

Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria

Autores:

Erika Vistoso Gacitúa (evistoso@inia.cl), Josué Martínez-Lagos / INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA REMEHUE N° 291 – AÑO 2022

Introducción

El suelo es un recurso natural no renovable, caracterizado por ser un sistema complejo, heterogéneo, con niveles variables de materia orgánica (MO) y minerales, los cuales constituyen la matriz del suelo, facilitando el flujo y retención de aire y agua, los cuales se mueven en los poros. Además, el suelo posee una población activa de microorganismos (bacterias, hongos, algas etc.), insectos y fauna con un relevante rol en la génesis del suelo, crecimiento vegetal y el ciclo del carbono.

El rol de la fracción orgánica es vital en los suelos agrícolas para mantener un adecuado equilibrio en los nutrientes, por ejemplo: se estima que la materia orgánica del suelo contiene entre 3–5% del nitrógeno total, además de otros elementos como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes que son esenciales para crecimiento de las plantas y el desarrollo de cultivos. El contenido de materia orgánica no solo determina en gran parte la disponibilidad de nutrientes, sino que también influye en la actividad de los microorganismos del suelo.

El suelo suministra a las plantas (Figura 1): agua (retención de humedad), nutrientes esenciales (provenientes de la fertilidad natural del suelo o de las prácticas de manejo de fertilización orgánica y/o inorgánica), oxígeno (a las raíces y elimina el anhídrido carbónico, CO_2), transporta el calor y proporciona temperatura adecuada para la germinación de las semillas y desarrollo de raíces y, un medio de soporte físico de anclaje para el sistema radicular y soporte mecánico para las plantas, permitiendo un proceso más eficiente de la fotosíntesis, es

decir la conversión de la energía de la luz solar en energía química, la cual se almacena en los enlaces de moléculas orgánicas.

En este sentido, la fertilidad del suelo juega un papel relevante para su productividad, por ello, es necesario identificar y manejar aquellos factores que pueden limitar o favorecer la nutrición de los cultivos y praderas y, por ende, las diversas relaciones suelo-planta.

Las plantas, en relación al suelo, favorecen la actividad de los microorganismos, los cuales aportan MO a su vez.

¿Cuáles son los factores que determinan de la fertilidad de suelo?

La fertilidad de suelo, es el resultado de los continuos ciclos de reciclaje de nutrientes esenciales provenientes de la interacción entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y, de la influencia de las diversas prácticas de manejo agronómico efectuadas por los productores agropecuarios en el suelo. Las propiedades físicas y químicas, luz, soporte mecánico, nutrientes esenciales y agua regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La fertilidad está vinculada con la capacidad del suelo de suministro de los nutrientes esenciales y, las condiciones requeridas (humedad y temperatura de suelo) para el adecuado desarrollo de las plantas y, por ende, la producción de cultivos y praderas.



Agua



Nutrientes
Esenciales



Oxígeno



Temperatura



Soporte para
las plantas

Figura 1. Funciones del suelo.
Fuente: Elaboración propia.

La fertilidad del suelo depende de los siguientes factores: i) condiciones ambientales (Ej. propiedades del suelo y clima) y, ii) prácticas de manejo agronómico (Ej. laboreo; aplicación de fertilizantes, enmiendas; incorporación de residuos vegetales; riego; etc.). Las prácticas de manejo agronómico determinan la forma en que se relacionará el sistema suelo-planta y la producción de los diferentes sistemas productivos agrícolas. El manejo ecológico del suelo y su nutrición es entonces un aspecto esencial para la producción agrícola con base agroecológica, es por ello que muchas técnicas agroecológicas aplicadas a la producción agropecuaria se orientan a la conservación y manejo del suelo.

Tipos de fertilidad de suelo

Fertilidad física: está relacionada con las propiedades físicas del suelo (Ej.: Densidad, textura, estructura, porosidad, retención de humedad, etc.) que influyen en el uso del recurso suelo, determinando el suministro de oxígeno, movimiento del agua, penetración de raíces y, el comportamiento químico y biológico del suelo, lo que permite la germinación de las semillas, desarrollo de la raíz y el anclaje y soporte de las plantas.

La **densidad** es el peso seco (g) de materiales sólidos dentro de un volumen definido. La densidad aparente incluye el espacio poroso dentro de un volumen definido, en cambio, la densidad real no lo considera. La densidad aparente permite conocer la porosidad total y el grado de compactación del suelo. Suelos con alta proporción de espacio poroso presentan menor densidad aparente, facilitando el crecimiento radical. En cambio, en suelos compactados, con menor espacio entre poros, se reduce su volumen total lo que dificulta la penetración del sistema radical.

