

Factores que afectan la Interpretación de los Análisis de Suelos

Se usan bien a nivel de campo, los resultados analíticos ?

Antecedentes generales.- La fertilidad del suelo como concepto integral se define como la capacidad del suelo de producir abundantes cosechas y de buena calidad. Esta integrada por la fertilidad física, la fertilidad química y la fertilidad biológica. Cada uno de estos conceptos integran a su vez una serie de parámetros del suelo. En la actualidad los aspectos mas deteriorados de los suelos de la zona centro norte y central son la fertilidad Física y Biológica. Por su parte, en los suelos de la zona de Curicó al sur, predominan problemas mas bien de tipo químico. Su recuperación es un proceso lento y costoso y puede tomar varios años. Además, es un problema global que no solo afecta a los suelos de Chile, sino que la mayoría de los países del mundo están afectados por este problema.

Ahora bien, una herramienta que puede orientar a profesionales, técnicos y productores a comprender el real problema de deterioro de sus suelos es el análisis químico de tierra. Pero como ya fue señalado la fertilidad química del suelo es solo una parte del concepto de fertilidad integral del suelo. A continuación se detallan algunos parámetros que forman parte de la fertilidad química, física y biológica del suelo.

Fertilidad Química del Suelo.- La fertilidad química es el factor mas estudiado del suelo y algunos de los parámetros clásicos de ésta son el pH o reacción del suelo, y la disponibilidad química de los nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio entre otros. Normalmente estos son los parámetros mas conocidos y mas frecuentemente analizados. La mayor parte de los suelos en la actualidad presentan niveles mas bien altos de nutrientes minerales incluido el nitrógeno, debido a las fertilizaciones anuales que se aplican, especialmente en la zona central y centro norte. Aun cuando esta situación es variable y depende de la zona y tipo de suelo. De Santiago al sur los contenidos de potasio han estado disminuyendo de manera importante, debido a la intensa extracción por el cultivo del maíz y a que los programas de fertilización con este nutriente han sido moderados. En el caso de los suelos arcillosos los contenidos de calcio en suelos con manejo intensivo a disminuido de manera importante, afectando la fertilidad física de estos, como ya ha sido señalado en artículos anteriores.

Fertilidad Biológica.- La fertilidad biológica del suelo ha sido mucho menos considerada y es la mas deteriorada. La razón que explica esto es su escaso conocimiento, porque es difícil de analizar de manera rutinaria en un laboratorio de servicio. El parámetro que mas se relaciona con la actividad biológica del suelo es la materia orgánica. Ésta cuantifica el contenido de carbono total del suelo, factor esencial que determina el grado de actividad biológica de éste. Es decir la cantidad y actividad de biomasa microbiana del suelo (bacterias, hongos, actinomicetes y microalgas), muchos de estos microorganismos son benéficos y permiten controlar enfermedades y plagas del suelo. Otros parámetros biológicos del suelo que normalmente no se analizan, por razones de dificultad analítica de rutina son la biomasa microbiana, la actividad fosfatásica, entre muchos otros. La fertilidad biológica relaciona todos los flujos del nitrógeno y parte del fósforo del suelo. Además, de equilibrar y mitigar enfermedades y plagas del suelo. Para analizar mejor este aspecto del suelo, es recomendable solicitar además de materia orgánica, nitrógeno total, así se puede calcular la relación carbono:nitrógeno (C/N) y nitrógeno disponible.

Fertilidad Física.- La fertilidad física del suelo, se relaciona directamente con la dinámica del agua y de la aireación del suelo, por lo tanto su efecto es muy importante. Gran parte de los problemas de la interpretación de un análisis de suelo tiene que ver con el deterioro de los parámetros físicos del suelo. Las constantes hídricas, textura, estructura, porosidad, densidad aparente y profundidad efectiva son los parámetros más relevantes que determinan la fertilidad física del suelo.

