

GUÍA DE MUESTREO DE SUELO

Para análisis microbiológico

Colección Transformación del Agro



Ivonn Marcela Gelvez Pardo
Jenny Milena Moreno Rodríguez
Adriana Marcela Santos Díaz

AGROSAVIA
EDITORIAL



El campo
es de todos

Minagricultura

GUÍA DE MUESTREO DE SUELO Para análisis microbiológico

Colección Transformación del Agro

Ivonn Marcela Gelvez Pardo
Jenny Milena Moreno Rodríguez
Adriana Marcela Santos Díaz

GUÍA DE MUESTREO DE SUELO

Para análisis microbiológico

Ivonn Marcela Gelvez Pardo

Profesional de Apoyo de Laboratorio
Laboratorio de Microbiología Agrícola
Centro de Investigación Tibaitatá
igelvez@agrosavia.co

Jenny Milena Moreno Rodríguez

Investigadora Máster
Departamento de Mercadeo de Tecnología,
Productos y Servicios
Sede Central
jmoreno@agrosavia.co

Adriana Marcela Santos Díaz

Investigadora Máster Sénior
Laboratorio de Microbiología Agrícola
Departamento de Laboratorios
de Investigación y Servicios
Sede Central
asantos@agrosavia.co

Mosquera, Colombia, 2020

Gelvez Pardo, Ivonn Marcela

Guía de muestreo de suelo para análisis microbiológico/ Ivonn Marcela Gelvez Pardo [y otros dos] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2020.

64 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos, gráficos, tablas, ilustraciones

ISBN E-book: 978-958-740-409-8

1. Calidad del suelo 2. Sostenibilidad 3. Muestreo del suelo 4. Microbiología 5. Infección de micorrizas I. Moreno Rodríguez, Jenny Milena II. Santos Díaz, Adriana Marcela.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá. Km 14 vía Mosquera-Bogotá, Cundinamarca.

Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es la suma de resultados de diferentes proyectos de investigación y del trabajo realizado en el Área de Control de Calidad de Bioinsumos, del Laboratorio de Microbiología Agrícola de AGROSAVIA.

Colección: Transformación del Agro

Publicado en Mosquera (Cundinamarca), Colombia, en noviembre de 2020

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Editor: Jorge Enrique Beltrán

Adaptación de textos y corrección de estilo: Jorge Enrique Beltrán

Realización gráfica e ilustración: María Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Fotografías: cubierta, Andrea López; pp. 36-37 Erika Wagner Medina;

pp. 8, 10, 16 Andrea López; p. 26 Mónica Páramo; 46, 48-53 Ivonn Marcela Gelvez Pardo; pp. 30-33, 40-41

Banco de fotos AGROSAVIA

Citación sugerida: Gelvez Pardo, I. M., Moreno Rodríguez, J. M., & Santos Díaz, A. M. (2020). *Guía de muestreo de suelo para análisis microbiológico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404098>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co/>



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Contenido

Agradecimientos	7
Antes de empezar	9
1. Conceptos generales	11
Suelo	11
Sostenibilidad	11
Resiliencia	12
Calidad	12
¿Cómo se mide la calidad?	13
Muestreo	13
2. Indicadores de calidad	17
¿Qué son?	17
¿Para qué sirven?	18
Tipos de indicadores de calidad	19
<i>Indicadores químicos</i>	20
<i>Indicadores físicos</i>	21
<i>Indicadores biológicos</i>	22
¿Cómo escoger bien los indicadores?	23
Ventajas del indicador microbiológico	24
3. Toma de muestras de suelo	27
Materiales	29

Muestreo con palín o pala	30
Muestreo con barreno holandés o pala hoyadora	32
Muestreo de raíces	34
<i>Plantaciones forestales</i>	36
<i>Plantaciones no forestales</i>	38
<i>Cultivos de interés comercial en condiciones de campo o invernadero</i>	39
<i>Vivero: plantas en estado de endurecimiento o mantenimiento en materas</i>	40
¡En resumen!	42
Manipulación, cantidad y almacenamiento	44
La muestra será rechazada si... ..	45
4. Análisis microbiológicos de muestras de suelo ofrecidos por AGROSAVIA	47
Recuento de bacterias mesófilas aerobias, actinomicetos y hongos totales	48
<i>Bacterias mesófilas</i>	48
<i>Actinomicetos</i>	49
<i>Hongos totales (mohos y levaduras)</i>	49
Recuento de bacterias solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno	51
<i>Bacterias solubilizadoras de fósforo</i>	51
<i>Bacterias fijadoras de nitrógeno</i>	52
Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)	53
Biomasa y respiración microbiana	54
<i>Biomasa microbiana</i>	55
<i>Respiración microbiana</i>	55
Glosario	57
Bibliografía	59

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA por el financiamiento de las investigaciones desarrolladas en torno al análisis microbiológico de suelos. Asimismo, expresan su agradecimiento a Erika Wagner Medina por las fotografías facilitadas para la elaboración de esta guía.





Antes de empezar

Esta guía está dirigida a las personas del sector agropecuario relacionadas con el muestreo de suelos con fines investigativos o productivos. Su objetivo es orientar a los lectores sobre la forma correcta de tomar muestras de suelo y raíces para que el análisis microbiológico arroje resultados confiables en el laboratorio.

La guía está estructurada en cuatro secciones:

En la **primera**, se repasan los conceptos previos relacionados con la calidad de suelos y el muestreo.

En la **segunda** sección, se ve más detenidamente cuáles son los indicadores de calidad de suelos, para qué sirven y cómo escogerlos.

En la **tercera** sección, se presentan los *paso a paso* para tomar correctamente las muestras de suelos destinadas al análisis de indicadores biológicos, así como su adecuada manipulación para la entrega en el laboratorio.

En la **cuarta**, se explica brevemente cuáles son los análisis de indicadores microbiológicos ofrecidos por AGROSAVIA y qué resultados se pueden esperar de ellos.



1. Conceptos generales

Suelo

El suelo es un recurso vivo, dinámico y no renovable, constituido por diferentes componentes bióticos y abióticos, como aire, agua, materia orgánica, macro- y microorganismos. Además, su calidad influye directamente en la producción de alimentos, en las condiciones ambientales del lugar y en el equilibrio global. Por esta razón, el suelo es un componente fundamental del ecosistema, cuyo estudio requiere de un enfoque interdisciplinar.

Sostenibilidad

Para el 2050 se estima que la población mundial llegará a los 9.700 millones de personas más o menos, por lo cual es imperativo aumentar la producción de alimentos entre un 60 % y un 100 %, sin dejar de lado la demanda de energía y agua limpia requerida para ello. En este escenario, los suelos juegan un papel de indiscutible protagonismo, porque en ellos convergen el agua, la energía y los alimentos. En consecuencia, su gestión y la agricultura deben ser sostenibles.

El concepto de sostenibilidad se ha transformado a lo largo de los últimos treinta años. Los primeros acercamientos lo relacionaban con el desempeño económico y la eficiencia energética de la agricultura. Sin embargo, Abbott y Murphy (2007) ampliaron este concepto al definir la sostenibilidad como “una gestión del suelo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades desde ese suelo”.

En resumen, la sostenibilidad del suelo es la capacidad del hombre de beneficiarse de él para mantener a la humanidad sin generar un impacto ecológico negativo para el ecosistema.



Resiliencia

Ahora bien, el concepto de sostenibilidad está íntimamente ligado al de *resiliencia*. Esta última es la capacidad que tiene el suelo de recuperar su integridad funcional y estructural después de una perturbación.

Esta recuperación, cuando se da lo suficientemente pronto como para no afectar negativamente el ecosistema, hace que la gestión del suelo resulte sostenible.

Así, son resilientes los ecosistemas con una alta capacidad de respuesta a las perturbaciones, ya que tienen mayor probabilidad de renovarse y reorganizarse con prontitud hasta llegar a un estado deseado.

Este potencial del suelo para superarse de los cambios o perturbaciones depende del manejo que se le haya dado en el pasado y el que se le dé en el presente. Dicho manejo, además, permite pronosticar las posibles respuestas del suelo a futuras perturbaciones. La resiliencia del suelo (su capacidad de pronta recuperación) es un bioindicador de sostenibilidad para su manejo.

Los conceptos de sostenibilidad y resiliencia del suelo permiten entender su estabilidad y productividad, características que están en directa relación con su calidad.

Calidad

Es la capacidad que tiene el suelo para funcionar dentro de un ecosistema natural o intervenido, de forma tal que se mantenga o se mejore la productividad de las plantas, la pureza del agua y del aire, así como el bienestar de la población animal y humana.

De la calidad del suelo dependen, por ejemplo, la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y su crecimiento saludable.

Este concepto, entonces, es de capital importancia para lograr sistemas sostenibles de uso de la tierra, en los que exista equilibrio entre la productividad y la protección del medioambiente.

La calidad del suelo se mide por su capacidad de mantener un ecosistema en óptimas condiciones, brindando agua y nutrientes para las plantas y manteniendo las condiciones adecuadas para los organismos.

¿Cómo se mide la calidad?

La calidad recibe calificaciones diferentes según las apreciaciones de las personas, cuyas valoraciones dependen de contextos socio-culturales y experiencias particulares. Por esta razón, se han establecido criterios objetivos para medirla, basados en propiedades cuantificables del suelo.

Estos criterios son llamados *indicadores de calidad*, los cuales permiten valorar de forma integrada componentes estáticos y dinámicos del suelo para establecer un resultado confiable.

Más adelante se amplía la información sobre los indicadores. Por el momento, tenga presente que para los *indicadores microbiológicos de calidad* es indispensable tomar correctamente las muestras de suelo.

