende mucho de la persona que la realice y del estado de humedad del suelo en el momento de la medida. Por eso, para que los resultados sean comparables, es conveniente que siempre los realice la misma persona y con el suelo no demasiado seco. Se sugiere realizarla tras el ensayo de la velocidad de infiltración de agua, para homogeneizar la humedad del suelo entre medidas.

## **pH del suelo**

El pH determina la acidez o basicidad de un suelo, informando sobre la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) presente en la solución acuosa del suelo. El pH toma valores entre 0 y 14, considerándose ácidos aquellos suelos con  $pH < 7$  y básicos los suelos con  $pH > 7$  (Figura 8). El pH afecta a la disponibilidad de nutrientes para las plantas, a la actividad microbiana y a la solubilidad de los minerales del suelo. En general, los hongos cumplen sus funciones en un amplio rango de pH, pero las bacterias y los actinomicetos se desempeñan mejor a pH intermedios o algo elevados. La temperatura y las precipitaciones influyen sobre el pH del suelo, ya que afectan a la intensidad de lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo.

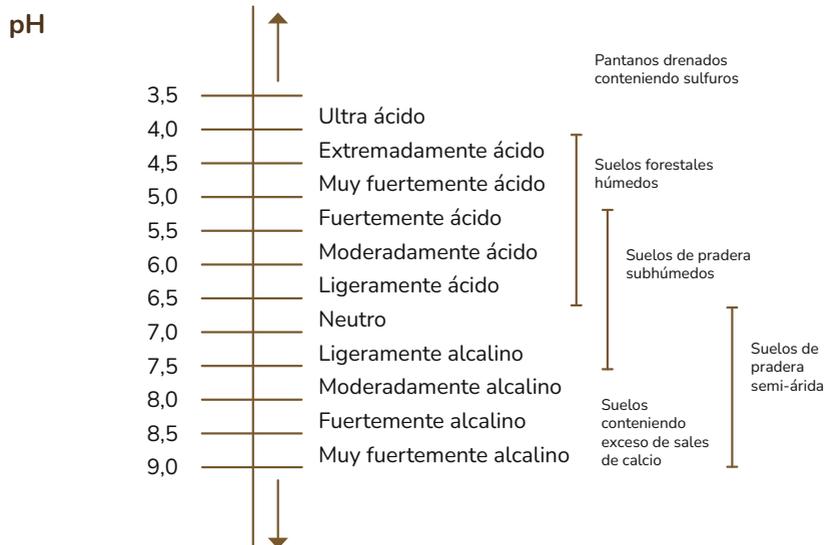


Figura 8. pH del suelo, rangos de las clases de pH y condiciones edáficas asociadas (adaptado de Soil Survey Staff (1993)).

Por ejemplo, el pH está relacionado con la riqueza en bases (calcio, magnesio, potasio, sodio): en suelos ácidos, ante la escasez de calcio, el aluminio satura los puntos de intercambio de bases del suelo, siendo tóxico para las plantas a concentraciones superiores al 10% de saturación. Por el contrario, en los suelos básicos el exceso de calcio puede secuestrar nutrientes como el hierro o el fósforo, formando compuestos insolubles que las raíces no pueden absorber.

Por lo general, la acidez está asociada con suelos donde los cationes han sido lavados debido a la alta precipitación, mientras que la alcalinidad aparece mayormente en regiones secas. Sin embargo, prácticas agrícolas como el encalado o la adición de fertilizantes basados en el amonio pueden alterar el pH del suelo.

Valores de pH entre 6 y 7,5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos debido a que la mayoría de los nutrientes minerales son más solubles dentro de ese intervalo de pH (Figura 9). Las interpretaciones de estos valores para un sitio concreto, con respecto a la calidad del suelo, dependerán del uso específico y de la tolerancia de los cultivos.

Podemos aliviar la acidez natural del suelo a través de la aplicación de enmiendas calizas (cal apagada,  $\text{CaCO}_3$ , arenas calizas o cenizas de madera, etc.). En caso de sufrir problemas de basicidad, convendría potenciar la actividad de los microorganismos que solubilizan nutrientes mediante la aplicación de materia orgánica y/o abonos verdes (especialmente crucíferas, ricas en azufre), azufres minerales (azufre elemental, sulfato de hierro) e incluso fertilizantes ricos en amonio (a dosis moderadas) como gallinaza o purines.

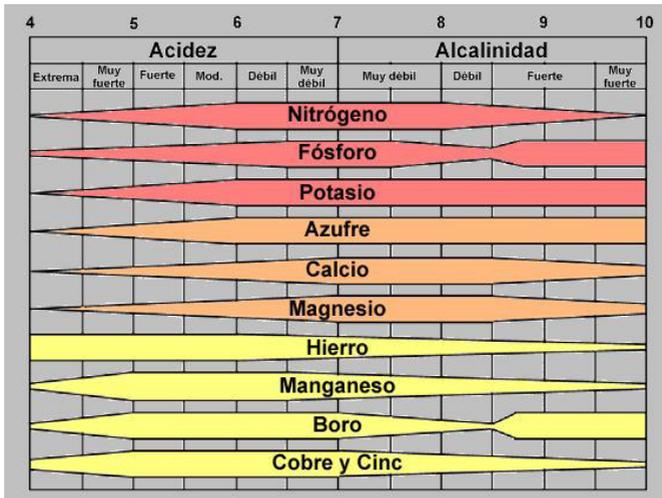


Figura 9. Disponibilidad de nutrientes para las plantas según el pH del suelo.

