



MÉTODOS RÁPIDOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Enrique López Galán (I. A.)

E. U. I. T. Agrícola. Ciudad Universitaria. 28040-Madrid.

Fernando Miñano Fernández (L. B.)

MAGECISA. C/ Constanca, 41. 28002-Madrid

INDICE

	<u>Págs.</u>
1. ANALISIS DE SUELOS Y OBJETIVOS DE LA FERTILIZACION	3
2. PRINCIPALES NUTRIENTES. CLASIFICACION	4
3. POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REALIZACION DE ANALISIS DE SUELOS	6
4. EQUIPOS PORTATILES DE ANALISIS DE SUELOS	8
4.1. Principales ventajas	9
4.2. Principales inconvenientes	10
5. FASES EN LA REALIZACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS	12
5.1. Toma de muestras	13
5.1.1. Cómo se toman las muestras	13
5.1.2. Profundidad de muestreo	16
5.1.3. Cuándo deben tomarse las muestras	16
5.2. Realización del análisis. Métodos rápidos	17
5.3. Interpretación de los resultados	19
5.3.1. Necesidades de los cultivos	20
5.3.2. Establecimiento de los niveles de fertilidad del suelo	20
5.3.3. Breve comentario sobre las principales determinaciones	24
5.3.3.1. Orientaciones sobre la fertilización fosfatada y potásica	27
5.3.3.2. Orientaciones sobre la fertilización nitrogenada	29
6. CONCLUSIONES	31
7. BIBLIOGRAFIA	32

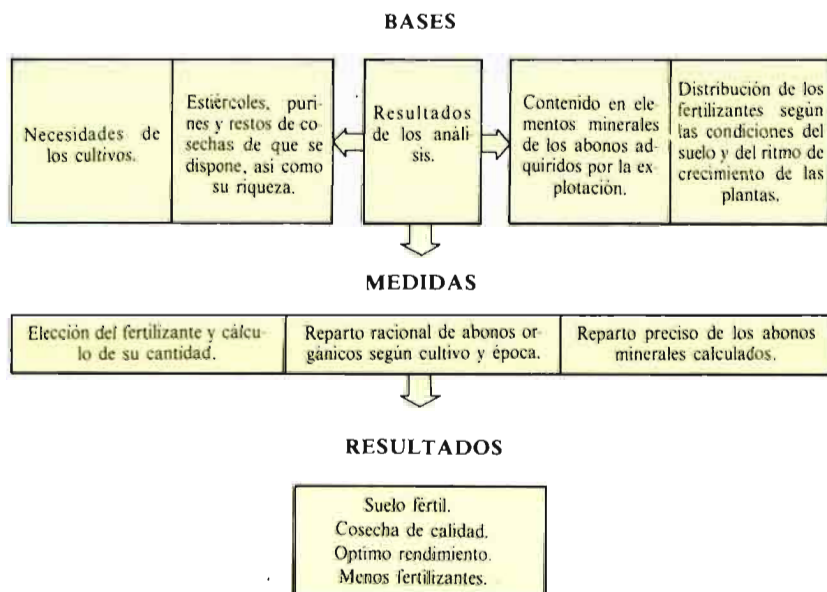
METODOS RAPIDOS DE ANALISIS DE SUELOS

1. ANALISIS DE SUELOS Y OBJETIVOS DE LA FERTILIZACION

Los análisis de suelos definen, a través de un conjunto de determinaciones, su constitución y contenido en elementos minerales rápidamente asimilables por las plantas. En consecuencia, ofrecen al agricultor la posibilidad de aportar al suelo la cantidad y calidad necesarias de elementos nutritivos, bien como abonos minerales (químicos), bien como estiércoles, purines o restos de cosechas (orgánicos).

Los análisis de suelos constituyen una pieza clave en la consecución de una correcta fertilización (cuadro 1). Una buena

Cuadro 1.—CONCEPTO ACTUAL DE LA FERTILIZACION, DONDE LOS ANALISIS SON LA PIEZA CLAVE DE TODO EL SISTEMA



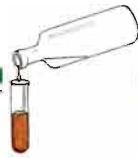
prueba de esta necesidad es el hecho de que los análisis de suelos son uno de los servicios más frecuentemente pedidos por los agricultores (Fig. 1).

2. PRINCIPALES NUTRIENTES. CLASIFICACION

Todos aquellos elementos que participan en el proceso de la asimilación, y que forman los grupos vitales para la planta, representan la materia nutritiva vegetal imprescindible. Entre estos elementos básicos figuran: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Sin embargo, existe una serie de elementos químicos que no se encuentran en el material vegetal estructural, y cuya presencia es necesaria para catalizar y



Fig. 1.—Cultivo homogéneo y uniforme sujeto a una fertilización correcta y equilibrada.



regular los procesos fisiológicos. Por tanto, también estos elementos tienen que ser considerados como materias nutritivas indispensables. Este grupo está compuesto por los siguientes elementos: potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro.

Además de las materias nutritivas citadas, en el análisis de algunas plantas se encuentran otros minerales, como son el sodio, el aluminio, el silicio, etc., que, al no encontrarse en todas las plantas, no se consideran esenciales.

Teniendo en cuenta que ningún elemento vital puede reemplazar a otro, se comprende que si falta un elemento en un medio nutritivo no es posible la vida vegetal. Por lo tanto, cualquier elemento tiene la misma importancia que los demás, aunque es verdad que no es necesario aportar al suelo todos los elementos nutritivos mediante el abonado. El carbono, el oxígeno y el hidrógeno son absorbidos por la planta del aire y del agua, mientras que los demás elementos se absorben del suelo. De estos últimos las plantas necesitan mayor cantidad de unos que de otros, y algunos de ellos están normalmente presentes en el suelo en cantidad suficiente, mientras que otros no lo están. Atendiendo a estos dos criterios, los elementos nutritivos se pueden clasificar en:

- a) **Macroelementos primarios.** Son los que necesita la planta en cantidades elevadas y cuyo contenido en el suelo no suele ser suficiente para cubrir sus necesidades. En este grupo están:
 - nitrógeno
 - fósforo
 - potasio
- b) **Macroelementos secundarios.** Las exigencias de la planta también son altas respecto a los elementos de este grupo, pero sus contenidos en el suelo suelen ser suficientes para cubrirlos. Este grupo queda formado por:
 - calcio
 - azufre
 - magnesio

De estos elementos, el azufre, aun estando en contenidos insuficientes en el suelo, no presenta casi nunca problemas, ya que se añade de forma indirecta con casi todos

los abonos y con buena parte de los productos fitosanitarios.

- c) Microelementos u oligoelementos. Son aquellos elementos de los cuales las plantas tienen unas necesidades muy pequeñas y cuyo contenido en el suelo es suficiente para asegurarlas. Solamente la presencia muy elevada de algún macroelemento secundario puede impedir que las plantas lo absorban (bloqueos), o que determinadas condiciones físicas del suelo (como el pH) impidan su solubilidad, y por tanto, su disponibilidad para la planta. Forman este grupo:
- hierro
 - manganeso
 - cobre
 - zinc
 - boro
 - molibdeno
 - cloro

La fertilización la podemos restringir a aquellos elementos que no se hallan en el suelo en cantidad suficiente y en forma asimilable para las plantas. Estos elementos son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y ocasionalmente, según las propiedades físicas del suelo, algún microelemento. En la cuantificación de estos elementos, así como en las propiedades físicas que pueden condicionar su disponibilidad, es en lo que se centran principalmente las determinaciones de los análisis de suelos.

3. POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REALIZACION DE ANALISIS DE SUELOS

Actualmente en nuestro país la realización de los análisis de suelos necesarios para formular recomendaciones de valor práctico no es aún una disciplina independiente. Esta situación lleva asociada una serie de inconvenientes, entre los que destacamos:

- Coste elevado del transporte de las muestras.
- Mucho retraso en conocer los resultados. Esto condiciona en muchos casos la necesaria repetición de los análisis.
- En muchas ocasiones no se dice el método que se ha seguido en las determinaciones, con lo que se dificulta su interpretación.



- Cada laboratorio de análisis realiza los métodos analíticos que ha considerado mejores por ser los más eficaces en su zona agrícola de influencia. La consecuencia es que muchas veces los resultados procedentes de dos laboratorios distintos no son comparables y que las recomendaciones ofrecidas a los agricultores son incompletas y poco representativas de su situación concreta.
- En ocasiones los análisis se hacen de forma gratuita por las empresas de fertilizantes, pero las recomendaciones se desvían, como es lógico, desde un punto de vista comercial, hacia las marcas de sus productos.
- Coste elevado del análisis cuando las muestras se remiten a laboratorios particulares.

Una de las soluciones a estos problemas sería el que fuesen los propios interesados los que realizasen los análisis. Esta solución, que hasta hace unos pocos años había sido poco menos que inviable debido a que los equipos habituales de análisis eran excesivamente costosos y de uso y mantenimiento complejos, va siendo cada vez más factible, debido a la aparición en el mercado de equipos de análisis preparados especialmente al efecto (Fig. 2).



Fig. 2.—Agricultor realizando el análisis en su propio terreno.

Los métodos rápidos de análisis realizados por estos equipos portátiles se están aplicando ya desde hace unos años en países de la Comunidad Económica Europea. En estos países los agricultores hacen los análisis de sus tierras y los datos que obtienen se los pasan a los técnicos de Extensión Agraria, a los consultores agrarios o incluso a los agentes técnicos de las empresas de fertilizantes, quienes les aconsejan sobre el tipo y la cantidad de fertilizantes a utilizar, así como su distribución a lo largo del tiempo que dura el cultivo.

La importancia potencial de estos equipos se incluye dentro de las distintas alternativas que el productor agrario tiene actualmente para realizar sus análisis de tierras (cuadro 2).

Cuadro 2.— ALTERNATIVAS EN ESPAÑA PARA LA REALIZACION DE ANALISIS DE TIERRAS

	Empresas de fertilizantes	Laboratorios oficiales	Empresas de análisis	Agríc. o técnicos con lab. portátiles
Muestreo	Frecuentemente incorrecto	Frecuentemente incorrecto	Frecuentemente incorrecto	Correcto
Envío	Sin coste	Costoso	Costoso	Sin coste
Análisis	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Duración	25 días o más	De 40 a 60 días	15 días mínimo	Inmediato
Diagnóstico	Parcial y dirigido a sus productos	Parcial	Parcial o total	Integral o total
Seguimiento	Infrecuente	Infrecuente	Infrecuente	Si
Coste	Gratis	Muy económico	Caro	Económico

4. EQUIPOS PORTATILES DE ANALISIS DE SUELOS

En la configuración y puesta a punto de este tipo de equipos, ya presentes en el mercado nacional, han intervenido técnicos de organismos internacionales de reconocido prestigio, como FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación), USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), INRA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias de Francia), ADAS (Servicio de Asistencia y Desarrollo Agrario del



Reino Unido), etc., lo que les confiere una importante solidez técnica.

4.1. Principales ventajas

- El agricultor se hace más autosuficiente en materia de análisis de suelos.
- Siempre se utiliza el mismo método, con lo que los resultados sucesivos son comparables.
- Son de fácil manejo. El método analítico está preparado y simplificado al máximo, sin pérdida de rigor (Fig. 3).
- Son suficientemente exactos y fiables.
- Cubren normalmente toda la gama de determinaciones que se pretendan realizar por parte del agricultor.
- Inmediata obtención de resultados. Los análisis pueden realizarse, por lo tanto, en el momento oportuno.
- Van provistos de un manual perfectamente detallado para ayudar a la interpretación de los resultados.



Fig. 3. — Equipo sencillo portátil para hacer 100 análisis de pH, 50 de nitrato, 50 de amonio, 50 de potasio, 50 de fósforo y 50 de magnesio. La determinación se realiza en cuestión de minutos por carta o tarjeta de colores. Elegido uno, se hace corresponder a un índice que nos señala en una tabla la cantidad de ese nutriente que hay en el suelo.

4.2. Principales inconvenientes

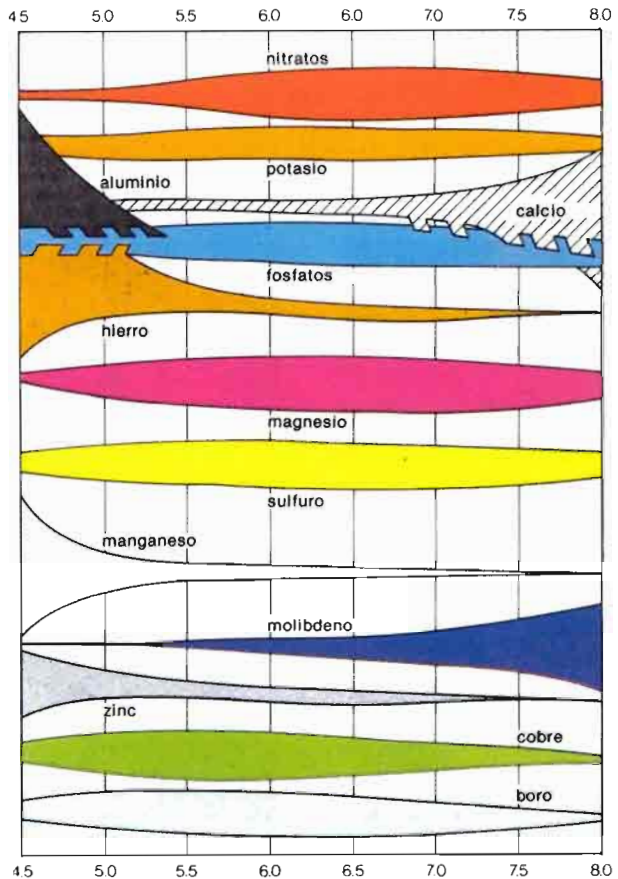
- El objeto de un primer análisis es determinar parámetros tales como: pH, materia orgánica, textura y carbonatos totales (análisis físico). Estas determinaciones permiten configurar la «carta de visita de un suelo», previa a la evaluación de los elementos nutritivos (análisis químico).
- Por tanto, esto nos va a obligar a encargar el análisis inicial a un laboratorio. Este primer análisis debe repetirse al menos cada dos o tres años para ver si han cambiado los parámetros antes citados.
- En el caso de que el agricultor quiera corregirlos deberá contar antes con el asesoramiento de un consultor, bien privado, bien oficial de los propios servicios públicos agrarios. No obstante se podrá ahorrar el análisis de algunos parámetros poco modificables, como la textura de indole



Fig. 4.—Para la determinación del pH de un suelo, la evaluación visual de los colores y la medición mediante un instrumento adecuado son las dos alternativas posibles.