La fertilidad del suelo está determinada finalmente por la interrelación de cada uno de estos grupos de parámetros, así una adecuada fertilidad física es altamente dependiente de la fertilidad biológica y también de la fertilidad química. Largo sería describir la serie de interrelaciones que se producen en el suelo entre los distintos factores de la fertilidad físico-química y biológica del suelo y que permiten finalmente alcanzar la máxima expresión de ésta. En todo este complejo sistema destaca la importancia del carbono lábil o activo del suelo y del calcio, ambos elementos centrales que permiten mejorar la condición física del suelo.

El análisis químico de suelo mide el grado de disponibilidad química de los nutrientes para las raíces de las plantas. Estos estudios se desarrollaron especialmente en las décadas de los años 50 al 70 y se conocieron como "**Estudios de calibración del análisis de suelo con la respuesta de los cultivos a la fertilización**". Instituciones como el INIA y algunas universidades desarrollaron intensos programas al respecto. Sin embargo, en aquellos años la fertilidad física de los suelos era muy distinta. En la actualidad el factor más importante que afecta de manera indirecta la interpretación de un análisis químico de suelos es el escaso desarrollo radicular las plantas, esto debido a la pobre condición física de los suelos. En la práctica esto se traduce en que las plantas responden a dosis más altas de fertilización. El análisis químico de suelo está diseñado para extraer la formas más disponibles, pero en la realidad las raíces absorben los nutrientes desde la solución del suelo. Los que están siempre en equilibrio dinámico con la fracción sólida del suelo, que presenta sitios de intercambio (arcilla+materia orgánica). Este equilibrio está gobernado por la cantidad de arcilla, tipo de arcilla y la materia orgánica más lábil.

Antecedentes que pueden ayudar a mejorar la interpretación de un análisis de suelo

Nitrógeno.- La disponibilidad de nitrógeno debe analizarse en función del contenido inicial de nitrógeno mineralizado, del contenido de materia orgánica, del manejo de residuos, de la rotación de cultivo, de la profundidad efectiva del suelo y también de la época de muestreo y la época de crecimiento del cultivo. Los suelos liberan más nitrógeno mineral a fines de primavera y en verano. En otoño e invierno la mineralización disminuye significativamente. De Aconcagua al sur debe considerarse la presencia de nitrógeno bajo la capa arable, es decir bajo los 25 cm de profundidad, esto es muy importante en cultivos de mayor arraigamiento como el maíz y otros cereales e incluso frutales. El efecto residual de la fertilización nitrogenada es más importante que lo que se pensaba en el pasado. Esto es más importante de Aconcagua al norte, por las menores precipitaciones, pero igualmente se acumula nitrógeno en suelos ubicados más al sur. Por otra parte, el nitrógeno no se afecta de manera tan importante en su absorción con un pobre sistema radical como el fósforo, debido a que el nitrógeno presenta bastante movilidad en el suelo y es atraído por el sistema radicular por efecto de flujo de masa, por acción de la corriente transpiratoria generada por la transpiración de la planta. Eventualmente el nitrógeno puede ser retenido en el suelo por efecto de inmovilización de los microorganismos, esto puede ocurrir cuando la relación carbono: nitrógeno (C/N) es muy alta, mayor de 20. Esto puede ocurrir cuando se ha incorporado un rastrojo de cereal poco antes de la siembra. Un suelo de la zona maicera de la zona central puede suministrar unos 110 kg/ha de nitrógeno netos, sobre todo si presenta historial de aplicación de enmienda

orgánica, como guano de cerdo o de pavo. Esta cantidad puede representar cerca del 50% del nitrógeno requerido por el cultivo de maíz. Por lo tanto, la fertilización del cultivo puede y debe ser ajustada según los antecedentes señalados.