### Protocolo de medida:

Para determinar si el suelo es ácido, básico o neutro, se pueden utilizar aparatos como los pH-metros, pero es posible tener una estimación fiable empleando las tiras de colores indicadoras de pH, mucho más económicas. Para ello, toma una porción de suelo, evitando piedras y raíces en la medida de lo posible, y colócala en un vaso u otro recipiente (llenar hasta 1 cm, aproximadamente). Después añade agua destilada hasta cubrir el suelo y agita con una cuchara durante, al menos, un minuto. Seguidamente, introduce una tira indicadora de pH en la solución por espacio de, aproximadamente, 3 segundos. Retira la tira de pH y compara el color de la zona indicadora con los colores de la escala de pH. Anota el valor obtenido en la ficha.



## **Materia orgánica**

La materia orgánica es el almacén de nutrientes del suelo que, gracias a la acción de los microorganismos (principalmente), se transforma en minerales asimilables por los cultivos. Además, mejora otras propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo (estructura, infiltración, retención de agua, acidez/basicidad, actividad microbiana, etc.). Por todo ello, es uno de los mejores indicadores de la salud del suelo.

### **Protocolo de medida:**

Para estimar la materia orgánica del suelo se propone la realización de dos medidas independientes:

- **Reacción química:** coge una muestra de suelo (aproximadamente, 5 g), añade un chorro de agua oxigenada y observa la formación de burbujas. Cuanta más materia orgánica contenga el suelo, mayor será la reacción. Asimismo, puedes aprovechar y observar la duración de la reacción para obtener información adicional. Si la reacción es lenta, pero prolongada, significa que la materia orgánica es más estable (tipo humus) y se conservará en el suelo por más tiempo. Por el contrario, una reacción rápida indica un contenido de nutrientes más lábiles que facilitan el desarrollo de microorganismos y plantas más rápidamente. La interpretación de la prueba química se resume en la Figura 10: Mucha espuma = mucha materia orgánica (fuerte); cantidad moderada de espuma = cantidad moderada de materia orgánica (moderada); y apenas hay reacción = poca materia orgánica (débil).
- **Color:** fíjate en el color del suelo. Los suelos ricos en materia orgánica son, normalmente, oscuros. Es decir, suelo pálido = poca materia orgánica; suelo oscuro = mucha materia orgánica.

El resultado final de este indicador será el promedio de estas dos medidas.

**Ejemplo de reacciones al agua oxigenada**

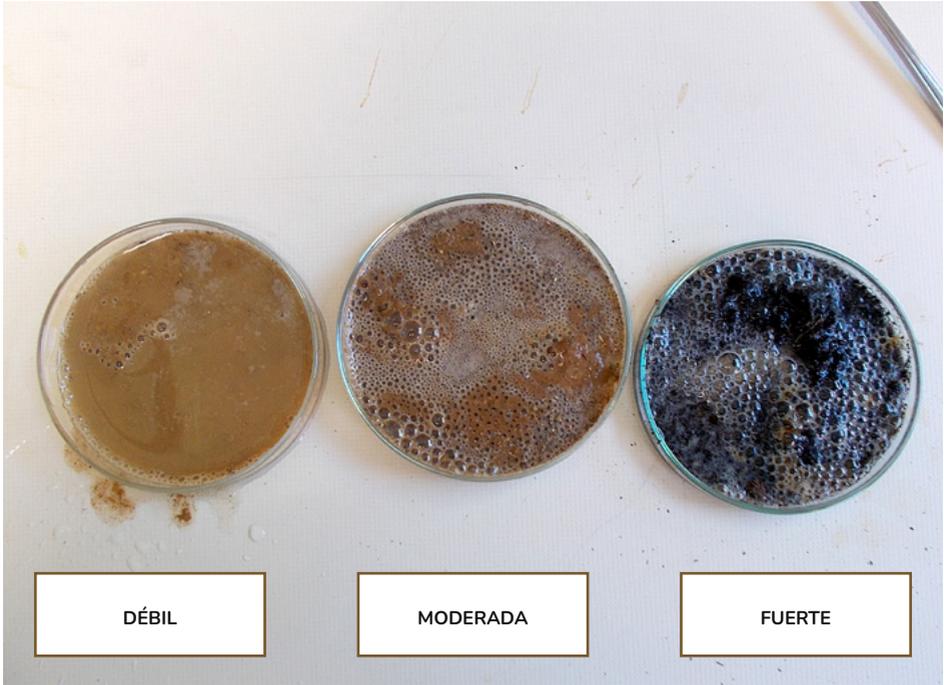


Figura 10. Ejemplos de reacciones del suelo a la aplicación de agua oxigenada para detectar la presencia de materia orgánica.

