

INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS



M.ª SOLEDAD GARRIDO VALERO
Ingeniero Agrónomo



INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS

Guía práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis

INTRODUCCION

A la hora de encargar un análisis de suelo es importante tener en consideración una serie de aspectos. Normalmente se le da mucha importancia a los resultados de los análisis sin tener en cuenta otra serie de actividades que van a llevar a la decisión final más adecuada.

En primer lugar, considero una parte esencial la observación atenta de la problemática a resolver y de las características del suelo.

El muestreo de las tierras es otro de los aspectos al que no se le suele dar la importancia suficiente. La elección de muestras representativas es fundamental para poder realizar un diagnóstico adecuado. En muchas ocasiones es difícil elegir los puntos de muestreo y por lo tanto a esta fase se le debe dar atención y reflexión suficiente.

En resumen, las actividades a realizar se concretan en las fases siguientes:

1. Observación de la problemática a resolver.
2. Observación del suelo en toda su extensión y en profundidad.



3. Definición de los puntos de muestreo.
4. Muestreo y toma de datos en el campo.
5. Decisión sobre los análisis a realizar.
6. Preparación de las muestras para su envío al laboratorio.
7. Análisis de las muestras en el laboratorio.
8. Interpretación de los análisis.
9. Decisiones para el buen manejo del suelo.

En esta Hoja Divulgadora pretendo dar unas ideas básicas que ayuden a llevar a cabo con buen fin estas actividades.

NOCIONES BASICAS SOBRE LOS SUELOS

Se han escrito muchas definiciones de suelo y dependiendo del autor y del objetivo de su trabajo el concepto es algo diferente. Para los que se dedican a la agricultura el suelo es la zona donde se desarrollan las raíces de las plantas. Para un edafólogo puro, el suelo es todo aquello que proviene de la meteorización de las rocas por acción de la atmósfera. Para un urbanista, el suelo es aquello sobre lo que se pueden construir edificios u obras públicas. Así cada uno de ellos llama suelo a aquellas partes y propiedades que le son útiles para sus fines.

En mi caso, intentaré dar unas ideas básicas para los que nos dedicamos a cultivar la tierra. El suelo es un elemento ambiental bastante complejo formado por una gran variedad de minerales y de seres vivos, adoptando formas muy variadas. Principalmente su origen se debe a dos procesos básicos, esto es, pueden ser formados por la alteración de la roca en contacto con las condiciones atmosféricas, o también puede provenir de la acumulación de materiales en zonas bajas que ya habían sido en cierta forma alterados en lugares más elevados. Unos u otros con el paso del tiempo van sufriendo transformaciones de sus minerales y de la vida que desarrollan.

Las condiciones atmosféricas son fundamentales en el desarrollo de los suelos. Las características que observamos en los suelos actuales pueden también deberse a circunstancias climáticas

muy antiguas diferentes a las de hoy en día. Así, podemos encontrar algunos que tienen parecido a los suelos tropicales, otros a los suelos de zonas muy frías o periglaciares, etc. en lugares donde actualmente las condiciones son bien diferentes.

Las características de la roca madre de la que proviene el suelo, unidas a las condiciones climáticas soportadas a través de los tiempos, dan una configuración especial a cada uno de ellos. A todo esto hay que unir el papel tan importante que realizan los microorganismos y mesofauna del suelo meteorizando los minerales y poniendo los nutrientes a disposición de los vegetales. Es quizá esta la idea más sugerente para definir el suelo como la parte viva de la corteza terrestre donde se produce la transformación de la parte mineral en vida vegetal.

Al observar un suelo en profundidad se pueden distinguir capas diferentes, estos son los horizontes. El grado de alteración es mayor en la superficie, haciéndose cada vez menor hacia la roca donde las características del suelo son prácticamente las mismas que las de ésta. A veces los horizontes aparecen muy nítidos y fáciles de distinguir, pero en otras ocasiones sus límites son difusos y sus características muy parecidas. La diferenciación del suelo en horizontes se produce por la acción de muy diferentes procesos:

Alteración de la roca madre. En una primera fase los agentes atmosféricos junto con los seres vivos van produciendo la meteorización de los minerales descomponiendo la roca. De esta forma se empiezan a distinguir horizontes con diferente grado de descomposición. Los componentes del suelo entonces empiezan a reordenarse y estructurarse formando horizontes subsuperficiales B Cámbicos.

El lavado de materiales en profundidad. La acción de la lluvia a través del tiempo puede ir lavando el perfil del suelo de forma que algunos compuestos pueden llegar a acumularse a determinada profundidad, formando lo que se llaman horizontes de acumulación, este es el caso de los horizontes de acumulación de arcilla (Argílicos), los de acumulación de caliza (Cálcicos y Petrocálcicos), los de acumulación de sales (Sálicos, Nátricos), etc.

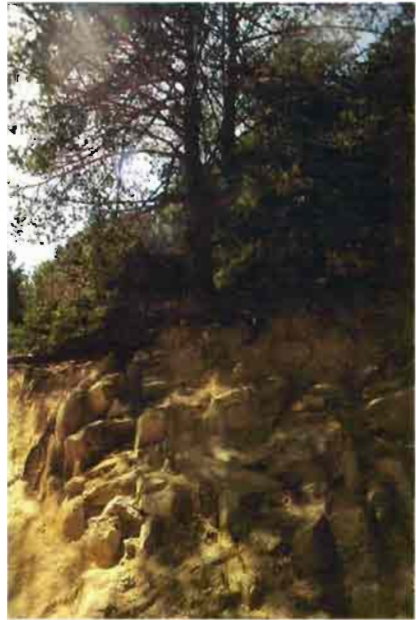


Fig. 1.-Suelo en proceso de erosión. Sierra de Guadarrama.

La erosión de los suelos. Un suelo, tras haber pasado por otras etapas de formación en tiempos antiguos, puede entrar en un proceso de erosión, de forma que se observan las características de procesos de desarrollo antiguos. La erosión de los suelos disminuye su fertilidad natural ya que elimina en una primera etapa las partículas más finas, arcillas y materia orgánica, así como elementos nutritivos.

El coluvionamiento. Los materiales que se pierden por erosión en las zonas más altas son depositados en los valles formando suelos muy fértiles.

CUANDO SE DEBE ENCARGAR UN ANALISIS DE SUELOS

Fertilidad

El objetivo más corriente en el que uno piensa a la hora de encargar un análisis de suelos es la fertilidad, es decir, conocer el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos. Antes



Fig. 2.-Suelo fértil formado por depósito de materiales en una zona aluvial.

de conocer estos parámetros es importante determinar otros muchos factores, físicos, químicos y biológicos, que no siempre se toman en cuenta, ya que la disponibilidad en nutrientes no sólo depende del nivel de éstos, sino de la disposición de cada suelo para hacerlos llegar a las plantas.

Por ello, antes de encargar cualquier análisis de fertilidad es necesario conocer a fondo la parcela, pues las propiedades de ésta van a definir el tipo de fertilización que necesita.

Falta de productividad al realizar una obra o transformación

Los problemas que pueden aparecer de falta de productividad en alguna parte de la parcela pueden ser debidos a otras causas diferentes que el nivel de nutrientes. Problemas tales como exceso de sales o de caliza activa son bastante corrientes en algunas zonas de nuestro país. Por ejemplo, tras realizar una nivelación, la aparición de los horizontes inferiores pobres en organismos del suelo, y muchas veces con mayores contenidos en sales o caliza, hace que la productividad sea menor en estas zonas.



