



CAPÍTULO II

Recomendaciones de fertilización

En la actualidad, el análisis de suelo (figura 5) es una herramienta que permite la formulación de cantidades y fuentes de fertilización necesarias en los cultivos. Otra herramienta es el análisis de hojas en plantas, con el cual se puede conocer directamente la deficiencia en nutrientes. El uso de un sistema integrado de diagnóstico y de recomendación se traducirá en una planeación adecuada de fertilización para los cultivos.

Figura 5. Proceso de análisis de suelo en AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Mónica Páramo

1

Secado

Temperatura no mayor
a 40 °C



2

Molienda y tamizaje

Molino de martillos
y tamizaje a 2 mm



3

Extracción

Adición de solución extractora
para cada parámetro químico



4

Cuantificación

Potenciómetro, conducímetro,
absorción atómica,
espectrofotómetro



Figura 6. Absorción de nutrientes por la planta de papa.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

La fertilización es necesaria en las plantas, ya que estas requieren de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B), entre otros, que benefician su desarrollo. Cuando estos elementos no se encuentran en el suelo de manera óptima, se hace necesario aplicar fertilizantes para suplir las necesidades nutricionales de las plantas, así como enmiendas que permitan corregir condiciones poco propicias para el desarrollo adecuado del cultivo.

Además de los nutrientes disponibles, las plantas requieren adecuadas condiciones para un desarrollo óptimo. Por ejemplo, la oxigenación favorece el crecimiento, ya que permite la respiración de las raicillas. De igual modo, los microorganismos propician la liberación de nutrientes y facilitan su absorción por parte de las plantas, que los toman de la solución de suelo, como se muestra en la figura 6. Cuando no se cuenta con las condiciones anteriormente nombradas, la fertilización no tiene una respuesta favorable para el desarrollo del cultivo, pues se puede presentar una alta compactación y esto afecta la disponibilidad de agua y oxígeno, y ello impide el desarrollo óptimo de las plantas.



Con base en lo anterior, también se puede complementar la adecuada absorción de nutrientes por parte de la planta teniendo en cuenta factores químicos, físicos y biológicos del suelo que permiten un desarrollo óptimo. A nivel químico, la medición del pH clasifica el suelo en términos de acidez y alcalinidad: si es muy ácido limita la toma de calcio, magnesio y fósforo, principalmente, y si es muy alcalino se reduce sobre todo la absorción de hierro, manganeso, zinc y fósforo (figura 7).

Otro indicador de fertilidad es la materia orgánica, que proporciona información según el color del suelo: suelos oscuros se consideran de alta fertilidad y suelos claros, de baja fertilidad (figura 7), pero existen excepciones como los suelos negros con climas muy fríos, que pueden presentar baja disponibilidad de nutrientes por una baja actividad biológica, lo cual afecta la disponibilidad de agua en el suelo. De otra parte, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), como su nombre lo indica, permite conocer la capacidad del suelo para retener cationes: si está en niveles bajos, el suelo no podrá sostener una gran cantidad de nutrientes y ello facilitará su lavado superficialmente; en términos agronómicos, la CIC indica cómo se debe fraccionar la fertilización para mejorar la eficiencia del abonado y evitar pérdidas económicas de los fertilizantes.

Las propiedades como textura, densidad aparente y densidad real a nivel físico permiten identificar la capacidad de un suelo para retener agua disponible para las plantas (figura 7). Los suelos arenosos generalmente presentan una alta capacidad de oxigenación y, a su vez, una baja retención de agua, por lo cual se recomienda la incorporación de materiales orgánicos como abonos verdes y compost, que promueven la retención de agua en el suelo. Los suelos arcillosos, por su parte, retienen alta cantidad de agua, pero no siempre está disponible para la planta; en esos casos, la incorporación de residuos de cosecha favorece la oxigenación del suelo. La densidad aparente y real da a conocer, por un lado, el porcentaje de espacio poroso del suelo, el cual puede contener agua disponible para las plantas, y, por otro, su estado de compactación. El aumento de la densidad aparente indica problemas de compactación, frente a lo cual se requiere tomar acciones como el uso de tractor con cinceles.