***Presencia de carbonatos***

Los carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructuración del suelo y sobre la actividad microbiana, aunque un exceso de carbonatos puede ocasionar problemas en la nutrición de las plantas por su antagonismo con otros elementos. Un exceso de carbonatos puede provocar un bloqueo de microelementos (hierro, manganeso, cobre y zinc), apareciendo formas insolubles de estos elementos y dando lugar a carencias nutricionales. También se puede provocar la retrogradación del fósforo a formas insolubles. De forma parecida se pueden ver afectados el potasio y el magnesio.



## Protocolo de medida:

Toma una pequeña porción de suelo, tal y como has hecho para determinar el pH, y colócala en un recipiente impermeable (un vaso de plástico, por ejemplo). Añade unas gotas de vinagre de limpieza sobre la muestra, y observa si se produce alguna efervescencia (Figura 11). En caso de producirse, significa que ese suelo contiene carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

La forma en la que se produce esta reacción nos da una valiosa información:

- Nula (ni se ve ni se oye reacción alguna): muy pobre en  $\text{CaCO}_3$  (probables problemas de acidez).
- Leve (se oye, pero no se ve reacción): suelo pobre en  $\text{CaCO}_3$  (posibles problemas de acidez).
- Media (se ve un cierto burbujeo): riqueza media en  $\text{CaCO}_3$  (situación ideal).
- Fuerte (burbujeo intenso pero poca espuma): rico en  $\text{CaCO}_3$  (posibles problemas de basicidad).
- Muy fuerte (burbujeo violento con espuma): muy rico en  $\text{CaCO}_3$  (problemas de basicidad).

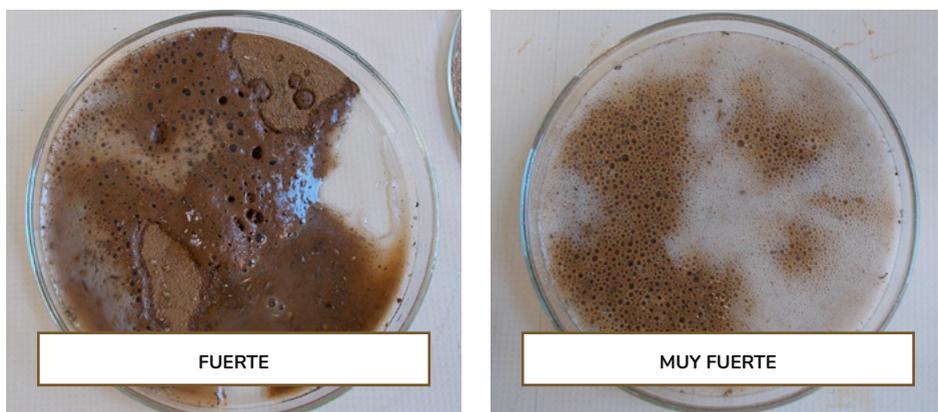


Figura 11. Ejemplos de reacciones del suelo a la aplicación de vinagre de limpieza para detectar la presencia de carbonatos.

## ***Presencia de plantas indicadoras de salinidad, exceso de nitrógeno o encharcamiento***

Las plantas halófitas son capaces de sobrevivir en ambientes con una alta concentración de sal en el suelo. Observar la presencia de estas especies de plantas puede indicarnos que el suelo contiene un elevado nivel de salinidad. De la misma manera, existen especies de plantas que indican exceso de nitrógeno en el suelo (plantas nitrófilas). Por otra parte, algunas especies de plantas nos pueden indicar si en el suelo se producen condiciones de encharcamiento en algún momento del año.

A continuación, se presentan unas fichas (Figuras 12, 13 y 14) que permiten identificar las principales especies de plantas indicadoras de condiciones de salinidad, exceso de nitrógeno y encharcamiento que se suelen encontrar en sistemas agrarios. Observa la presencia de estas especies en el campo o en el entorno y emplea la ficha de campo para valorar la situación.





## Ficha de identificación de plantas halófitas



1. Algazul, salado blanco, gazul, gazula (*Aizoon hispanicum*)



2. Armuelle, orgaza (*Atriplex halimus*)



3. Salado negro (*Frankenia pulverulenta*)



4. Cebadilla ratonera, zaragüelle (*Hordeum marinum*)



5. Balliquillo, vallico encorvado (*Parapholis incurva*)



6. Mijo silvestre, flecos de lana (*Polypogon maritimus*)

Figura 12. Algunas especies comunes de plantas indicadoras de condiciones de salinidad (halófitas).