El control de sales en zonas con esta problemática

Las sales pueden llegar a afectar mucho a los cultivos. Debe realizarse un control de todo el perfil del suelo por lo menos cada dos años para conocer exactamente la situación de éstas.

El control de caliza activa en zonas calizas

Una gran parte de la Península Ibérica, aproximadamente la mitad, está formada de rocas carbonatadas. En estas regiones, sobre todo en las zonas más erosionadas, pueden existir elevados contenidos en caliza activa. El caso típico de este proceso ocurre en algunos viñedos con un depósito de caliza en algunos horizontes de su perfil y situado en una zona alomada. Las partes más altas pueden haber sido erosionadas por efecto de un excesivo laboreo durante muchos años y la caliza subyacente empieza a aflorar. En este tipo de situación el aumento de caliza activa unido a un defecto de humedad en el verano impiden el buen desarrollo del cultivo.

Planificación de una transformación del cultivo

Antes de realizar cualquier tipo de transformación es muy importante conocer al máximo las propiedades del suelo, ya que algunas cualidades que con anterioridad no se habían puesto de manifiesto pueden en una nueva situación hacerlo. Sobre todo si se trata de realizar nivelaciones, aterrazamientos y puesta en regadío es necesario conocer la parcela en toda su extensión y en toda su profundidad, evitando así problemas que luego son totalmente insalvables.

– Nivelaciones

Cuando se trate de nivelar una parcela es necesario tener en cuenta el tipo de horizontes que tiene el suelo en profundidad. En ocasiones las capas inferiores pueden contener exceso de sales o de caliza que al aparecer en superficie impiden el buen desarrollo del cultivo. Todo esto unido a un bajo contenido en microorganismos del suelo hacen que la fertilidad sea muy baja.

- Aterrazamientos

Es importante conocer la calidad de la tierra que se va a utilizar al construir nuevos aterrazamientos.

- Puestas en regadío

Para el cálculo de las dosis de riego es necesario conocer a fondo las características hidráulicas del suelo, en toda la extensión de la parcela y en profundidad.

Cultivos regados con aguas residuales o contaminadas

Cuando sistemáticamente se estén utilizando aguas residuales urbanas para el riego de zonas agrícolas es necesario controlar las condiciones del suelo por lo menos una vez al año.

A estas aguas se les suele dar un tratamiento secundario de depuración. Estos tratamientos no eliminan algunos elementos indeseables tales como elementos pesados, que sólo pueden ser eliminados con determinados tratamientos terciarios. Algunos de ellos pueden acumularse en los suelos resultando ser tóxicos para las plantas en grandes cantidades (cobre) mientras que otros (cadmio) son absorbidos por éstas causando intoxicaciones a los animales o al hombre al consumirlas.

Jardinería

En muchas ocasiones en las zonas destinadas para jardinería el suelo natural ha desaparecido por efecto de las obras de nivelación o de acumulación de escombros de construcción. Tanto en un caso como en otro es importante conocer el estado real del suelo ya que componentes tales como el yeso de construcción, el cemento, o simplemente un material litológico que no haya sido suelo con anterioridad pueden impedir el desarrollo de buen número de plantas ornamentales.

También es frecuente que al construir un jardín se aporten tierras para nivelar o cambiar las formas de la parcela. Si no se conoce la procedencia de estas tierras o se duda de su calidad lo más adecuado es analizarlas.



RECOMENDACIONES PARA RECOGER LAS MUESTRAS DE SUELO

Cómo elegir los puntos de muestreo

La elección de muestras adecuadas y representativas es la parte más importante en cualquier tipo de análisis.

En general se tiende a tomar el menor número de muestras posibles para así reducir el presupuesto que nos da el laboratorio, pero para ello es necesario saber elegir bien las muestras.

Cuanto más representativas sean las muestras que escojamos menor número de ellas se necesitarán y mejor se podrán interpretar los resultados.

Para decidir qué puntos son representativos es necesario observar detenidamente la parcela o parcelas a estudiar. Los suelos son muchas veces muy poco homogéneos, esto puede ocasionar variaciones importantes en la producción agrícola dentro de una misma parcela.

Por ello sería necesario en principio recoger una muestra de cada zona diferente, y si son más del presupuesto que nos hemos fijado para los análisis, entonces debemos recogerlas de las zonas más desfavorables.

Esta etapa exige conocer muy bien las parcelas a estudiar y realizar una atenta observación de las diferencias.

Se ha escrito mucho sobre el número de muestras a recoger para realizar estudios de suelos, sin embargo normalmente se pretende con ello resolver problemas muy concretos. Por ello yo aconsejaría recoger el menor número de muestras pero que cada una de ellas sea representativa de un aspecto importante de la parcela o finca que queremos estudiar. Recoger dos o más muestras muy parecidas no va a aportar mayor número de soluciones. Aunque en el caso de que se trate de analizar el contenido en nitrógeno, fósforo o potasio puede ser interesante recoger tres o cuatro muestras en zonas aparentemente homogéneas.

Sin embargo, no sólo es necesario conocer el suelo en toda su extensión sino que también es importante saber cómo es en profundidad, ya que muchas veces los problemas de falta de

producción no se deben a las características de los horizontes superficiales, sino a las de los más profundos, a veces a las propiedades de los horizontes que se encuentran por debajo de donde llegan las raíces.

La observación de la parcela no debe hacerse solamente sobre el suelo, sino que también debe estudiarse detenidamente el desarrollo del cultivo a lo largo de todo el período de crecimiento de éste.

Si el problema es grave y no estamos seguros de poder coger muestras representativas lo mejor es acudir a un técnico experto en suelos para que realice el muestreo. Si la muestra no está bien tomada el análisis no servirá para nada.

Observaciones y toma de datos

La observación directa del terreno proporciona muchos datos tan valiosos como los propios análisis. El color, la textura, la estructura, el tiempo que duran los charcos después de una lluvia, la evolución del cultivo, etc., pueden aportar información muy importante para la solución del problema.

El color del suelo

El color del suelo sirve muchas veces para identificar determinadas zonas en los municipios (la alberiza) y por él se conoce muchas veces la calidad de las tierras. El color identifica a muchos suelos por lo que en las clasificaciones científicas se han utilizado los colores como nombres de grupos o clases (tierras pardas, suelos rojos, Rhodoxeralf...).

El color es producido por los componentes del suelo. Entre ellos son los óxidos de hierro y la materia orgánica los más vistosos.

Los óxidos de hierro dan las coloraciones desde rojas, pasando por las amarillas, hasta las verdosas. El que sean unas u otras depende del grado de oxidación del hierro. Cuanto más oxidado esté el hierro (Fe^{3+}) más rojo aparece el suelo. Cuanto más reducido (Fe^{2+}) más hacia el verde se encuentra.



La oxidación del hierro se debe a una mayor aireación del suelo. Así, los suelos que se encuentran encharcados o muy húmedos durante largos períodos de tiempo tienden a ser verdosos, pues el encharcamiento impide su aireación y el ion hierro se reduce a Fe^{2+} que es de color verde.

Los colores abigarrados, es decir, mezclas de rojos-anaranjados y grises-verdosos indican zonas hidromorfas, esto es que permanecen encharcadas un cierto tiempo a lo largo del año.