Fig. 5.—En este diagrama, que se diseñó en la Kentucky Experimental Station, se muestran esquemáticamente muchas sustancias nutritivas de las que pueden disponer las plantas, en terrenos minerales y con arreglo a la reacción de éstos (pH). Apréciese que, para valores extremos del pH, la disponibilidad puede ser máxima o nula y que la presencia de fósforo puede incluso reducirse considerablemente cuando los fosfatos forman compuestos con ciertos elementos que no son solubles en agua. Este diagrama ilustra lo útil que es el conocer el valor del pH de su propio terreno y aquel valor más idóneo para las cosechas propias.



granulométrica, que expresa la proporción entre el distinto tamaño de las partículas minerales del suelo (arena, limo y arcilla). (Figs. 4 y 5.)

Los laboratorios portátiles, si bien cubren casi toda la gama de determinaciones, están especialmente indicados para los seguimientos de fertilidad (análisis químicos), ya que son parámetros mucho más variables en el tiempo.

- Desgraciadamente, y a pesar de su sencillez, algunos agricultores aún no tienen formación necesaria para interpretar los resultados, por lo que estos equipos están siendo utilizados en nuestro país, principalmente por técnicos agrícolas

y consultores. En países europeos este inconveniente se solventa, como ya hemos apuntado, al existir una buena coordinación entre el agricultor y el técnico.

Con el objeto de ofrecer la información necesaria en la utilización de este tipo de equipo, vamos a continuación a realizar una breve descripción del contenido de un equipo básico para medir en un suelo mineral el pH (unas 100 determinaciones) y el nivel de nutrientes (unas 50 determinaciones para cada uno): nitratos, amonio, fósforo, potasio y magnesio.

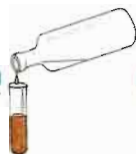
- Un maletín de plástico resistente para transportar todo el equipo.
- Una botella con extractor de nutrientes.
- Varias botellitas (dos o tres, según nutriente) con reactivos para colorear el extracto obtenido de la muestra de suelo que se quiere analizar.
- Un colorímetro a pilas con sus filtros o, como alternativa, tarjetas con círculos de distinto color y tonalidad, que reflejan un nivel de nutriente (las tarjetas son más baratas, pero menos precisas que el aparato).
- Material diverso de plástico o de vidrio para medir, de fácil uso y limpieza (embudos, cuentagotas, cucharillas, filtros de papel, tubitos, etcétera).
- Un manual detallado con todas las instrucciones para el muestreo y el análisis, incluyendo tablas que relacionan el índice del color con el nivel de nutriente y otras con el tipo y la cantidad de fertilizantes a emplear según el tipo de cultivo. Además posee otra información adicional.

Desarrollemos ahora las distintas fases por las que pasa cualquier análisis de suelo, particularizando para el caso de los métodos rápidos (equipos portátiles de análisis).

5. FASES EN LA REALIZACION DE LOS ANALISIS DE SUELOS

Los análisis de suelo, sea cual fuera el método elegido, requiere tres fases:

- 1.^a Toma de muestras.
- 2.^a Realización del análisis propiamente dicho.
- 3.^a Interpretación de los resultados.



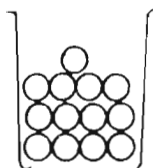
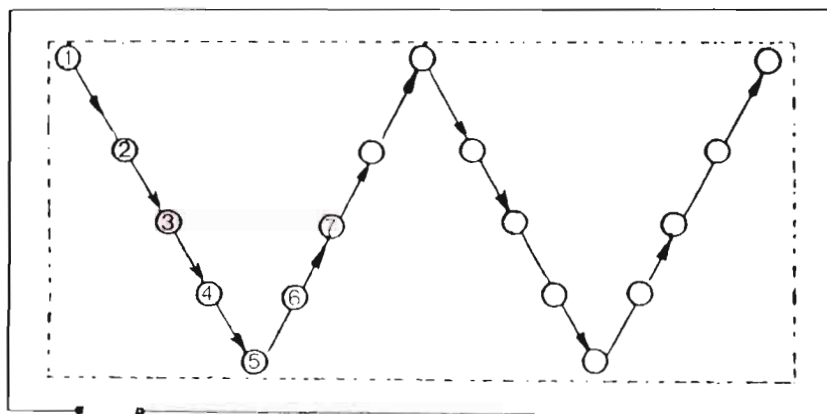
Cada una de ellas es importante, y aunque a menudo se presta especial atención a la técnica utilizada, sin embargo la toma de una muestra que represente todo el terreno de cultivo es, seguramente, tan importante como la precisión del método analítico utilizado.

5.1. Toma de muestras

5.1.1. *Cómo se toman las muestras*

Los suelos son heterogéneos y sus propiedades varían, incluso, dentro de una parcela de reducidas dimensiones. Esta variación es menor para algunas características (como el valor del pH) y mayor para otras (como los contenidos en nutrientes disponibles).

Para que la muestra sea representativa de la superficie que se pretende analizar debe estar formada por un número determinado de submuestras tomadas de forma homogénea por toda la superficie (Fig. 6).



○ Submuestra.

Muestra resultante de la mezcla de las 17 submuestras

Fig. 6.—Esquema de la recogida de 15 a 20 submuestras para mezclarlas y obtener así una muestra que sea representativa de una parcela de una hectárea de extensión.

El número de submuestras recomendado para reducir el error de muestreo (Fig. 7) varía de 15 a 40, dependiendo de la heterogeneidad del terreno. Esta se pone de manifiesto observando las desigualdades en el crecimiento del cultivo implantado en la parcela objeto del muestreo. Lo normal es tomar 15 submuestras por cada muestra, y ésta por cada una o dos hectáreas. Si la superficie es mayor, o hay una heterogeneidad del terreno manifiesta, es mejor tomar dos o más muestras independientes.

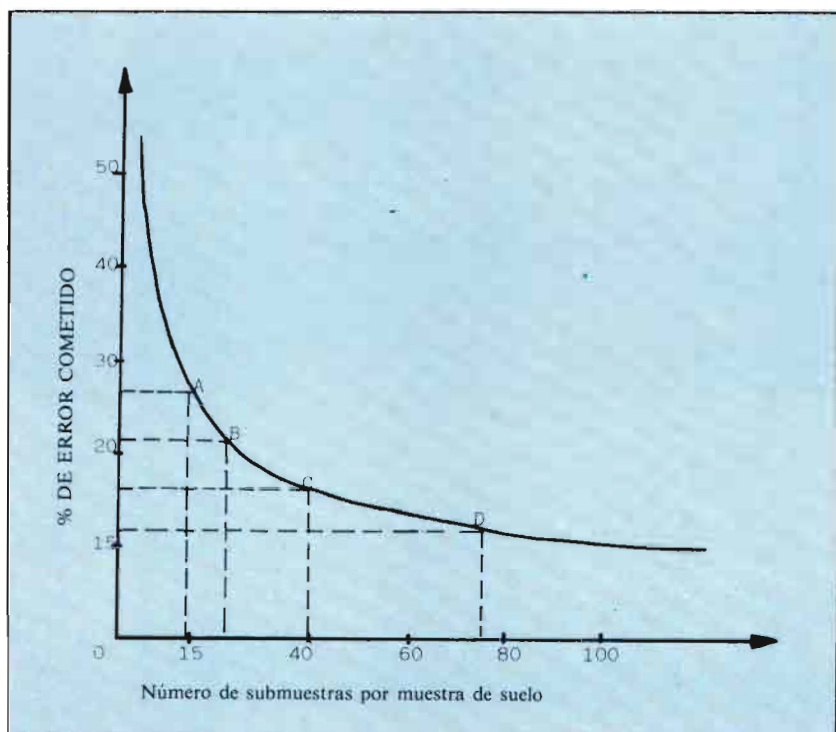


Fig. 7.—La curva representa la disminución del error cometido en la toma de muestras a medida que el número de submuestras que las componen aumenta. Se considera un error aceptable el 27 por 100 que se alcanza en condiciones normales para 15 submuestras por muestra. Todos los valores están referidos a una superficie de una hectárea.