## Ficha de identificación de plantas nitrófilas



1. Malva (*Malva sylvestris*)



2. Ortiga (*Urtica urens*)



3. Verdolaga (*Portulaca oleracea*)



4. Cenizo, ollabelarra (*Chenopodium album*)



5. Bledo, sabia (*Amarantus retroflexus*)

Figura 13. Algunas especies comunes de plantas indicadoras de condiciones de elevado contenido en nitrógeno en el suelo (nitrófilas).



## Ficha de identificación de plantas indicadoras de encharcamiento



1. Carrizo (*Phragmites australis*)



2. Espadaña (*Typha latifolia*)



3. Botón de oro (*Ranunculus repens*)



5. Hierba de San Guillermo (*Agrimonia eupatoria*)



4. Pimienta de agua (*Polygonum hydropiper*)

Figura 14. Algunas especies comunes de plantas indicadoras de condiciones de encharcamiento del suelo.

## ***Raíces: estado general y profundidad***

El desarrollo óptimo de las raíces depende directamente del estado de los indicadores presentados como, por ejemplo: compactación, infiltración, fertilidad y actividad biológica. Si las raíces se desarrollan poco explorarán menos volumen de suelo en busca de minerales, agua y oxígeno, y el cultivo gastará energía constantemente en intentar desarrollarlas y tendrá menos acceso a agua y nutrientes. Estos factores de estrés reducirán la cosecha.

### **Protocolo de medida:**

Extrae un bloque de suelo de 20 cm de lado, tal y como se ha indicado en la sección dedicada al muestreo de suelos de esta guía. Coloca el bloque de suelo sobre un lado en la bandeja y cuenta las raíces que veas a 20 cm de profundidad. Si hay menos de 15 raíces a 20 cm, elimina con la pala los últimos 5 cm de suelo y vuelve a contar. Si es necesario, repite la operación a 10 cm de profundidad. Anota el resultado observado en la ficha de campo.

## ***Lombrices (Nº de individuos)***

La presencia de lombrices en un suelo es muy buena señal. Normalmente indican que el suelo es fértil y que se practica un sistema de laboreo poco agresivo. Las excavaciones realizadas por las lombrices mejoran la infiltración, y sus deyecciones mejoran la agregación de los componentes del suelo. Las lombrices también trocean residuos, que así pueden ser usados por otros organismos.

La red de canales generados por las lombrices favorece la penetración de raíces, agua, aire y nutrientes. No obstante, una presencia excesiva de lombrices podría indicar que la materia orgánica se está acumulando debido a una falta de actividad microbiológica de descomposición. Por el contrario, su escasez puede estar indicando algún estrés de tipo químico (pesticidas), físico (laboreo excesivo) o biológico (super población de topos o de roedores).

Debes tener en cuenta que los parámetros biológicos dependen en gran medida de la época del año y las condiciones de humedad y temperatura del suelo. Por eso, al determinarlos debes tener muy presente que, como norma general, hay que medir cuando el terreno y el clima sean más estables. Por eso, la mejor



época es cuando se acerca la cosecha de otoño o primavera, cuando las temperaturas son suaves y las labores del terreno quedan más lejanas en el tiempo.

Dentro de esa época, aprovecha para realizar tus medidas en un plazo de 2 – 3 días después de una lluvia significativa, evitando así que el suelo esté excesivamente húmedo o seco (idealmente a capacidad de campo). Procura evitar también los días/momentos del día especialmente fríos o calurosos, ya que también alteran la actividad de los organismos vivos.

Durante el verano las lombrices buscan la frescura y permanecen enrolladas en estratos más profundos, por lo que será difícil encontrarlas en los primeros 30 cm. Por el contrario, cuando los suelos están encharcados, salen a respirar a la superficie donde las encontraremos en mayor abundancia de lo normal. Por eso, ninguno de estos momentos es bueno para realizar el recuento de lombrices, ya que los datos obtenidos podrían dar lugar a conclusiones erróneas sobre el estado de nuestro suelo.

### Protocolo de medida

Extrae un bloque de suelo de 20 cm de lado. Después, cuenta el número de lombrices presentes en la muestra y anota el resultado en la ficha de campo.



## ***Diversidad de macrofauna***

Los invertebrados tienen papeles cruciales como consumidores primarios, así como de restos de animales y plantas (Moretti et al., 2017). Es decir, los artrópodos detritívoros, que consumen madera muerta, estiércol, hojarasca, etc. comienzan el proceso de descomposición de los restos orgánicos presentes en el suelo al trocear los restos de mayor tamaño y, así, hacerlos disponibles para organismos menores que, a su vez, los transforman en nutrientes para los cultivos, cerrándose el ciclo.

Estos invertebrados también constituyen el alimento de depredadores, parásitos y parasitoides, ejerciendo una función como facilitadores de la producción primaria (polinizadores y detritívoros) y como ingenieros de ecosistemas (hormigas, termitas, lombrices, etc.) (Gagic et al 2015).