La materia orgánica produce los tonos más o menos grises hasta el negro. Los componentes descompuestos de la materia orgánica tiñen el suelo fácilmente y se pueden apreciar a simple vista. Sin embargo, no debe confundirse nunca este color oscuro con el que puede provenir de la propia roca madre del suelo. Por ejemplo las rocas volcánicas, las pizarras poco alteradas, algunos esquistos, pórfidos, etc., pueden dar este color oscuro y no por ello tener altos contenidos en materia orgánica. Pero al observar el perfil del suelo, sí se puede distinguir una zona más oscura en la superficie donde el contenido orgánico es mayor. A veces en los suelos de las vegas de los ríos aparecen capas profundas con colores oscuros, debido a un alto contenido en materia orgánica procedente del momento en que el río depositó esta capa.

La caliza le da al suelo color blanco. La intensidad de blanco tiene bastante relación con el contenido en caliza dentro de una misma zona. En un perfil de suelo es fácil distinguir las zonas de acumulación de caliza. Existen otros componentes mayoritarios de los suelos que son también blancos, tales como el cuarzo o los feldespatos. Para distinguirlos de la caliza, ésta aparece más fina y pulverulenta manchando los dedos.

La textura

La textura es la composición granulométrica del suelo, se mide en el laboratorio obteniéndose el porcentaje de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla que hay en él. Una vez que se tienen los porcentajes de cada fracción se puede determinar mediante un gráfico el tipo de textura que tiene el suelo. En el campo se puede conocer la textura aproximada según el método expuesto en el capítulo de métodos rápidos.



Fig. 3.—Se observan los diferentes colores que da al suelo la roca madre alterada mediante los procesos de formación. El Saliente (Almería).

La estructura

El grado de estructura del suelo da una idea de su permeabilidad y capacidad de aireación. Los suelos bien estructurados suelen tener unas mejores propiedades hídricas, mayor permeabilidad, mejor aireación y están mucho más defendidos contra la erosión. No sólo es importante fijarse en la macroestructura, que es aquella que se distingue fácilmente en los terrones tras el laboreo (de tamaños desde centímetros a decímetros), sino que también es importante observar el grado de microestructura, es decir, los pequeños agregados de tamaños inferiores al centímetro. Estos son también importantes para mantener la porosidad del suelo y para defenderlo de la erosión.

El tiempo que permanecen los charcos después de una lluvia o un riego abundante

Este dato es muchas veces muy útil para conocer la permeabilidad del terreno, y en ocasiones descubre zonas que siendo muy



Fig. 4.–Es importante observar tanto la macroestructura como la microestructura en superficie y en los horizontes más profundos.

similares en superficie, sin embargo, tienen horizontes profundos muy diferentes. Esto se observa a menudo en las terrazas bajas de los ríos, donde zonas con gravas en profundidad drenan más rápidamente que otras zonas con limos o arenas finas. Cuando se trata de problemas de productividad de terrenos en regadío este es un aspecto muy importante a observar.

La pedregosidad superficial y en cada horizonte

Este dato debe ser registrado ya que afecta considerablemente a las propiedades hídricas del perfil del suelo. La pedregosidad se mide en porcentaje que ocupan los cantos en superficie, tanto en horizontal en la superficie, como en vertical al describir cada uno de los horizontes del suelo.

Dificultades en el desarrollo de los cultivos

En ocasiones la falta de productividad en una parcela depende de las características concretas de una zona puntual o de las



Fig. 5.–La elevada pedregosidad superficial es en principio una característica negativa del suelo ya que impide en ocasiones labrar con facilidad. Sin embargo, en zonas muy secas favorece la retención de agua. Moral de Hornuez (Segovia).

condiciones del suelo en los horizontes profundos, de manera que no es fácil observar diferencias significativas en la superficie del suelo. Estas variaciones son muy fáciles de detectar observando las dificultades en el desarrollo del cultivo en cada una de las etapas de crecimiento.

La toma de muestras

Las muestras recogidas deben ser unitarias, es decir, deben ser representativas de un punto y un horizonte concreto del suelo. Debe definirse con anterioridad hasta qué profundidad llega cada horizonte. La práctica habitual de recoger muestras a intervalos predefinidos de profundidad lleva, en muchas ocasiones, a no poder resolver los problemas, ya que puede ocurrir que recojamos dos muestras en el mismo horizonte o por el contrario que no recojamos ninguna en alguno de ellos, y de esta forma no se pueda definir una problemática importante, tal como la existencia de un horizonte salino o la acumulación de caliza activa.



En el caso de que se quiera muestrear el suelo en profundidad lo mejor es realizar lo que se llama una calicata, consistente en un agujero de una profundidad de alrededor del metro y medio o hasta que se alcance la roca dura si el suelo es poco profundo. Es útil dejar tres paredes verticales y una de ellas en forma de rampa para poder entrar fácilmente; el suelo se describirá en la pared opuesta.

Las muestras NUNCA se deben mezclar. La mezcla no representa la realidad, ni tampoco la representa la media de los resultados de los análisis. Cada muestra es una unidad y representa al punto y horizonte donde se ha tomado. El que estos sean representativos del problema que intentamos identificar depende de nuestra capacidad de atención y de discriminación.

Para un análisis completo de suelos es más que suficiente un kilogramo de tierra por cada muestra, pero la mayor parte de las veces es suficiente menos, yo aconsejo normalmente medio kilogramo si no tiene demasiadas piedras. Esto debe ser preguntado al personal del laboratorio antes de ir al campo a recoger las muestras, ya que puede evitar transportar demasiado peso.

Las muestras deben recogerse en bolsas de plástico limpias y deben ser etiquetadas convenientemente. Para esto lo mejor es utilizar un rotulador especial para escribir en plástico o vidrio o etiquetas adhesivas en el exterior de la bolsa. Las etiquetas en el interior de las bolsas suelen deteriorarse y en ocasiones son ingeridas por algunos organismos del suelo.

El dato que debe llevar cada bolsa debe ser, por lo menos, un número y el nombre del propietario. Este número debe estar registrado en una nota adjunta donde se explique de dónde procede exactamente (parcela, punto, horizonte o profundidad, etc.) según se explica a continuación.

En general no es necesario secar la tierra antes de enviarla al laboratorio, solamente si estuviera excesivamente húmeda y se quisiera disminuir el peso para el envío o van a pasar varias semanas hasta el envío al laboratorio, entonces es suficiente dejar abierta la bolsa unos días. Y si es necesario secarla completamente entonces se debe extender sobre papeles nuevos, pudiendo

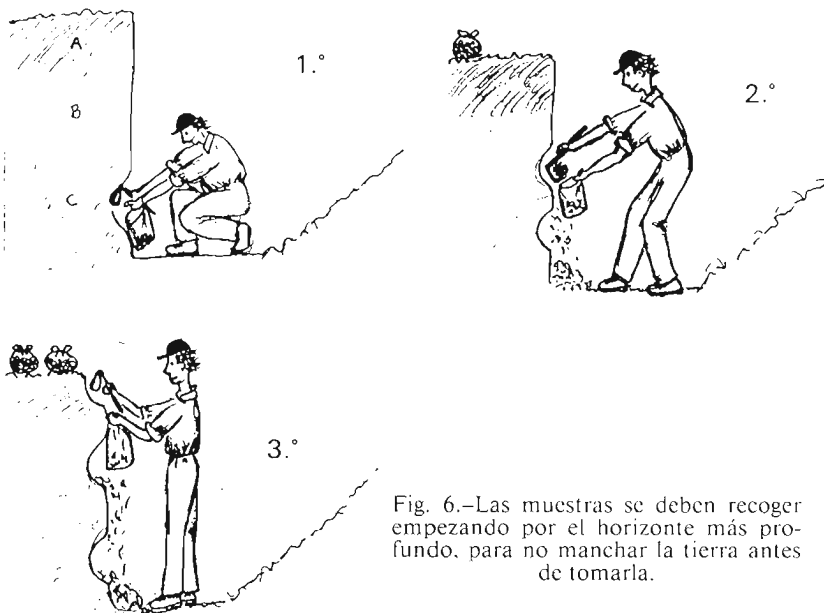


Fig. 6.-Las muestras se deben recoger empezando por el horizonte más profundo, para no manchar la tierra antes de tomarla.

usar papel de periódico. No se debe usar ninguna fuente de calor para este propósito, sino dejarlas secar simplemente al aire.

