

DIPLOMADO

Tecnologías para mejorar la Producción y Productividad Agropecuario



MÓDULO 2: PRODUCCIÓN DE GRANOS BÁSICOS

**TEMA 1: Análisis de la fertilidad de los
suelos por departamento**

Universidad Nacional Agraria

Diplomado TECNOAGRO 2025

Tecnologías para mejorar la producción y
productividad agropecuaria – IV Edición

Modulo 2: PRODUCCIÓN DE GRANOS BÁSICOS

TEMA 1: Análisis de la fertilidad de los
suelos por departamento.

Facilitador: Wilmer Alberto Rodríguez

Abril, 2025

Tabla de contenido

I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	DESARROLLO	6
III.	Preguntas Orientadoras	17
IV.	Referencia Bibliografía consultada	17

I. INTRODUCCIÓN

¡Bienvenidos al mundo de la fertilidad de los suelos!

El suelo es la base de la vida agrícola y el sustento de nuestras cosechas. Su fertilidad determina la productividad de nuestros cultivos y la sostenibilidad de nuestros sistemas agropecuarios. Comprender los componentes que influyen en la fertilidad del suelo—química, orgánica y física—nos permite mejorar su salud, optimizar su uso y garantizar cosechas abundantes y resilientes.

La fertilidad química se refiere a la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros. La fertilidad orgánica está ligada al contenido de materia orgánica, que mejora la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y su actividad microbiana. Por su parte, la fertilidad física abarca propiedades como la textura, la porosidad y la aireación, que influyen en el desarrollo radicular y el drenaje.

En nuestras unidades productivas, una gestión adecuada del suelo es clave para mantener su productividad a largo plazo. Esto se logra mediante prácticas como la carbonización (agregar materia orgánica al suelo), la rotación de cultivos, el uso de coberturas vegetales y la conservación de suelos, entre otras. Al implementar estas técnicas, aseguramos que nuestros suelos sean fértiles, resistentes a la erosión y capaces de sostener cultivos saludables, incluso en condiciones climáticas adversas.

Sin embargo, en Nicaragua enfrentamos desafíos como la degradación de suelos, la pérdida de materia orgánica y la acidificación, que reducen su fertilidad y productividad. Por ello, es fundamental adoptar

prácticas sostenibles, realizar análisis periódicos del suelo y estar informados sobre las políticas y programas de nuestro buen gobierno dirigidos a la conservación y recuperación de este recurso vital.

En el presente documento se abordarán temas como:

Los componentes de la fertilidad del suelo (química, orgánica y física).

II. DESARROLLO

Profundicemos en el fascinante mundo de la fertilidad del suelo, un concepto que va mucho más allá de lo que tradicionalmente pensamos. Cuando escuchamos la palabra "fertilidad", es común que nuestra mente se dirija a la cantidad de nutrientes químicos presentes en la tierra, como el nitrógeno, el fósforo y el azufre, así como los micronutrientes y el pH. Pensamos en cuánto fertilizante debemos agregar para que nuestros cultivos crezcan fuertes y sanos.

Sin embargo, la visión actual de la fertilidad del suelo es mucho más amplia y abarca tres pilares fundamentales que interactúan entre sí: la fertilidad química, la fertilidad biológica (o la vida del suelo) y la fertilidad física. Entender estos tres aspectos y cómo se relacionan es clave para lograr una agricultura sostenible y productiva a largo plazo.

La Fertilidad Química: Los Bloques de Construcción para las Plantas
Como mencionamos, la fertilidad química se refiere a la presencia y disponibilidad de los nutrientes esenciales que las plantas necesitan para vivir y desarrollarse. Estos nutrientes son como los bloques de construcción que las plantas utilizan para crecer, producir hojas, tallos, raíces, flores y frutos.

Figura. Muestras de suelo para realizar pruebas de campo de pH.

