

## FUNDAMENTO PARA UNA FERTILIZACION EFICIENTE

**JOSE D. OPAZO A.**  
Ing. Agrónomo M.Sc.  
Depto. Ingeniería y Suelos

La fertilización es una práctica generalizada en los cultivos por el significativo efecto que tiene en los rendimientos y, además por mejorar la calidad del producto cosechado aunque, en muchos casos ambos, el rendimiento y la calidad, tienen la misma importancia para el productor.

Se ha comprobado que al considerar en conjunto los efectos de todas las prácticas tecnológicas, los fertilizantes contribuyen con un 25% o más en los aumentos de los rendimientos y, en algunos casos como en los cereales esta contribución puede llegar al 55%. En los sistemas de manejo tecnificados, los efectos de los fertilizantes en los rendimientos, por lo general suelen ser superiores al 50% y, en los casos de deficiencias severas éstos son del orden del 100% o más. Lo anteriormente citado deja muy en claro que la práctica de fertilización es de primera importancia en el éxito o fracaso de la gestión agrícola.

Los estudios realizados en los últimos años en fertilizantes se han orientado en gran medida a la optimización de la eficiencia, la cual depende de varios factores, que dicen relación con el tipo de suelo, el fertilizante y el cultivo.

### ASPECTOS GENERALES

Las principales preguntas que se formula un productor al momento de decidir la fertilización de un cultivo son: qué nutrientes se deben aplicar, en qué cantidad, el tipo de fertilizante y la forma de aplicación (qué, cuánto, cómo y cuándo).

En los distintos países, los estudios de fertilidad de suelos y de nutrición de cultivos van

configurando normas de tipo general, las cuales son ampliamente usadas para decidir la fertilización de los cultivos. Pero esta generalización no es completamente efectiva, ya que existe un sinnúmero de factores como: la variabilidad de los suelos, el diferente uso que de ellos se hace, el historial de fertilización y los distintos niveles de tecnología aplicados que van conformando distintas situaciones, lo que hace imposible el generalizar. Sin embargo, sucede que en la mayoría de los casos la fertilización se decide basándose en estas normas generales, ello es así incluso en los países desarrollados; aunque en éstos, la cantidad de información experimental es tal que les permite elaborar tablas de recomendaciones considerando: tipos de suelos, potenciales productivos, sistemas de cultivo, historiales de manejo, y otros. Las normas son divulgadas a través de textos, manuales o cartillas. A continuación se hacen algunos comentarios generales que dicen relación con este enfoque de manejo de la fertilización en los cultivos.

En relación con los nutrientes que se deben aplicar, para las condiciones del país, se pueden hacer los siguientes comentarios:

- El nitrógeno es un elemento que en la mayoría de los casos es deficiente, incluso, en el establecimiento de cultivos de leguminosas se recomiendan dosis de 40 a 60 kg N/há., de esta manera se asegura el desarrollo de las plantas al inicio, antes que se haga efectivo el aporte de nitrógeno por los Rhizobium. En cultivos distintos a las leguminosas, las dosis varían, según la especie, entre 60 y 350 kg N/há.
- Las deficiencias de fósforo son bastante generalizadas siendo estas bastantes severas en

los suelos trumaos y rojos arcillosos del sur del país.