El envío de las muestras al laboratorio

Las bolsas una vez bien cerradas y etiquetadas se pueden enviar al laboratorio acompañadas de la siguiente información:

- Nombre de la persona que encarga el análisis.
- Domicilio.
- NIF.
- Teléfono.
- Fax.
- Lugar de origen de las muestras.
- Fecha de recogida.
- Circunstancias concretas: cultivo, jardín, tierra echadiza...
- Propósito del análisis.
- Análisis que se encargan.



- Relación de las muestras enviadas: número en la bolsa junto al horizonte, punto de muestreo y parcela a la que corresponde. También es conveniente reseñar la profundidad a la que se ha tomado. Se puede utilizar una tabla del estilo de la siguiente.

ANÁLISIS ENCARGADO POR

LOCALIDAD (origen de las muestras)

Cuadro 1. MODELO DE TABLA PARA ANOTAR LAS CARACTERÍSTICAS DE PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

Parcela	Punto	Horizonte	Profundidad

En la mayoría de los casos es conveniente hablar con el laboratorio para comentar el propósito del análisis y decidir según las circunstancias los que se deben realizar. Algunos laboratorios tienen paquetes fijos según los objetivos a cumplir.

ANÁLISIS DE SUELOS

Análisis rápidos de campo

En el mercado existe una gran variedad de análisis rápidos para suelos. En ellos se utilizan tiras de papel de colores o reactivos que dan precipitados coloreados y que se comparan con tablas de color. En general funcionan muy bien y son muy fáciles de usar. Son útiles para tener una idea aproximada de algún



Fig. 7.–Si es necesario realizar varias calicatas, es muy útil emplear una retroexcavadora. De esta forma se pueden tomar las muestras y cerrar las calicatas de inmediato.

parámetro que interesa verificar a menudo, sobre todo cuando hay que tomar medidas rápidas. Tienen varios inconvenientes:

- No se pueden realizar todos los análisis que se necesitan normalmente, sobre todo por el coste que supondría.
- Las medidas que se obtienen son aproximadas. Algunos de ellos funcionan cuando el suelo tiene determinados componentes y no otros, sobre todo en el caso en que haya bastantes sales se pueden presentar problemas en algunos análisis.
- Son baratos unitariamente, pero salen caros si se van a analizar pocas muestras, ya que los «Kits» llevan material para realizar muchos análisis: 20, 50 e incluso 100 ó 200.

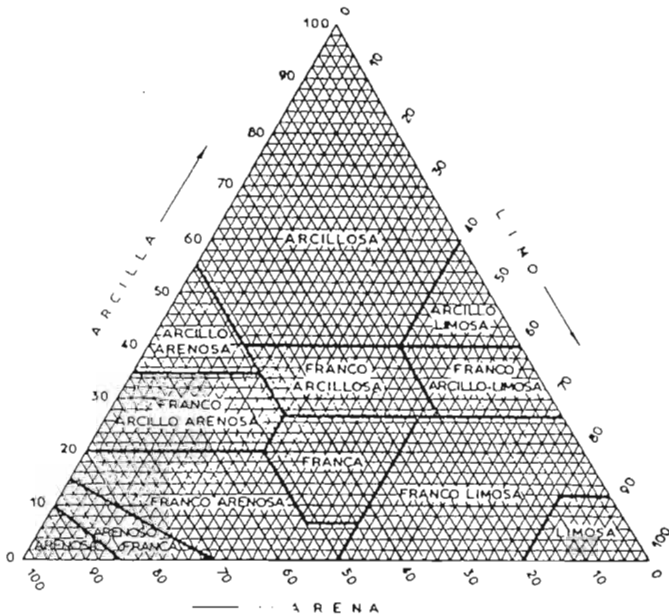
En el caso en el que además se necesite el consejo de un técnico para tomar alguna decisión respecto a la tierra analizada es mejor acudir a un laboratorio especializado.

Sin embargo, existen algunas técnicas muy sencillas que se pueden realizar en el campo o en casa. Algunas de ellas las exponemos a continuación:



Textura

Se recoge una pequeña cantidad de tierra y se humedece con agua, se trabaja con la mano hasta hacer un cilindro, según el grosor y la forma que le podamos dar se definen las diferentes clases texturales (como se puede ver en el gráfico adjunto): si se llega hasta 3 mm de diámetro, la tierra tiene menos del 80% de arena; si se llega hasta 1 mm, tiene menos del 65% y si con un cilindro de 3 mm de diámetro y de 10 cm de longitud se puede hacer un anillo, entonces la muestra tiene menos del 40% de arena.



TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN mm

- < 0.002: Arcilla
- 0.002 - 0.05: Limo
- 0.05 - 2.0: Arena

Fig. 8.-Diagrama triangular para determinación de la textura. Clasificación U.S.D.A. (Fuente: Agenda de Campo para el Estudio del Suelo/ETSIA. Madrid).

Existencia de caliza

Aplicar unas gotas de ácido clorhídrico muy diluido (11%) a una pizca de suelo. Si existe caliza se produce efervescencia. Si se va a muestrear este suelo para su posterior análisis en el laboratorio hay que tener cuidado de no introducir en la bolsa la parte en la que se ha añadido el ácido.

Existencia de arcillas expansivas (esmeclitas)

Las arcillas de tipo esmeclítico o montmorillonítico tienen la propiedad de absorber en su estructura moléculas de agua, de esta forma son capaces de aumentar considerablemente de tamaño cuando se humedecen. Los suelos que contienen este tipo de arcilla pueden aplastar las raíces de las plantas y además pueden causar graves daños en los cimientos de las casas. Sin embargo, estos suelos son muy ricos, ya que estas arcillas son capaces de retener gran cantidad de cationes en sus sedes de intercambio como se explica en el capítulo siguiente.

El Coeficiente de Extensión Lineal es una forma rápida y sencilla de saber si existe un cierto porcentaje de este tipo de arcillas. El procedimiento es el siguiente:

Se amasa una cierta cantidad de tierra (quitándole los cantos y las piedrecillas) con algo de agua haciendo un cilindro de alrededor de 1 cm de anchura y 10 cm de largo. Se deja en una superficie que sea deslizante y que no pueda absorber la humedad (mármol, formica...). Se mide su longitud exacta (Lh). Al día siguiente, cuando está completamente seco se vuelve a medir (Ls). El porcentaje de extensión lineal se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ E. L.} = \frac{Lh - Ls}{Ls} \times 100$$

Lh: Longitud en húmedo.

Ls: Longitud en seco.

Si E. L. es mayor de 7 % existe un alto porcentaje de arcillas expansivas o esmeclíticas.



Fig. 9.–El tamaño de las grietas que se forman al secarse el suelo denota la presencia de arcillas expansivas. En este suelo las grietas se presentaron tras haberse producido un incendio.

Objetivos, bases e interpretación de los análisis de suelos

Parámetros químicos

pH

Mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H^+) que existen en el suelo. En la escala de valor máximo 14, el valor de un suelo neutro es 7, siendo ácidos todos aquellos que tengan valores inferiores a 7, y básicos todos aquellos que tienen valores superiores a éste.