Una submuestra es el volumen de tierra tomado, bien con un aparato preparado al efecto, llamado «sacamuestras» (Fig. 8), bien haciendo un pequeño agujero con una pala y rascando sus

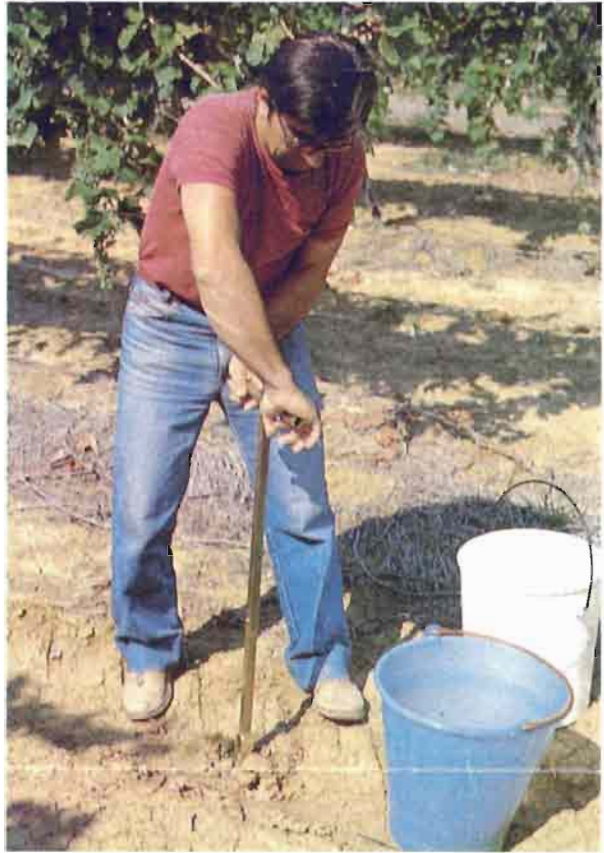
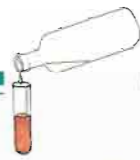


Fig. 8.—Toma de muestras con un aparato sacamuestras.

paredes de forma homogénea, desde la parte superior hasta la profundidad deseada, hasta obtener una cantidad aproximada de unos 100 g de tierra. Los primeros centímetros de suelo se desechan.

La muestra quedaría constituida por la cuidadosa mezcla de las 15 submuestras.

No deberán tomarse muestras en:

- a) Zanjas abiertas.
- b) Cerca de los caminos.
- c) Cerca de drenajes, lindes, calveros, zonas de movimientos de tierras, etcétera.

Cada muestra se introduce en una bolsa de plástico con una ficha o tarjeta que la identifique (número de parcela, profundidad de muestreo, fecha, etcétera).

5.1.2. Profundidad de muestreo

La capa del suelo de la que las raíces absorben la mayor parte de los nutrientes es la que se debe muestrear. En general esta capa de suelo coincide con la profundidad del laboreo. Además en el perfil trabajado es donde más fácilmente se puede modificar el contenido en elementos nutritivos.

Como norma general podemos dar las siguientes recomendaciones:

- De 0 a 8-10 cm para praderas temporales o permanentes.
- De 0 a 15-25 cm para los cultivos extensivos en general.
- Para frutales y viñedo, aunque la mayor parte de las raíces están en los primeros 30 cm, aconsejamos la extracción de submuestras en dos profundidades distintas, de 0 a 30 cm y de 30 a 50 cm, componiendo dos muestras diferentes por su distinta profundidad.

Para la evaluación del nitrógeno en forma de nitrato se aconseja una profundidad de muestreo; para el caso de cultivos extensivos, algo mayor, próxima a los 40 cm.

5.1.3. Cuándo deben tomarse las muestras

Las muestras para un análisis de elementos nutritivos no deben tomarse nunca después de un abonado o una enmienda de cualquier tipo. El periodo que separa dos cultivos es el más apropiado para la toma de muestras. El contenido en humedad del suelo no es importante cuando la determinación va a realizarse de forma más o menos inmediata.

En el caso del nitrógeno, por ser el elemento más móvil en el suelo, es conveniente hacer dos o más determinaciones para un mismo cultivo; una, antes de la siembra, para planificar el abonado de sembrera, y la otra u otras durante las primeras fases de desarrollo del cultivo, para las correspondientes adiciones de cobertera.

Los análisis de las formas minerales del nitrógeno (nitratos y amonio) hay que realizarlos lo más rápidamente posible una vez tomadas las muestras. Esto es así para evitar al máximo la



pérdidas gaseosas del nitrógeno producidas por la actividad microbiana.

Antes de proceder a realizar el análisis, las muestras se secan y se tamizan con un cedazo o tamiz de 2 mm de agujero de malla.

5.2. Realización del análisis. Métodos rápidos

Ya hemos apuntado, al hablar de los principales inconvenientes de los laboratorios portátiles, que los análisis de suelos se dividen en dos grupos:

a) Un primer grupo, llamado análisis físico, comprende las determinaciones siguientes:

- Composición granulométrica o textura.
- Contenido en materia orgánica.
- pH del suelo.
- Carbonatos totales.

b) Un segundo grupo, llamado análisis químico, comprende las determinaciones de:

- Nitrógeno mineral.
- Fósforo asimilable.
- Potasio cambiante.
- Magnesio cambiante.
- Oligoelementos asimilables.

Mientras que los valores de los parámetros físicos son más o menos constantes en el tiempo (con un solo análisis sería suficiente, siempre que no se incida directamente sobre esas propiedades con encalados, estercoladuras, etc.), los elementos nutritivos son muy variables, por lo que exigen una repetición de los análisis. Es en éstos precisamente en los que están indicados los métodos rápidos de análisis, por lo que vamos a exponer el método utilizado en sus respectivas determinaciones.

El método seguido por los laboratorios portátiles (métodos rápidos) es colorimétrico; lo que se mide, por tanto, es un cambio de color.

El método comprende dos fases sucesivas:

- a) Una fase de extracción.
- b) Una fase de determinación química (Fig. 9).

MEZCLADO



1. El terreno y el disolvente se mezclan.

FILTRACION



2. La filtración produce un extracto.

Las fotografías que se muestran en este ejemplo se refieren a la prueba del fósforo.

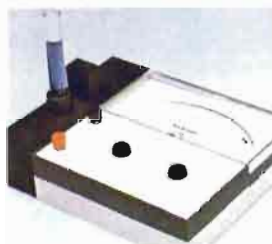


REACCION CROMATICA



3. Los reactivos 1 y 2 se añaden al extracto.

MEDICION CON INSTRUMENTO



4b. Se efectúa la lectura del colorímetro.

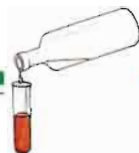
EVALUACION VISUAL



4a. El color se compara.