Muestreo

El muestreo es la remoción de una pequeña porción de suelo del área. El muestreo tradicional está enfocado en la determinación de indicadores físicos y químicos, y toma el área de estudio como un todo homogéneo. Sin embargo, en el muestreo para la determinación de indicadores

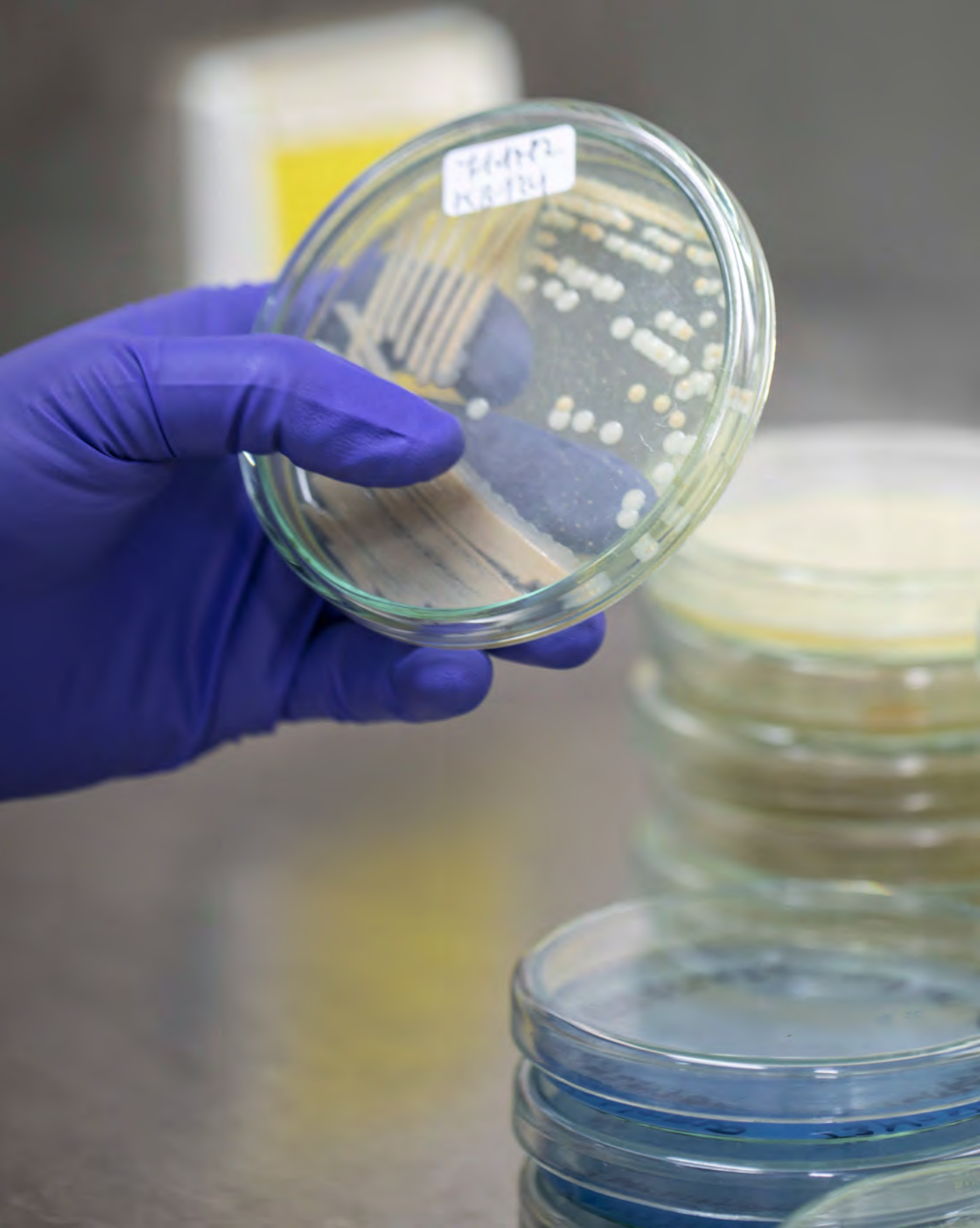
biológicos y microbiológicos (los más valiosos para la toma de decisiones), existen variaciones para recolectar las muestras de suelo y poder obtener resultados con un mayor grado de precisión.

El *muestreo de suelo* constituye uno de los pasos más críticos en la determinación de la calidad del suelo. Además, se puede considerar como uno de los más importantes para definir el manejo adecuado de un área determinada.

De la calidad del muestreo depende la exactitud del resultado del laboratorio, y de este resultado depende la toma de decisiones en campo.

En esta guía encontrará las pautas para tomar las muestras apropiadamente.





2. Indicadores de calidad

¿Qué son?

Los indicadores son las propiedades del suelo que pueden medirse cuantitativamente para evaluar su calidad respecto a una función determinada. Los indicadores permiten identificar, por ejemplo, cuál es el ciclo de los nutrientes de cierto terreno, cuál es su estructura física, qué tan estable es esta estructura, cuál es su biodiversidad microbiana y su biodiversidad vegetal.

Por lo general, los indicadores se clasifican en *físicos*, *químicos* y *biológicos*, según las características del suelo a evaluar, y todos tienen como finalidad determinar las relaciones de causa y efecto de ciertos procesos en un determinado agroecosistema.

***La calidad del suelo
(su funcionamiento dentro
de ecosistema agrícola)
se determina de acuerdo
con sus características físicas,
químicas y biológicas.***



Muchos de los indicadores físicos y químicos del suelo son permanentes en el tiempo (parámetros inherentes). Por el contrario, los indicadores biológicos y algunos físicos son dinámicos y excepcionalmente sensibles a los cambios en las condiciones del suelo y en las prácticas de manejo (parámetros dinámicos). Es por ello que no basta con interpretarlos de forma separada y sin relacionarlos con el conocimiento del agricultor, ya que este último es quien tiene la posibilidad de una observación continua de los impactos de las prácticas agrícolas en el funcionamiento del ecosistema. Tenga en cuenta, además, que hay cambios en la calidad que no se evidencian de inmediato, sino que requieren de un seguimiento constante.

¿Para qué sirven?

La información arrojada por los indicadores y su adecuada interpretación presta muchas utilidades para los productores, entre ellas las siguientes:

- Son una base verídica para tomar decisiones razonadas y no improvisadas sobre un terreno.
- Además de ayudar a establecer la calidad del suelo, permiten predecir los cambios a los que dicha calidad está sujeta (figura 1).
- Son una guía para desarrollar con eficacia los procesos de restauración del suelo, ya que muestran las relaciones planta-suelo que promueven la revegetación y mejoran la función de un ecosistema, según las propiedades del terreno.

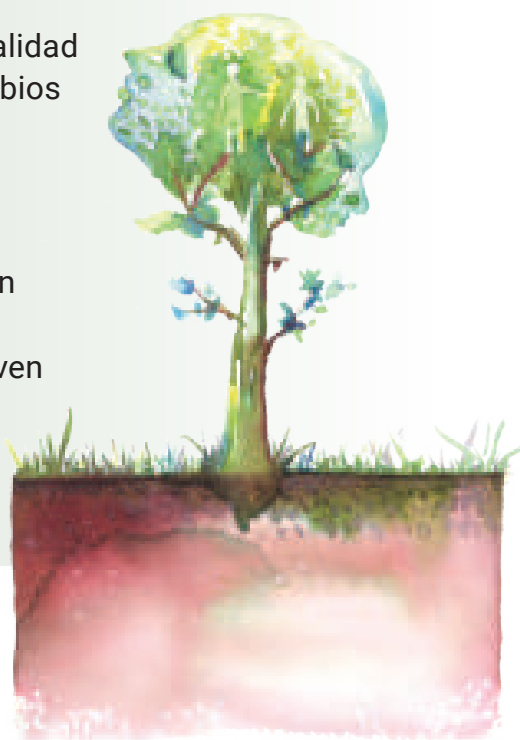
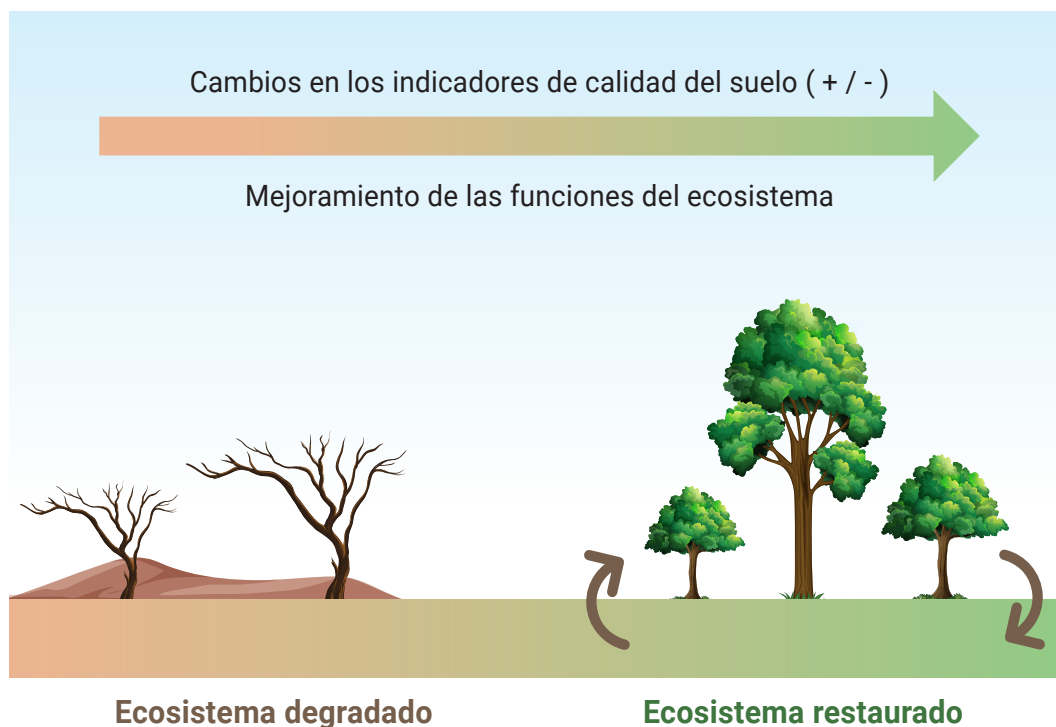


Figura 1. Los cambios en los indicadores de la calidad del suelo muestran la recuperación o el deterioro de este.



Fuente: Adaptada de Muñoz-Rojas (2018).

La información arrojada por los indicadores y su adecuada interpretación son una guía para desarrollar con eficacia los procesos de restauración del suelo, ya que muestran las relaciones planta-suelo que promueven la revegetación y mejoran la función de un ecosistema, según las propiedades del terreno.

Tipos de indicadores de calidad

Existe un gran número de indicadores de la calidad del suelo, pero todos ellos se agrupan según las propiedades *físicas*, *químicas* y *biológicas*. A su vez, estos indicadores se subdividen en diferentes escalas de estudio: macro-, meso- y microescala.