Las plantas cultivadas en general presentan su mejor desarrollo en valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado.

Si el suelo es excesivamente ácido entonces en el complejo de cambio del suelo abundan los hidrogeniones y el aluminio, impi-

diendo que otros elementos necesarios tales como el calcio, magnesio, sodio o potasio permanezcan en él, pasando a la fracción soluble y siendo fácilmente eliminados con el agua de lluvia o de riego. Si el suelo tiene menos de 5,5 de valor de pH sería conveniente, en general, elevarlo hasta un valor cercano a 6/6,5 mediante el aporte de una enmienda caliza, para que los elementos nutritivos puedan estar más fácilmente disponibles para las plantas.

Si el suelo es básico (por ejemplo en suelos calizos) entonces el complejo de cambio del suelo está saturado y el exceso de calcio en el medio impide que otros elementos, tales como el hierro, puedan ser absorbidos por las plantas. El pH de un suelo puede disminuirse aplicando azufre (S) de forma que las tiobacterias del suelo lo transformen en ácido sulfúrico lentamente, como para que no haya graves desequilibrios en el suelo. Si se necesita bajar el pH con rapidez se puede añadir ácido sulfúrico o nítrico, dependiendo de las posibilidades del agricultor y de las condiciones del suelo. También se puede aplicar yeso siempre que el suelo no tenga un contenido elevado en sales o su conductividad eléctrica sea elevada (mayor de 800 dS/cm); sin embargo, la adición de yeso puede ocasionar desequilibrios en el nivel de calcio respecto a otros cationes de cambio, sobre todo en suelos calizos. Los suelos que tienen yeso y caliza a la vez tienen un pH más cercano a la neutralidad que los que sólo tienen caliza. Algunos tipos de materia orgánica acidifican el suelo; así puede ocurrir que suelos calizos, que en principio deberían ser básicos, tengan un pH ácido. La aplicación de algunos tipos de materia orgánica puede ayudar a una disminución del pH, por ejemplo las acículas de pino.

La medida del pH se puede realizar mezclando la muestra con agua o con cloruro potásico a diferentes concentraciones; esto se debe tener en cuenta si se van a comparar datos de diferentes laboratorios o del mismo en épocas diferentes, ya que los resultados obtenidos son diferentes.

Los suelos en zonas agrícolas tienen normalmente valores de pH entre 4,5 y 9,5 (medidos en disolución en agua en proporción 1:2).



Cuadro 2. TIPOS DE SUELO, SEGUN LOS VALORES DE pH OBTENIDOS

pH (medido en agua, en disolución 1/2)	Tipo	Observaciones
Menor de 5,5	Muy ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, dificultad de retención de muchos nutrientes
5,5-6,5	Acido	
6,5-7,5	Neutro o cercano a neutralidad	Intervalo óptimo para los cultivos
7,5-8,5	Básico	
Mayor de 8,5	Muy básico	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, posible aparición de clorosis férrica

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo, su resultado se da en milimhos/cm o dS/cm y también en micromhos/cm. Los suelos con elevadas conductividades eléctricas impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen asimismo una elevada cantidad de sales. Cada cultivo es capaz de sobrevivir en rangos algo diferentes de conductividad, dependiendo del tipo de sales que tiene el suelo, sin embargo se pueden dar las siguientes líneas generales: < 500 micromhos/cm, buen desarrollo; 500-1000 micromhos/cm, aparecen problemas en algunos cultivos; > 1000 micromhos/cm, dificultades en muchos cultivos.

Materia orgánica

La materia orgánica (M. O.) se expresa en porcentaje. Se refiere a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que por lo tanto pueden dar lugar a aumentar el contenido en

nutrientes del suelo. La materia orgánica tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, esto es una gran capacidad para retener cationes en el suelo. Además, favorece la microestructura del suelo siendo un elemento muy positivo en la lucha contra la erosión de los suelos. Y en general favorece también el desarrollo de microfauna edáfica. Todos estos factores hacen que este parámetro sea muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad de un suelo determinado.

El contenido en M. O. es más elevado, en general, en los primeros centímetros del suelo (primeros 5 cm de profundidad en zonas naturales y unos 10 cm en zonas cultivadas), disminuyendo en profundidad primero drásticamente y después paulatinamente hasta llegar casi a desaparecer a los 30-60 cm según el caso. En algunos suelos de terrazas bajas de los ríos se pueden encontrar horizontes profundos con elevados contenidos en materia orgánica, que se formó cuando se depositaron los sedimentos del río.

A la hora de realizar un muestreo con el objetivo de conocer el contenido en M. O. es necesario tener en cuenta lo anterior, es



Fig. 10.-Se observa el contenido elevado en materia orgánica en el horizonte superficial, donde el color es gris oscuro.



decir, tener cuidado en tomar la muestra lo más superficial posible, esto dará idea del contenido más elevado en materia orgánica que tiene el suelo.

Los suelos agrícolas españoles tienen en general contenidos bajos en materia orgánica a excepción de los que se encuentran en las zonas húmedas.

En general es conveniente elevar el contenido en materia orgánica, sobre todo si la productividad es baja o existe riesgo de erosión. Sin embargo, un abuso de ésta puede conducir también a situaciones de desequilibrio nutricional.

Doy a continuación unos contenidos medios en diferentes tipos de agricultura en España:

Cuadro 3. CONTENIDOS MEDIOS EN MATERIA ORGANICA DE SUELOS AGRICOLAS EN ESPAÑA

Tipo de cultivo	Contenidos medios en España	Elevar hasta
Secanos en Centro y Sur ..	Menos de 1 %	2 %
Secanos del Norte	Más de 2 %	-
Regadío extensivo	Alrededor de 2 %	3 %
Regadío intensivo	Alrededor de 3 %	4 %
Pastos del norte de la Península o zonas de montaña	Más de 4 %	-

Caliza total

El carbonato cálcico (CO_3Ca) se mide normalmente por el método llamado del **Calímetro de Bernard** y su resultado se da en porcentaje en peso de caliza en el suelo. Es un método sencillo y que da unos resultados bastante fiables. Sin embargo, debido a que los suelos calizos son en muchas ocasiones muy poco homogéneos, sobre todo si la caliza no se presenta en forma pulverulenta mezclada con el suelo, sino que está en forma de nódulos, láminas o enrejados, puede ocurrir que el resultado corresponda



Fig. 11.—Se observa acumulación de caliza en forma de enrejado.

a mayor o menor porcentaje que el que en realidad hay en el suelo. Por ello es imprescindible conocer cómo se ha efectuado el muestreo y cómo era el horizonte en el suelo natural. Es importante anotar si existen nódulos, láminas o enrejados de caliza, siendo conveniente describir éstos, su porcentaje, su tamaño, espesor, etc. Se debe recoger la muestra fuera de ellos cuando representan un porcentaje pequeño o con ellos cuando estén muy extendidos en el horizonte.

Los porcentajes superiores al 35-40 % de caliza total pueden ocasionar problemas de productividad en los cultivos, sobre todo si se trata de plantas anuales o árboles jóvenes y estos niveles se encuentran en el horizonte superficial.

Pero no toda la caliza que hay en un suelo afecta a las plantas, sino que solamente aquella que es «activa», es decir, aquella que puede interponerse evitando la retención de otros cationes. Cuando el contenido en «caliza total» es superior al 15 % se recomienda analizar lo que se llama la «caliza activa», que es la verdadera medida de la caliza que puede afectar a los cultivos.