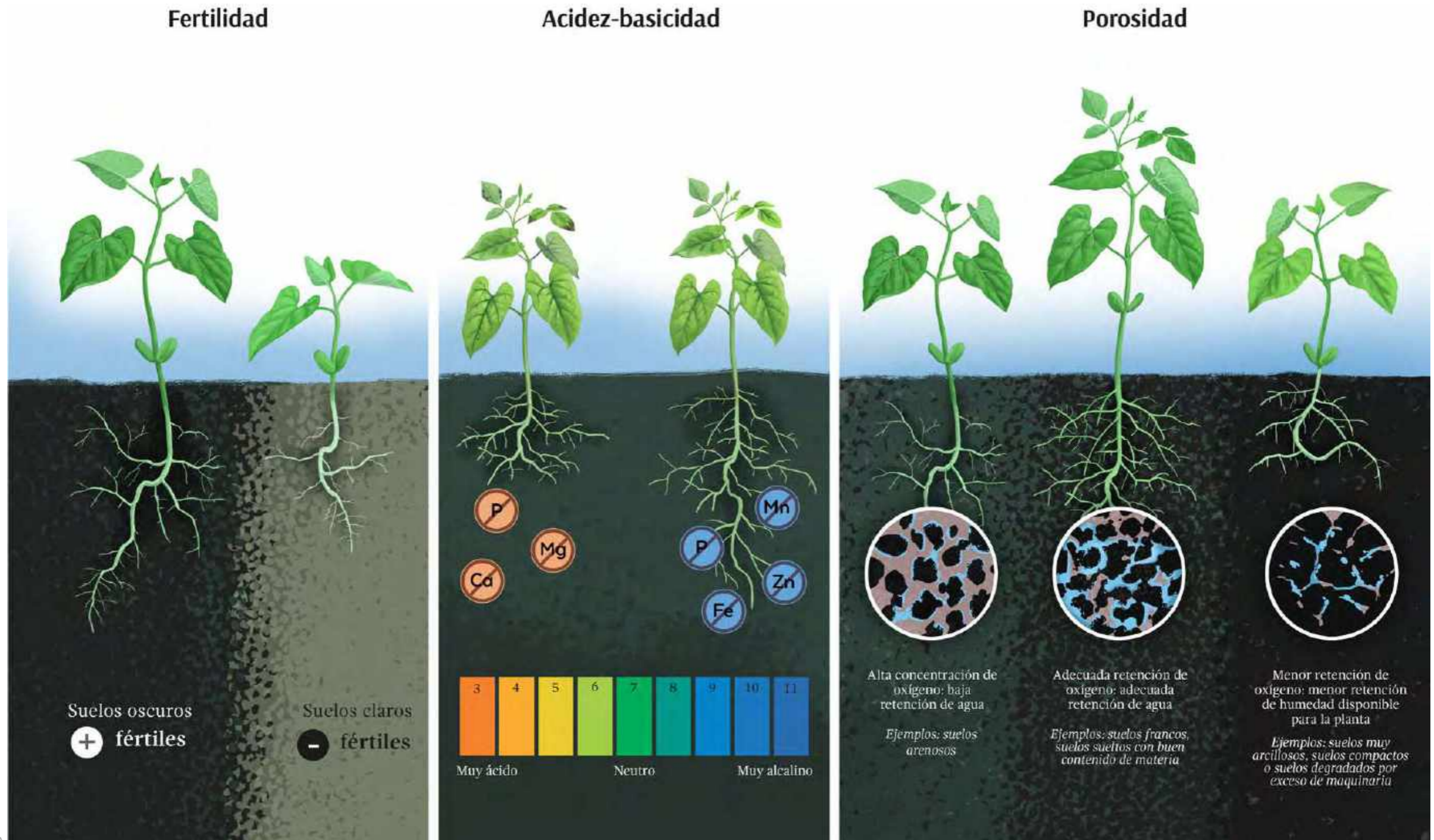


La incorporación de residuos de cosecha en suelos arcillosos favorece la oxigenación del suelo.