La **textura** es la proporción de partículas minerales del suelo según su tamaño (arena, limo y arcilla, Figura 2) e influye en el: movimiento del agua (mayor en suelos arenosos); aireación (suelos arcillosos drenan deficientemente); retención de agua (suelos arenosos drenan libremente y las plantas son susceptibles a estrés hídrico); disponibilidad de nutrientes (suelo arcilloso retiene más nutrientes que un suelo arenoso);

facilidad de labranza (suelo arcilloso requieren más laboreo); tendencia a la compactación (influye porosidad y reacomodo de partículas en suelos arcillosos) y, susceptibilidad a la erosión (partículas poco unidas con riesgo de erosión por viento y agua).

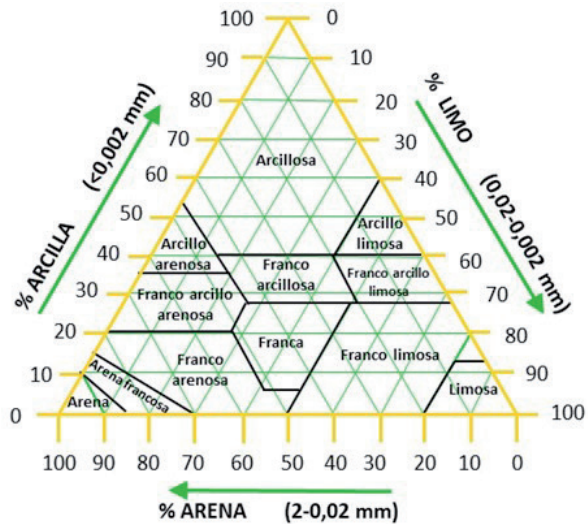


Figura 2. Tipos de texturas de suelo.
Fuente: Adaptado de USDA (www.usda.gov).

La **estructura** es la forma en que las partículas minerales del suelo (arcilla, limo, arena) forman agregados estables de diferentes formas (Figura 3) con espacios porosos que influyen en: cómo circula y se almacena el agua y el oxígeno en el perfil del suelo, el volumen de suelo explorado por las raíces (buena estructura permite la exploración radical por agua y nutrientes) y, la susceptibilidad a la erosión y formación de costras superficiales (por lluvia, tránsito de maquinaria o ganado).

La **porosidad** total es el volumen total de poros contenido en un volumen conocido de suelo. Es función de la distribución del tamaño de partículas (textura) y el arreglo espacial de ellas conforman los agregados (estructura) e influyen en la cantidad de aire y agua que las plantas pueden obtener del suelo (Figura 4). Los suelos con alta proporción de macroporos (suelos arenosos) permiten una rápida infiltración de agua, sin embargo, presentan baja capacidad de infiltración. Los suelos con alta proporción de microporos (suelos arcillosos)

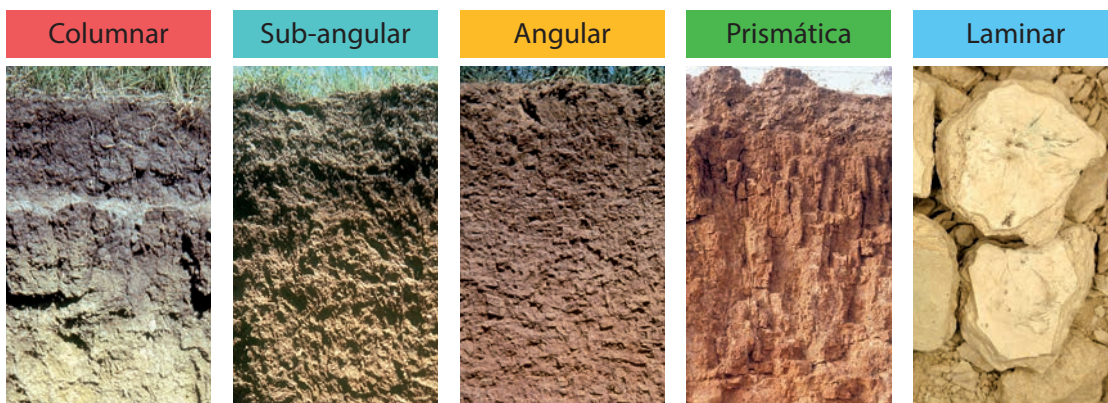


Figura 3. Diferentes estructuras de suelo.

Fuente: Adaptado de Aandahl (1979). Soil teaching aid. University of Nebraska Press. 140 p.