Estos organismos forman galerías en el suelo, ayudando a mejorar la aireación y la capacidad de infiltración de agua del suelo, entre otros aspectos. Por lo tanto, el conocimiento de los tipos de invertebrados presentes en el suelo nos da una idea del tipo de actividades generadas por estos organismos, y que son importantes para el buen funcionamiento del ecosistema.

### **Protocolo de medida**

Extrae un bloque de suelo de 20 cm de lado (puedes combinar esta medida con la del número de lombrices y evaluar ambos indicadores al mismo tiempo). Procura hacerlo lo más rápidamente posible para evitar la fuga de organismos hacia estratos inferiores.

Examina primero la superficie, después desmenúzala manualmente y cuenta los tipos diferentes de macrofauna presentes (No el número de individuos). Puedes guiarte por esta ficha fotográfica (Figura 15).

Suma el número de tipos observados en suelo y superficie, y compara esta suma con los valores de referencia ubicados al final de esta guía.



## Ficha de identificación de macrofauna del suelo



- 1. Arañas (Arachnida)
- 2. Ciempies (Chilopoda)
- 3. Escarabajos (Coleoptera)
- 4. Tijeretas (Dermaptera)
- 5. Cucarachas (Dictyoptera)

- 6. Milpiés (Diplododa)
- 7. Caracoles (Gasteropoda)
- 8. Chinchas (Heteroptera)
- 9. Chicharras (Homoptera)
- 10. Hormigas (Hymenoptera)

- 11. Cochinillas (Isopoda)
- 12. Termitas (Isoptera)
- 13. Lombrices (Oligochaeta)
- 14. Saltamontes (Orthoptera)
- 15. Otros (larvas, etc.)

Figura 15. Grupos de organismos que constituyen la macrofauna del suelo.

## Valores de referencia

Tabla 1. Valores de referencia para cada indicador de salud del suelo descrito en esta guía.

INDICADOR	POBRE	MEJOR
	0	1
PORCENTAJE DE SUELO CUBIERTO POR VEGETACIÓN	Menos de 50%	Entre 50%
COSTRA SUPERFICIAL	Abundancia de costra superficial y con un espesor superior a 2 cm	Presencia de costra superficial de espesor y cubrición inferiores a 2 cm de espesor y cubrición inferiores a 2 cm
ESTRUCTURA DEL SUELO	Muy compacto	Compacto
INFILTRACIÓN DE AGUA	0 a 25 mm/h	25 a 100 mm/h
COMPACTACIÓN	0 a 10 cm	10 a 20 cm
ACIDEZ/BASICIDAD (pH)	Menor que 5 o mayor que 8	De 5 a 5,5 o de 8 a 8,5
MATERIA ORGÁNICA / COLOR	Ninguna / Pálido	Débil / Oscuro
CARBONATOS	Nula o muy fuerte	Leve
PRESENCIA DE PLANTAS INDICADORAS DE SALINIDAD, EXCESO DE NITRATOS Y/O ENCHARCAMIENTO	Eflorescencias salinas y presencia de plantas indicadoras de salinidad / Encharcamiento y plantas indicadoras	Se observan algunas plantas indicadoras de salinidad / halófitas, nitrófitas y plantas indicadoras de encharcamiento
RAÍCES (ESTADO GENERAL Y PROFUNDIDAD)	Menos de 15 raíces a 10 cm de profundidad	15 raíces a 10 cm de profundidad
LOMBRICES (Nº INDIVIDUOS)	Menos de 2 o más de 20	3-4 o más de 20
DIVERSIDAD MACROFAUNA	No se observan organismos	Un único organismo



En la tabla 1 se presentan los valores de referencia para cada uno de los indicadores de salud del suelo determinados según los protocolos detallados en esta guía. Clasifica los resultados que has obtenido según esta tabla.

PUNTUACIÓN		
BUENO	BUENO	MUY BUENO
1	2	3
Menos de 70%	Entre 70% y 90%	Más de 90%
Presencia de costras de entre 0,5 y 2 cm en buena parte del terreno	Presencia de costras inferiores a 0,5 cm de espesor (sellado) y se encuentran localizadas en una determinada parte del campo	No se observa costra superficial
Duro - Firme	Intacto	Friable
Menos de 100 mm/h	100 a 250 mm/h	Más de 250 mm/h
Menos de 20 cm	20 a 30 cm	30 a 40 cm
Menos de 7,5 a 8	De 5,5 a 6 o de 7 a 7,5	Entre 6 y 7
Medio	Moderada / Medio oscuro	Fuerte / Oscuro
Debil	Fuerte	Media
Presencia de algunas especies o indicadores de salinización	Sin señales de salinidad y presencia testimonial de plantas indicadoras	Sin señales de salinidad ni plantas indicadoras en el entorno
Menos de 15 raíces a 15 cm de profundidad	15 raíces a 15 cm de profundidad	15 raíces a 20 cm de profundidad
Menos de 5-7 o 11-15	5-7 o 11-15	Entre 8 y 10
Menos de 2 y 5 tipos	Entre 2 y 5 tipos	Más de 5 tipos

# Ficha de campo

## ¿Cómo se rellena la ficha de campo?

**Paso 1.** En la parte superior de la ficha hay una sección donde se pueden consignar los detalles generales del sitio de muestreo incluyendo la fecha, las condiciones ambientales, la localización del campo, etc.

