



INIA

# ¿Cómo diagnosticar la fertilidad del suelo?

Autores: Erika Vistoso Gacitúa y Josué Martínez-Lagos / INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO N° 280– AÑO 2021

## Introducción

El **suelo** es un recurso natural vivo no renovable. De su calidad depende la capacidad de sustentar la producción primaria, que es la base de los sistemas productivos ganaderos en el sur de Chile. Además, las características del mismo permiten su sostenibilidad en el tiempo, al influir, mantener y/o mejorar la calidad de otros recursos naturales como el agua, biodiversidad y aire. Las principales funciones del suelo son: aportar agua a las plantas según capacidad de retención de humedad; proveer a las plantas de nutrientes esenciales provenientes de la fertilidad natural del suelo o de prácticas de manejo con enmiendas y/o fertilización; contribuir con oxígeno a las raíces y eliminar el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) producido; transportar y distribuir calor, proporcionando la temperatura adecuada para la germinación de semillas y desarrollo del sistema radical de las plantas, siendo también su soporte físico de anclaje.

Un suelo fértil proporciona variados servicios ecosistémicos (retención de carbono, regulación del clima, ciclo de nutrientes, purificación del agua, reducción de la contaminación, etc.) que permiten la vida en nuestro planeta e impactan los sistemas productivos agropecuarios directamente. Para conservar la capacidad del suelo de mantener un adecuado nivel de productividad, a través del tiempo, es necesario proteger y conservar su fertilidad, incentivando su estabilidad ante procesos que provocan su degradación (física, química y/o biológica).

Las malas prácticas de manejo (Ej. monocultivos, sobre fertilización, quema de residuos agrícolas, aplicación de agroquímicos en exceso, etc.), inciden en la fertilidad del suelo y producción (cultivos, praderas), generando sistemas productivos poco sostenibles en el tiempo.

## ¿Qué es la fertilidad del suelo?

La **fertilidad del suelo** es la capacidad de suministrar los nutrientes esenciales (generados a través de continuos ciclos biogeoquímicos y de reciclaje) y, las condiciones necesarias para sustentar un adecuado desarrollo de las plantas y producción de cultivos y praderas. Actualmente, se reconocen 17 nutrientes esenciales (sin los cuales no se puede completar el ciclo de vida) para las plantas.

La fertilidad del suelo depende de factores como el medio ambiente (Ej. propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

y, también del clima) y de la influencia de las prácticas de manejo que realizan habitualmente los agricultores en los predios (Ej. laboreo, aplicación de enmiendas y/o fertilizantes, incorporación de residuos vegetales, riego, etc.).

Existen tres tipos de fertilidad de suelo (Figura 1a): **i) Fertilidad física**, relacionada con la capacidad de aportar edafológicamente las condiciones necesarias para el desarrollo radicular de las plantas, la cual se relaciona con las características físicas como densidad, textura, estructura, porosidad, retención de humedad, etc., que permiten además dar el soporte a las plantas; **ii) Fertilidad química**, es la capacidad del suelo de suministrar nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (ej. macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg y micronutrientes como Mo, Zn, Mn, B, Cl y Cu); y **iii) Fertilidad biológica**, se refiere a la presencia y actividad de microorganismos y lombrices que realizan procesos biológicos en el suelo (que involucran procesos físicos y reacciones químicas) que son imprescindibles para mantener la funcionalidad del suelo. Sin duda, con un buen nivel de fertilidad, el suelo contribuye a mejorar la producción agropecuaria a través de una nutrición balanceada y sostenible (Figura 1b).

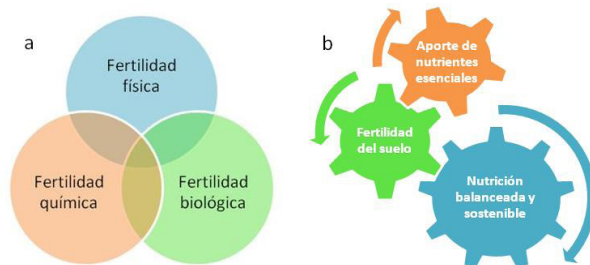


Figura 1. a) Tipos de fertilidad de suelo y b) Interacción entre nutrientes y fertilidad del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

## ¿Cuál es el nivel de fertilidad de los suelos volcánicos en las Regiones de Los Ríos y Los Lagos?

La actividad agropecuaria en las Regiones de Los Ríos y Los Lagos, se desarrolla sobre suelos volcánicos (Andisoles o Trumaos, Ultisoles o Rojos Arcillosos y Ñadis) bajo condiciones de variada acidez natural. 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 para la mantención de praderas, un 58%, 100% y 95% presentan pH agua moderado a fuertemente ácido; un 76%, 88% y 29% presentan bajo contenido de suma de bases intercambiables; un 64%, 86% y 56% tiene una alta saturación de aluminio (condición acentuada en la Provincia de Chiloé con valores de hasta 76%, 95% y 78% con deficiencias de fósforo; y 76%, 92% y 76% con deficiencias de azufre, respectivamente (Cuadro 1). Estas limitaciones, implican que el nivel de fertilidad de estos suelos es, en general, bajo y, por ende, con una eficiencia reducida al aplicar fertilizantes solubles en agua (especialmente los fertilizantes fosforados).