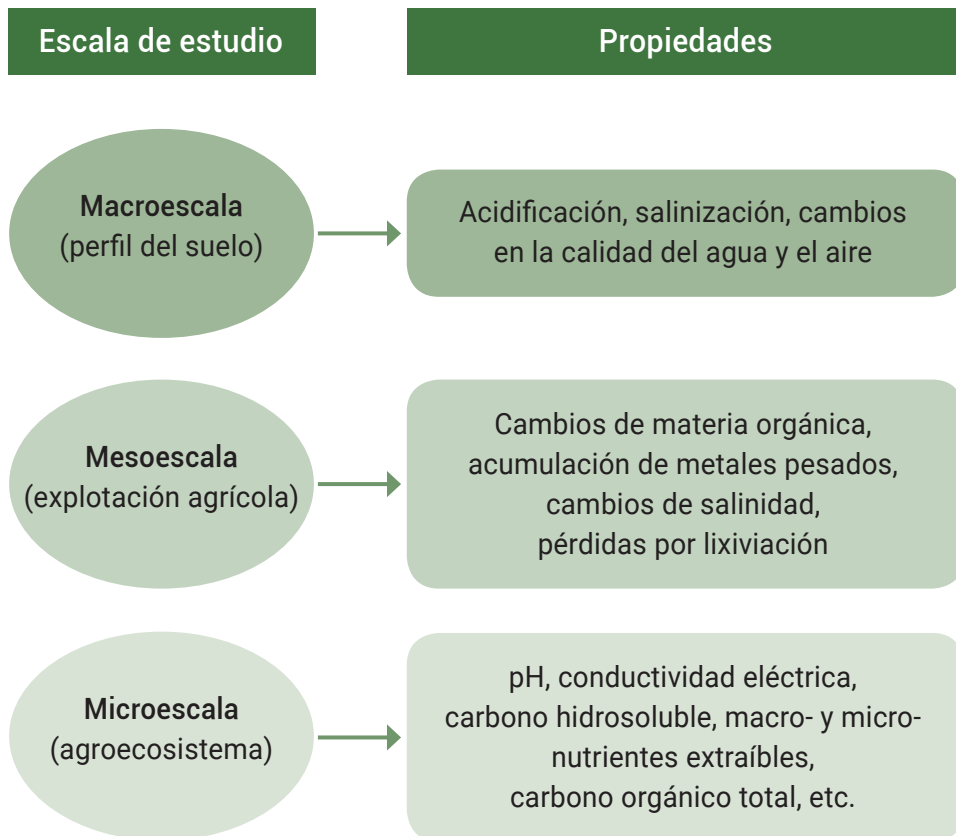
Indicadores químicos

Buscan cuantificar las propiedades químicas del suelo (figura 2). Se utilizan ampliamente porque permiten relacionar funciones como la actividad y la productividad del suelo.

Están relacionados con los procesos de filtración, amortiguación, degradación y retención de materiales orgánicos e inorgánicos, y muestran, por lo tanto, la regulación del flujo del agua y los solutos, así como el ciclo del carbono, el nitrógeno, el fósforo y otros nutrientes.

Algunos de estos indicadores se pueden medir directamente en campo, pero otros requieren de un análisis completo en condiciones de laboratorio.

Figura 2. Escalas de estudio de los indicadores químicos.



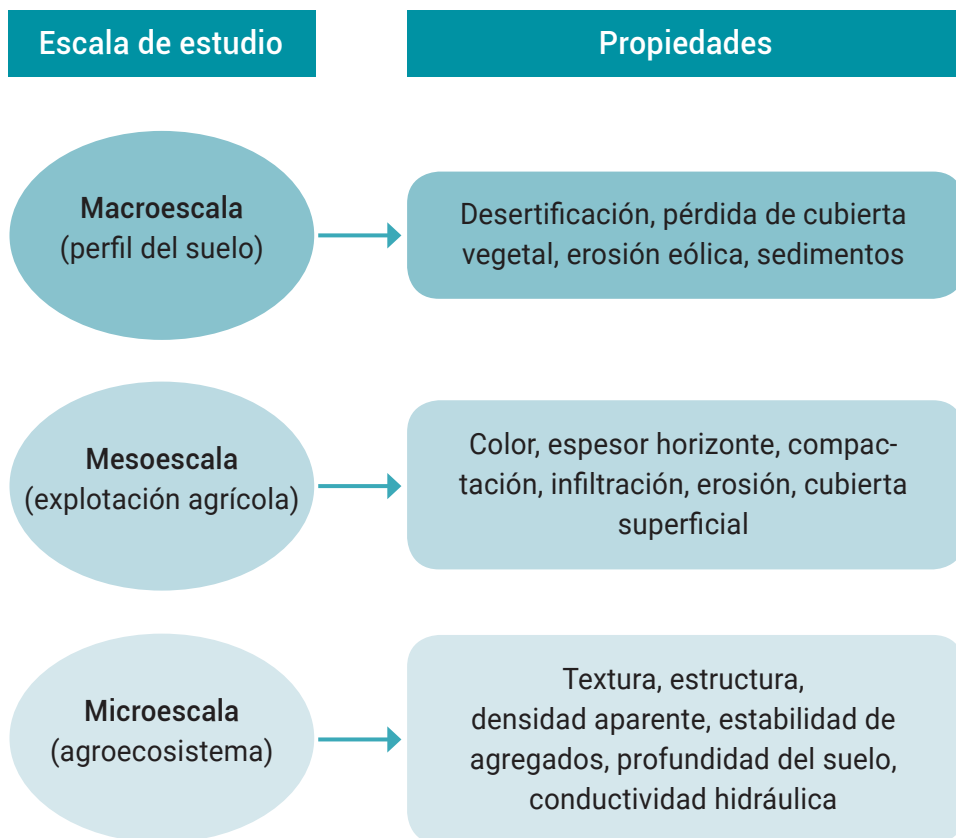
Fuente: Nogales (2010)

Indicadores físicos

Estos indicadores generan información acerca del suministro adecuado de aire, agua y nutrientes para las plantas. En general, aluden a características que pueden verse a simple vista, como la erosión, la presencia de sedimentos, el color, la textura y la estructura, entre otros. Los indicadores físicos está directamente relacionados con las características químicas y biológicas del suelo, pues la cantidad de vegetación, por ejemplo, está en directa relación con la presencia de ciertas bacterias y hongos (figura 3).

No obstante, para la determinación de algunos indicadores físicos del suelo se requiere mucho tiempo y existe incertidumbre con respecto al rango óptimo y los límites críticos de ciertas propiedades, por lo cual en muchas situaciones no resulta práctica su aplicación. Estos indicadores se evalúan en periodos más bien prolongados de tiempo, pues las características que estudian no se pueden mejorar fácil o drásticamente.

Figura 3. Escalas de estudio de los indicadores físicos.



Fuente: Nogales (2010)

Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos de suelo arrojan información sobre los organismos (macro- y micro-) que forman parte del suelo y que son responsables de la descomposición de la materia orgánica y de los ciclos de nutrientes (figura 4).

La información sobre la cantidad de organismos, tanto de individuos como de especies, puede indicar la capacidad de un suelo para funcionar o recuperarse después de una perturbación. Estos indicadores son altamente sensibles y responden a cambios rápidos en el tiempo, que permiten obtener una aproximación a la dinámica de la materia orgánica y los procesos de transformación.

Figura 4. Escalas de estudio de los indicadores biológicos.



Fuente: Nogales (2010)



La información sobre la cantidad de organismos, tanto de individuos como de especies, puede indicar la capacidad de un suelo para funcionar o recuperarse después de una perturbación.

¿Cómo escoger bien los indicadores?

Para que el estudio de calidad sea efectivo, es fundamental seleccionar apropiadamente los atributos a medir, pues el suelo es de naturaleza compleja y son muchos los parámetros que pueden determinarse. De hecho, no se puede obtener una información acertada, completa y real a partir de *un solo tipo de indicador*, sino que es necesario evaluar y analizar *la combinación de diferentes indicadores* (físicos, químicos, biológicos, productivos y sociales).

Según esto, la selección de indicadores del suelo puede ser todo un desafío, pero en general se recomienda hacerse las siguientes preguntas para poder escoger bien:

- ¿Cuál es el uso de la tierra?
- ¿Cuál es la función del suelo?
- ¿Qué tan confiable es la medición?
- ¿Es viable hacer este tipo de muestreo y medición en este terreno?
- ¿Cómo varía un indicador según el lugar y el momento del registro de datos?
- ¿Qué tan sensible es el indicador a cambios en el manejo del suelo?
- ¿Qué tanto puedo comparar la información de un indicador con los sistemas de monitoreo?
- ¿Qué habilidades se requieren para el uso e interpretación del indicador y qué tan costoso es hacer la evaluación?

(De la Rosa y Sobral, 2008)



Ventajas del indicador microbiológico

Usualmente se prefieren indicadores que sean *sensibles* y que den *respuestas rápidas y eficientes* con respecto a la calidad del suelo. Estos atributos los tienen los indicadores microbiológicos. En efecto, los indicadores vinculados a la actividad microbiana pueden responder a perturbaciones en un periodo de tiempo más corto que los vinculados a propiedades físicas o químicas, porque los microorganismos son altamente sensibles al estrés y a procesos de restauración de suelos de interés.

Además, los microorganismos presentes en el suelo proporcionan una visión integrada de la calidad como indicadores, en comparación con los parámetros físicos y químicos, que por sí solos no tienen esa posibilidad. Por lo tanto, la sostenibilidad del ecosistema del suelo puede evaluarse adecuadamente mediante el uso de indicadores de base biológica.

La sostenibilidad del ecosistema del suelo puede evaluarse adecuadamente mediante el uso de indicadores de base biológica.