El contenido de materia orgánica está relacionado con el contenido de arcilla, suelos arcillosos pueden contener más de 3,0 % y suelos francos por lo menos 2% estos son valores mínimos requeridos por los suelos. Tierras franco arenosas pueden presentar menos de 2,0 %. Un suelo con más de 30 ppm de nitrógeno disponible en la capa arable y más de 2,5 % de materia orgánica puede ser considerado como un suelo que será capaz de suministrar bastante nitrógeno. Para tener una estimación en kg/ha se debe multiplicar los ppm de nitrógeno por 2,4. Además, se debe considerar el aporte de nitrógeno bajo los 25 cm de profundidad, en muchos casos este representa el 70 % de lo detectado en la capa arable. Además, se debe considerar el aporte de los residuos del cultivo anterior, más el eventual aporte del agua de riego (Car). Es decir el suministro de nitrógeno (SN) será:

$$SN = Nd + Nr + Car$$

Donde

Nd= Nitrógeno disponible en los primeros 40 cm de profundidad (valor capa arable + valor bajo la capa arable estimado o analizado en laboratorio)

Nr: Nitrógeno aportados por la mineralización de los residuos del cultivo anterior, por lo menos 80 kg/ha. Para un buen suelo, en primavera verano.

Car: Contenido de nitrógeno del agua de riego (análisis de Lab.). Se asume que el agua de riego no aporta N.

Por lo tanto, para un suelo con 30 ppm y asumiendo una densidad aparente de 1,2 el cálculo sería

$$Nd = 30 \times 2,4 = 72 \text{ kg/ha de N a } 0 - 20 \text{ cm}$$

$$Nd = 21 \times 2,4 = 50 \text{ kg/ha de N a } 20 - 40 \text{ cm}$$

$$Nd \text{ total} = 122 \text{ kg/ha de N}$$

$$SN = (122 + 80) = 202$$

$$SN = 202 \times 50 \% \text{ de eficiencia de recuperación del nitrógeno}$$

$$SN = 101 \text{ kg/ha de N}$$

Si el cultivo de maíz requiere 310 kg de nitrógeno

FN= Fertilización nitrogenada

$$FN = 310 - 101/0,5$$

$$FN = 418 \text{ kg/ha de N}$$

Este valor estimado de fertilización nitrogenada se debe ajustar según experiencia práctica del agricultor o técnico y además servirá como una referencia objetiva, que ayudará en la toma de decisión, para realizar una fertilización más racional de los cultivos.

Fósforo.- La disponibilidad de fósforo es afectada principalmente por el pH del suelo. Valores superiores a 7,8 afectan de manera significativa la disponibilidad de fósforo del suelo independiente de la cantidad detectada por el análisis químico. Valores de pH inferiores a 5,5 también afectan la disponibilidad de fósforo pues se inmoviliza por formación de precipitados con el aluminio, caso de suelos de la zona sur, El mejor rango de pH en el suelo para la mayoría de los cultivos varía entre 6,0 y 6,5. También la materia orgánica aporta fósforo orgánico que se mineraliza por acción microbiana y pasa a integrar el suministro de fósforo mineral, se estima que un 30 % del fósforo disponible puede provenir de la mineralización de la materia orgánica. Un aspecto agronómico muy importante a considerar respecto del fósforo, es que su absorción se ve muy afectada por la calidad del sistema radical de la planta, debido a que este elemento presenta muy baja movilidad en el suelo. Por lo tanto, la mayor parte de los cultivos y frutales generalmente presentan niveles marginales de fósforo a nivel foliar. Esta situación en el caso de frutales genera en muchos casos desequilibrios con el nitrógeno, afectando la fructificación de los arboles. Las raíces deben salir a buscar el fósforo, mediante la exploración del suelo a través de las finas raicillas, cuando la condición física de este es la adecuada, es decir presentan buena estructura y aireación. Igualmente los micronutrientes se ven afectados en su absorción al tener las plantas un pobre sistema radicular. En el pasado los suelos con buena condición física no requerían mas de 25 ppm de fósforo disponible (Olsen), en la actualidad pueden necesitar mas de 35 ppm, por el problema de menor crecimiento radical de las plantas. Un nivel bajo se debe considerar menos de 10 ppm.