Figura 7. Efecto de algunas características físicas y químicas del suelo en un cultivo.

Fuente: Elaboración propia **Ilustración:** Juan Felipe Martínez Tirado



A nivel biológico encontramos los microorganismos del suelo, que facilitan la disponibilidad de nutrientes a la planta y favorecen la conversión de nitrógeno en nitratos y amonio, la solubilización del fósforo y la promoción del crecimiento, entre otros. Actualmente se ofrecen productos en el mercado a base de microorganismos (figura 8), que disminuyen el uso de fertilizantes fosfóricos o nitrogenados.

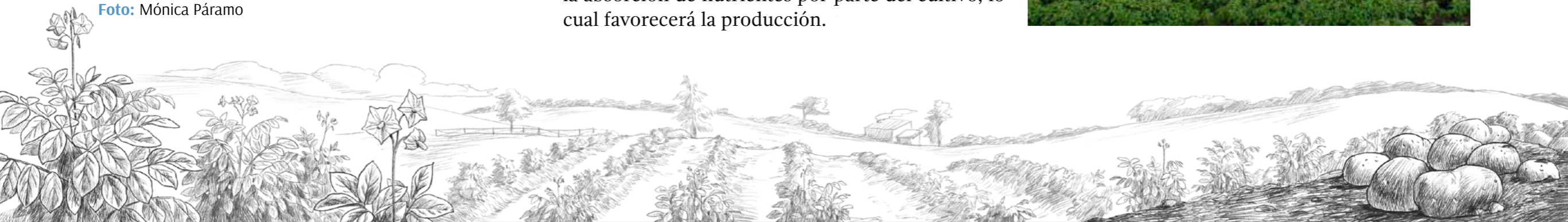
El análisis de la fertilidad química o física de suelos y su interpretación, realizados de la manera adecuada, desde la toma de muestra en campo, permite evaluar químicamente la disponibilidad de nutrientes del suelo para el cultivo y conocer las posibles deficiencias o toxicidades. A nivel físico, este análisis identifica las propiedades estructurales e hidrodinámicas del suelo para determinar la eficacia y respuesta del fertilizante, definir necesidades de riego, planear momentos óptimos para realizar la labranza y solucionar problemas por compactación o daño estructural. Entre otros beneficios, contar con un diagnóstico del estado físico y químico del suelo permite planear el manejo del cultivo, con el fin de mejorar la producción y disminuir costos en los fertilizantes.

En ocasiones se cometen errores en el establecimiento o mantenimiento de un cultivo al aplicar indiscriminadamente fertilizantes sin conocer si los nutrientes en el suelo se encuentran en niveles altos o bajos. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en suelos compactos dificulta la absorción de nutrientes por parte de la planta. En ese sentido, lo primero que debe hacerse es solucionar el problema de compactación para permitir un desarrollo óptimo de las raíces y brindar una condición favorable en la absorción de nutrientes por parte del cultivo, lo cual favorecerá la producción.



Figura 8. Microorganismo *Trichoderma koningiopsis*, principio activo del producto Tricotec desarrollado por AGROSAVIA.