Entre los nutrientes principales o macronutrientes, encontramos el nitrógeno, que es vital para el crecimiento de las hojas y el color verde de las plantas. El fósforo es crucial para el desarrollo de las raíces, la floración y la producción de frutos y semillas. El azufre

también es importante para la formación de proteínas y otras funciones vitales de la planta. Además de estos, las plantas necesitan otros macronutrientes en cantidades importantes, como el potasio, el calcio y el magnesio.

Luego están los micronutrientes, que las plantas necesitan en cantidades mucho más pequeñas, pero que son igualmente esenciales para su correcto funcionamiento. Algunos ejemplos son el hierro, el manganeso, el zinc, el cobre, el boro, el molibdeno y el cloro.

Para saber si un suelo tiene una buena fertilidad química, los agricultores suelen realizar análisis de suelo para medir la cantidad de estos nutrientes presentes. En base a los resultados, se decide cuánto fertilizante agregar para asegurar que el cultivo tenga todo lo que necesita.

Otro factor muy importante en la fertilidad química es el pH del suelo. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo (Ver figura 1). Si el pH no es el adecuado para un cultivo en particular, aunque haya nutrientes presentes, las raíces de las plantas pueden tener dificultades para absorberlos. Un pH demasiado alto o bajo puede "bloquear" ciertos nutrientes, haciéndolos inaccesibles para las plantas.



Figura 1. Muestras de suelo para realizar pruebas pH en campo.

En muchas ocasiones los suelos no son deficientes en la cantidad total de nutrientes, sino que el problema radica en que esos nutrientes no están disponibles para las plantas. Esto nos introduce al siguiente pilar de la fertilidad del suelo: la fertilidad biológica. La razón por la que los nutrientes pueden no estar disponibles es la falta de microorganismos en el suelo que se encargan de transformar esos nutrientes en formas que las plantas pueden absorber.

La Fertilidad Biológica: El Corazón Vivo del Suelo

La fertilidad biológica se refiere a la vida que habita en el suelo y a toda la actividad que estos organismos realizan. Un suelo vivo es un ecosistema complejo, lleno diversidad de seres vivos, desde diminutas bacterias y hongos hasta lombrices de tierra e insectos.

Este mundo subterráneo juega un papel crucial en la salud del suelo y en el crecimiento de las plantas. Los microorganismos, como las

bacterias y los hongos, son los principales responsables de descomponer la materia orgánica, es decir, los restos de plantas y animales que quedan en el suelo (como los rastrojos después de una cosecha). Al descomponer esta materia orgánica, liberan los nutrientes que contiene en formas que las plantas pueden utilizar. Este proceso también contribuye a la formación de humus o materia orgánica estable, que es fundamental para mejorar la estructura y la capacidad de retención de agua del suelo.