Caliza activa

Los métodos para analizar la caliza activa intentan imitar las condiciones del suelo en la zona radicular donde la acción de ácidos débiles orgánicos mantienen la caliza en formas muy fi-



Cuadro 4. PORCENTAJES DE CALIZA TOTAL EN LOS SUELOS Y SU INFLUENCIA EN LOS CULTIVOS

Caliza total en %	Observaciones
Menor de 15 %	En general no se presentan problemas
15-35 %	No afecta a muchos cultivos, pero se recomienda conocer el contenido en caliza activa, puede afectar en algunos casos
Mayor de 35 %	Puede afectar a la productividad de muchos cultivos. Se recomienda conocer el contenido en caliza activa

nas, de forma que pueden interceptar la absorción de hierro por las raíces de las plantas. A este efecto se le da el nombre de clorosis férrica. La presencia de algunos organismos del suelo, tales como nematodos, puede ayudar a incrementar este efecto.

Es difícil dar una referencia de las cantidades de caliza activa que son admisibles, ya que cada planta, cada variedad, y además dependiendo de las condiciones del suelo, humedad, temperatura, aireación, etc., se comportan de forma diferente respecto a este compuesto. En general se suele considerar que pueden empezar a aparecer problemas en valores cercanos al 10 %, aunque esto depende del cultivo, de la variedad y de las condiciones concretas del suelo (humedad, aireación, existencia de otras sales, etc.).

Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y la saturación por bases (V)

Las arcillas y la materia orgánica del suelo tienen la propiedad de comportarse como iones de carga negativa, aniones, de forma que son capaces de retener o adsorber cationes. Esta capacidad del suelo es lo que le permite retener los elementos necesarios para nutrir a las plantas, que de otra forma estarían en la solución del suelo fácilmente disponibles para su lavado en profundidad. Así, cuanto mayor sea esta «capacidad» mayor será la fertilidad natural del suelo.

Cada tipo de arcilla y cada tipo de materia orgánica tienen una C.I.C. diferente, como se observa en el cuadro adjunto.

Cuadro 5. LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE UN SUELO LE PERMITE RETENER LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA NUTRIR LAS PLANTAS

C. I. C. total meq/100 g	Nivel	Observaciones
0-10	Muy bajo	Suelo muy pobre; necesita aporte importante de materia orgánica para elevar C. I. C.
10-20	Bajo	Suelo pobre; necesita aporte de materia orgánica
20-35	Medio	Suelo medio
35-45	Medio alto	Suelo rico
Mayor de 45	Alto	Suelo muy rico

En el caso concreto de las arcillas, estos valores dependen de su estructura química permitiendo la adsorción de cationes en lugares diferentes. Algunas tienen la posibilidad de adsorberlos tanto en su superficie exterior como entre las láminas de mineral (esmeclitas), mientras que otras por su estructura más pequeña y láminas más unidas sólo permiten hacerlo en su superficie (caolinitas), existiendo casos intermedios (illitas).

Normalmente en los suelos suele haber mezclas de arcillas y distintos tipos de M.O., por lo que es difícil poder conocer a priori su C.I.C. total. Existen casos típicos de suelos con un solo tipo de arcilla, como por ejemplo los suelos de rañas donde debido a las condiciones climáticas de tipo tropical en que se desarrollaron al principio del Cuaternario tienen fundamentalmente arcillas de tipo caolinítico, como los suelos de las zonas tropicales. Estos suelos son bastante pobres ya que su C.I.C. es bastante baja (menor de 10 %). Otro ejemplo típico son los suelos de los bujeos andaluces, estos suelos desarrollan unos prismas de



estructura muy grande, sufriendo considerables cambios de volumen al secarse y al humedecerse, y agrietándose en superficie en los períodos secos. Están constituidos fundamentalmente por arcillas de tipo esmectítico cuya C.I.C. es muy elevada, capaces de adsorber gran cantidad de cationes además de moléculas de agua entre sus láminas. Son suelos de una gran fertilidad natural.

Esta propiedad de las arcillas y la materia orgánica, favorecedora del estado nutricional del suelo, puede en ocasiones ser nefasta para su estado de salud, ya que de la misma forma son capaces también de adsorber otros iones tales como residuos de plaguicidas, amoníaco, elementos pesados, etc. Así las sedes de intercambio pueden ser rellenadas de compuestos peligrosos para las plantas o los seres vivos. Estos compuestos al cambiar las condiciones ambientales, de humedad, temperatura, acidez o simplemente mediante una descarga eléctrica durante una tormenta, pueden salir a la solución del suelo causando daños diversos.

Los análisis de C. I. C. proporcionan su valor total en miliequivalentes por 100 g de tierra y los cationes de cambio principales: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) también en meq./100 g.

La saturación por bases (V) se da en porcentaje. Se refiere al porcentaje de cationes principales respecto al valor de la C. I. C. total, esto es:

$$V \% = \frac{(Ca + Mg + Na + K)}{C. I. C. \text{ total}} \times 100$$

Indica la cantidad de sedes para cationes intercambiables que hay en el suelo, ya que el resto hasta el valor de la C. I. C. total estará ocupada principalmente por hidrogeniones (H⁺). Por ello la saturación por bases es menor en suelos ácidos y cercana a 100 o del 100 % en suelos básicos.

Cuanto mayor sea el grado de saturación más posibilidades tiene el suelo para retener cationes.

La C. I. C. total de un suelo puede aumentarse por la adición de materia orgánica. Aunque este aumento sólo se va a notar en los

primeros centímetros del suelo puede en algunas ocasiones aumentar considerablemente la producción del cultivo.

Cuando la saturación por bases (V) es baja, lo que ocurre en suelos ácidos o muy ácidos, puede elevarse hasta cifras cercanas al 90 % adicionando enmiendas calizas. De esta forma el pH del suelo se eleva hasta 6 – 7 obligando a que los iones H^+ salgan de las sedes de intercambio dejando su lugar para otros cationes.

No se pueden dar rangos de valores estrictos que determinen si estos parámetros son bajos o muy bajos, ya que es más adecuado considerarlos parámetros relativos. Sin embargo, intentaré dar unas pautas orientativas:

Cuadro 6. LA SATURACION POR BASES

V % Saturación por bases	Observaciones
Menor de 50	Suelo muy ácido; presentará dificultades en la nutrición de los cultivos; se aconseja añadir una enmienda caliza
50-90	Suelo medio; su riqueza dependerá del valor de la C. I. C. total
Mayor de 90	Suelo saturado en bases; sus sedes de intercambio están siendo utilizadas. Su pH es casi neutro o básico

Hay quien prefiere añadir arcillas a los suelos con valores de C.I.C. bajos. En este caso hay que ser muy cuidadosos en cuanto a las características del material que se añade, ya que produce cambios irreversibles. Por ello, si en la parcela existe poca permeabilidad o contenidos elevados en sales habría que pedir consejo a un experto. De cualquier forma es conveniente analizar la enmienda que se trata de añadir.

Extracto de saturación

Cuando la conductividad eléctrica de la muestra es elevada (más de 800 micromhos/cm) es aconsejable realizar un extracto



de saturación para determinar el tipo de sales que la producen, de forma que se puedan tomar las medidas necesarias en cada caso.

Esta técnica consiste en analizar las características de la solución del suelo en estado de saturación. Los datos que da el laboratorio son: humedad de saturación (%), pH del extracto, conductividad eléctrica del extracto, contenido en cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y contenido en aniones (cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato).