Ficha de campo

FECHA:		NOMBRE DE LA PROPIEDAD:
Nº TRANSECTO:		LOCALIZACIÓN GPS DESCRIPCIÓN
CONDICIONES AMBIENTALES:		DÍAS DESDE UNA LLUVIA SIGNIFICATIVA (20 MM)

**Paso 3.** A medida que vayas completando los diferentes ensayos, puedes ir puntuando tus resultados.

INDICADOR	PUNTUACIÓN		
	POBRE 0	MEJORABLE 1	BUENO 2
PORCENTAJE DE SUELO CUBIERTO POR VEGETACIÓN	Menos de 50%	Entre 50% y 70%	Entre 70% y 90%
COSTRA SUPERFICIAL	Abundancia de costra superficial y con un espesor superior a 2 cm	Presencia de costras de entre 0.5 y 2 cm de espesor y cubren buena parte del terreno	Presencia de costras inferiores a 0.5 cm de espesor (sellado) y se encuentran localizadas en una determinada parte del campo
ESTRUCTURA DEL SUELO	Muy compacto	Compacto - Firme	Intacto
INFILTRACIÓN DE AGUA	0 a 25 mm/h	25 a 100 mm/h	100 a 250 mm/h
COMPACTACIÓN	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 30 cm
ACIDEZ/BASICIDAD (PH)	Menor que 5 o mayor que 8	De 5 a 5.5 o de 7.5 a 8	De 5.5 a 6 o de 7 a 7.5
MATERIA ORGÁNICA / COLOR	Ninguna / Pálido	Débil / Medio	Moderada / Medio oscuro
CARBONATOS	Nula o muy fuerte	Leve	Fuerte
PRESENCIA DE PLANTAS INDICADORAS DE SALINIDAD, EXCESO DE NITRATOS Y/O ENCHARCAMIENTO	Eflorescencias salinas y presencia de plantas indicadoras de salinidad/ Encharcamiento y plantas indicadoras	Se observan algunas especies halófitas, nitrófilas o indicadoras de encharcamiento	Sin señales de salinidad y presencia testimonial de plantas indicadoras
RAÍCES (ESTADO GENERAL Y PROFUNDIDAD)	Menos de 15 raíces a 10 cm de profundidad	15 raíces a 10 cm de profundidad	15 raíces a 15 cm de profundidad
LOMBRICES (Nº INDIVIDUOS)	Menos de 2 o más de 20	3-4 o 16-20	5-7 o 11-15
DIVERSIDAD MACROFAUNA	No se observan organismos	Un único tipo	Entre 2 y 5 tipos

**Paso 4.** Rellena la puntuación de cada indicador para cada punto de muestreo del transecto y calcula el promedio en la columna correspondiente de la ficha.



Para completar el diagnóstico de la calidad del suelo necesitas anotar los resultados obtenidos para poder contrastarlos con los valores de referencia y ver si el suelo está razonablemente sano o si debes realizar alguna acción de manejo para mejorarlo. Utiliza la ficha de campo para esto.

CAMPO:	
TEXTURA DEL SUELO (SEGÚN SU ESTIMACIÓN, HÁGALO SOLO UNA VEZ EN TODO EL TRANSECTO):	

**Paso 2.** Cuando hayas realizado el ensayo de textura al tacto, introduce la clase textural resultante en el recuadro correspondiente de la ficha.

MUY BUENO 3	RESULTADOS					PROMEDIO INDICADORES	PUNTUACIÓN FINAL ASIGNADA
	1	2	3	4	5		
Más de 90%							
No se observa costra superficial							
Friable							
Más de 250 mm/h							
30 a 40 cm							
Entre 6 y 7							
Fuerte / Oscuro							
Media							
Sin señales de salinidad ni plantas indicadoras en el entorno							
15 raíces a 20 cm de profundidad							
Entre 8 y 10							
Más de 5 tipos							

**Paso 5.** Si las puntuaciones son “pobre” o “mejorable”, utiliza la tabla de sugerencias para ver opciones de manejo que permitan mejorar la salud de tu suelo.

**Paso 6.** Algunos indicadores están muy relacionados, por eso, en esta ficha se propone utilizar la puntuación media de los indicadores cobertura del suelo y costra superficial y la de estructura del suelo y compactación para calcular el índice final de calidad del suelo.