3. Toma de muestras de suelo

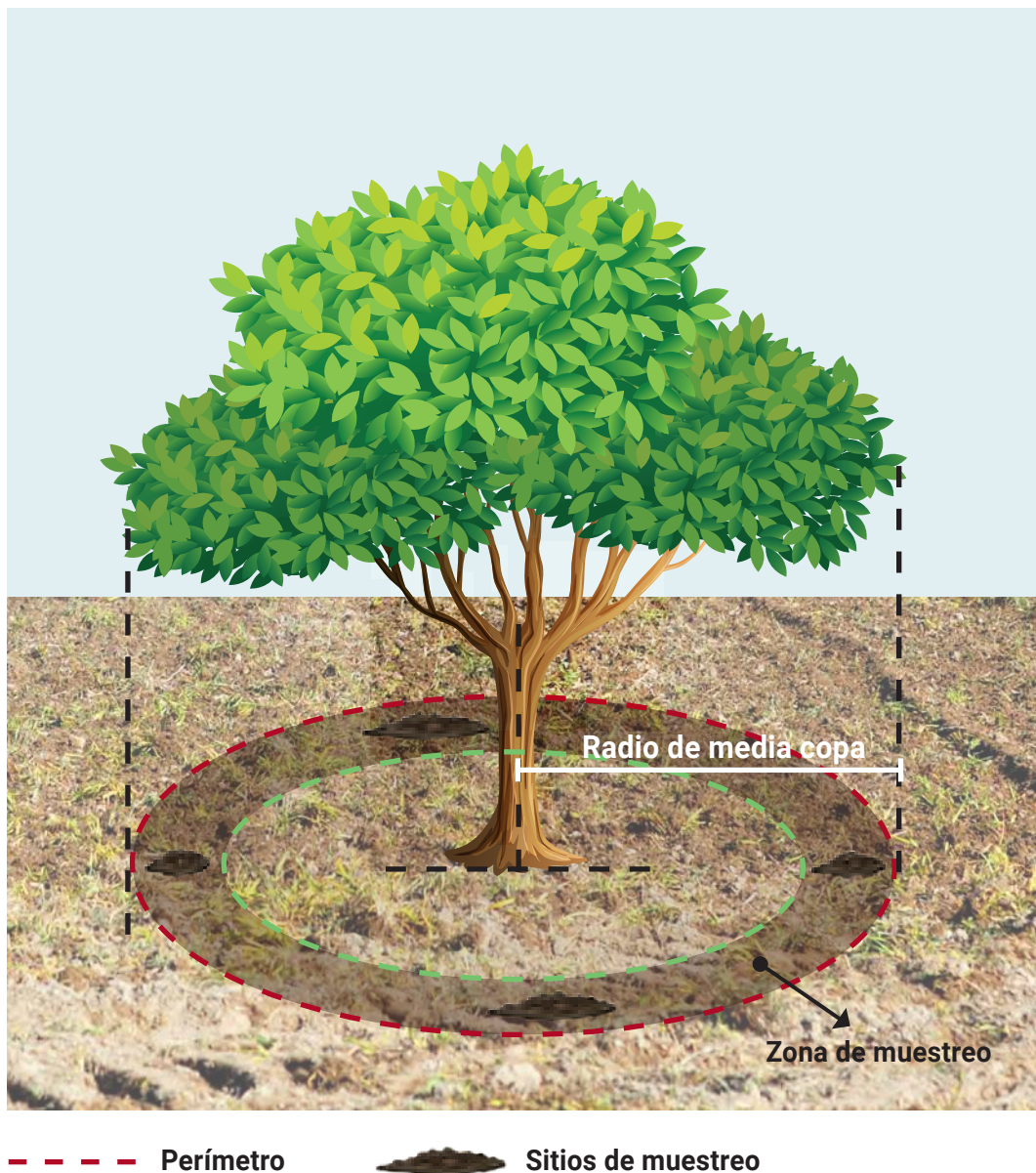
Esta sección tiene por objeto mostrar dos de los procedimientos más comunes de muestreo de suelo para análisis de indicadores microbiológicos: muestreo con palín y muestreo con barreno. Ambas herramientas son útiles para el procedimiento, pero la más recomendada es el barreno, ya que con este último se obtiene una muestra más homogénea, con la cantidad y la profundidad adecuadas. En todo caso, si no se cuenta con un barreno, se puede usar un palín (o pala) teniendo cuidado de tomar una cantidad similar de suelo en cada punto a muestrear y a una misma profundidad.

Ahora bien, independientemente de la herramienta utilizada, tenga presente estas tres recomendaciones para el muestreo:

1. Se deben tomar varias muestras pequeñas (*submuestras*) en distintos puntos del lote, para obtener una muestra final representativa de la calidad general del terreno.
2. Es necesario identificar las fuentes de variabilidad existentes en el campo relacionadas con la muestra a analizar, por ejemplo, el relieve, la textura y el manejo agronómico que se le haya dado.
3. Tenga claridad sobre propósito del análisis microbiológico de suelo que desea realizar, ya que pueden existir variaciones importantes según el tipo de muestreo, así:
 - Para el recuento de *bacterias mesófilas aerobias*, *hongos totales (mohos y levaduras)*, *actinomicetos*, *bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo*, *bacterias presuntivas fijadoras de nitrógeno*, *biomasa* y *respiración microbiana* se puede realizar el muestreo con cualquiera de las dos herramientas (palín o barreno) sin mayor cuidado sobre la zona de muestreo.

- Para el recuento de esporas de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) se puede realizar el muestreo con cualquiera de las dos herramientas (palín o barreno), **pero** se debe tener en cuenta que la zona de muestreo sea **el área de la rizosfera** (figura 5). Esta área cambia, según el tipo de planta, en cuanto a la distancia respecto del tallo y la profundidad alcanzada por la raíz.

Figura 5. Zona de muestreo en árboles frutales, forestales, ornamentales, etc.



Fuente: Adaptado de Ureña (2009)



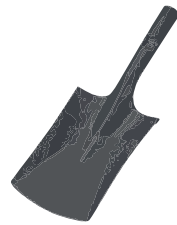
Recuerde: De la calidad del proceso de muestreo depende el resultado seguro y confiable de análisis del indicador microbiológico.

Materiales

¡Todos los materiales deben estar limpios para dar inicio al muestreo de suelo!



Pala (o palín) y barreno



Hoyador o pala hoyadora



Cinta adhesiva



Cuchillo



Balde plástico limpio



Nevera con geles refrigerantes congelados



Bolígrafo



Bolsas plásticas resellables con cierre hermético



Marcador de tinta permanente

Muestreo con palín o pala

Siempre que vaya a hacer una toma de muestra, **seleccione un área homogénea del terreno**: tenga en cuenta el relieve, el color del suelo, la textura, su drenaje y el manejo agronómico.

Una vez escogido el punto para la toma de la muestra, lleve a cabo los siguientes pasos:



- 1 Retire la hojarasca y el pasto de la superficie del suelo.



- 2 Limpie la superficie con la pala o palín. Tenga en cuenta que esta herramienta debe estar limpia y desinfectada.



- 3 Haga un hoyo con la pala o palín de un área aproximada de 20 x 20 cm. Este hoyo puede ser en forma de "V" para facilitar la toma de la muestra y tener una profundidad de unos 30 cm aproximadamente.



- 4 Tome la muestra del suelo a partir de unos 10 cm de profundidad respecto de la superficie con la pala o palín. La "rebanada" o "lonja" de suelo debe tomarse de la pared del hoyo y no del fondo, pues se quiere estudiar esta franja cercana a la superficie. Esta rebanada debe tener de 2 a 3 cm de grosor y unos 20 a 40 cm de largo.



- 5** Elimine los residuos de suelo (hojarasca y vegetación) presentes en los bordes de la pala o palín para evitar contaminación.



- 6** Deposite la muestra en un balde.

Después del **paso 6**, recorra el terreno en zigzag, en forma de "Z" o en forma de "X", y repita los pasos anteriores hasta tomar el número de submuestras determinado para el lote.



- 7** Cuando todas las submuestras estén en el balde, mézclelas con la mano hasta que observe homogeneidad.



- 8** Después de la mezcla, tome una porción aproximada de 250 gramos y póngala en una doble bolsa de plástico. Entre una y otra bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de la identificación de la muestra.

Muestreo con barreno holandés o pala hoyadora

Siempre que vaya a hacer una toma de muestra, **seleccione un área homogénea del terreno**: tenga en cuenta el relieve, el color del suelo, la textura, su drenaje y el manejo agronómico.

Una vez escogido el punto para la toma de la muestra, lleve a cabo los siguientes pasos:



- 1 Con una pala o palín retire la hojarasca y el pasto de la superficie del suelo.



- 2 Entierre la pala hoyadora aproximadamente 3 cm en el suelo, retire y elimine esa porción.



- 3 Introduzca nuevamente pala hoyadora hasta alcanzar una profundidad de 30 cm.



- 4** Deposite la porción de tierra extraída en un balde.

Después del **paso 4**, recorra el terreno en zigzag, en forma de "Z" o en forma de "X", y repita los pasos anteriores hasta tomar el número de submuestras determinado para el lote.



- 5** Cuando todas las submuestras estén en el balde, mézclelas con la mano.



- 6** Después de la mezcla, tome una porción aproximada de 250 gramos para el análisis y póngala en una doble bolsa de plástico.



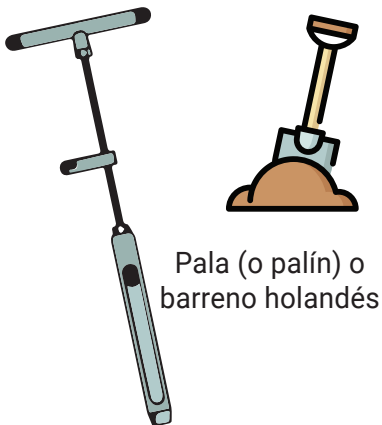
- 7** Entre una y otra bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de la identificación de la muestra.

Muestreo de raíces

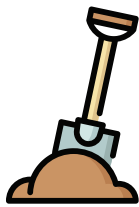
El muestreo de raíces tiene por objeto cuantificar el porcentaje de infección por hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en raíces, para lo cual se realiza un muestreo diferencial. Esto quiere decir que el procedimiento cambia ligeramente según el tipo de planta o tipo de cultivo del que se vaya a hacer el muestreo.

Los materiales a utilizar, en cualquiera de estos casos, son los siguientes:

¡Todos los materiales deben estar limpios para dar inicio al muestreo de suelo!



Pala (o palín) o barreno holandés



Cuchillo



Marcador de tinta permanente



Cinta adhesiva



Balde



Nevera con geles refrigerantes congelados



Bolígrafo



Bolsas plásticas resellables con cierre hermético

Antes de iniciar, determine el tipo de cultivo al que se le va a hacer el muestreo:

- Plantaciones forestales
- Plantaciones no forestales
- Cultivos de interés comercial en condiciones de campo o invernadero
- Vivero (plantas en estado de endurecimiento o en mantenimiento en materas)

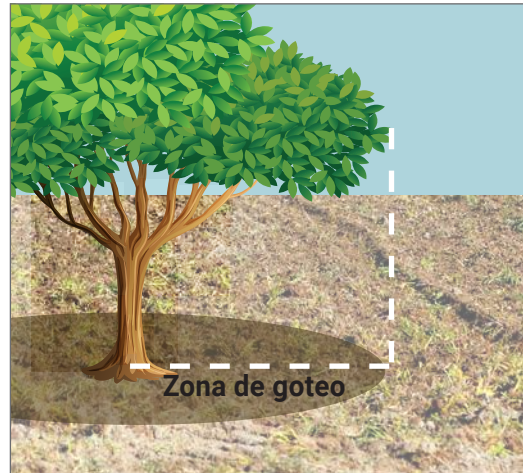


Plantaciones forestales

Para el muestreo de raíces en plantaciones forestales, se seleccionan al azar de 15 a 20 árboles cada 5 o 10 metros. Es necesario tener en cuenta si las raíces de los árboles seleccionados son profundas o superficiales, para alcanzar la rizosfera al momento de tomar la muestra.