Este análisis es necesario cuando se trata de calcular la dosis de riego en zonas con suelos salinos y/o cuando se emplean aguas salinas. En estos casos para que la salinidad del suelo no se eleve debe cumplirse que el aporte de sales del agua de riego sea igual o inferior a la cantidad de sales eliminada con el agua de drenaje:

$$CE_r \times V_r = CE_d \times V_d$$

No se exponen aquí los cálculos a realizar para evaluar la cantidad de agua necesaria en el riego ya que existe una extensa bibliografía sobre el tema, y en cualquier caso este tema debe ser estudiado por un técnico especializado.

En cuanto a los efectos negativos de las sales en los suelos, se destaca el efecto que produce un alto contenido en sodio (Na) medido en el extracto de saturación. Este catión afecta negativamente a la estructura del suelo impidiendo la formación de agregados, de forma que al disminuir la porosidad del suelo, éste se vuelve muy impermeable al agua y al aire.

Elementos fertilizantes

El análisis de los elementos fertilizantes tiene una problemática bastante compleja que es necesario conocer a fondo para poder realizar una interpretación adecuada. El muestreo del suelo es quizá la parte más importante de este análisis, ya que los cultivos utilizarán los elementos que se encuentren cercanos a sus raíces, teniendo en cuenta además que el suelo es un medio muy poco homogéneo.

Los métodos analíticos intentan emular la forma en que las plantas extraen los nutrientes del suelo, de forma que es muy



Fig. 12.—La coloración más oscura del horizonte inferior se debe a procesos de hidromorfismo. La impermeabilización es debida a un exceso de sales.

difícil que se puedan imitar las condiciones reales de cada caso concreto.

Una gran parte de los problemas nutricionales tienen su origen en otras cuestiones intrínsecas a cada suelo y al manejo que se hace de éste. Por ello es importante, antes de realizar un análisis de elementos nutritivos, conocer los aspectos básicos tales como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, saturación por bases, etc., dependiendo de cada caso concreto.

En muchos casos, sobre todo si se fertiliza mediante el sistema de riego por goteo, para establecer el programa de fertilización es más útil realizar análisis foliares.

Los suelos de las zonas agrícolas intensivas, donde se utilizan muchos plaguicidas y herbicidas, suelen tener graves desequilibrios en las poblaciones de microorganismos edáficos, siendo por ello necesario cuidar los niveles de materia orgánica y proporcionar compuestos orgánicos animales o vegetales que ayuden a la reposición de la fauna. Aunque actualmente no se está dando



demasiada importancia a la fracción orgánica del suelo, pienso que en el futuro próximo se va a considerar mucho más y tendrán que desarrollarse métodos eficaces que midan la actividad biológica del suelo como medio para determinar su nivel de fertilidad.

Para poder calcular las unidades de fertilizantes a aplicar es necesario conocer las necesidades en elementos nutritivos que tienen los diferentes cultivos. El aporte se calculará como la diferencia entre lo que necesitan las plantas y la cantidad que contiene el suelo, excluyendo las posibles pérdidas por lavado o inmovilización.

Nitrógeno (N)

El nitrógeno en el suelo se encuentra en dos formas diferentes: orgánica y química. En forma química aparece en forma de nitratos, nitritos y amoniacó.

Los análisis dan su porcentaje en peso de nitrógeno. La mayor parte de las veces el nitrógeno que se analiza en los laboratorios es el nitrógeno orgánico junto al amoniacal, ya que solamente existen análisis oficiales para éstos, considerándose que los nitratos y los nitritos representan una pequeña fracción. Esto no siempre ocurre, ya que en suelos de cultivos intensivos, donde se fertiliza bastante, pueden también ser representativos. El problema se encuentra entonces en el muestreo. Los nitratos y nitritos se encuentran sobre todo en la solución del suelo, ya que son muy solubles, por lo que para su análisis es aconsejable recoger muestras de la solución del suelo mediante cápsulas de porcelana instaladas en el interior del perfil. Esta técnica es bastante engorrosa por lo que sólo se utiliza cuando se trata de controlar el nitrógeno en parcelas experimentales.

El nitrógeno orgánico o amoniacal se encuentra formando parte de los residuos de cosecha, abonos orgánicos o en los microorganismos del suelo. Este nitrógeno se libera poco a poco para ser utilizado por las plantas. Por lo tanto, la medida analítica de nitrógeno no expresa la cantidad realmente disponible por las plantas. Por ello es difícil llegar de esta forma a hacer un cálculo real de las necesidades de los cultivos.

El nitrógeno en forma de nitrato es directamente asimilable por las plantas; sin embargo, es fácilmente lavable en profundidad, pudiendo contaminar las aguas subterráneas de forma irreversible. Por esta razón es importante aplicar solamente la cantidad necesaria en cada fase del cultivo, pues el nitrógeno sobrante está expuesto a ser lavado en profundidad por las aguas de lluvia o de riego.

La definición de un programa de fertilización nitrogenada debe hacerse a corto plazo, estableciendo las cantidades necesarias en cada fase del cultivo para evitar las pérdidas por lavado, por lo que la aplicación del fertilizante debe hacerse en el mayor número de veces posible.

La cantidad total de nitrógeno a aportar en un cultivo viene dada por la siguiente ecuación (Domínguez Vivancos, 1989):

$$F = \frac{P \times E}{C} (Nm + Nr + Ne - Np)$$

donde:

F: Cantidad total de nitrógeno que es necesario aplicar.

P: Producción estimada del cultivo.

E: Extracciones de nitrógeno por unidad de producción.

C: Coeficiente de eficacia del tipo de cultivo.

Nm: Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica estable (humus).

Nr: Nitrógeno mineralizado de residuos de la cosecha anterior.

Ne: Nitrógeno derivado de las enmiendas orgánicas aplicadas anteriormente al cultivo.

Np: Nitrógeno que se pierde por lavado o desnitrificación.

Se supone que el nitrógeno dado por el análisis (tipo Kjeldahl) corresponde a la suma de $Nm + Nr + Ne$.

Si se estima que va a haber una producción demasiado elevada, y por la acción de agentes externos, tales como heladas o sequía, la producción real es menor, se habrá sobreestimado el aporte de nitrógeno y va a quedar un sobrante en el suelo.



Es difícil conocer de antemano las cantidades que se pierden en profundidad, ya que todavía no existen investigaciones suficientes para poder establecer unos niveles aproximados. A modo de orientación las pérdidas por lavado pueden ser muy elevadas en suelos arenosos (más del 50 %), llegando a minimizarse en suelos muy arcillosos.

Fósforo (P , P_2O_5)

Los análisis de fósforo intentan imitar la extracción que hacen las plantas mediante la acción de ácidos. Se emplean ácidos más fuertes para la extracción de fósforo total y ácidos débiles para la extracción del fósforo activo.

El fósforo activo es el fósforo que en teoría utilizan las plantas. Este es el fósforo que se encuentra en las sedes de intercambio y en la solución del suelo. Mientras que el fósforo en reserva (total-activo) se encuentra en el suelo en forma de fosfato insoluble.

En suelos básicos el fósforo se inactiva fácilmente en formas insolubles, por lo que suele encontrarse poco fósforo en forma activa. En este caso, tras realizar el abonado con el paso del tiempo el fósforo se va inactivando.

El cálculo de la fertilización fosfórica debe realizarse teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de fósforo activo. Por lo tanto será mayor el aporte en suelos básicos, ya que inactivan el fósforo y mucho menor en los ácidos.