## Ficha de campo

FECHA:		NOMBRE DE LA PROPIEDAD:
Nº TRANSECTO:		LOCALIZACIÓN GPS DESCRIPCIÓN
CONDICIONES AMBIENTALES:		DÍAS DESDE UNA LLUVIA SIGNIFICATIVA (20 mm)

INDICADOR	PUNTUACIÓN		
	POBRE	MEJORABLE	BUENO
	0	1	2
PORCENTAJE DE SUELO CUBIERTO POR VEGETACIÓN	Menos de 50%	Entre 50% y 70%	Entre 70% y 90%
COSTRA SUPERFICIAL	Abundancia de costra superficial y con un espesor superior a 2 cm	Presencia de costras de entre 0,5 y 2 cm de espesor y cubren buena parte del terreno	Presencia de costras inferiores a 0,5 cm de espesor (sellado) y se encuentran localizadas en una determinada parte del campo
ESTRUCTURA DEL SUELO	Muy compacto	Compacto - Firme	Intacto
INFILTRACIÓN DE AGUA	0 a 25 mm/h	25 a 100 mm/h	100 a 250 mm/h
COMPACTACIÓN	0 a 10 cm	10 a 20 cm	20 a 30 cm
ACIDEZ/BASICIDAD (pH)	Menor que 5 o mayor que 8	De 5 a 5,5 o de 7,5 a 8	De 5,5 a 6 o de 7 a 7,5
MATERIA ORGÁNICA / COLOR	Ninguna / Pálido	Débil / Medio	Moderada / Medio oscuro
CARBONATOS	Nula o muy fuerte	Leve	Fuerte
PRESENCIA DE PLANTAS INDICADORAS DE SALINIDAD, EXCESO DE NITRATOS Y/O ENCHARCAMIENTO	Eflorescencias salinas y presencia de plantas indicadoras de salinidad / Encharcamiento y plantas indicadoras	Se observan algunas especies halófitas, nitrófilas o indicadoras de encharcamiento	Sin señales de salinidad y presencia testimonial de plantas indicadoras
RAÍCES (ESTADO GENERAL Y PROFUNDIDAD)	Menos de 15 raíces a 10 cm de profundidad	15 raíces a 10 cm de profundidad	15 raíces a 15 cm de profundidad
LOMBRICES (Nº INDIVIDUOS)	Menos de 2 o más de 20	3-4 o 16-20	5-7 o 11-15
DIVERSIDAD MACROFAUNA	No se observan organismos	Un único tipo	Entre 2 y 5 tipos



	<b>CAMPO:</b>	
	<b>TEXTURA DEL SUELO (SEGÚN SU ESTIMACIÓN, HÁGALO SOLO UNA VEZ EN TODO EL TRANSECTO):</b>	

	RESULTADOS					PROMEDIO INDICADORES	PUNTUACIÓN FINAL ASIGNADA
	1	2	3	4	5		
<b>MUY BUENO</b>							
3							
Más de 90%							
No se observa costra superficial							
Friable							
Más de 250 mm/h							
30 a 40 cm							
Entre 6 y 7							
Fuerte / Oscuro							
Media							
Sin señales de salinidad ni plantas indicadoras en el entorno							
15 raíces a 20 cm de profundidad							
Entre 8 y 10							
Más de 5 tipos							

## Interpretación de los resultados

En el caso de que el suelo se encuentre en condiciones óptimas, la puntuación será 100, siendo un suelo en muy mal estado aquel con un índice de 0. En la tabla 2 se exponen unos rangos de valores de referencia para interpretar el índice de calidad de suelo obtenido. Sin embargo, conviene tener presente que es importante que el suelo esté sano en todos los aspectos y que se debe mejorar la calidad del suelo mediante las técnicas de manejo adecuadas.

**Tabla 2. Interpretación del índice de calidad del suelo.**

INTERVALO DE VALORES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO	INTERPRETACIÓN
90 – 100	SUELO EN ESTADO PRÁCTICAMENTE INMEJORABLE
70 – 90	SUELO EN MUY BUEN ESTADO DE SALUD
50 – 70	SUELO EN BUEN ESTADO DE SALUD
30 – 50	SUELO EN ESTADO DE SALUD MEJORABLE
0 – 30	SUELO EN ESTADO DE SALUD MUY DEFICIENTE

Si la puntuación de alguno de los indicadores de salud de tu suelo ha sido pobre o mejorable, ¡no te desanimes! Siempre existe la posibilidad de mejorar el estado del suelo mediante la implementación de prácticas de manejo respetuosas y sostenibles. Utiliza la tabla 3 para identificar posibles prácticas de manejo dirigidas a mejorar aquellos indicadores en los que hayas obtenido bajas puntuaciones.