Los pasos a seguir se enumeran a continuación:

- 1 Ubique la zona de goteo del árbol y marque cinco puntos de muestreo en la periferia de esta zona.



- 2 Retire la hojarasca y el pasto de la superficie del suelo.



- 3 Haga un hoyo en el punto de muestreo con un barreno o un palín a una profundidad de 20 a 30 cm.





- 4** En un área de 20 × 20 cm alrededor del hoyo abierto, desmorone con cuidado el suelo y corte raíces jóvenes y raicillas (secundarias y terciarias) con ayuda del cuchillo.

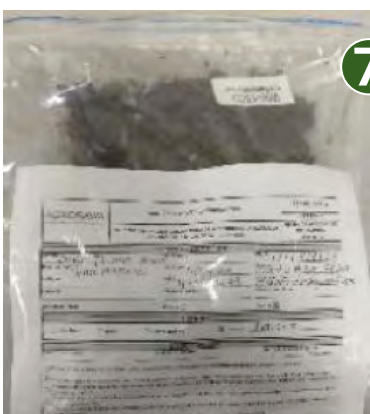


- 5** Recolecte las raíces con un poco de suelo adherido para que no pierdan humedad y deposítelas en un balde limpio.

Repita el proceso hasta el **paso 5** en cada punto de muestreo.



- 6** Reúna las submuestras y coloque entre 100 y 250 gramos de estas en una doble bolsa de plástico.



- 7** Entre bolsa y bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de la identificación de la muestra. A continuación, almacene la muestra dentro de una nevera con geles congelados y manténgala refrigerada hasta que llegue al laboratorio.

Plantaciones no forestales

Para el muestreo de raíces en plantaciones no forestales, se toman mínimo cinco submuestras de raíces. A continuación, se enuncian los pasos a seguir:

- 1 Con la pala, haga un hoyo de un área de 20 × 20 cm y de 20 a 30 cm de profundidad. Si son plantas de corte pequeño (como pasturas, gramíneas o cereales), la perforación debe hacerse a una distancia de 1 a 3 cm del tallo. Si son plantas de porte grande (como hortícolas), perfore a una distancia de 3 a 6 cm respecto del tallo.
- 2 Desmorone con cuidado el suelo y corte las raíces secundarias y terciarias con ayuda de un cuchillo si es necesario.
- 3 Repita este proceso en cada punto de muestreo determinado.
- 4 Recolecte las raíces con un poco de suelo adherido para que no pierdan humedad.
- 5 Reúna las submuestras y ponga entre 100 y 250 gramos de estas en una doble bolsa de plástico. Entre bolsa y bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de la identificación de la muestra.
- 6 Almacene la muestra dentro de una nevera con geles congelados para mantenerla refrigerada hasta que llegue al laboratorio.

En el terreno:

- Evite hacer el muestreo cuando el suelo esté excesivamente húmedo o demasiado seco.
- Cuando termine de muestrear con pala, palín, barreno o manualmente, el área debe dejarse en las mismas condiciones en que se encontró: sin huecos ni señales del muestreo, con el fin de conservar las condiciones del lugar.

Cultivos de interés comercial en condiciones de campo o invernadero

- 1** Tome cinco plantas al azar en un área aproximada de 12 m².
- 2** Desmorone con cuidado el suelo y recolecte todo el sistema radical de cada planta con un poco de suelo adherido para evitar la pérdida de humedad.
- 3** Reúna las submuestras y coloque entre 100 y 250 gramos de estas en una doble bolsa de plástico. Entre bolsa y bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de identificación de la muestra.
- 4** Almacene la muestra dentro de una nevera con geles congelados para mantenerla refrigerada hasta que llegue al laboratorio.



Vivero: plantas en estado de endurecimiento o mantenimiento en materas



- 1** Coseche todas las raíces de las plantas sembradas en las materas.



- 2** Desmorone con cuidado el suelo.



- 3** Recolecte todo el sistema radical de cada planta con un poco de suelo adherido para evitar pérdida de humedad.



- 4 Reúna las submuestras y ponga entre 100 y 250 gramos de estas en una doble bolsa de plástico. Entre bolsa y bolsa, ponga el formato de solicitud diligenciado, con la información de la identificación de la muestra. Almacene la muestra dentro de una nevera con geles congelados para mantenerla refrigerada hasta que llegue al laboratorio.





En resumen

Muestreo de suelo					
Tipo de análisis	Recuento de bacterias mesófilas aerobias, hongos totales (mohos y levaduras) y actinomicetos	Recuento de bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo	Recuento de bacterias presuntivas fijadoras de nitrógeno	Biomasa y respiración microbiana	Conteo de esporas de HFMA
Herramienta para el muestreo	Pala (palín) o barreno				
Forma de muestreo	<ul style="list-style-type: none">Se recorre el terreno en forma de "zigzag" o en forma de "Z" o "X"La profundidad de muestreo es de 30 cmNo hay cuidado sobre la zona de muestreo				<ul style="list-style-type: none">La zona de muestreo es la rizosfera (figura 5). Esta área cambia un poco según el tipo de planta.
Empaque	Bolsa doble plástica nueva				
Cantidad de muestra necesaria	100 g - 250 g				
Tipo de embalaje	Nevera de plástico o icopor con geles refrigerantes				
Temperatura de aceptación	1 °C - 6 °C				
Tiempo entre la toma y la recepción de la muestra	Máximo 72 horas				





En resumen

Muestreo de raíces				
Tipo de análisis	Determinación de porcentaje de colonización de HFMA en raíces			
Herramienta para el muestreo	Pala (palín) o barreno			
Forma de muestreo	<p><i>En plantaciones forestales:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Se toma la muestra en la zona de goteo• Se seleccionan de 15 a 20 árboles cada 5 a 10 metros	<p><i>En plantaciones no forestales:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Para plantas de porte pequeño: distancia de perforación 1-3 cm del tallo• Para plantas de porte grande: distancia de perforación 3-6 cm del tallo	<p><i>En cultivos de interés comercial en condiciones de campo o invernadero:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Área radicular de la planta• Se toman mínimo cinco submuestras	<p><i>En cultivos de plantas en estado de endurecimiento (vivero):</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Muestreo destructivo• Se toman todas las plantas a analizar
Empaque	Bolsa doble plástica nueva			
Cantidad de muestra necesaria	100 g - 250 g			
Tipo de embalaje	Nevera de plástico o icopor con geles refrigerantes			
Temperatura de aceptación	1 °C - 6 °C			
Tiempo entre la toma y la recepción de la muestra	Máximo 72 horas			

Manipulación, cantidad y almacenamiento

Siga estas indicaciones para que las muestras no sufran deterioro ni contaminación antes de llegar al laboratorio y puedan ser analizadas.

Manipulación

- En lo posible, use guantes para manipular la muestra.
- Empaque las muestras en bolsas completamente limpias, sin rastros de químicos u otras sustancias.

Cantidad

¿Cuál es la cantidad correcta de muestra para llevar al laboratorio?

- Traiga mínimo 500 gramos por cada análisis de suelos.
- Traiga mínimo 200 gramos de raíces.
- La muestra debe estar compuesta por 15 a 20 submuestras por hectárea.

Almacenamiento

- La muestra se debe conservar a 4 °C. Para esto, se debe depositar en una nevera de icopor con geles refrigerantes previamente congelados.
- Evite que las muestras se congelen, se sequen o queden expuestas a la luz durante periodos prolongados.
- No compacte las muestras ni antes ni después de introducirlas en las bolsas dobles.
- Las muestras de raíces deben estar inmersas en suelo con el fin de evitar deshidratación y lignificación del material vegetal.
- Las muestras deben estar correctamente identificadas, en doble bolsa y con el formato de identificación debidamente diligenciado entre bolsas.



La muestra será rechazada si...

... llega a una temperatura mayor a 6 °C.

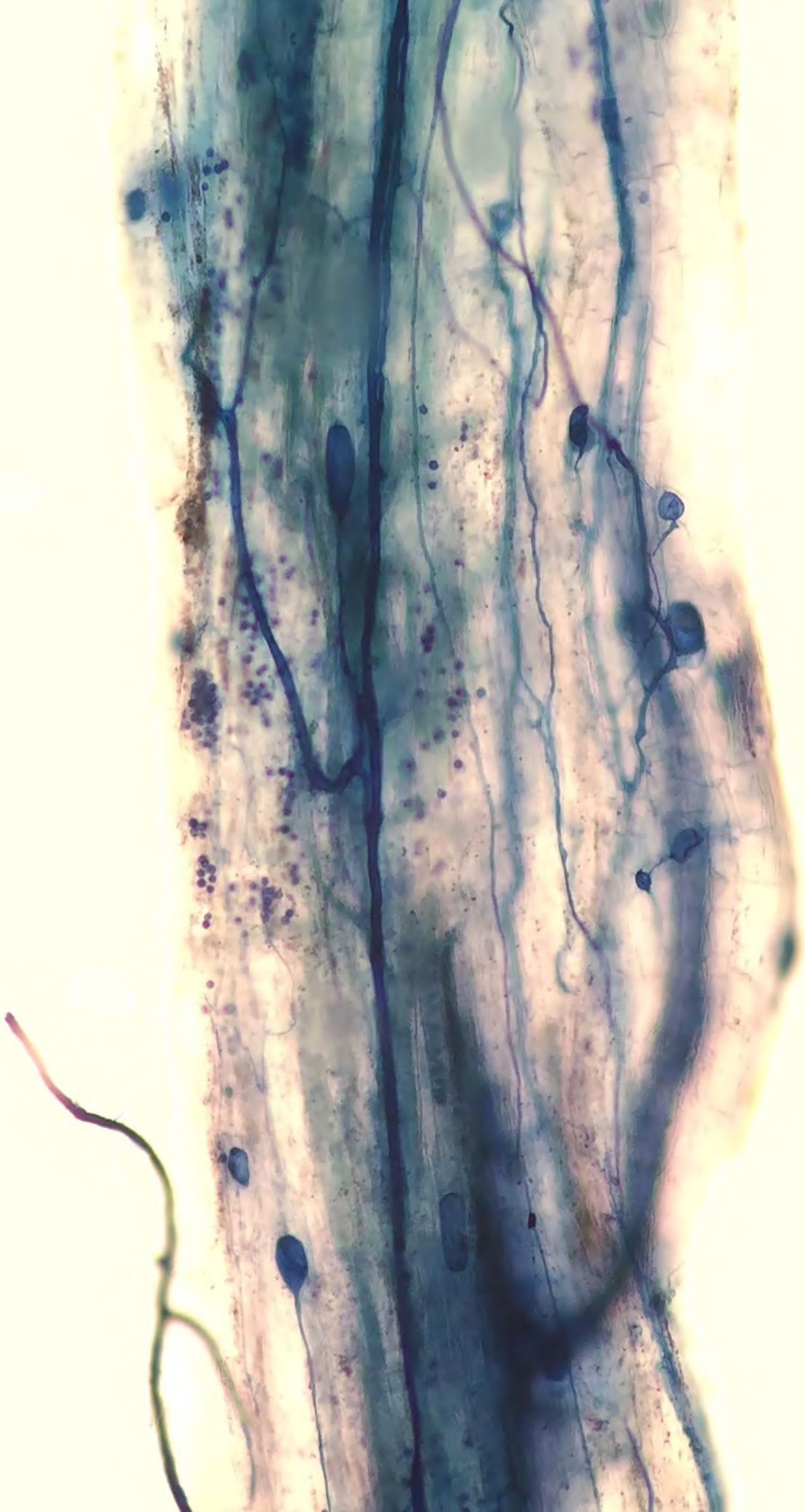
... llega excesivamente húmeda.