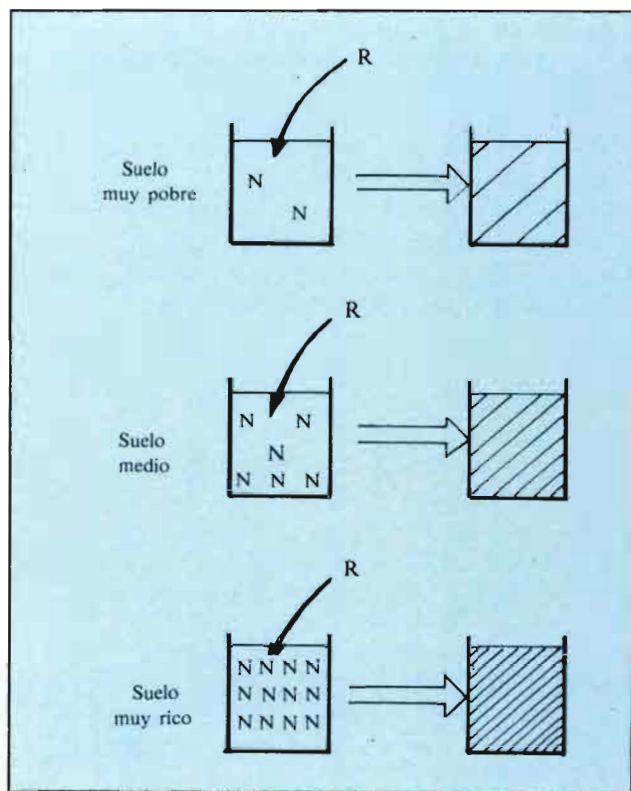
Fig. 9.—Para el análisis de las sustancias nutritivas, la evaluación visual de los colores y la medición con un instrumento adecuado son las dos alternativas posibles.

Las sustancias nutritivas se extraen de la muestra del suelo mediante un disolvente único, lo que acorta y simplifica las operaciones de extracción y reduce el riesgo de error. Cuando este proceso ha terminado, se recoge para cada prueba una parte de la filtración, a la que se añaden los reactivos apropiados y en el orden que indique el manual.



Después de añadir los reactivos se desarrolla un color que es diferente para cada prueba, y cuya intensidad es proporcional al contenido de la sustancia nutritiva presente. Esta intensidad se cuantifica mediante confrontación con una carta de color o mediante un colorímetro (Fig. 10).

Fig. 10.—Una vez extraído el elemento nutritivo se añade un reactivo (R) (distinto para cada elemento nutritivo) que reacciona con el nutriente considerado (N), dando lugar a una reacción coloreada, de forma que cuanto más intensa sea la coloración más nutriente contendrá el suelo de forma asimilable.



5.3. Interpretación de los resultados

La interpretación de los análisis de suelos es muy compleja, pese a la gran sencillez de su principio básico, que es la correlación entre los resultados analíticos que acabamos de evaluar y las necesidades de los cultivos. La principal complicación nace de que el contenido en nutrientes de los suelos no es

el único factor del que depende el rendimiento y la calidad del producto final.

En consecuencia, no resultan tan claras y significativas como sería de desear las correlaciones entre las respuestas del cultivo y las dosis fertilizantes calculadas en función de los datos resultantes de los análisis de suelos. Esto exige la necesidad, como ya apuntábamos al principio, de una repetición de los análisis en el tiempo, observando, paralelamente, el comportamiento del cultivo. Se trata en definitiva de que la fertilización futura hay que optimizarla en base a controles de la fertilización anterior.

Sin embargo, como punto de partida es necesario conocer, aunque sea de forma aproximada, las necesidades de las plantas y los niveles de elementos nutritivos en el suelo, teniendo en cuenta que habrá que proceder a una calibración posterior, fruto de la correspondencia entre el resultado analítico y la respuesta del cultivo a los aportes fertilizantes.

5.3.1. *Necesidades de los cultivos*

Las necesidades dependen del propio cultivo y del rendimiento que se espera obtener de él. En el cuadro 3 se recogen las necesidades medias, determinadas en condiciones de laboratorio, para algunos cultivos importantes. Las cantidades necesarias de elementos nutritivos están referidas a la unidad de producción. Para el cálculo de las necesidades totales bastaría con multiplicar las necesidades consignadas en el cuadro por las toneladas que se pretenden obtener del cultivo en cuestión. Si pensamos obtener una cosecha de 4 toneladas de trigo por ha, el nitrógeno total necesario para ello estará entre:

$$28 \times 4 = 112 \text{ kg/ha}$$

$$30 \times 4 = 120 \text{ kg/ha}$$

5.3.2. *Establecimiento de los niveles de fertilidad del suelo*

Los distintos niveles de fertilidad del suelo (pobre, medio, rico, etc...) se obtienen experimentalmente evaluando si los cultivos responden o no a los aportes de distintas dosis fertilizantes calculadas para diferentes riquezas de nutrientes en el suelo (Fig. 11).

Según la figura, los contenidos del suelo inferiores al valor (X) se clasifican como muy bajos. Para estos contenidos cualquier aporte de nutrientes tiene respuesta positiva sobre el cultivo. Por



Cuadro 3.—EXTRACCIONES MEDIAS DE ELEMENTOS (N, P, K) POR DIFERENTES CULTIVOS

Cultivos	Unidad de producción	Elementos nutritivos (kg/unidad de producción)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CEREALES:				
Trigo	Tm	28 – 30	12 – 15	20 – 35
Cebada	Tm	24 – 28	10 – 12	20 – 35
Avena	Tm	28 – 30	10 – 14	23 – 35
Maíz	Tm	26 – 32	10 – 13	22 – 30
Sorgo	Tm	28 – 34	10 – 14	22 – 32
Arroz	Tm	14 – 22	6 – 10	14 – 23
LEGUMINOSAS:				
Habas	Tm	52 – 60*	16 – 18	32 – 45
Judías	Tm	50 – 60*	13 – 15	32 – 40
Guisantes	Tm	50 – 60*	13 – 15	32 – 40
RAICES Y TURBERCULOS:				
Patatas	10 Tm	35 – 55	16 – 20	60 – 80
Remolacha	10 Tm	40 – 45	13 – 18	55 – 65
Batata	10 Tm	40 – 45	15 – 18	70 – 80
INDUSTRIALES:				
Algodón	Tm	160 – 190	70 – 80	140 – 160
Tabaco	Tm	40 – 70	6 – 12	60 – 100
Soja	Tm	75 – 85*	15 – 17	40 – 50
Girasol	Tm	40 – 50	18 – 20	90 – 100
Caña de azúcar	10 Tm	15 – 17	6 – 8	27 – 30
FORRAJEROS:				
Alfalfa (heno)	Tm	25 – 30*	5 – 9	20 – 26
Trébol (heno)	Tm	30 – 40*	6 – 9	20 – 25
Remolacha	10 Tm	36 – 43	9 – 12	50 – 80
Maíz	10 Tm	25 – 35	10 – 14	25 – 40
HORTICOLAS:				
Tomate	10 Tm	30 – 40	8 – 12	40 – 65
Espinaca	10 Tm	50 – 60	14 – 16	50 – 100
Zanahoria	10 Tm	30 – 50	10 – 12	55 – 65
Lechuga	10 Tm	30 – 40	10 – 20	60 – 80
Cebolla	10 Tm	25 – 40	10 – 15	30 – 35
Coliflor	10 Tm	40 – 45	14 – 16	60 – 65

(*) El nitrógeno es extraído del aire debido a su asociación con bacterias fijadoras de ese elemento.