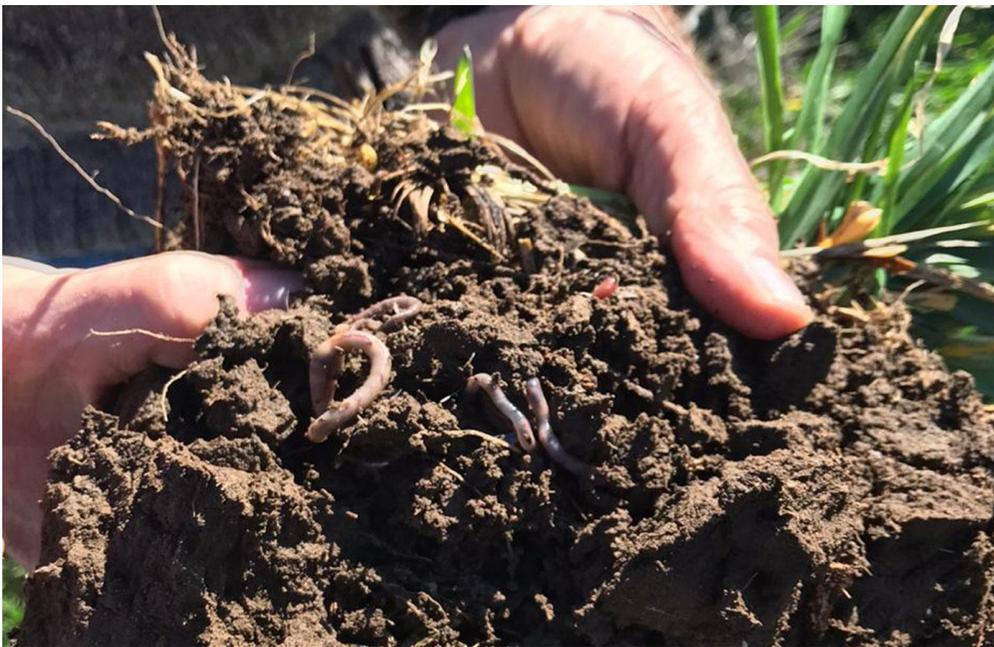


Figura 2. Presencia de macrofauna en el suelo.

Además de la descomposición, los microorganismos participan en los ciclos de nutrientes. Por ejemplo, algunas bacterias toman el nitrógeno del aire y lo convierten en formas que las plantas pueden absorber. Otros hongos, llamados micorrizas, forman asociaciones beneficiosas con las raíces de las plantas, ayudándolas a absorber fósforo y otros nutrientes del suelo de manera más eficiente.

La macrofauna del suelo, como las lombrices de tierra, también juega un papel muy importante. Al moverse por el suelo, crean canales o bioporos que mejoran la aireación y el drenaje del suelo, permitiendo que el agua y el aire circulen mejor. Además, sus excrementos son ricos en nutrientes.

El entre el 80% y el 90% de los nutrientes que las plantas toman del suelo son puestos a su disposición gracias a la actividad de los microorganismos. Esto enfatiza que, aunque un suelo tenga una buena cantidad de nutrientes químicos (fertilidad química), si no tiene una vida biológica activa (fertilidad biológica), esos nutrientes no estarán disponibles para las plantas. De hecho, se menciona que, en muchas regiones, los suelos no carecen de nutrientes, sino de los microorganismos que los movilizan.

Además, la microbiología del suelo es fundamental para generar la estructura del suelo, un aspecto que exploraremos en la siguiente sección. Los organismos del suelo, junto con la materia orgánica, son quienes construyen los agregados que dan al suelo su forma y estabilidad. También se encargan de crear redes tróficas y de interacción en el suelo, permitiendo el intercambio de nutrientes y el desarrollo tanto del suelo como de las plantas. Incluso se destaca que la comunidad de microorganismos que vive cerca de las raíces de las plantas, el microbioma, es un factor determinante para la salud y la productividad de las plantas.

La Fertilidad Física: La Casa de las Raíces y el Camino del Agua

La fertilidad física se refiere a la estructura del suelo y a cómo esta estructura influye en el movimiento y la retención de agua y aire, así como en la capacidad de las raíces para crecer y

desarrollarse. Imaginen el suelo como una casa para las raíces de las plantas y como una red de caminos por donde el agua y el aire circulan. Una buena estructura del suelo es fundamental para que esta "casa" sea confortable y estos "caminos" estén despejados.

La estructura del suelo está formada por partículas minerales de diferentes tamaños: las más pequeñas son las arcillas, las de tamaño intermedio son los limos y las más grandes son las arenas. Estas partículas no están sueltas, sino que se unen formando lo que llamamos microagregados, y a su vez, estos microagregados se unen para formar agregados más grandes.



Figura 3. Macroagregados y raíces como fuentes de fertilidad física.

Para que estas uniones se produzcan y los agregados sean estables, es fundamental la presencia de materia orgánica en el suelo. La materia orgánica actúa como una especie de "pegamento" o "cemento" que une

las partículas del suelo, ayudando a formar y mantener estos agregados.