... (en el caso de las plantaciones forestales) no tienen raíces secundarias.

... fue tomada hace más de 72 horas.


... llega congelada.






4. Análisis microbiológicos de muestras de suelo ofrecidos por AGROSAVIA

El Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro de Investigación Tibaitatá realiza los siguientes análisis microbiológicos que ayudan a determinar la calidad biológica de su suelo.



¿Qué tipo de análisis microbiológicos le pueden hacer al suelo de mi terreno y a las raíces de mis plantas?



Podemos ayudarte con varios análisis de laboratorio.



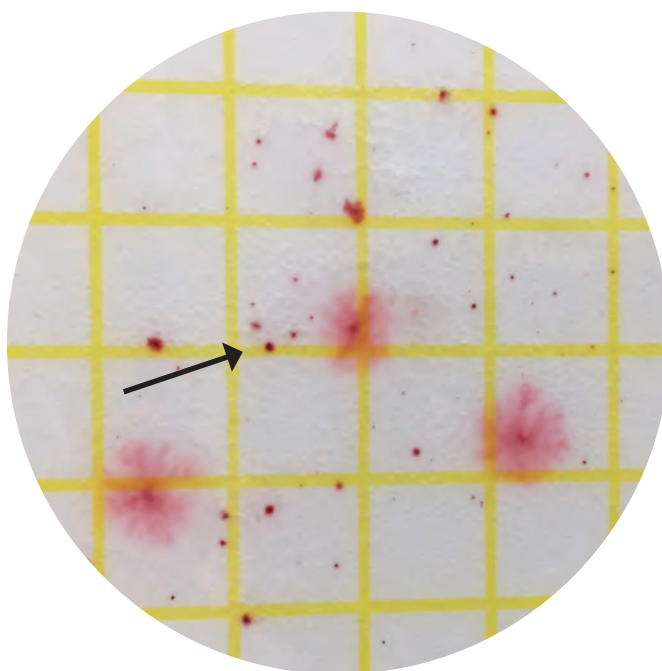
Recuento de bacterias mesófilas aerobias, actinomicetos y hongos totales

Este indicador biológico es altamente sensible y está influenciado por diferentes factores ecológicos, como la diversidad de plantas, el contenido de materia orgánica del suelo y los cambios climáticos. Su importancia radica en que brinda información sobre el impacto de la rotación de cultivos, las prácticas de manejo y las actividades de labranza del suelo. Para comprender mejor, vale la pena recordar cómo influyen estos microorganismos en la composición del suelo:

Bacterias mesófilas aerobias

Estos microorganismos (figura 6) pueden encontrarse prácticamente en cualquier lugar (agua, tierra, aire, etc.) y participan en muchas funciones del suelo como la descomposición de materia orgánica, la mineralización y los ciclos biogeoquímicos. Además, los componentes generados por los procesos metabólicos de estas bacterias son fundamentales en la formación de agregados del suelo.

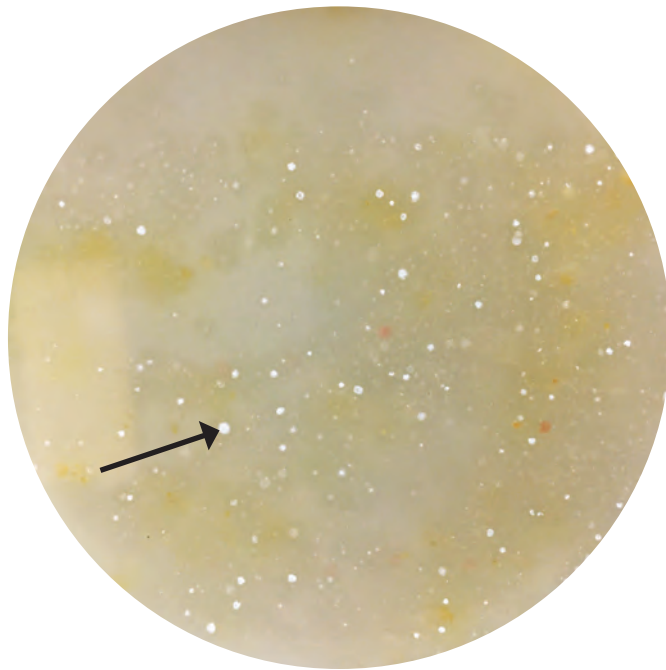
Figura 6. Colonias de bacterias mesófilas aerobias en placa



Actinomicetos

Participan en el proceso de generación de la estructura del suelo y ayudan a producir humus, ya que degradan sustratos complejos a base de celulosa, hemicelulosa, lignina, parafina y, sobre todo, quitina. También inciden en la formación de agregadores del suelo, ya que son muy eficientes produciendo sustancias húmicas (figura 7).

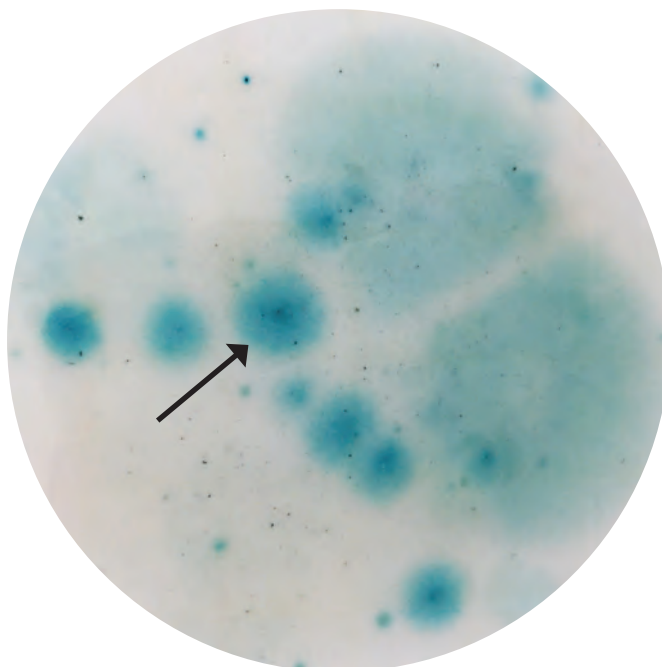
Figura 7. Colonias de actinomicetos en medio de cultivo agar almidón amoniacal.



Hongos totales (mohos y levaduras)

Producen una amplia gama de enzimas, que incluyen amilasas, proteasas, lipasas y fosfatasa. Estas enzimas son indispensables para los procesos que se llevan a cabo entre las plantas, la macrofauna y la microfauna del suelo. La disponibilidad de estos sustratos permite aumentar la biomasa y riqueza del suelo; además, juegan un papel crítico en los procesos de descomposición. El recuento de hongos (figura 8) hace posible identificar si los suelos han sufrido alteraciones o no, y determinar su estado de restauración en cualquier ecosistema.

Figura 8. Colonias de levaduras en placa.



Tipo de análisis	Tipo de resultado
<p data-bbox="205 1342 601 1524">Recuento de bacterias mesófilas aerobias, actinomicetos y hongos totales (mohos y levaduras) en suelo</p> <p data-bbox="208 1572 598 1607">Método: Recuento en placa</p>	<p data-bbox="644 1251 1210 1363">Estos grupos funcionales se cuantifican como unidades formadoras de colonia/gramo (UFC/g)</p> <p data-bbox="676 1411 1178 1483">Rangos comunes en los recuentos de indicadores biológicos en suelo:</p> <p data-bbox="718 1508 1136 1580">Bacterias mesófilas aerobias: 10^3-10^5 UFC/g</p> <p data-bbox="765 1603 1089 1638">Hongos: 10^1-10^2 UFC/g</p> <p data-bbox="718 1663 1136 1699">Actinomicetos: 10^2-10^4 UFC/g</p>

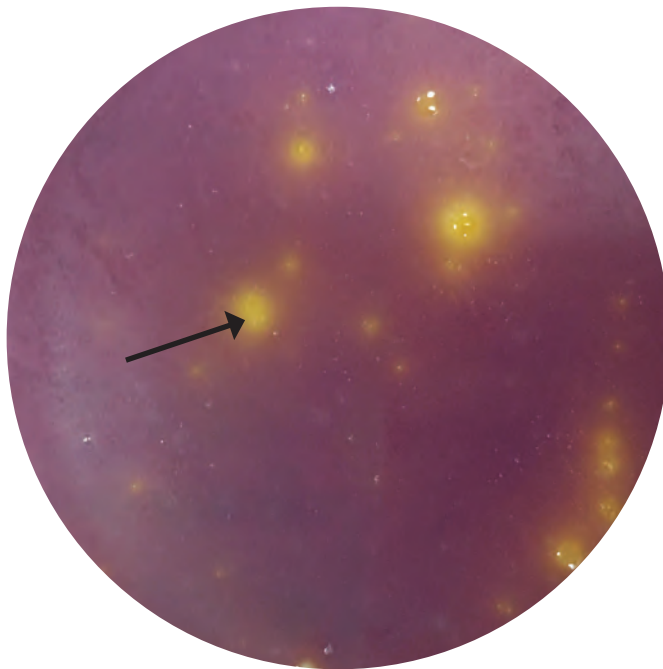
Recuento de bacterias solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno

Este indicador biológico es específico para las bacterias que participan activamente en los ciclos biogeoquímicos del fósforo y del nitrógeno.