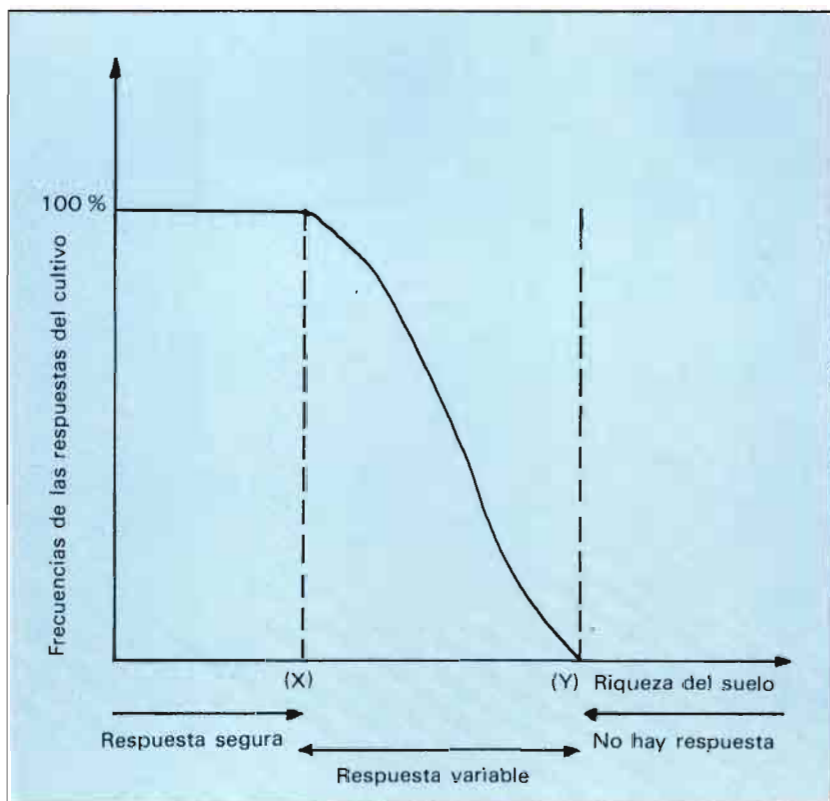


Fig. 11.—Respuestas de los cultivos a la fertilización añadida, según el contenido en elementos nutritivos del suelo. Cuando el suelo es muy rico, los cultivos no responden en aumentos de producción a la adición de fertilizantes.

encima del valor (Y) no hay respuesta del cultivo a los aportes de abono; en este caso el contenido es alto (cuando se trata del nitrógeno, un contenido alto es incluso perjudicial para los cultivos y especialmente para su calidad). En los niveles comprendidos entre (X) e (Y) se presentan respuestas variables de los cultivos a los aportes de nutrientes; este intervalo se subdivide en varias clases de interpretación:

- bajo o pobre,
- ligeramente bajo,
- contenido medio o satisfactorio,
- bien provisto o ligeramente alto.



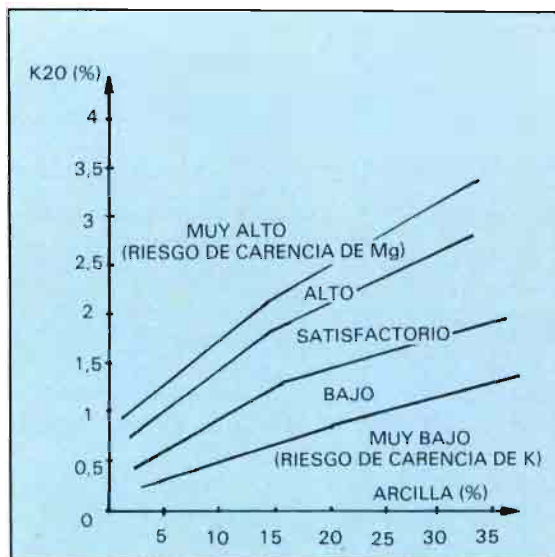
Fig. 12.—Equipo portátil para efectuar 50 determinaciones del contenido de materia orgánica de un suelo.



Los límites entre estas distintas clases van a depender, desde un punto de vista de su interpretación, de características físicas, como el pH, el contenido en arcilla, el contenido en materia orgánica y el de carbonatos libres (Fig. 12).

El elemento que, quizá, se ve más afectado por la dependencia con esos parámetros físicos es el potasio. Para definir el nivel de potasio cambiante hay que tener en cuenta que cuanto mayor es el contenido en arcilla menor es la cantidad de potasio disponible para una misma cantidad inicial de potasio en el suelo. Con el fósforo sucede una cosa parecida, aunque no tan acusada (Fig. 13 y 14).

Fig. 13.—Interpretación del contenido en potasio cambiante (%) según el contenido en arcilla del suelo



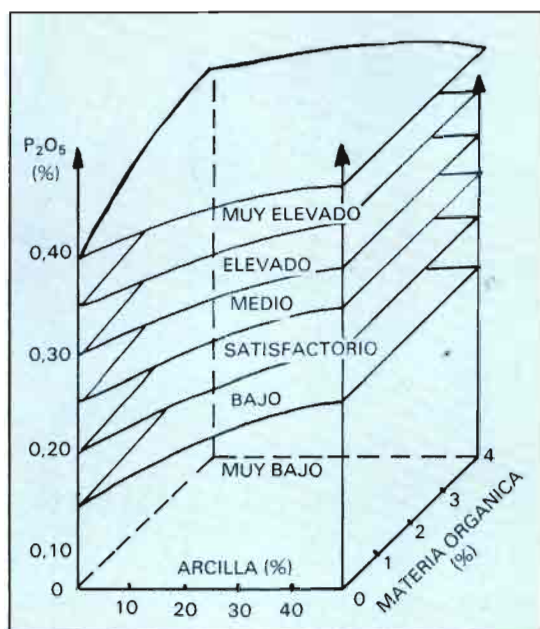


Fig. 14.—Interpretación de la riqueza en fósforo asimilable (‰) en función del contenido en arcilla y de materia orgánica del suelo.

5.3.3. Breve comentario sobre las principales determinaciones

En lo que respecta a la granulometría, los suelos se pueden clasificar, a grosso modo, en tres grupos importantes, atendiendo a su contenido en arcilla y a la capacidad de intercambio catiónico (cuadro 4).

Cuadro 4.—CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (MILIEQUIVALENTES POR 100 GRAMOS DE TIERRA) PARA LOS SUELOS SEGUN SU CONTENIDO EN ARCILLA

Tipo de suelo	(%)	Capacidad de intercambio catiónico
Arenoso	5 — 15	> 12
Franco	15 — 25	12 — 20
Arcilloso	25	< 20

El contenido en materia orgánica es apreciado según cinco clases (Fig. 15 y cuadro 5). La acidez o alcalinidad de los suelos está caracterizada por el pH (cuadro 6). El conocimiento del pH es muy útil para elegir el tipo de abono más adecuado (en especial para los fosfatados; cuanto más alcalino sea el suelo,



Fig. 15.—Equipo portátil para realizar 50 tests del contenido de carbonatos libres.