Potasio.- La disponibilidad de potasio se estima mediante el potasio de intercambio. Su disponibilidad está afectada de manera importante por el contenido de arcilla y el tipo de arcilla, aun cuando en nuestro país no existen arcillas fijadoras de potasio como en otros países. Por lo tanto, en nuestro caso es más importante la cantidad de arcilla. Es decir un suelo arcilloso requerirá un mayor contenido de potasio, mas de 400 ppm, mientras que un suelo franco arenoso puede requerir no mas de 250 ppm. También el contenido relativo respecto de los otros cationes como el magnesio, calcio y sodio es importante de considerar. La saturación de potasio debe superar el 5% de la suma de bases. Su contenido en la solución del suelo es bastante mas bajo que calcio y magnesio. Pero puede liberarse mas fácilmente de la matriz arcillosa del suelo y pasar a la solución. Elemento poco móvil en el suelo, por lo tanto su absorción se ve afectada por la carencia de buenas raíces. En la actualidad debido a este problema de carencia de raíces los suelos deben contener por lo menos mas de 180 ppm.

Calcio.- Lo suelos naturalmente deben presentar altos contenidos de calcio de intercambio y generalmente también altos contenidos en la solución del suelo. La cantidad dependerá del contenido y del tipo de arcilla, al igual que el potasio. Es decir suelos arcillosos tendrán más calcio que suelos franco arenosos. Su disponibilidad puede verse afectada por el pH debido a puede formar compuestos poco solubles, como yeso y carbonato. Debido a su contenido moderadamente alto en la solución suelo, es bastante móvil en la solución y es atraído hacia las raíces por flujo de masa. La saturación de calcio debe representar el 75% de la suma de bases. Igualmente su absorción se afecta por la falta de raíces y además por efecto de dosis altas de nitrógeno, especialmente de fuentes amoniacales

Magnesio.- Lo suelos presentan contenidos mas bajos de este elemento comparado con el calcio de intercambio y generalmente también menores contenidos en la solución del suelo. La cantidad dependerá del contenido y del tipo de arcilla al igual que calcio y potasio. Es decir suelos arcillosos tendrán mas magnesio que los suelos franco arenosos. Su disponibilidad puede verse incluso mas afectada por el pH que el caso del calcio debido a que forma compuestos bastante mas insolubles, como es el carbonato de

magnesio. La saturación de magnesio debe ser cercana al 17% de la suma de bases. El exceso de potasio afecta de manera significativa la absorción de magnesio. Al igual que la falta de raíces y las fuentes nitrogenadas.

Micronutrientes.- En general se puede señalar que el hierro incrementa su disponibilidad desde el norte hacia el sur. Desde Santiago al norte su contenido dependerá de la presencia de carbonatos en el suelo. Manganeso es un nutriente abundante en los suelos a excepción de aquellos que presentan calcáreo. El exceso de riego libera manganeso. Su disponibilidad se incrementa al sur de Santiago debido a la mayor acidez de los suelos. En relación al cobre, se presentan contenidos adecuados y en algunos sectores puede ser excesivo, por efecto de contaminación de la actividad minera. Cuantitativamente el más deficitario de los microelementos es el cinc. Los suelos deben contener por lo menos 1 ppm, en suelos con carbonatos su disponibilidad será menor. El boro se puede presentar en niveles medios a bajo, especialmente en suelos graníticos y su disponibilidad esta afectada por el pH y el contenido de materia orgánica.

Al interpretar un análisis de suelo se debe considerar todos los aspectos agronómicos de manejo del predio y considerar que el principal factor que está afectando la absorción de los nutrientes es la carencia raíces debido a la pobre condición física y biológica de los suelos.

Por otra parte, considerar que los nutrientes que mas se afectan en su absorción por las raíces son el fósforo y los micronutrientes. También se afecta la absorción de calcio, magnesio y potasio y en menor medida la absorción de nitrógeno.

Cinc y boro son los micronutrientes mas deficitarios en los suelos.

Otro factor relevante es el manejo del riego, pues este es el vehículo que permite una mayor movilidad de los nutrientes y a su vez permite un adecuado crecimiento radical, siempre que se den las óptimas condiciones de aireación del suelo. Finalmente el técnico y agricultor mas que aumentar las dosis de fertilizantes, debe tener el objetivo claro de mejorar su mayor capital que es suelo. Evitando la erosión, no quemando rastrojos e incorporando materia orgánica de manera permanente.

Carlos Sierra B.
Ing. Agr. M. Sc.