Bacterias solubilizadoras de fósforo

Participan en los procesos de mineralización y solubilización de fósforo insoluble para transformarlo en un elemento tanto orgánico como inorgánico y, de esta forma, facilitar su absorción y asimilación por parte de las plantas (figura 9).

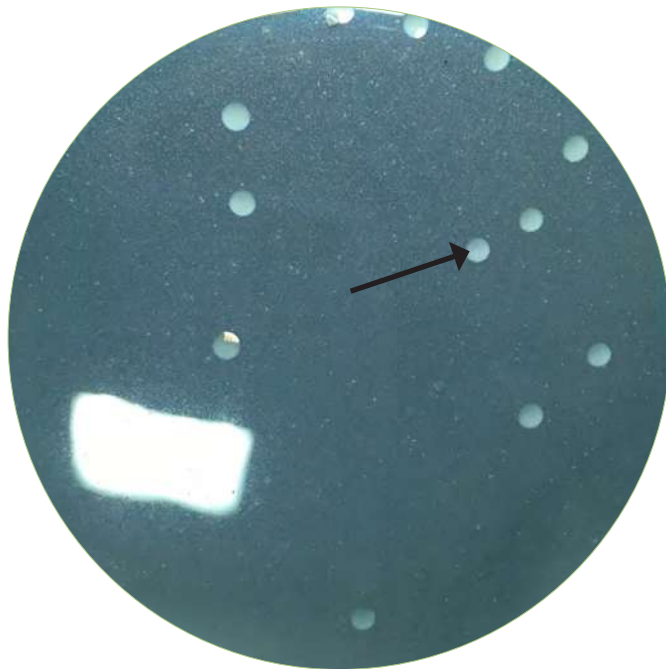
Figura 9. Colonias de bacterias solubilizadoras de fósforo.



Bacterias fijadoras de nitrógeno

Participan activamente en la fertilidad del suelo, ya que, al ser microorganismos claves en el ciclo del nitrógeno, tienen la “capacidad de reducir el nitrógeno atmosférico, que se encuentra como nitrógeno elemental de forma ilimitada, y hacerlo disponible para los demás organismos del suelo y las plantas” (Pedraza et al., 2010) (figura 10).

Figura 10. Colonias presuntivas fijadoras de nitrógeno.



Tipo de análisis	Tipo de resultado
<p data-bbox="218 1508 586 1653">Recuento de bacterias solubilizadoras de fósforo y fijadoras de nitrógeno en suelo</p> <p data-bbox="272 1701 532 1773">Método: Recuento en placa</p>	<p data-bbox="648 1452 1205 1562">Estos grupos funcionales se cuantifican como unidades formadoras de colonia/gramos (UFC/g)</p> <p data-bbox="696 1576 1158 1649">Recuentos adecuados de indicadores biológicos en suelo:</p> <p data-bbox="668 1665 1186 1742">Bacterias solubilizadoras de fósforo: 10^3-10^5 UFC/g</p> <p data-bbox="696 1757 1158 1829">Bacterias fijadoras de nitrógeno: 10^3-10^6 UFC/g</p>

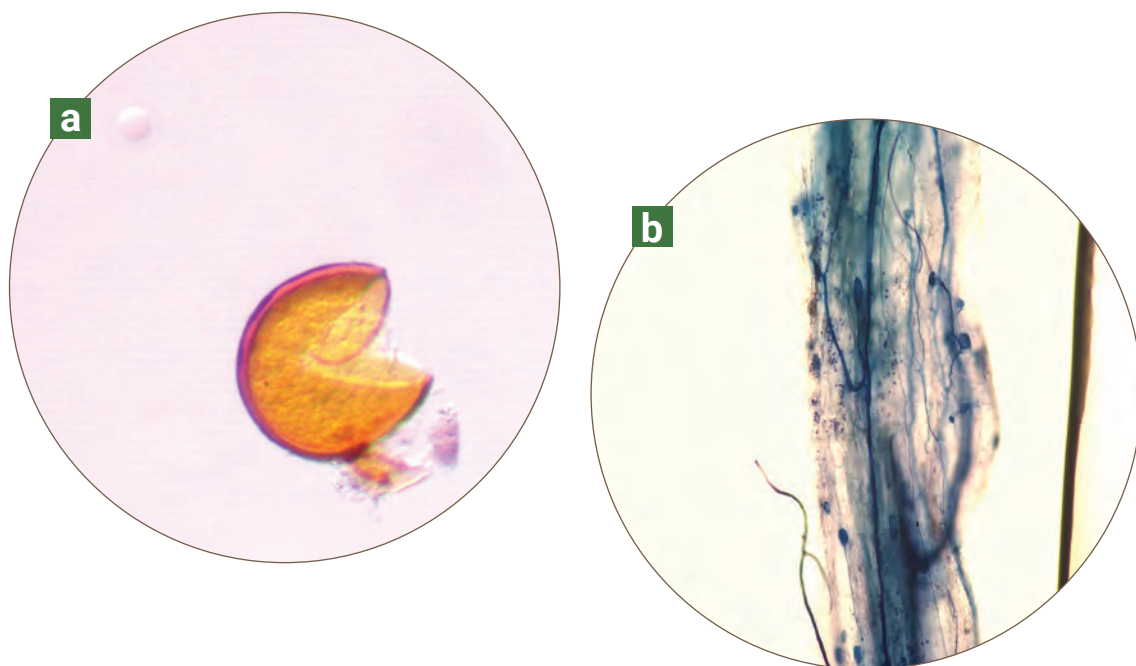
Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) (figura 11) establecen asociaciones simbióticas mutuamente benéficas con las raíces de las plantas.

Esta simbiosis se basa en el intercambio de recursos: la planta recibe los nutrientes del suelo a través del hongo y, a su vez, le proporciona azúcares, que son la fuente de carbono del hongo. Además, los HFMA son descomponedores de materia en el suelo y, por lo tanto, participan en procesos de producción, movilización o traslocación de metabolitos críticos en la relación entre la planta, el suelo y los microorganismos.

Por otra parte, cuando las plantas están asociadas a estos hongos, pueden soportar ciertos niveles de estrés biótico, por ejemplo, desarrollar tolerancia a patógenos oportunistas de la raíz.

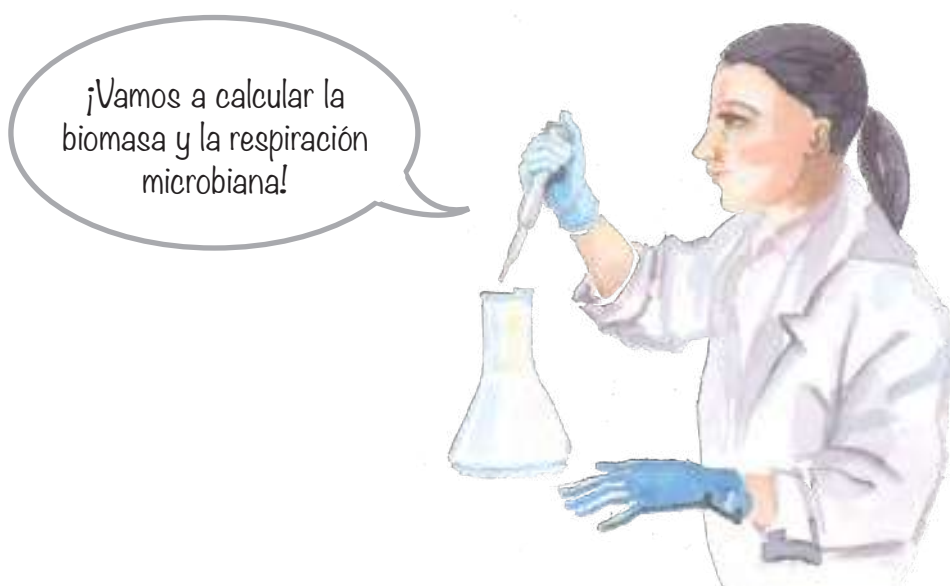
Figura 11. Hongos formadores de micorrizas arbusculares.
a. Espora de HFMA; b. Hifas de HFMA.



Tipo de análisis	Tipo de resultado
<p>Cuantificación de esporas en suelo</p> <p>Método: Tamizado en húmedo y centrifugación</p>	<p>La cuantificación de esporas se expresa como recuento de esporas/gramos de suelo seco</p>
<p>Determinación del porcentaje de infección de hongos formadores de micorrizas en raíces</p> <p>Método: Tinción de raíces</p>	<p>La determinación de micorrización en raíces se expresa como porcentaje de infección (%)</p>

Biomasa y respiración microbiana

Los parámetros de biomasa y respiración microbiana son altamente sensibles y ofrecen información sobre los cambios ocasionados por el estrés ambiental y por las actividades realizadas por el ser humano. Además, permiten determinar el estado de un sistema o entender cómo las actividades sobre este alteran los ciclos biogeoquímicos, mediante la comparación entre las zonas naturales degradadas o zonas naturales sin degradar, por ejemplo.



Biomasa microbiana

Permite cuantificar la comunidad microbiana presente en el suelo, sin considerar las raíces de plantas ni organismos de un tamaño mayor a $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$. Esta biomasa es la responsable de controlar los procesos de reciclaje y mineralización de sustratos orgánicos. La biomasa es sensible y responde rápidamente a cualquier cambio en el suelo, aún más que el indicador del carbono orgánico total y el nitrógeno total.