Cuadro 5.—APRECIACION DEL NIVEL DE MATERIA ORGANICA SEGUN EL TIPO DE SUELO

Arenoso	Franco	Arcilloso	Apreciación
< 0,7	< 1	< 1,2	Pobre
0,7 – 1,5	1,0 – 1,8	1,2 – 2,0	Satisfactorio
1,5 – 2,5	1,8 – 3,0	2,0 – 3,5	Rico
2,5 – 5,0	3,0 – 5,5	3,5 – 6,0	Muy rico

Cuadro 6.—APRECIACION DEL NIVEL DEL pH DEL SUELO

pH	Apreciación
< 5,3	Muy activo
5,3 – 5,8	Acido
5,9 – 6,7	Ligeramente ácido
6,8 – 7,2	Neutro
7,3 – 7,6	Ligeramente alcalino
> 7,6	Alcalino

más soluble deberá ser el abono). En algunas zonas, puede ser muy interesante completar esta última determinación con la tasa de saturación de bases (cuadro 7); este valor, junto con el del pH, define el estado cálcico del suelo y apuntan sobre la necesidad o no de una enmienda caliza (Fig. 16).

Los resultados del análisis de nitrógeno mineral, fósforo, potasio y magnesio, se expresan en miligramos por litro (los métodos rápidos trabajan con unidades de volumen y no de peso, que es más cómodo; introducen menos errores y se puede

Cuadro 7.—APRECIACION DEL PORCENTAJE DE SATURACION DE BASES EN EL COMPLEJO DE INTERCAMBIO CATIONICO Y EL ESTADO CALCICO CORRESPONDIENTE PARA LOS SUPUESTOS DE UN SUELO SOMETIDO A LABOREO Y OTRO CON PRADERA PERMANTE

Porcentaje de saturación de bases		Apreciación del estado cálcico
Suelo labrado	Pradera	
< 40	< 30	Muy pobre
40 – 49	30 – 39	Pobre
50 – 59	40 – 49	Medio
60 – 80	50 – 80	Satisfactorio
> 80	> 80	Alto

MEZCLADO



1. El terreno y el disolvente se mezclan.

MEDICION CON INSTRUMENTO



2. El salinómetro presenta una lectura directa.

Fig. 16.—Cómo se determina la salinidad.

prescindir del factor densidad del suelo a la hora de transformar las cantidades a kg/ha). Se establecen seis clases de fertilidad, de muy pobre a muy elevada; la clase de fertilidad óptima sería la comprendida en el nivel intermedio, calificado como satisfactorio o medio (cuadros 8, 9 y 10).

En algunas ocasiones podría ser interesante recurrir a los análisis de plantas durante el período vegetativo (los equipos portátiles también cubren esta gama de determinaciones), con el objeto de conocer si el nivel de elementos nutritivos que la planta está acumulando es el adecuado o existe algún elemento en mayor o menor cantidad de la que debería tener (desproporcionado).

El análisis del material vegetal permite verificar los efectos causados por las correcciones de fertilización efectuadas según los datos de los análisis de suelos. Hay que tener en cuenta que los contenidos en elementos minerales del material vegetal están sujetos a importantes variaciones para unas mismas condiciones



Cuadro 8.—APRECIACION DE LOS NIVELES DE FERTILIDAD PARA LAS DOS FORMAS DEL NITROGENO MINERAL, EL NITRICO Y EL AMONIA-CAL DETERMINADAS POR LOS METODOS RAPIDOS DE LOS LABORATORIOS PORTATILES

Apreciación	(mg/l) Nitrógeno mineral	
	Nitratos	Amonio
Muy bajo	< 4,5	< 4
Bajo	4,5 – 8	4 – 8
Satisfactorio	8 – 14	8 – 13
Rico	14 – 20	13 – 19
Muy rico	> 20	> 19

Cuadro 9.—NIVELES DE FERTILIDAD PARA EL POTASIO, SEGUN EL TIPO DE SUELO QUE SE ANALICE (CONTENIDO MEDIO EN ARCILLA), DETERMINADO POR LOS METODOS RAPIDOS DE ANALISIS DE SUELOS

Apreciación	(mg/l) Potasio		
	Suelos arenosos	Suelos francos	Suelos arcillosos
Muy bajo	55	60	80
Bajo o pobre	55 – 110	60 – 115	80 – 120
Ligeramente bajo	110 – 235	115 – 235	120 – 245
Satisfactorio	235 – 390	235 – 400	245 – 415
Ligeramente alto	390 – 600	400 – 600	415 – 600
Muy alto	600	600	600

Cuadro 10.—NIVELES DE FERTILIDAD PARA EL FOSFORO Y EL MAGNESIO DETERMINADOS POR LOS METODOS RAPIDOS DE ANALISIS UTILIZANDO LABORATORIOS PORTATILES

Apreciación	(mg/l) Fósforo	(mg/l) Magnesio
Muy bajo	10	2,3
Bajo	10 – 16	2,3 – 23
Satisfactorio	16 – 25	23 – 50
Rico	25 – 50	50 – 100
Muy rico	50	100

del abonado; por ello, los resultados de los análisis de plantas sólo se utilizan como apoyo y no para establecer un plan de fertilización.

5.3.3.1. Orientaciones sobre la fertilización fosfatada y potásica

En el caso de que el análisis de suelo refleje un contenido medio o satisfactorio en cuanto a su nivel de fertilidad en estos



Fig. 17.—Equipo portátil para analizar savia y tejidos verdes con capacidad para llevar a cabo 800 tests: 50 para nitratos, amonio, fósforo, potasio y magnesio; 100 de boro, cobre, hierro, manganeso y cinc.

elementos, la norma de fertilización para P_2O_5 y K_2O (cuadro 3, página 21) se aplica sin corrección para los distintos cultivos, según el nivel de rendimiento esperado. En el caso de que esperemos una cosecha de patatas de 25.000 kg/ha, tendremos que aportar 40-50 kg/ha de P_2O_5 y 150-200 de K_2O .

Cuando los suelos sean pobres en uno o en varios elementos habrá que reforzar la norma de fertilización y disminuirla cuando sean ricos.

Procediendo de esta manera se va corrigiendo progresivamente el nivel de elementos del suelo. Así se incide simultáneamente sobre el suelo y la planta, consiguiendo dos objetivos: uno, inmediato, que es la producción del año, y otro a corto-medio plazo, que es el enriquecimiento o el ajuste hacia un nivel óptimo de fertilidad (no es bueno tender hacia contenidos altos de elementos nutritivos en el suelo, ya que pueden bloquear a otros que se encuentran en menor cantidad y producir deficiencias de nutrición en las plantas).

El grado de corrección está recogido en el cuadro 11.

Para los suelos arenosos, con poca capacidad de cambio, se aplica una corrección menor que para los arcillosos.

En el ejemplo anterior de la patata, si el nivel de fósforo del suelo fuese ligeramente bajo y tuviese una textura franca, la cantidad de abono a añadir se obtendría multiplicando los 40-50 kg/ha necesarios por 1,4; en este supuesto el resultado es 50-70 kg/ha de P_2O_5 .

Para evitar en algunos cultivos el consumo de lujo del potasio (remolacha, patata, vid, etc.), aconsejamos como norma orientativa no sobrepasar los 300 kg/ha de K_2O ; cuando las cantidades a aportar sean más elevadas, será necesario fraccionar los aportes.