Bajo estas condiciones, el suministro de nutrientes (ej. P, K, S, Ca, Mg, Na) puede ser deficiente y desbalanceado en estos suelos, incidiendo de forma negativa en el potencial productivo de cultivos y praderas, independiente del área geográfica. Por ello, es tan importante incluir dentro de la planificación predial, una fertilización balanceada, que incluya fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enmiendas para corregir las deficiencias de nutrientes esenciales del suelo.

## ¿Por qué se genera la pérdida de fertilidad del suelo?

La disminución del nivel de fertilidad del se debe a: i) deficiencias y/o desbalances de nutrientes esenciales generados por la extracción de cultivos y praderas, ii) disminución de la eficiencia en el uso de los nutrientes esenciales influida en parte por la fijación y retrogradación irreversible por algunos minerales del suelo y, iii) pérdidas de nutrientes esenciales que ocurren en forma natural o inducida en los suelos.

Por lo tanto, es clave que el productor y su asesor técnico, diagnostiquen el suministro de nutrientes esenciales del suelo con el fin de establecer las mejores estrategias para alcanzar concentraciones adecuadas y balanceadas, logrando las condiciones óptimas para el crecimiento y mejoramiento de rendimientos de cultivos y/o praderas.

El diagnóstico de la fertilidad del suelo es un proceso en el cual se evalúa la cantidad de nutrientes esenciales disponibles para la nutrición de cultivos y praderas, permitiendo estimar la cantidad de fertilizante inorgánico u orgánico necesario aplicar para una adecuada nutrición y producción de cultivos y praderas. Por ello, el diagnóstico de la fertilidad del suelo es una herramienta que contribuye a: determinar las necesidades de específicas de

fertilizantes o enmiendas; generar recomendaciones adecuadas y económicas en cuanto a tipos y cantidades necesarias a aplicar, controlar la sobre fertilización (exceso de nutrientes) y minimizar las pérdidas al medio ambiente, al disminuir la contaminación de los recursos naturales (suelo, agua, aire y biodiversidad).

## Métodos de diagnóstico de la fertilidad del suelo

Las herramientas que ayudan a los productores y asesores a diagnosticar la fertilidad del suelo son: síntomas visuales de déficit de nutrientes esenciales, análisis foliar y análisis de suelo.

### 1) Síntomas visuales de deficiencia de nutrientes esenciales:

Los síntomas visuales de deficiencia de nutrientes esenciales (Figura 2) son una herramienta de diagnóstico del estado nutricional de las especies de cultivo y/o praderas y, ayudan a determinar las necesidades de aporte de nutriente esenciales. Sin embargo, se debe considerar que un síntoma visual individual no es suficiente para realizar un diagnóstico definitivo del estado nutricional de una especie vegetal; debido a que muchos de los síntomas de deficiencia (como clorosis, quemaduras y necrosis) también pueden asociarse con más de una deficiencia nutricional y/o con otros estados de estrés. Aun así, su detección es útil en el marco general de un diagnóstico del estado de los nutrientes. Las principales ventajas de los síntomas de diagnóstico visual es que se obtiene información útil en forma fácil y rápida proporcionando una indicación inmediata del posible estado de los nutrientes. En cambio, la principal desventaja de ellos, es que los síntomas visuales no se desarrollan (deficiencia oculta) hasta que generan importantes efectos detrimentales en el crecimiento, desarrollo y producción de las especies de cultivo y/o praderas. Un productor o asesor experimentado puede aprender a usar este método visual en forma rápida; sin embargo, deberá conocer otras deficiencias de nutrientes que se describen en la Figura 2, así como tener conocimiento práctico para reconocer los síntomas de estrés vegetal en condiciones de campo. Además, cuando aparece una deficiencia o anomalía nutricional detectada visualmente, el problema ya es importante y ha comprometido el rendimiento potencial del cultivo.

2) **Análisis foliar:** El análisis de tejidos vegetales determina, bajo condiciones de laboratorio, la concentración de nutrientes totales de la especie vegetal durante la temporada de crecimiento. Se utiliza para diagnosticar deficiencias

**Cuadro 1.** Parámetros químicos en suelos de las Regiones de Los Ríos y Los Lagos (0–20 cm).

Parámetro	Trumaos		Ñadis		Rojos Arcillosos	
	*	**	*	**	*	**
pH al agua	5,67	5,72	5,57	5,62	5,56	5,58
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	9,93	5,50	6,62	4,28	16,13	13,26
Azufre (mg kg <sup>-1</sup> )	20,47	11,80	9,30	6,51	13,38	13,73
Suma de Bases (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	5,82	4,58	3,52	2,96	9,20	8,80
Sat. Aluminio (%)	11,34	4,89	15,91	11,20	10,04	3,49

\*: valor media o promedio. \*\*: valor mediana (más frecuente).