Foto: Mónica Páramo



El aspecto más importante para el éxito de la evaluación de las propiedades químicas y físicas de un suelo es la adecuada toma de la muestra en campo, ya que al laboratorio se lleva una porción (normalmente 1 kg) de suelo representativo. En otras palabras, un error cometido en la toma de muestra puede multiplicarse en cientos o en miles de hectáreas. Por ejemplo, usar una pala sin lavar que ha sido utilizada para mezclar fertilizantes, cemento u otros materiales puede contaminar la muestra y aumentar el contenido de calcio en el suelo de 1 a 2 $\text{cmol}_{(c)}/\text{kg}$, lo que significa un error de 8.000 kilogramos en una hectárea de suelo con densidad aparente de 1 g/cm^3 a una profundidad de 30 cm.

Para la toma adecuada de la muestra, defina el área de interés a muestrear, identifique dentro de esta los lugares no aptos para muestrear (como los linderos del lote, saladeros, estercoleros, caminos, orillas de lagos o fuentes de agua y todos aquellos sitios que puedan contener características diferentes) y tenga en cuenta que la muestra debe estar compuesta por varias submuestras. Siga las instrucciones de la figura 9.



No tome muestras de suelo en los linderos del lote, saladeros, estercoleros, caminos, orillas de lagos o fuentes de agua.



Figura 9. Proceso de toma de muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia **Fotos:** Rafael Antonio Pedraza y Mario Pedraza

1

Defina los puntos de las submuestras, ya sea en equis, zigzag o zeta.



2

Con una pala o un palín, raspe la superficie sin retirar suelo, pero sí la vegetación.



3

Cave un hoyo en V de 30 cm de profundidad.



4

Tome la muestra de la pared del hoyo.



5

Elimine los bordes.



6

Introduzca la muestra en un balde.



Elementos de especial importancia en el cultivo de papa

El cultivo de papa tiene como característica la demanda de grandes cantidades de nutrientes, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante todo el ciclo de cultivo.

El nitrógeno es utilizado principalmente ya que condiciona el crecimiento y rendimiento del cultivo, se consume durante la formación de follaje y luego durante el crecimiento de los tubérculos. Sin embargo, su aplicación excesiva ocasiona un retraso en la tuberización y un desarrollo excesivo de la parte aérea. El fósforo mantiene la productividad y promueve el uso eficiente de nitrógeno, permite la formación rápida de tubérculos, promueve el crecimiento de las raíces y contribuye a la resistencia de enfermedades; la etapa de mayor demanda de este elemento por parte del cultivo es en el inicio de la tuberización. Debido a la inmovilidad del fósforo en el suelo, es importante tener en cuenta el tipo de fertilizante y la forma de aplicación: las fuentes solubles y relativamente solubles se utilizan en cultivos de ciclo corto y deben ser aplicadas, en lo posible, en forma localizada para lograr en menor tiempo el contacto del elemento con el suelo y contrarrestar la fijación de la fuente aplicada. El potasio aumenta la eficacia y calidad en la producción, interviene en la movilización de azúcares y almidones en el tubérculo, ayuda a la planta en la resistencia a las sequías, participa activamente en el vigor y la eficiencia de la planta y mantiene su color verde.

El cultivo de papa también demanda nutrientes secundarios importantes para su desarrollo como el calcio, el cual mejora la estructura de la planta,

disminuye la incidencia de enfermedades como el tizón, aporta resistencia a la deshidratación de los tubérculos, mejora el vigor y aumenta la tolerancia al estrés. Otro de ellos es el azufre, esencial durante el crecimiento, desarrollo y producción de la papa, porque además promueve la floración y la fructificación. Por último está el boro, que participa en el crecimiento y la división celular.