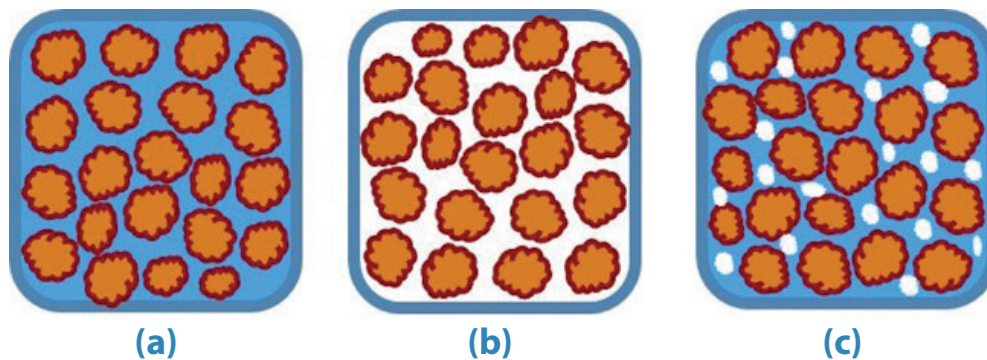


Figura 4. Contenidos de agua y aire en el espacio poroso del suelo: (a) Suelo saturado, (b) Suelo seco y (c) Suelo con equilibrio adecuado de aire y agua.

Fuente: Elaboración propia.

presentan escasa aireación y alta capacidad de retención de agua.

Fertilidad química: corresponde a la capacidad del suelo de suministrar los nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos y praderas.

Entre las propiedades químicas del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y, la acidez (pH) son las que más influyen en la disponibilidad de los nutrientes y en la eficiencia de uso de los fertilizantes aplicados al suelo.

La **CIC** es la capacidad que presenta el suelo para retener y aportar nutrientes con carga positiva ($CIC = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+} + H^{+})$). El mecanismo de intercambio catiónico (Figura 5) se lleva a cabo a través de los coloides del suelo (Ej.: Minerales, arcillas, humus, etc.) que presentan carga negativa en su superficie, desde donde las raíces de las plantas obtienen los nutrientes esenciales.

Cuando se aplica una fertilizante, una parte del nutriente esencial requerido se disuelve en la solución del suelo, quedando inmediatamente disponible para ser absorbido por el cultivo o pradera, mientras el resto participa en el proceso de intercambio de nutrientes, quedando adsorbido en los coloides del suelo.

El **pH** es la concentración de iones hidrógeno (H^{+}) en las partículas de suelo, siendo un indicador para determinar si un suelo es ácido o alcalino. Además, esta variable química es importante para conocer la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos y praderas, influyendo en la solubilidad y movilidad de éstos en el suelo.

Estudios realizados a partir de muestras del laboratorio de suelos de INIA (n=98; Vistoso, 2019), indican que en suelos Trumaos, Ñadis y Rojos Arcillosos, en relación a los requerimientos óptimos (pH agua 5,6-5,9 moderadamente ácido) para la mantención de praderas, un 58%, 100% y 95% presentan pH agua moderado a fuertemente ácido. Lo cual implica que la aplicación de enmiendas calcáreas es la primera práctica de manejo de fertilización a considerar en estos suelos volcánicos y las especies leguminosas serían las más beneficiadas con un aumento del pH.

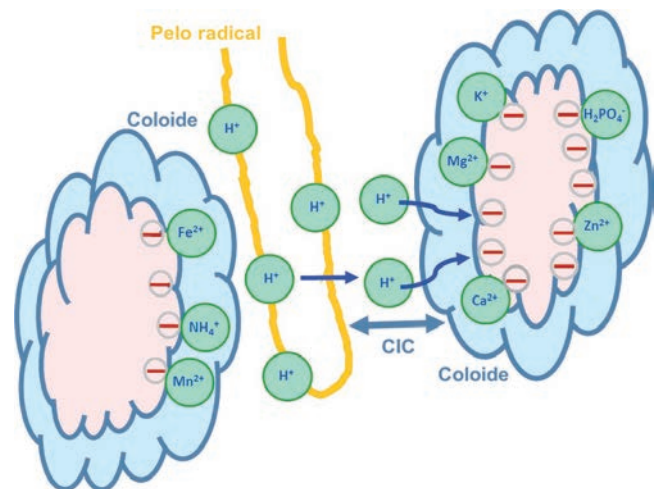


Figura 5. Mecanismo de intercambio catiónico en el suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Algunas plantas no están adaptadas para crecer a pH ácido (Ej. pH adecuado: alfalfa 6,5-8,0; avena 5,5-6,0; ballica, col forrajera, maíz, trigo, trébol blanco 5,5-6,5). Bajo condiciones de acidez de suelo, se reduce la actividad microbiana que es responsable del proceso de mineralización de la MO y, por ende, de las formas disponibles el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S). Además, facilita la solubilización de aluminio (Al) y manganeso (Mn) causando fitotoxicidad. El síntoma fitotóxico del Al es la reducción en el largo de la raíz, daño a las raíces laterales y disminución del volumen de suelo explorado por las raíces y su capacidad de absorción de agua y nutrientes esenciales (Figura 6).



Figura 6. Fitotoxicidad por aluminio en plantas.