Cuadro 11.—FACTORES DE CORRECCION DE LAS NECESIDADES DE CADA PLANTA (CUADRO 1) EN ELEMENTOS FERTILIZANTES, SEGUN EL NIVEL DE FERTILIDAD Y EL TIPO DE SUELO. ESTE CUADRO ES APLICABLE AL FOSFORO, AL POTASIO Y AL MAGNESIO

Apreciación de la fertilidad	Tipo de suelo		
	Arenoso	Franco	Arcilloso
Muy bajo	1,6	1,8	2,0
Bajo	1,3	1,4	1,5
Satisfactorio	1,0	1,0	1,0
Rico	0,7	0,6	0,5
Muy rico	0,0	0,0	0,0

5.3.3.2. Orientaciones sobre la fertilización nitrogenada

El nitrógeno (N) es un elemento muy móvil en el suelo, variando constantemente su cantidad; si además tenemos en cuenta que es el elemento que más influye proporcionalmente sobre el rendimiento de un cultivo y que un exceso del mismo puede causar perjuicios y descensos en la calidad, sacaremos la conclusión de que la determinación de la fertilización nitrogenada es la más complicada y a la que más hay que ajustarse.

Tradicionalmente el cálculo de la fertilización nitrogenada era el resultado de un balance establecido entre los aportes (N fijado por las leguminosas, N fijado por los microorganismos libres en el suelo, N mineralizado a partir de la materia orgánica del suelo, N cedido por algún aporte orgánico anterior, etc.) y las pérdidas (por lavado según la pluviometría del año y la textura del suelo, por desnitrificación microbiana, etc.). Todos estos valores están estimados de forma más o menos aproximada, con lo que la cuantificación final del nitrógeno también será relativamente aproximada.

Con la utilización de los equipos portátiles de análisis se puede saber en cualquier momento la cantidad de nitrógeno que hay en el suelo y en qué forma química se encuentra. El momento de hacer las determinaciones puede coincidir cuando las necesidades de nitrógeno sean elevadas, o inmediatamente antes de la cobertera acostumbrada. Como orientación para los momentos críticos ofrecemos el cuadro 12, en el que se dan recomendaciones en cuanto a fraccionamiento del abonado nitrogenado para algunos cultivos importantes, a fin de evitar al máximo las pérdidas por lavado.

Cuadro 12.—FRACCIONAMIENTO DEL ABONADO NITROGENADO EN ALGUNOS CULTIVOS IMPORTANTES Y EPOCAS DE APLICACION MAS OPORTUNAS A FIN DE REDUCIR AL MAXIMO LAS PERDIDAS POR LAVADO

<p>CEREALES DE OTOÑO:</p> <ul style="list-style-type: none">— Primer aporte antes de la siembra.— Segundo aporte a la salida del invierno.— Tercer aporte (eventual) a la aparición de la última hoja. <p>CEREALES DE PRIMAVERA:</p> <ul style="list-style-type: none">— Primer aporte antes de la siembra o simultáneo.— Segundo aporte en el estado de dos hojas verdaderas.— Tercero (opcional) a la aparición de la última hoja. <p>PATATA:</p> <ul style="list-style-type: none">— Primer aporte en la siembra (aporte principal).— Segundo aporte (opcional) antes de la tuberización. <p>REMOLACHA:</p> <ul style="list-style-type: none">— Primer aporte en la siembra (aporte principal).— Segundo aporte en el estado de cuatro hojas.
--

El único inconveniente surge al establecer cuál es la proporción adecuada entre la fracción nitrato (NO_3^-) y la fracción amonio (NH_4^+). Depende del cultivo, existiendo un óptimo para cada uno y para cada una de las fases de su ciclo vegetativo. Este es un tema poco estudiado en los cultivos extensivos, por lo que aún no hay unas recomendaciones específicas.



Fig. 18.—Moderna instalación informática utilizada en grandes cooperativas, empresas de consultores y organismos. Tras introducir los datos obtenidos del análisis del terreno se procesan con un programa de fertilización, dando la cantidad que precisa en fertilizantes y las enmiendas a realizar para obtener un rendimiento óptimo de cada cultivo particular.



Como orientación podemos decir que los microorganismos del suelo transforman el amonio en nitrato (nitrificación) siempre que las condiciones externas sean favorables (temperatura, humedad, etc...). Por lo tanto, al principio del cultivo la proporción deberá ser favorable al ion amonio, y a medida que avanza el cultivo ésta se desplazará hacia el nitrato. La aportación de formas amónicas al suelo se debe hacer para crear una reserva de nitrógeno en el suelo a corto plazo (sementera) y las aportaciones de formas nítricas se hacen cuando se necesite nitrógeno de forma inmediata (cobertera).

6. CONCLUSIONES

La introducción reciente en el mercado nacional de equipos portátiles, que permiten la ejecución de métodos rápidos de análisis de suelos, va a permitir a los productores agrarios conseguir resultados rápidos y de una precisión adecuada pudiendo realizar las pruebas de fertilidad que se deseen y en el momento más oportuno. Incluso existen para la ayuda de estos métodos rápidos, tratamiento informático para sistematizar y controlar mejor la producción de sociedades productoras agrarias.

Esta iniciativa viene estimulada por el cada vez más importante papel de nuestra agricultura en el concierto europeo, donde se exige una mayor calidad por la imperiosa necesidad de terminar con prácticas de fertilización y abonados rutinarios que, en vez de incrementar el rendimiento económico, suponen una limitación al mismo, así como por una mayor independencia en el control y autogestión de la producción agraria (Fig. 18).

La conservación de la fertilidad de los suelos y el respeto a los acuíferos, que cada vez más se ven afectados en su calidad por problemas de salinidad y de contaminación por las fertilizaciones descontroladas, son otras razones de importancia para realizar un seguimiento sistemático de los elementos minerales del suelo.



7. BIBLIOGRAFIA

- BAEYENS, J., *La nutrición de las plantas de cultivo*, Ed. Lemus. 1970.
- COTTENIE, A.; VERLOD, M.; VELGHE, G., *Chemical analysis of soils*, University of Ghent, Belgium, 1982.
- DOMINGUEZ VIVANCOS, A., *Tratado de fertilización*, Ed. Mundi-Prensa, 1984.
- GROSS, A., *Guía práctica de fertilización*, Ed. Mundi-Prensa, 1985.
- MATHYS, E.; RICHNER, G.; OERTEL, J. J., «*Teneur en phosphore de trois sols suisses mesures par neuf méthodes d'analyse de terre*», *Rev. Suisse Agriculture*, 19, 41-44, 1987.
- MEHLICH, H., «*Determination of cation and anion exchange properties of soils*», *Soil Sci.*, 66, 429-445, 1984.
- NEYROUD, J. A.; ZODAR, L., «*Enquête sur la fertilité des soils*», *Rev. Suisse Agriculture*, 13, 221-228, 1981.
- RYSER, J. P., *Comparaison des différentes méthodes d'analyse de terre*, Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins, Ch-120 Nyon, 1985.
- RYSER, J. P.; CHARLES, J. P.; DEGAILLES, J.; DOUGOUT, Ph., «*Directives de fumure pour les grandes cultures et les herbages en la Suisse Romande*», *Rev. Suisse Agriculture*, 19, 297-314, 1987.
- SELKE, N., *Los abonos*, Ed. Academia León, 1968.
- VARIOS AUTORES, *Métodos oficiales de análisis de suelos*, MAPA, 1986.
- VILAIN, M., *La production végétale*, vol. n. 1, Tec. & Doc., 1987.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y CAPACITACION AGRARIAS

SERVICIO DE EXTENSION AGRARIA

Corazon de Maria. 8 - 28002-Madrid