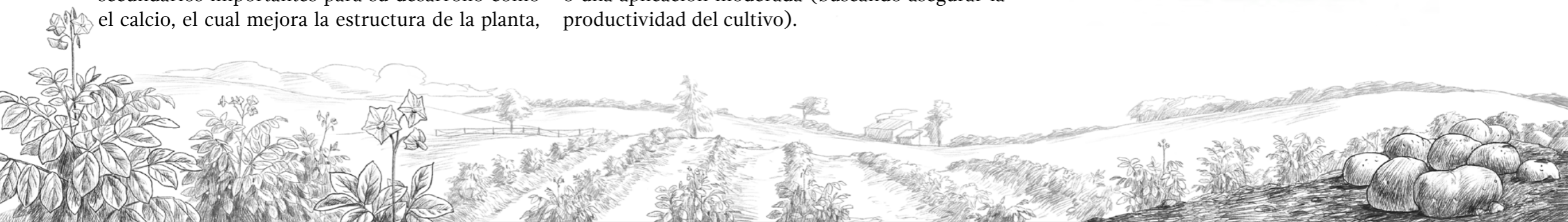
A pesar de que el cultivo de papa requiere grandes cantidades de nutrientes durante todo el ciclo, la fertilización excesiva puede llegar a afectar la rentabilidad, ya que se aplica más de lo que el cultivo necesita. Para un mayor rendimiento, tenga en cuenta los factores biológicos químicos y físicos.

Interpretación de los análisis de suelo y de la recomendación de fertilización

Para la interpretación correcta de los análisis de suelos se aconseja poner atención a los niveles críticos de interpretación y requerimientos del cultivo. En general, se utilizan denominaciones como bajo, medio o alto para indicar los niveles de los elementos en el suelo. Por ejemplo, un nivel bajo del elemento en el suelo indica una alta respuesta a la aplicación, y un nivel alto del elemento indica una baja probabilidad de respuesta a la aplicación del nutriente. Para este último caso, se debe tener en cuenta qué elemento presenta este nivel y su importancia específica para el cultivo a fertilizar, lo cual permite determinar una aplicación de mantenimiento (se refiere a la aplicación de cantidades bajas que mantengan los niveles del elemento en el suelo), la no aplicación o una aplicación moderada (buscando asegurar la productividad del cultivo).



La fertilización excesiva puede llegar a afectar la rentabilidad, ya que se aplica más de lo que el cultivo necesita.





Procure interpretar los resultados del análisis de fertilidad de suelos con ayuda de personal técnico especializado.



El análisis de fertilidad de suelos le permite identificar los elementos en los que se debe enfocar el plan de fertilización, aunque siempre se recomienda la interpretación de los resultados por personal técnico especializado (figura 10).

Junto al análisis de suelo se entrega un plan de fertilización como recomendación útil para productores con bajo nivel técnico en sus cultivos. No obstante, contar con la asesoría técnica o profesional de un ingeniero agrónomo le permitirá aumentar la producción y disminuir los costos.

El diagnóstico de los resultados indica el estado del suelo en términos de fertilidad, se enfoca en los elementos a aportar y determina si es necesario realizar algún acondicionamiento al suelo para que la nutrición del cultivo sea la mejor (figura 11).