Entre los agregados y microagregados, quedan espacios vacíos que llamamos poros. Estos poros son de vital importancia para la agricultura, ya que cumplen diversas funciones:

Algunos poros, de un tamaño adecuado, son los encargados de almacenar el agua que las plantas pueden utilizar.

Otros poros permiten la circulación del agua a través del suelo, facilitando que el agua de lluvia se infiltre y llegue a las capas más profundas, y también permitiendo el drenaje cuando hay exceso de agua.

Los poros también son esenciales para el intercambio de gases en el suelo, permitiendo que las raíces y los microorganismos respiren. El suelo necesita tener aire para que la vida pueda prosperar.

Finalmente, las raíces de las plantas crecen a través de estos espacios porosos, buscando agua y nutrientes en el suelo.

La estabilidad de la estructura del suelo es crucial. Si los agregados no son lo suficientemente fuertes, pueden romperse o dispersarse ante factores como la lluvia intensa o el paso de maquinaria pesada. La materia orgánica es clave para mantener unidos estos agregados y asegurar la estabilidad de la estructura.

Cuando se pierde materia orgánica debido al laboreo continuo durante muchos años, la estructura se vuelve frágil. Si este suelo desnudo recibe una lluvia fuerte, el impacto de las gotas de agua puede hacer que los agregados se desarmen, liberando partículas finas que tapan los poros de la superficie. Esto lleva a la formación de una costra

superficial que impide que el agua se infiltre en el suelo, lo que a su vez aumenta el escurrimiento del agua y puede provocar erosión si el terreno tiene pendiente. Este ejemplo ilustra claramente cómo la falta de materia orgánica (y por ende, una pobre fertilidad física) puede tener consecuencias negativas en el manejo del agua y la salud del suelo.

Otro problema de fertilidad física es la compactación del suelo. Esto ocurre cuando el suelo es sometido a presión, por ejemplo, por el paso de maquinaria pesada (cosechadoras, tractores y el ganado) especialmente cuando el suelo está húmedo. La compactación reduce el espacio poroso del suelo, dificultando la circulación del agua y el aire, y también impidiendo que las raíces puedan crecer en profundidad. Se pueden formar huellas en la superficie del suelo que dificultan la infiltración del agua, llegando incluso a hacer que el agua no pueda penetrar. También se pueden formar capas compactadas subsuperficiales, por debajo de la profundidad de trabajo de la maquinaria, que actúan como una barrera impermeable para las raíces. Incluso en sistemas de siembra directa, el paso continuo de maquinaria pesada puede llevar a la compactación subsuperficial.

La compactación tiene un impacto directo en el rendimiento de los cultivos. Ensayos realizados han demostrado que en las zonas donde se forman huellas por la maquinaria, el rendimiento de cultivos como el maíz puede ser significativamente menor en comparación con las zonas no compactadas.

Para evaluar la fertilidad física de un suelo, además de observar la presencia de costras o compactación, se puede utilizar un penetrómetro para medir la resistencia del suelo a la penetración. También es muy

útil hacer un pozo y observar las raíces de las plantas. Si las raíces crecen normalmente en profundidad, es una buena señal. Sin embargo, si llegan a un punto donde no pueden avanzar o si se desvían horizontalmente buscando grietas, esto indica problemas de compactación.

La rotación de cultivos incluyendo plantas con diferentes tipos de raíces puede ayudar a mejorar la fertilidad física. Por ejemplo, las gramíneas tienen raíces más superficiales y en forma de cabellera, mientras que otras plantas como la zanahoria contienen una raíz principal o pivotante que penetra en profundidad, ayudando a romper capas compactadas y a mejorar la infiltración del agua.

La Interconexión de los Tres Tipos de Fertilidad

Es fundamental comprender que la fertilidad química, biológica y física del suelo no son aspectos independientes, sino que están íntimamente relacionados y se influyen mutuamente. Un suelo saludable y fértil necesita un equilibrio entre estos tres pilares.