- En suelos de la zona centro-norte y norte, que tiene una menor capacidad de retención de P (reacción del P con la fracción sólida del suelo), con las aplicaciones de fosfatos los suelos suelen alcanzar niveles de disponibilidad media a alta. En estos suelos las estimaciones realizadas indican que un tercio de los casos tienen una disponibilidad de P alta y en esta situación sólo se debe considerar una fertilización de mantención o no aplicar P, cuando el nivel de disponibilidad es muy alto. En general, para cultivos y praderas se recomienda realizar cada tres años un análisis de suelos, y de esta forma ajustar las dosis considerando un programa de fertilización. En frutales, en general, los niveles de disponibilidad son suficientes incluso en condiciones de alta producción, como lo indican los análisis de fósforo en planta, realizados en diferentes especies.
- Con respecto al potasio, se puede decir que los suelos del país se caracterizan por tener altos contenidos de potasio disponible, y los problemas son algo más comunes sólo en la zona sur. En Llanquihue, por ejemplo, en remolacha se han obtenido incrementos de producción del orden de 4 a 11 ton/há al aplicar potasio. En cambio, en suelos regados de la zona central no se han encontrado respuestas a la aplicación de potasio. En maíz y en tomate no se han encontrado efectos del potasio en los rendimientos. El análisis de suelos permite detectar en forma bastante efectiva los casos en los cuales el potasio es deficiente, y este diagnóstico es muy aconsejable realizarlo para los cultivos de remolacha, raps y papa en los suelos de la zona sur. En frutales suelen presentarse carencias de potasio en la vid, manzano y cítricos.
- Otras deficiencias menos frecuentes que suelen presentarse en la zona sur son las de azufre, magnesio y boro.
- En suelos de la zona centro-norte asociado a una condición de pH alcalino y presencia de carbonatos en algunos frutales como duraznero y cítricos, se presentan problemas de hierro, manganeso y zinc.
- En especies frutales tales como manzano, peral y cítricos suelen presentarse deficiencias de magnesio. Carencias de boro se han detectado en vid, manzano y peral<sup>1/</sup>.

## DIAGNOSTICO DE LAS CARENCIAS NUTRICIONALES

Las carencias nutricionales se pueden manifestar por un menor crecimiento durante la temporada, trastornos en la morfología de la planta y bajos rendimientos. Sin embargo, todos estos síntomas se presentarán demasiado tarde y sólo se podrán considerar correcciones a futuro.

Los síntomas descritos pueden estar relacionados con otros problemas no nutricionales, los cuales previo análisis deberían ser descartados antes de pensar en un problema nutricional. Estos problemas pueden ser: salinidad, déficit hídrico, compactación del suelo, drenaje defectuoso, competencia por malezas, toxicidades, enfermedades, plagas, labores realizadas fuera de tiempo o mal realizadas, y otros. Cuando alguno de estos problemas limitantes esté presente, se afectará el potencial productivo y, el agricultor puede pensar que se trata de un problema de fertilización y actuar en forma errónea al respecto.

La carencia de un determinado elemento nutricional produce un síntoma con un patrón característico. Estos se conocen como síntomas visuales, que pueden ser una amarillez de las hojas (clorosis), hojas o bordes de la lámina secos o quemados (necrosis), hojas de menor tamaño, internudos cortos, muerte del ápice, entre otros. Esta es una herramienta útil para el diagnóstico de las carencias nutricionales o toxicidades cuando se tiene la experiencia de campo adecuada, no obstante, el diagnóstico se hace tarde. En los cultivos anuales será tarde para corregir el problema y los rendimientos serán menores o incluso se puede perder por completo el cultivo. En frutales al presentarse el síntoma, ya los rendimientos han sido afectados, y la corrección puede demorar una o dos temporadas.

El desarrollo de las ciencias agrícolas ha permitido contar con dos técnicas de diagnóstico de tipo analítico, que tienen la ventaja de poder prevenir los problemas antes que estos causen caídas en la producción. Estas dos técnicas son el análisis de suelos y el análisis foliar.

1/.B. Razeto. Ing. Agr. M.Sc. Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Comunicación personal.

### Análisis de suelo

El análisis de rutina de suelos que hacen los laboratorios especializados proporciona información básica para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. En él se incluyen las concentraciones disponibles de N, P, K; materia orgánica, pH y salinidad. No obstante, existen casos en que se solicita un análisis más completo para detectar algún problema especial. El análisis de rutina, por lo general es suficiente para realizar las recomendaciones de fertilización.