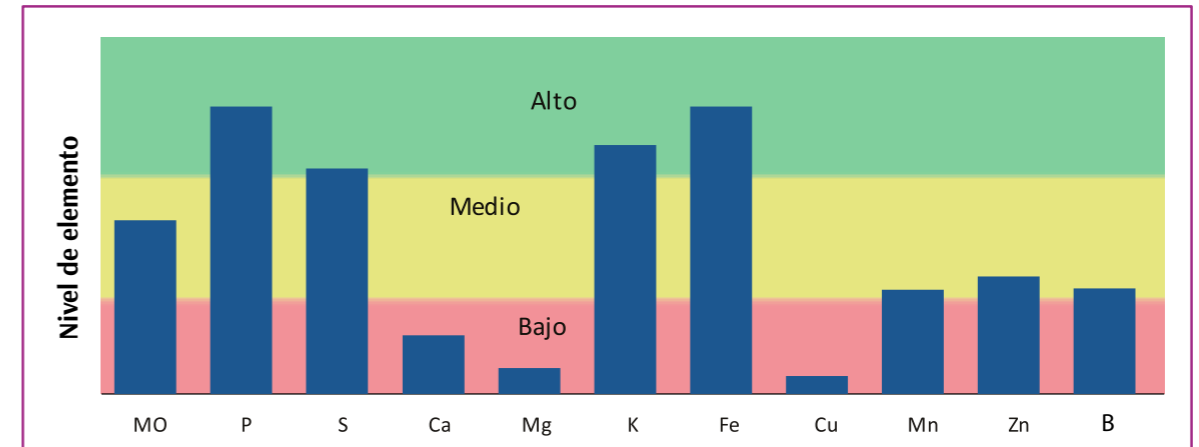


Figura 10. Gráfica de interpretación del análisis presentado en el informe de resultados de fertilidad de suelos entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

DIAGNÓSTICO DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

Suelo con reacción muy fuertemente ácida, con saturación muy alta de Aluminio; por lo tanto, se recomienda la aplicación de enmiendas calcáreas para manejar acidez y mejorar la disponibilidad de nutrientes. Disponibilidad moderada de Nitrógeno considerando el porcentaje medio de materia orgánica, se recomienda la aplicación de Nitrógeno. Para el Fósforo y el Azufre se recomienda su aplicación moderadamente debido a sus elevados contenidos en el suelo. Para las bases de cambio Calcio y Magnesio se recomienda su aplicación debido a sus bajos niveles edáficos, para Potasio se recomienda su aplicación moderadamente. En cuanto a los micronutrientes se aconseja aportar Zinc y Boro dadas sus moderadas concentraciones nativas, para Hierro y Manganeseo no se sugiere añadirlos.

Figura 11. Ejemplo de diagnóstico de análisis de suelo en el plan de fertilización entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia





Se recomienda realizar el análisis de suelo de manera frecuente para mejorar diagnósticos.

El informe también presenta los nutrientes a aportar y sus cantidades para una hectárea, lo cual es importante porque con estos datos se pueden modificar las fuentes fertilizantes de acuerdo con la disponibilidad de los productos en el municipio (figura 12). Con respecto a la cantidad de dosis de fertilizantes y la época de aplicación, según la edad del cultivo, el informe indica fuentes genéricas para aplicar, con el fin de evitar compromisos comerciales con alguna marca comercial (figura 13).

Para tener en cuenta: el análisis de suelo es una herramienta de suma importancia para su cultivo porque le permite conocer las necesidades de nutrientes del suelo, detectar posibles enmiendas, ajustar su plan de fertilización para favorecer un buen manejo agronómico, evitar los sobrecostos de fertilización y optimizar recursos. La veracidad de un análisis de suelo radica en un buen muestreo; se recomienda realizar el análisis de suelo de manera frecuente para mejorar diagnósticos.

CANTIDAD DE NUTRIENTES APORTADOS EN EL PLAN DE FERTILIZACIÓN

NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	HIERRO	MANGANESO	ZINC	BORO
Kg/ha									
150.0	147.0	172.0	58.0	29.0	20.0	0.0	0.0	2.5	0.5

Figura 12. Ejemplo de cantidad de nutrientes calculados mediante el plan de fertilización.

Fuente: Elaboración propia

DOSIS DE FERTILIZANTE Y ÉPOCA DE APLICACIÓN

Aplicar en el surco al momento de la siembra las siguientes fuentes fertilizantes

- Sulfato de Zinc 9.0 kg/ha
- 10-30-10 400.0 kg/ha
- Nitrato de Calcio 175.0 kg/ha
- Bórax 5.0 kg/ha

Aplicar al momento del reabone las siguientes fuentes fertilizantes

- 17-6-18-2 450.0 kg/ha
- Sulfato de Magnesio 125.0 kg/ha
- Nitrato de Calcio 50.0 kg/ha
- KCl 85.0 kg/ha

Figura 13. Ejemplo de dosis y épocas de aplicación en una muestra de suelo para el cultivo de papa.

Fuente: Elaboración propia