Potasio (K , K_2O)

El potasio se encuentra en el suelo en forma de catión intercambiable, es decir, adsorbido a las arcillas y a la materia orgánica en sus sedes de intercambio, pasando fácilmente a la solución del suelo por la acción de ácidos débiles.

Muchos suelos son ricos en potasio de forma natural, por contener arcillas del tipo de la illita. Esto ocurre por ejemplo en zonas donde la roca madre es una pizarra. También son ricos en potasio los suelos que se abonan frecuentemente con estiércol.

Como en el caso del fósforo, la fertilización potásica también debe hacerse teniendo en cuenta el mantenimiento de un nivel de potasio activo.

Contaminantes de los suelos

Los principales contaminantes de los suelos que pueden afectar a los cultivos son los metales pesados y los residuos de plaguicidas.

No voy a explicar aquí la problemática analítica de cada uno de los elementos o compuestos que se pueden presentar. Sin embargo, si se quiere determinar su presencia es muy importante realizar un muestreo adecuado.

La mayoría de estos compuestos quedan retenidos en los primeros centímetros del suelo. Así su contenido será mayor en superficie decreciendo con la profundidad. Por ello para conocer el contenido máximo en el suelo es recomendable muestrear los primeros 5 cm, o el primer horizonte si se voltea la tierra frecuentemente. Solamente en algunos casos, cuando se trata de productos muy solubles, sería necesario muestrear en profundidad.

Parámetros físicos

Elementos gruesos

Los elementos gruesos corresponden a la fracción de tierra mayor de 2 mm. Este valor puede variar bastante si en el momento del muestreo se han tomado los cantos pequeños o por el contrario se han desechado. En general es conveniente no recoger éstos al realizar el muestro, y sin embargo es importante tomarlos en cuenta al realizar la descripción del suelo, es decir anotar el porcentaje de superficie que ocupan tanto en la superficie como en vertical en los horizontes del suelo. También es deseable describir su tamaño y si es posible sus características litológicas. La presencia de grava o cantos es muy importante por permitir mayor infiltración o evitar la evaporación del agua del suelo.

El porcentaje que dan los laboratorios corresponde a la cantidad de tierra mayor de 2 mm respecto al total de la muestra. Lo que quiere decir que restando de 100 este valor da el contenido en tierra fina, que es lo que se analiza.

Textura

La composición granulométrica de un suelo se da en porcentaje de las diferentes fracciones que lo componen. En los estudios



de suelos siempre se dan los contenidos en arena gruesa, arena fina, limo y arcilla. Según el método que se utilice el tamaño exacto de estas fracciones varía. El método más extendido es el oficial del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Método USDA) que da las siguientes fracciones:

	Milímetros
Arena gruesa	2-0,5
Arena fina	0,5-0,05
Limo	0,05-0,002
Arcilla	Menor de 0,002

Para conocer el tipo de textura que tiene el suelo se introducen los porcentajes de arena (arena gruesa + arena fina), limo y arcilla en un gráfico de textura como el de la página 19.

El tipo de textura del suelo tiene bastante relación con las propiedades hídricas. Como es sabido, los suelos más arenosos son muy permeables, los más arcillosos retienen más el agua y los más limosos más impermeables, pero dependiendo del grado y tipo de estructura las características hídricas pueden variar.

Es importante fijarse en la fracción arena fina + limo, ya que un contenido alto de ellas va a producir mayor impermeabilidad en el suelo.

Capacidad de campo

La capacidad de campo de un suelo se define como la cantidad de agua que puede retener éste a drenaje libre. Su valor tiene relación con la textura y la estructura del suelo.

El resultado se da en porcentaje, es decir, es la cantidad de agua que pueden retener 100 g de suelo.

Esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos, y además, en general, da una idea muy real de las características hídricas del suelo.

Este análisis es muy adecuado cuando se presentan problemas de falta o de exceso de humedad en algunos momentos de desarrollo de los cultivos. En estos casos es importante valorar las posibilidades de retención de agua de todos los horizontes del suelo para poder conocer la capacidad total de retención de agua.

A continuación doy una tabla orientativa para evaluar los niveles de capacidad de campo.

Capacidad de campo (%)	Observaciones
Menor de 7	Muy baja
7-12	Baja
12-20	Media baja
20-30	Media
Mayor de 30	Elevada

ANALISIS A REALIZAR SEGUN LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

Normalmente no es necesario realizar todos los análisis de suelos en una tierra, ya que según sus características algunos de los elementos no existirán y no serán medibles.

En general es conveniente realizar como parámetros básicos de cualquier suelo el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la textura. Estos análisis proporcionan gran cantidad de información acerca de las características principales de los suelos. A partir de los resultados obtenidos se tomará la decisión de continuar los análisis de la siguiente forma:

Si el pH es mayor de 7, entonces es conveniente analizar la caliza.

Si el pH es inferior a 5,5, es conveniente conocer el valor de la saturación por bases (V).

Si, existiendo caliza, ésta es mayor del 15 %, entonces es conveniente analizar la caliza activa.

Si la conductividad eléctrica es mayor de 800 micromhos/cm,



es recomendable analizar el extracto de saturación para conocer el tipo de sales que producen esa conductividad.

ANALISIS A REALIZAR SEGUN LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Como ya he apuntado anteriormente, es deseable realizar en todas las muestras el pH, la conductividad eléctrica, la textura y la materia orgánica (en muestras superficiales). A continuación doy unas recomendaciones para cada caso concreto.

Fertilidad

- Capacidad de intercambio catiónico y saturación por bases en los primeros horizontes.
- Nutrientes (N/P/K), en los dos primeros horizontes.
- Si se fertiliza con purines de cerdo es importante controlar el contenido en cobre en los primeros centímetros del suelo.

Riego

- Capacidad de campo en todos los horizontes del suelo.
- Extracto de saturación en todos los horizontes, si se trata de suelos salinos o se riega con aguas salinas.

Cualquier transformación agraria

- Realizar todos los análisis posibles.

Parcelas regadas con aguas residuales

- Conductividad eléctrica en todos los horizontes.
- Metales pesados en el horizonte superficial.

Jardinería

- Nutrientes en los dos primeros horizontes.
- Caliza total y activa si el pH es mayor de 7.
- Extracto de saturación si C. E. es mayor de 800 micro-mhos/cm.
- Es aconsejable controlar con mucha atención la conductividad eléctrica de las turbas y enmiendas orgánicas que se aporten.

Es recomendable analizar tanto la tierra natural del jardín como las tierras que se van a aportar.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- Domínguez Vivancos, Alonso, 1989: «*Tratado de fertilización*», Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Fitzpatrick, E. A., 1985: «*Suelos: su formación, clasificación y distribución*», Ediciones CECSA, Méjico.
- Foth, Henri D., 1986: «*Fundamentos de la ciencia del suelo*», Ediciones CECSA, Méjico.
- Fuentes Yagüe, José Luis, 1989: «*El suelo y los fertilizantes*», Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Fuentes Yagüe, José Luis, 1989: «*Los abonos*», Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986: «*Métodos oficiales de análisis*». Tomo III, Madrid.
- Fuentes Yagüe, José Luis, 1992: «*Técnicas de riego*». Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- López, J. Rodrigo, y otros, 1992: «*Riego localizado*». Mundi-Prensa Ediciones y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Pizarro, Fernando, 1978: «*Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*», Editorial Agrícola Española, S. A., Madrid.
- Tarjuelo, José M.^a, 1991: «*El riego por aspersión. Diseño y funcionamiento*». Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION

Corazón de María, 8 - 28002-Madrid