**Tabla 3. Prácticas de manejo para mejorar la salud del suelo.**

INDICADOR	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES
Porcentaje de suelo cubierto por vegetación	Sobrepastoreo / Escaso crecimiento vegetal / Herbicidas / Compactación del suelo / Erosión / Laboreo excesivo	Optimizar el pastoreo / Desbroce / Fertilizantes o enmiendas / Uso de plantas tolerantes a la sombra / Retención de rastrojos / Laboreo de conservación
Costra superficial	Compactación del suelo / Laboreo excesivo / Erosión	Aumentar el nivel de materia orgánica / Aplicar ácidos húmicos / Reducir la concentración de sodio en el suelo / Abonos verdes / Acolchados y rastrojos
Estructura del suelo	Exceso de laboreo / Bajo contenido en materia orgánica / Textura arenosa	Laboreo reducido / Cultivos cubierta / Abonos verdes / Fase de pasto / Enmiendas orgánicas como purín o compost / Pastoreo estratégico
Capacidad de infiltración de agua	Encostramiento superficial	Aportes orgánicos. Incorporación restos cultivo/poda.
	Compactación superficial	Reducir tránsito de maquinaria
Compactación	Compactación superficial y/o subsuperficial (suela de labor)	Reducir tránsito de maquinaria. Evitar aperos de cuchillas horizontales.
		Laboreos profundos (subsulado)
Acidez/basicidad (pH)	Acidez extrema	Encalar (CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , cenizas)
	Basicidad extrema	Materia orgánica y azufres
Materia orgánica / Color	Abonado mineral	Abonado orgánico (compost, estiércol)
	Retirada o quema de restos de cosecha	Incorporación de restos al suelo
Carbonatos	Ausencia	Encalar (CaO, Ca(OH) <sub>2</sub> , cenizas)
	Exceso	Materia orgánica y azufres
Presencia de plantas indicadoras de salinidad, exceso de nitratos y/o encharcamiento	Subida de la capa freática / Uso de agua salina para el riego / Uso de fertilizantes con alto contenido en nitrato o en sales / Mala gestión del riego	Pasto para bajar el nivel freático / Especies tolerantes a la salinidad / Cambiar el tipo y el manejo del fertilizante / Sustituir el agua de riego / Adaptar el cultivo al potencial de la tierra
Raíces (estado general y profundidad)	Compactación superficial	Reducir tránsito de maquinaria
Lombrices	Estrés físico (laboreo)	Reducir/evitar uso rotocultivador
	Estrés químico (pesticidas, acidez)	Evitar acidez y pesticidas. Aportar materia orgánica
	Estrés biológico (topos, roedores)	Prevenir plagas
Diversidad macrofauna	Ausencia de hábitat o estructura / Bajo contenido en materia orgánica / Bajos niveles de cobertura del suelo	Pastoreo estratégico / Incrementar los niveles de materia orgánica mediante cultivos cubierta, abonos verdes, uso de una fase de pasto, enmiendas orgánicas como rastrojos y purín o compost / Laboreo mínimo / Minimizar el uso de agroquímicos

## Referencias

- FAO. 1993. Soil Tillage in Africa: Needs and Challenges, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soil Resources, Management, and Conservation Service. Food & Agriculture Org., 190 p.
- Gagic, V., Bartomeus, I., Jonsson, T., Taylor, A., Winqvist, C., Fischer, C., Slade, E.M., Steffan-Dewenter, I., Emmerson, M., Potts, S.G., Tschamtkke, T., Weisser, W., Bommarco, R. 2015. Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 282, 20142620. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2620>
- Govindakrishnan, P.M., Ganeshamurthy, A.N., Pawar, M., Agrawal, I., Beggi, F., Rana, J.C., Krishna Kumar, N.K. 2020. *A Field Manual for Soil Health Assessment by Farmers*. Bioversity International. Rome, Italy. 29 p. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/111274/FIELDMANUAL\\_SOILHEALTH.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/111274/FIELDMANUAL_SOILHEALTH.pdf?sequence=1)
- Ibáñez, J.J. 2006. Costras y sellados del suelo: la degradación física de la superficie del suelo. Blog Madri+d: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/12/27/56014>
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61, 4-10.
- Moebius-Clune, B.N., Moebius-Clune, D.J., Gugin, B.K., Idowu, O.J., Schindelbeck, R.R., Ristow, A.J., van Es, H.M., Thies, J.E., Shayler, H.A., McBride, M.B., Kurtz, K.S.M., Wolfe, D.W., Abawi G.S. 2017. *Comprehensive Assessment of Soil Health, The Cornell Framework*. Third Edition, 134 pp. <https://www.css.cornell.edu/extension/soil-health/manual.pdf>
- Moretti, M., Días, A.T.C., Bello, de F., Altermatt, F., Chown, S., Azcarate, F.M., Bell, J.R., Fournier, B., Hedde, M., Hortal, J., Ibanez, S., Ockinger, E., Sousa, J.P., Ellers, J., Berg, M.P. 2017. Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits. *Functional Ecology* 31, 558–567. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12776>
- Rodríguez, A.M. 2012. *Prácticas de edafología y Climatología*. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2012. 70 p. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/194611.pdf>
- Soil Survey Staff. 1993. *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture. Handbook no. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- USDA, 1999. *Soil Quality Test Kit Guide*. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Natural Resources Conservation Service. Soil Quality Institute. 88 pages. [https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil\\_Quality\\_Test\\_Kit\\_Guide.pdf](https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf)





Creado dentro del **Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT** en el marco del **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** y financiado por la **Unión Europea – NextGenerationEU**