Fuente: 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.



**Figura 2.** Síntomas de deficiencia de algunos nutrientes esenciales.

**Fuente:** Adaptado de Martínez-Lagos y Gallardo (2017). Fotografías de deficiencia de nitrógeno en maíz (Carlson, 2019); deficiencia de fósforo en maíz (Bruulsema, 2016); y deficiencia de potasio en maíz (Hunt, Vyn y Wilson, 2014) y <https://es.slideshare.net/cjdrowski/sintomas-visuales-falta-de-nutrientes>

invisibles (monitoreo del estado nutricional del cultivo o pradera), confirmar síntomas visuales de déficit y detectar niveles tóxicos de nutrientes. En general, es también una herramienta de diagnóstico para corregir futuros problemas de déficit de nutrientes. Por ejemplo, si se realiza el análisis foliar en plantas jóvenes, permitirá corregir deficiencias de nutrientes a través de la aplicación de fertilizantes en la misma temporada. El método de muestreo es fundamental para obtener correctos resultados de análisis, base para la formulación de recomendaciones de fertilización o enmiendas. La planta debe estar en una etapa específica de crecimiento y se debe seleccionar un tejido específico (Cuadro 2).

Posteriormente, con los resultados del análisis foliar se procede a comparar las concentraciones mínimas conocidas (valor crítico) para ese cultivo o pradera o rangos de suficiencia (Cuadro 3) y se determinan las deficiencias o excesos de nutrientes. El valor inferior del rango de suficiencia indica el nivel crítico por debajo del cual se deben aplicar dosis adecuadas de fertilizantes o enmiendas, en cambio, el valor superior indica el nivel por sobre el cual se establece la toxicidad. Sin embargo, los resultados del análisis foliar no se pueden utilizar como único determinante para generar para generar recomendaciones de aporte de nutrientes, ya que siempre se debe considerar la principal fuente de nutrientes

**Cuadro 2.** Técnica de muestreo foliar en algunos cultivos.

Especie	Época de muestreo	Tejido a muestrear	Nº Submuestras
<b>Avena, Cebada, Trigo</b>	Plántula	4 Hojas superiores	25-40
<b>Alfalfa</b>	Inicio de floración	1/3 superior de planta	12-30
<b>Arándano</b>	1/2 Diciembre a enero	Hojas maduras de ramillas laterales del año	60-100
<b>Frambueso</b>	Enero a 1/2 Febrero	Hojas maduras del 1/3 medio del brote anual	50-80
<b>Frutales de carozo</b>	Enero a febrero	Hojas jóvenes del 1/3 superior ramilla del año	50-100
<b>Gramíneas forrajeras</b>	Previo a floración	4 Hojas superiores	30-40
<b>Maíz</b>	Plántula	1ª hoja desarrollada	15-20
<b>Manzano y Peral</b>	Enero a febrero	Hojas jóvenes de dardos nuevos periféricos	40-80
<b>Raps</b>	Previo a cuajado de semillas	Hoja recién madura	60-70
<b>Trébol</b>	Previo a floración	1/3 superior de planta	30-40

**Fuente:** Adaptado de Hirzel, J. 2014. Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Colección de Libros INIA Nº 31. Chillán, Chile. 322p. y Weir, R. y Cresswell, G. 1994. Pastures and field crops. Cresswell, Biological & Inkata Press, Melbourne. 126p.

**Cuadro 3.** Rango de suficiencia de nutrientes en algunos cultivos.

Nivel	Cerezo				Frambueso			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
	%							
Deficiente	< 0,08	< 1,0	< 0,8	< 0,25	< 0,15	< 1,0	< 0,5	< 0,25
Adecuado	0,1 - 0,3	1,2 - 1,8	1,2 - 2,5	0,4 - 0,6	0,2 - 0,4	1,5 - 2,5	0,8 - 2,5	0,3 - 0,6
Excesivo	> 0,6	> 2,5	> 3,5	> 0,8	> 0,6	> 3,0	> 3,0	> 1,0

Fuente: Adaptado de Hirzel (2014).

que es el suelo. El análisis de suelo complementa el análisis foliar, ya que cumple un rol fundamental para determinar las necesidades de nutrientes esenciales de cultivos y praderas.