Para el análisis de suelo el agricultor debe obtener una muestra compuesta, que corresponde a la mezcla de 15 a 18 muestras sacadas de distintos puntos del terreno en estudio, elegidos al azar, pero distribuidos uniformemente en toda el área, para lo cual se recomienda realizar un recorrido en zig-zag. En cada punto se toma una muestra de suelo hasta la profundidad de 20 cm (capa arable) con una pala o barreno hasta completar las 15 ó 18, dependiendo de cuán homogéneo se estime el suelo de una superficie no superior a 10 hectáreas. En superficies mayores o cuando los suelos son muy variables se debe considerar más de una unidad de muestreo, en cada una de las cuales se debe tomar una muestra compuesta, de la misma forma descrita.

El análisis de suelo se usa en el diagnóstico para el establecimiento de cultivos anuales y praderas, pero no para frutales, porque en éstos no existe una buena relación entre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y el estado nutricional de los árboles, ya que los frutales poseen un sistema de reserva de una temporada para otra y se independizan en algún grado de la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

No es necesario repetir todos los años el análisis de suelo en un mismo campo, ya que se puede establecer un programa de fertilización para un período de tres años y luego evaluar los cambios con un nuevo análisis. La muestra debe ser tomada dos o tres meses antes de establecer el cultivo, con el fin de determinar con tiempo la adquisición de fertilizantes.

### Análisis foliar

El análisis foliar es una metodología que consiste en determinar las concentraciones de los elementos esenciales en los tejidos de las plantas. Actualmente es una herramienta de diagnóstico fundamental para el manejo de la fertilización en frutales, y en algunos casos en cultivos anuales y praderas. Este análisis

permite: confirmar síntomas de deficiencia o toxicidades, detectar deficiencias ocultas, que están afectando la producción, evaluar si las dosis de fertilizantes son las adecuadas, detectándose los casos de sub o sobre fertilización y, por último, mediante una nutrición óptima a través de un adecuado ajuste de la fertilización, favorecer la calidad y maximizar los rendimientos.

Este análisis también se hace sobre una muestra compuesta de hojas tomadas de un determinado número de plantas. Por lo general se analizan hojas, pero también pueden ser pecíolos o láminas. Para cada especie se ha definido: una época de muestreo, un tipo de tejido y un método de muestreo, por lo cual lo más aconsejable es contactarse previamente con el laboratorio donde se enviarán las muestras con el fin de solicitar estas normas y de esta manera realizar el muestreo adecuado, aspecto que es fundamental para un buen diagnóstico.

Se deben tomar muestras separadas de acuerdo con las variedades, edad de los árboles y cualquier diferencia en el manejo. Generalmente se toman muestras por cuarteles y cada muestra no debe abarcar una superficie mayor que 10 hectáreas, aun cuando se trate de un sector homogéneo y de la misma variedad. En superficies mayores a las 10 hectáreas se debe separar el campo en unidades de muestreo menores al tamaño indicado.

Por lo general, en cada unidad de muestreo se toman dos a cuatro hojas de la periferia del árbol a una altura media, hasta completar 100 a 200 hojas por muestra, haciendo un recorrido en equis (x) en el huerto.

Las muestras se deben colocar en una bolsa de papel, bien identificadas y, si no son enviadas de inmediato al laboratorio, mantenerlas a 4° C.

En huertos frutales muy tecnificados es recomendable realizar el análisis todos los años, especialmente cuando se necesita evaluar el efecto de una corrección hecha en la temporada anterior o bien para ir ajustando las dosis de fertilización.

### DETERMINACION DE LA DOSIS DE FERTILIZANTE

El buen diagnóstico de las carencias de nutrientes y el ajuste de las dosis de fertilizantes permitirán, junto con otras variables de manejo, lograr optimizar los rendimientos.

Los nutrientes removidos desde el suelo por

las plantas varían según el cultivo (especie y variedad) y también de su rendimiento. Por tanto, al incluir la extracción en la determinación de las dosis, se debe considerar además el potencial productivo (rendimiento esperado).