Respiración microbiana

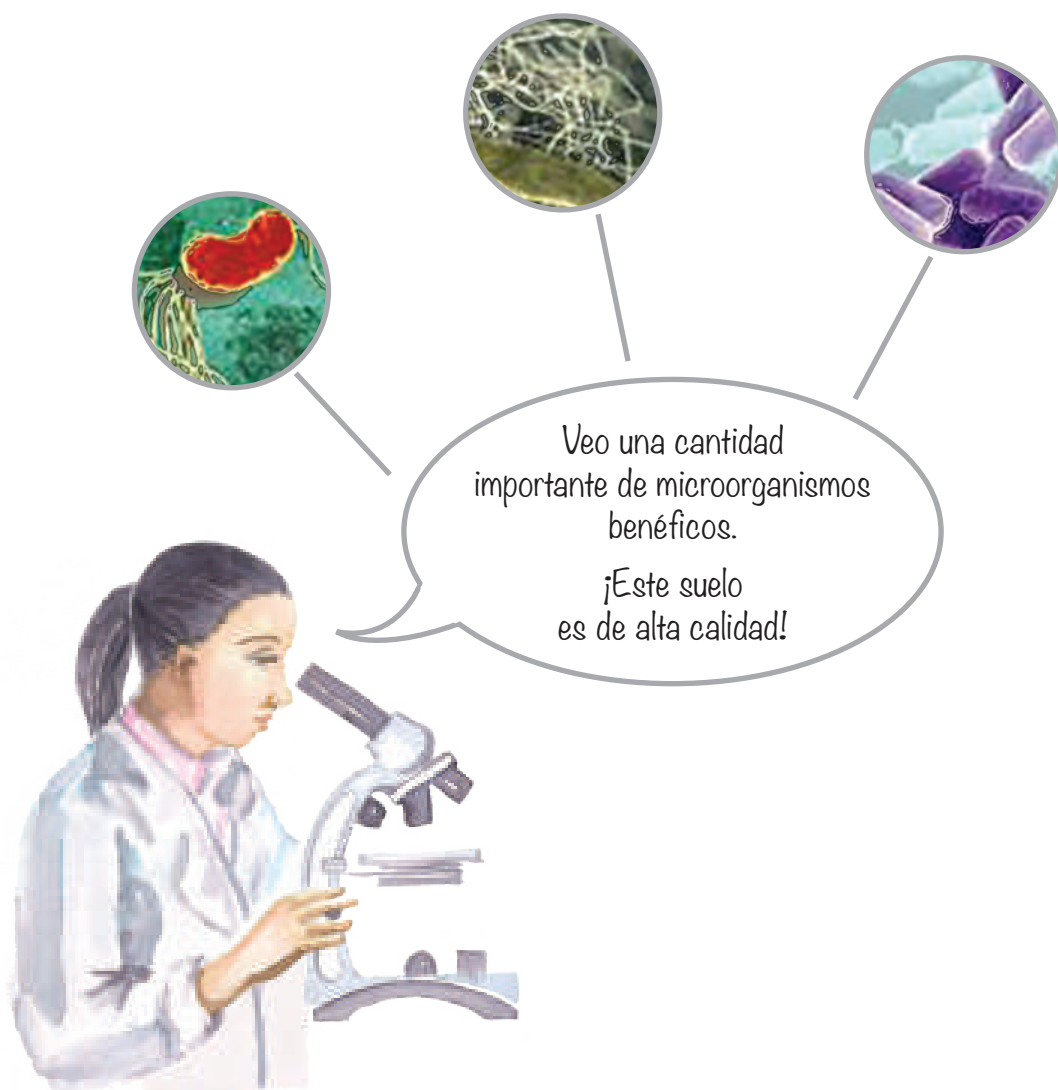
Esta técnica permite cuantificar la descomposición o mineralización de la materia orgánica del suelo según el consumo de oxígeno o el desprendimiento de dióxido de carbono en condiciones controladas de laboratorio.

Este indicador es uno de los mejores en la determinación de la actividad metabólica de las comunidades microbiológicas del suelo.

Un índice elevado de respiración del suelo indica una elevada actividad biológica, lo que implica una rápida descomposición de residuos orgánicos que se convierten en nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.

Tipo de análisis	Tipo de resultado
Determinación de biomasa microbiana Método: Extracción-fumigación con cloroformo	La biomasa microbiana se mide por la cantidad de nitrógeno o carbono en el suelo, y se expresa como mg de CO_2 o N contenido en 100 g de suelo
Respiración microbiana en suelo Método: Liberación de CO_2	La respiración microbiana se mide como la cantidad en mg de CO_2 contenida en 100 g de suelo

Mediante el análisis de indicadores biológicos del suelo usted podrá conocer cuántas bacterias, hongos y actinomicetos hay en su suelo. Estos microorganismos son indicadores de la calidad del suelo, pues su presencia está relacionada con la fertilidad, la degradación de materia orgánica y la circulación de elementos como fósforo y nitrógeno.



Glosario

Agroecosistema: Es un sistema creado por el hombre mediante su intervención agrícola en un sistema natural, con el fin de obtener principalmente alimentos.

Biota: Es el conjunto especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un lugar determinado.

Ciclos biogeoquímicos: Son el conjunto de procesos gracias a los cuales la materia inorgánica circula entre los organismos vivos y el medioambiente. Se trata del reciclaje de nutrientes minerales entre la biósfera, la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera.

Ectorrizosfera: Es la zona de la rizosfera inmediatamente adyacente a la raíz.

Endorrizosfera: Es la zona de la rizosfera que está conformada por el tejido radicular, incluyendo la endodermis y las capas corticales.

Indicador calidad del suelo: Herramienta de medición para obtener información sobre las propiedades, los procesos y las características del suelo. Los indicadores se cuantifican para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado.

Metabolitos: Productos que se generan a causa del crecimiento de los microorganismos.

Muestra: Subconjunto de una población compuesto por una o más unidades de muestreo.

Muestreo destructivo: Proceso en el que la muestra se utiliza en su totalidad para su procesamiento o análisis.



Plantación forestal: Superficie compuesta por árboles como resultado de un proceso de siembra de una o varias especies.

Plantación no forestal: Plantación de cultivo de masa no arbórea.

Rizoplano: Es la superficie de la raíz, donde las partículas del suelo y los microorganismos se adhieren. Está formado por la epidermis, la corteza y la capa de polisacárido mucilaginoso.

Rizosfera: Es la parte del ecosistema del suelo donde interactúan entre sí las raíces de las plantas, el suelo y la biota. Estas interacciones son a menudo benéficas para las plantas, mejoran la fertilidad del suelo y aumentan la degradación de sustancias químicas. La rizosfera se divide en endorrizosfera, rizoplano y ectorrizosfera.

Submuestra: Parte seleccionada de una muestra.

Suelo: Es la cubierta física natural de la superficie de la tierra y representa la interfaz de tres estados materiales: sólidos (materiales geológicos y biológicos), líquidos (agua) y gases (aire y gases presentes en los poros del suelo). El suelo es un recurso finito y no renovable, porque la regeneración del suelo a través de la meteorización química y biológica del material que le da origen requiere escalas de tiempo geológicas.

Tamaño de la muestra: Número de unidades de muestreo entregadas en una muestra.

Tinción de raíces: Método de clareo y coloración de las raíces.

Unidad de muestreo: Una de las partes individuales en las que está dividida una población.

Bibliografía

- Abbott, L., & Murphy, D. (2007). *Soil biological fertility: A key to sustainable land use in agriculture*. Springer Netherlands.
- Aislabie, J., & Deskippe, J. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. In J. Dymond (Ed.), *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Manaaki Whenua Press.
- De la Rosa, D., & Sobral, R. (2008). Soil quality and methods for its assessment. In A. K. Brazimoh, & P. Vlek (Eds.), *Land use and soil resources* (pp. 167-200). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6778-5_9
- Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A., & Grêt-Regamey, A. (2018). Soil quality indicators – From soil functions to ecosystem services. *Ecological Indicators*, 94(1), 151-169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>
- Huber, S., Syed, B., Freudenschub, A., Ernstsens, V., & Loveland, P. (2001). *Proposal for a European soil monitoring and assessment framework* [Technical Report 61]. European Environment Agency.
- Koureh, H. K., Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M. R., & Khodaverdiloo, H. (2020). Critical values of soil physical quality indicators based on vegetative growth characteristics of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(2), 493-506. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00134-8>
- Kuria, A.W., Barrios, E., Pagella, T., Muthuri, C.W., Mukuralinda, A., & Sinclair, F.L. (2019). Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma Regional*, 16, Article e00199. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00199>



- Ludwig, M., Wilmes, P., & Schrader, S. (2018). Measuring soil sustainability via soil resilience. *Science of the Total Environment*, 626, 1484-1493. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.043>
- Luján, R., Cuéllar Padilla, M., & de Vente, J. (2020). Participatory selection of soil quality indicators for monitoring the impacts of regenerative agriculture on ecosystem services. *Ecosystem Services*, 45(July), 101157. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101157>
- Lynch, J., & Leij, F. (2012). Rhizosphere. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, 608. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_182111
- Martínez-Salgado, M., Gutiérrez-Romero, V., Janssens, M., & Ortega-Blu, R. (2010). Biological soil quality indicators: A review. In A. Mendez Vilas (Ed.), *Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology* (pp. 319-328). Formatex Research Center.
- Maurya, S., Abraham, J. S., Somasundaram, S., Toteja, R., Gupta, R., & Makhija, S. (2020). Indicators for assessment of soil quality: A mini-review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08556-z>
- Matsuoka, M., Mendes, I. C., & Loureiro, M. F. (2003). Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na Região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(3), 425-433. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300004>
- Muñoz-Rojas, M. (2018). Soil quality indicators: critical tools in ecosystem restoration. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 5, 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.007>
- Nogales, R. (2010, noviembre 17-19). *Indicadores biológicos para la evaluación de la calidad de los suelos* [ponencia]. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández Scavino, A., García de Salamone, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206

- Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., & Brevik, E. C. (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 5, 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003>
- Piotrowska-Dlugosz, A., & Charzynski, P. (2015). The impact of the soil sealing degree on microbial biomass, enzymatic activity, and physicochemical properties in the Ekranic Technosols of Toruń (Poland). *Journal of Soils and Sediments*, 15, 47-59. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0963-8>
- Ureña, J. D. (2009). *Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate* [Documento de trabajo]. Centro de Documentación de Producción Agrícola. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/652>
- Utobo, E., & Tewari, L. (2015). Soil enzymes as bioindicators of soil ecosystem status. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13(1), 85-97. <https://doi.org/10.15666/aeer/1301>



La *Guía de muestreo de suelo para análisis microbiológico* es el resultado de la preparación, revisión, selección de información y búsqueda de recursos comunicativos de diversas personas convocadas por AGROSAVIA, con el objetivo de llegar a más lectores y hacer más grata su experiencia.

Se publicó en Mosquera, Cundinamarca, en noviembre de 2020.



Esta guía está dirigida a las personas del sector agropecuario relacionadas con el muestreo de suelos con fines investigativos o productivos. Su objetivo es orientar a los lectores sobre la forma correcta de tomar muestras de suelo y raíces para que el análisis microbiológico arroje resultados confiables en el laboratorio.



AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Centro de Investigación Tibaitatá.

Km 14 vía Mosquera-Bogotá, Cundinamarca.
Código postal 250047, Colombia.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co/>