Fuente: <https://www.intagri.com>

Los suelos Trumaos, Ñadis y Rojos Arcillosos (Vistoso, 2019), en relación a los requerimientos óptimos (saturación de aluminio 3–6 %) para la mantención de praderas, un 64%, 86% y 56% presentan una saturación de aluminio inadecuada (> 6 %).

Fertilidad biológica: corresponde a la actividad de los microorganismos del suelo (como bacterias y hongos), que contribuyen al proceso de mineralización de la MO, liberando nutrientes esenciales en formas que las plantas pueden utilizar. El hábito de excavar madrigueras de los organismos más grandes (como insectos y lombrices de suelo) incorpora la materia orgánica al suelo y crea espacios porosos que airean el suelo y permiten una rápida la infiltración de agua. Los organismos vivos son una fracción importante del suelo y su presencia se favorece con altos niveles de MO, adecuada humedad del suelo, buen drenaje y aireación.

La calidad del suelo es un factor clave para sustentar la producción vegetal y animal (Figura 7) y mantener y/o mejorar la calidad del aire y agua. Así, un suelo de buena calidad tiene un importante contenido de MO, lo que se relaciona con su capacidad de producción. Debido a que los beneficios de la MO en el suelo incluyen mejorar la estructura (mantiene una estructura suelta y friable), aumentar la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo, disminuir la erosión y lixiviación de nutrientes y, suministrar nutrientes y condiciones adecuadas para la actividad biológica del suelo es que es necesario un manejo adecuado del recurso. Sin embargo, los suelos presentan diferente capacidad de almacenamiento de MO, la cual pueden perder (derivado del uso de inadecuadas prácticas de manejo agrícola), restringiendo la producción agrícola y, con ello la seguridad alimentaria, lo que deja a los agricultores cada vez más vulnerables a los efectos del cambio climático.

¿Qué prácticas de manejo contribuyen a mejorar las propiedades del suelo?

- Realizar las labores de labranza con un adecuado contenido de humedad en el suelo.
- Realizar un mínimo de labores de labranza para evitar destruir la estructura del suelo.
- Incorporar residuos vegetales que aportan MO y nutrientes esenciales, donde estos últimos son exportados en los productos de cosechas y forraje.
- Reducir el periodo de tiempo en que el suelo permanece sin cubierta vegetal.
- Incorporar la rotación de cultivos, ya que las praderas de 3–4 años aportan más MO, nitrógeno (leguminosas) y, ayuda en la asociación raíz–microorganismos que forma y mantiene la estructura del suelo.

- Evitar el tráfico de maquinaria pesada y ganado en suelo mojado.
- En suelo con problemas de anegamiento, instalar sistemas de drenaje.

Consideraciones finales

- ✓ Cada suelo tiene diferentes tipos y disposiciones de estos componentes (incluyen minerales, MO, microorganismos, agua y aire (espacios porosos), lo que genera propiedades únicas (tipos de suelo), que inciden en:
 - Respuestas de crecimiento de las plantas
 - Requisitos de fertilizantes
 - Respuesta de los suelos al manejo
 - Capacidad de uso del suelo
 - Drenaje y escorrentía
 - Pérdida de nutrientes y lixiviación
 - Erosión del suelo
- ✓ Comprender las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo es esencial para la planificación de la fertilización de cultivos y praderas y, en la toma de decisiones sobre el uso del recurso en el predio agrícola.
- ✓ La combinación de las propiedades del suelo determina la calidad del suelo y su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos (Ej.: regulación del clima, ciclo de nutrientes, secuestro de carbono, purificación del agua y reducción de contaminantes del suelo, suministro de alimentos, fibras y combustibles, entre otras).

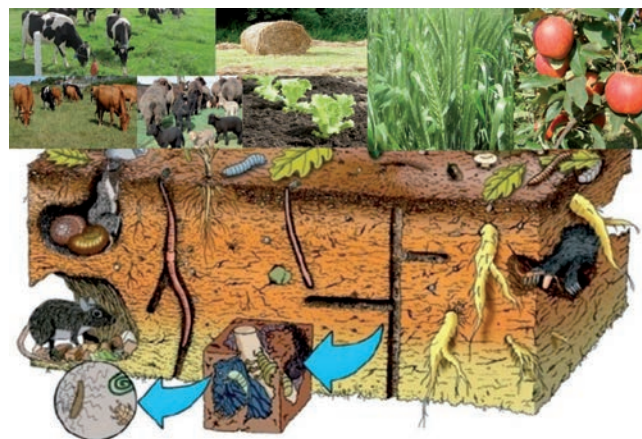


Figura 7. Suelo de buena calidad.
Fuente: Elaboración propia.

Referencia:

Vistoso, E. 2019. Informe “Diagnóstico de la fertilidad de los suelos volcánicos de las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos”. INIA Remehue 26p.