Normalmente se observa que en la medida que una especie tiene mayores requerimientos por determinado elemento se hace más sensible a una situación de deficiencia; en otras palabras, responde muy bien a la aplicación de dicho elemento. Por ejemplo, muy respondedores al nitrógeno son el maíz y la papa; la remolacha es muy respondedora a nitrógeno, pero dosis excesivas afectan el contenido de azúcar en la raíz, por lo cual se debe manejar con prudencia su aplicación; se dan respuestas altas al fósforo en alfalfa, tréboles, remolacha, papa, raps; al potasio responden bien, papa, remolacha, alfalfa; el azufre presenta buena respuesta las crucíferas (coles, raps), remolacha y tréboles.

También es común encontrar un grado de sensibilidad entre variedades o cultivares frente a un determinado elemento nutricio-

nal, es decir, para una misma situación de disponibilidad de un nutriente algunas presentan deficiencias y otras no.

La extracción de nutrientes en los cultivos se determina a partir de la producción de materia seca en la parte aérea, frutos y raíces, lo cual multiplicado por la respectiva concentración del elemento, da la cantidad de nutriente presente en los distintos órganos de la planta: la suma de estas cantidades nos da la demanda o extracción del cultivo.

En el Cuadro 1 se señalan valores de extracción de macronutrientes para algunos cultivos.

Se puede ver que los requerimientos en los cultivos difieren. Con respecto al nitrógeno, los cultivos que más lo extraen son la papa, la remolacha y el maíz; los requerimientos de fósforo son muy inferiores a nitrógeno y, en general, hay un incremento cuando los rendimientos aumentan, especialmente en cultivos respondedores como la papa en comparación al trigo.

Para los cultivos de trigo y papa, se citan dos casos en los cuales cambia el potencial

CUADRO 1

Cantidades de macronutrientes extraídas por algunos cultivos en la temporada

Cultivo	Rendimiento ton/ha	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
				--- kg/ha ---	----		
Alfalfa <sup>b/</sup>	11,0	250	26	187	160	25	23
Maíz	10,0	220	35	162	58	50	33
Arroz	4,0	100	22	75	20	15	18
Trigo (1)	4,0	125	22	92	16	18	16
Trigo (2)	5,0	200	25	150	—	26	23
Cebada	4,0	70	12	30	10	5	15
Avena	3,5	100	17	100	14	20	20
Papa (1)	30,0	200	24	258	50	15	18
Papa (2)	60,0	280	56	329	—	35	26
Remolacha	40,0	230	20	220	70	25	30
Manzano	30,0	110	24	167	—	26	—

Fuente: Donahue, R.L. *et al.* (1977) Hausenbuiller, R.L. (1985); Tisdale, J.L. y Nelson, W.L. (1970); Trocme, S. y Gras, R. (1979).

b/ La alfalfa puede suplir la totalidad de sus requerimientos de nitrógeno a partir de la fijación simbiótica.

(1) y (2) ejemplos de extracción en un mismo cultivo, pero con diferentes rendimientos.

productivo. En ambos casos se puede constatar que a mayor potencial productivo más alta es la extracción de nutrientes.

En términos generales se puede decir que entre rendimientos medios y altos casi se duplica la extracción de nutrientes.

Silva y Rodríguez (1984) señalan la relación entre potencial productivo y requerimientos de N en papa y maíz que se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Relación entre potencial productivo y requerimientos de nitrógeno en papa y maíz

Cultivo	Potencial productivo qq/ha	Requerimiento de N kg/ha
Papa	300	137
	400	183
	500	229
Maíz	80	148
	100	185
	120	222
	140	259

Fuente: Silva, H. y Rodríguez, J. (1984).