Por ejemplo, la actividad biológica depende en gran medida de una buena estructura física que permita la circulación de aire y agua, elementos esenciales para la vida de los organismos del suelo. A su vez, los organismos del suelo contribuyen a mejorar la estructura física a través de la formación de agregados y la creación de poros.

La materia orgánica es un componente clave que influye positivamente en los tres tipos de fertilidad. Químicamente, aporta nutrientes al descomponerse. Biológicamente, es el alimento de muchos organismos del suelo y estimula su actividad. Físicamente, actúa como un agente cementante que mejora la estructura y la retención de agua.

Un suelo compactado (problema de fertilidad física) dificultará el crecimiento de las raíces y la actividad de los microorganismos (afectando la fertilidad biológica), lo que a su vez puede reducir la disponibilidad de nutrientes (afectando la fertilidad química).

Por otro lado, prácticas agrícolas que mejoran la fertilidad biológica, como la rotación de cultivos, el uso de cultivos de cobertura y la incorporación de materia orgánica, también tienden a mejorar la estructura física del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

Recuperando la Fertilidad del Suelo: Un Proceso a Largo Plazo

Cuando un suelo ha perdido fertilidad, ya sea química, biológica o física, recuperarla es un proceso que lleva tiempo y requiere un enfoque a largo plazo. No es como agregar un fertilizante químico y ver resultados inmediatos en el siguiente cultivo. Se trata de implementar prácticas que promuevan la salud del suelo de manera integral.



Figura 4. Presencia de los macro y micronutrientes.

El concepto de balance de carbono como un factor clave para mantener un suelo saludable y resistente a la degradación. La materia orgánica del suelo está compuesta en gran parte por carbono (alrededor del 58-60%). Para evitar que el suelo se vuelva frágil y susceptible a la compactación, el encostramiento o la erosión, es importante mantener o aumentar el contenido de carbono orgánico en el suelo.

Hay actividades que hacen que se pierda carbono del suelo, como:

La falta de rotación de cultivos, especialmente el monocultivo de mani, ajonjolí, que deja poco rastrojo y aporta poco carbono.

El pastoreo intenso de los rastrojos, donde los animales se llevan el carbono y los nutrientes.

La cosecha de rastrojos para hacer rollos, también eliminando carbono del lote.

Algunas prácticas ganaderas intensivas donde los animales se concentran en ciertos lugares, trasladando la fertilidad y el carbono de otras áreas.

La cosecha de toda la planta en cultivos como el maíz para silo, llevándose el carbono fijado por la planta.

Consideraciones finales

La fertilidad del suelo abarca mucho más que la simple disponibilidad de nutrientes químicos. Es crucial considerar la **fertilidad biológica** (la vida presente en el suelo, como lombrices y microorganismos) y la **fertilidad física** (la estructura y porosidad del suelo). Un suelo verdaderamente fértil es aquel que está vivo, bien estructurado y capaz de sostener la productividad a largo plazo.

III. Preguntas Orientadoras

- ¿Qué hace que un suelo sea completamente **fértil**, además de tener nutrientes?
- ¿Por qué es importante la materia orgánica en el suelo y cómo ayudan las prácticas regenerativas?
- ¿Por qué es importante la vida en el suelo, como lombrices y bichos pequeños, para que las plantas crezcan bien,

IV. Referencia Bibliografía consultada

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). Elementos de la naturaleza y propiedades de los suelos (15.^a ed.). Pearson Educación.

Lal, R. (2020). Agricultura regenerativa para la seguridad alimentaria y climática. *Agronomy Journal*, 112(3), 1163-1181.

Magdoff, F., & van Es, H. M. (2021). *Construyendo suelos para mejores cultivos: Manejo sostenible del suelo* (4.^a ed.). Sustainable Agriculture Research and Education (SARE).

DIPLOMADO

Tecnologías para mejorar la Producción y Productividad Agropecuario