**3) Análisis de suelo:** Los análisis de suelo son herramientas para determinar el rango de disponibilidad de cada nutriente esencial previo a la siembra o inicio de la temporada de crecimiento para la absorción de nutrientes esenciales en cultivos y praderas. Sin embargo, los resultados de un análisis de suelo están altamente determinados por la representatividad de la muestra de suelo colectada. Por ello, es extremadamente importante proporcionar, al laboratorio una muestra de suelo representativa permitiéndoles realizar un análisis confiable. El INIA, sugiere coleccionar por cada unidad de muestreo (potrero) una muestra compuesta (20-30 submuestras por unidad de muestreo) en un patrón en zigzag a la profundidad estándar según cultivo o pradera, mezclar bien y enviar una submuestra al mismo u otro laboratorio acreditado con el fin de garantizar la coherencia de los métodos de análisis de suelos. Debido a que los suelos de las Regiones de Los Ríos y Los Lagos presentan una marcada variabilidad espacial, topográfica y fisiográfica se recomienda que cada unidad de muestreo no sea mayor de 20 hectáreas para asegurar una adecuada representatividad.

Martínez-Lagos y Gallardo (2017; <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/66840>) contribuyen con consejos de cómo coleccionar muestras de suelo y qué considerar: época de muestreo, profundidad, envasado y almacenaje de la muestra. Además, INIA tiene a su disposición servicios relacionados con

análisis de laboratorio en Chile (<https://www.inia.cl/productos-y-servicios-2/servicios/laboratorios/>).

Las pautas para interpretar las categorías de disponibilidad de los nutrientes esenciales (Cuadro 4) en el análisis de suelo, según el laboratorio de suelos de INIA, son las siguientes: categoría deficiente (rojo) significa que existe alta respuesta a la fertilización o enmienda de corrección, categoría media (amarillo) indica que existe respuesta probable a la fertilización o enmienda de corrección y categoría alta (verde) indica que no existe respuesta a la fertilización o enmienda de corrección. Su correcta interpretación, ayuda tanto a productores como asesores técnicos a identificar con precisión los problemas nutricionales del suelo (deficiencia, antagonismo o toxicidad de nutrientes para cultivos y praderas) antes de que ocasionen problemas y a generar recomendaciones para la corrección/mantenimiento de nutrientes a través de una estrategia de **fertilización balanceada**, según los requerimientos del ciclo vegetativo. Para ello, es importante considerar la **neutralización de la acidez del suelo** (aplicación de enmiendas calcáreas), aplicación de: **fertilización de corrección, fertilización de producción y fertilización de mantención**.

Finalmente, se debe tener presente que el uso eficiente y responsable de los fertilizantes reduce los costos de producción y los riesgos de pérdidas de nutrientes al aire (volatilización del amoníaco), al perfil del suelo (lixiviación o percolación de N) y/o cursos de agua superficial (escorrentía de N y P).

**Agradecimientos:** GCA Educacional Los Lagos.

**Cuadro 4.** Categorías de disponibilidad de algunos nutrientes.

Categoría	P	S	Ca	Mg	K	Na	Suma	Sat Al
	mg kg <sup>-1</sup>		cmol (+) kg <sup>-1</sup>					
<b>Muy bajo</b>	≤ 5,0	≤ 6,0	≤ 2,0	≤ 0,25	≤ 0,12	≤ 0,15	≤ 3,0	≤ 1,09
<b>Bajo</b>	5,01 - 10,0	6,1 - 12,0	2,1 - 5,0	0,26 - 0,50	0,13 - 0,25	0,16 - 0,20	3,01 - 6,0	1,1 - 3,09
<b>Medio</b>	10,01 - 20,0	12,01 - 20,0	5,01 - 9,0	0,51 - 1,00	0,26 - 0,51	0,21 - 0,30	6,01 - 11,0	3,1 - 6,09
<b>Alto</b>	20,01 - 30,0	20,01 - 30,0	9,01 - 15,0	1,01 - 2,00	0,52 - 0,64	0,31 - 0,40	11,01 - 15,0	6,1 - 12,09
<b>Muy alto</b>	> 30,0	> 30,0	> 15,0	> 2,00	> 0,64	> 0,41	> 15,01	> 12,10

Suma de bases (Ca+Mg+K+Na), Sat. Aluminio (Aluminio intercambiable/Suma bases+Aluminio intercambiable)\*100

Fuente: Adaptado de Bernier, R. 2000. Análisis de suelo metodología de interpretación. pp: 14-24 En: Serie de Actas N° 2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 115p.

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

Editores: Juan Hirzel Campos, Ing. Agrónomo, M.Sc., Dr., INIA Quilamapu; Yonathan Redel Hemberger, Ing. Agrónomo, Dr. Cs., INIA Intihuasi y Luis Opazo Ruiz, Periodista, M.C.E. / INIA Remehue.

INIA Remehue, Ruta 5, km 8, Osorno, Chile. Fono +5664 2334819

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