En las leguminosas se ha estimado que alrededor de 1/3 del nitrógeno proviene del suelo y los 2/3 restantes provienen de la fijación de nitrógeno atmosférico por los *Rhizobium*; sin embargo, si el suelo es insuficiente en nitrógeno la fijación simbiótica se hace más eficiente pudiendo la leguminosa obtener casi la totalidad de sus requerimientos de N a partir de este proceso biológico. En las especies no leguminosas todo el nitrógeno debe ser aportado por el suelo ya sea desde la reserva natural o por los fertilizantes.

Las dosis de fertilizantes que se deben aplicar para la corrección de las deficiencias nutricionales provienen de resultados experimentales de ensayos de respuesta a distintas dosis del elemento en estudio, salvo cuando se estiman a partir de algunos modelos fundamentados en el balance de la demanda de nutrientes (requerimientos del cultivo) y el suministro del suelo, calculando un déficit nu-

tricional. Cabe aclarar que el análisis del suelo o foliar son elementos de diagnóstico, su información es sobre el nivel de disponibilidad del elemento en el suelo o el estado nutricional de las plantas, pero no dicen nada sobre la dosis que debe aplicarse para la corrección.

Al determinar la dosis se deben considerar los siguientes factores: especie, tipo de suelo, sistemas de manejo (por ejemplo, riego o secano), cultivos y fertilizaciones anteriores y, potencial productivo. Por lo general, los textos y cartillas consideran en sus tablas de recomendaciones algunos de estos parámetros y, normalmente las dosis se dan para un nivel medio de disponibilidad del nutriente. En caso de tener análisis de suelo o foliar el nivel de disponibilidad será un elemento importante.

Los laboratorios de análisis de suelo entregan como parte de su servicio la interpretación y recomendación según el resultado del análisis y antecedentes informados por el agricultor al ingresar su muestra de suelo. En el análisis foliar, por lo general no se entrega la recomendación, ya que su interpretación es aún más compleja y sólo el concurso de un especialista bien informado del cultivo frutal podrá analizar los resultados acertadamente. En el manejo del huerto generalmente se van ajustando las fertilizaciones a los niveles de producción alcanzados en la temporada y los niveles nutricionales indicados por el análisis foliar.

## TIPO DE FERTILIZANTE

En muchos países el tipo de fertilizantes empleado para proporcionar un determinado nutriente recibe particular atención, ya que se le asignan a sus propiedades un valor agregado en la producción, ya sea por sus efectos en los rendimientos o en la calidad del producto.

En la agricultura de tipo extensivo se toma como principal consideración el costo del nutriente en relación con el precio de venta del producto, por tanto mientras más barata es la unidad del nutriente, más conveniente será el empleo de un determinado material fertilizante.

No obstante, es bien sabido que cada producto fertilizante tiene características físicas y químicas muy particulares, por lo cual los efectos en los suelos y en los cultivos no siempre son los mismos.

En los suelos, los efectos más comunes son:

cambio en la reacción del suelo (pH), aumento de la salinidad, cambios en la proporción de los nutrientes (principalmente en las bases); también se puede favorecer la lixiviación de algún ión.

En las plantas, los efectos pueden ser: inducción de deficiencias (antagonismo), producción de toxicidades (problemas de sensibilidad del cultivo), afectar la calidad del producto (por ejemplo, el  $Cl^-$  afecta la combustión de la hoja del tabaco), pequeñas cantidades de otros elementos con efectos nutricionales favorables (por ejemplo, micronutrientes).

En general, se puede indicar que en la decisión del tipo de fertilizante a usar se deben considerar aspectos del suelo, del cultivo y económicos.

## FORMA DE APLICACION

Para aplicar un fertilizante en la forma más eficiente se deben considerar varios factores, como son: la movilidad del nutriente en el suelo, la característica del crecimiento de las raíces y, el material fertilizante que se va a usar.

En relación con lo primero se puede indicar que los elementos poco móviles (fósforo, potasio y magnesio) se deben aplicar en presembrado o en la siembra. En presembrado se distribuyen al voleo (con equipo centrífugo o por gravedad) y se incorporan con una labor de rastra. Cuando la aplicación es en la siembra van localizados en una banda con la máquina sembradora. En frutales el potasio debe ser aplicado en suercos contiguos a la hilera de plantación, a cierta distancia del tronco, según el sistema de riego (por ejemplo, 30 a 50 cm del tronco).

Los elementos moderadamente móviles (azufre) van en presembrado incorporados con una labor de rastra.

Los elementos móviles (nitrógeno) se aplican una parte (1/3 a 1/2) en la siembra y el resto en una o dos parcialidades en cobertera. En frutales en formación, la aplicación de N se parcializa a través de gran parte de la temporada aplicando dosis bajas. En frutales en producción, se hacen dos o tres parcialidades.

Los microelementos (Fe, Mn, Zn, B) se aplican mezclados con los otros fertilizantes, se localizan en forma individual o se aplican por vía foliar.

Los cultivos difieren en la morfología de su sistema radical como también en la rapidez y extensión de su desarrollo. Por ejemplo, cuando el maíz alcanza una altura de 50 cm absorbe nutrientes desde un volumen apreciable de suelo; no obstante, desde su emergencia hasta el desarrollo indicado, depende mucho del fósforo próximo a las raíces, lo cual implica que parte del fosfato debe localizarse en una banda, siendo en etapas posteriores también importante el nivel general de fósforo en todo el volumen de suelo. No así por ejemplo en la papa donde es más eficiente aplicar todo el fosfato localizado, ya que tiene durante todo su ciclo vegetativo un sistema radical limitado.

Cuando el fertilizante es aplicado en una banda con la sembradora debe hacerse un ajuste cuidadoso de la máquina y verificar frecuentemente el trabajo de ésta ya que, a menudo se dan resultados desastrosos a causa de los malos ajustes del equipo o falta de control durante el trabajo.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente es necesario:

- tener un adecuado conocimiento de los factores limitantes del suelo que pueden estar influyendo en la producción.
- hacer un diagnóstico nutricional, análisis de suelo o foliar, para determinar la fertilización óptima en el cultivo o rotación.
- determinar la dosis considerando el grado de la deficiencia nutricional, la especie y variedad, el potencial productivo y el historial de manejo del suelo.
- seleccionar el tipo de fertilizante en función del costo de la unidad de nutriente, las características del suelo y los efectos en el cultivo que se desea establecer.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAOS, J.F. 1974. Experimento exploratorio con potasio en maíz en Aconcagua. *Agricultura Técnica*. (Chile) 34 (4): 208-211.
- DONAHUE, R.L.; R.W., MILLER y J.C., SHICKLUNA. 1977. *Soils. An introduction to soils and plant growth*. Prentice-Hall, Inc, New Jersey. 626 p.

- HAUNSENBUILLER, R.L. 1985. Soil science: principles and practices. Dubuque, Iowa. 610 p.
- HIGNETT, T.P. 1980. Fertilize manual. Development and Transfer of Technology. Series N° 13. United Nations, New York. 353 p.
- INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL S.A. 1969. Boletín Remolachero. Año XII N° 45, 48 p.
- RUIZ, R. 1986. Respuesta del tomate para consumo fresco a la fertilización NPK y a la parcialización de la dosis de nitrógeno. Agricultura Técnica (Chile) 46 (4): 415-422.
- SILVA, H. y J. RODRIGUEZ. 1984. Fertilización del cultivo del maíz. Universidad Católica de Chile, Fac. Agronomía, Depto. Ciencias Vegetales. Boletín N° 1, 24 p.
- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ 1984. Fertilización del cultivo de la papa. Universidad Católica de Chile, Fac. Agronomía, Depto. Ciencias Vegetales. Boletín N° 3, 23 p.
- TISDALE, S.L. y W.L. NELSON. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, S.A. Barcelona. 760 p.
- TROCME, S. y R. GRAS. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 388 p.



**BIOPLANT** S.A. Una empresa CCT



**CIBA-GEIGY**