

CARACTERIZACION SUELOS (Fertilidad)

M. Rodríguez.

Presentado en el Curso "Investigación y Desarrollo de Tecnología para Sistemas de Producción de Cultivos". Turrialba, Costa Rica Agosto 22 a Noviembre 21 de 1983.

Caracterización suelos.Fertilidad.

M. Rodríguez.

Introducción.

En este documento se discuten las características químicas del suelo, que son sumamente importantes en su fertilidad, también se mencionan algunas características físicas importantes. Se discute además, cómo determinar la cantidad de cal que se debe aplicar en un suelo ácido y la fijación de fósforo en el suelo, otro aspecto que es sumamente importante.

Se sabe que los factores más importantes que afectan el crecimiento de los organismos, son los factores genéticos y factores ambientales; los factores genéticos no se consideran aquí, porque está fuera del alcance de esta discusión; aun dentro de los factores ambientales, solo vamos a incluir uno, que es el factor edáfico o el referente al suelo, desde el punto de vista del crecimiento de las plantas.

El estudio del suelo, se divide en dos grandes ramas. Uno es la pedología, que es el estudio del suelo desde el punto de vista de su formación, origen y clasificación o una ciencia pura; mientras que la edafología es la ciencia que estudia el suelo desde el punto de vista de su relación con el crecimiento de las plantas.

Entre los factores ambientales, no solamente está el suelo, sino que está la luz, la humedad que es sumamente importante, el manejo que el agricultor le dé a su planta, etc. Es decir, que toda esta serie de factores hay que considerarlos también en los sistemas de producción.

Técnicas para determinar los requisitos nutricionales de las plantas.

En general, existen cuatro técnicas o cuatro formas de determinar las necesidades o los requisitos nutricionales de las plantas: análisis de suelo, análisis foliar, pruebas biológicas y síntomas de deficiencias.

El análisis de suelo es el primer paso al iniciar cualquier empresa agrícola, porque inicialmente no tenemos otra información que podamos usar que el suelo y lo que hacemos es analizarlo para tener una buena idea de sus características químicas y físicas.

El análisis foliar es una técnica que puede utilizarse solamente después que ya tenemos los cultivos establecidos y su eficacia en cultivos perennes está bien documentada.

Existen muchos cultivos como cítricos, banano, café, etc., donde se ha usado con muy buen éxito la técnica de análisis foliar; no solamente para determinar los niveles bajos o adecuados de diferentes nutrimentos, sino para formular los programas de abonamiento. En el caso de estos y otros cultivos, el potasio se puede manejar muy bien por medio del análisis foliar, a tal grado que se pueden determinar los niveles que se deben aplicar de este elemento solamente basándose en el análisis foliar. En el caso del nitrógeno, es un poco más difícil, porque el nitrógeno es un elemento más dinámico, es decir, que las concentraciones en la planta varían mucho más que en el caso del potasio. Entonces es mucho más difícil, pero sin embargo también es posible determinar si las plantas están deficientes o suficientes en nitrógeno. El análisis foliar también se puede usar para el fósforo, calcio, magnesio y los elementos menores.

Las pruebas biológicas no son más que los ensayos de campo o ensayos de invernadero que llevamos a cabo ordinariamente y son también muy efectivas.

Las tres técnicas que mencionamos pueden complementarse entre sí, realmente esto sería lo ideal. Por medio del análisis del suelo, el análisis foliar u las pruebas biológicas, podemos formular con bastante efectividad los programas de abonamiento. En el caso de deficiencias nutricionales, también se han usado en algunas ocasiones, pero esta técnica realmente no es recomendada porque cuando se presentan los síntomas de deficiencias, generalmente el estado de desnutrición de la planta es tal, que ya no se puede recuperar completamente, es decir, que cuando se presentan los síntomas de deficiencia, ya se ha perdido gran parte del potencial de producción de la planta.

Además, en muchos casos, es difícil determinar solamente por observación, cuál es el elemento que está causando esos síntomas. A veces puede ser un efecto tóxico de algún compuesto químico que causa los síntomas. Algunos elementos presentan síntomas bastante similares.

Características de los suelos.

La composición ideal de un suelo sería 45 por ciento de material mineral, 5 por ciento de materia orgánica, 25 por ciento de agua y 25 por ciento de aire. Estas son condiciones ideales, pero normalmente, no siempre se pueden encontrar estas condiciones.

Generalmente, la mayor parte de los suelos tropicales tienen menos de 5 por ciento de materia orgánica; comúnmente la mayoría de estos suelos tienen alrededor de 1.5 al 3 por ciento; sin embargo, siempre encontramos las excep-

ciones, especialmente en suelos de origen volcánico reciente. donde el porcentaje de materia orgánica puede subir hasta un 10 o un 15 por ciento.

Para el estudio de suelos, es común hacer calicatas y tomar la muestra de allí, esto ayuda mucho, sobre todo a los taxónomos, porque así se puede examinar bien todo el perfil del suelo. Sabemos que el perfil son las diferentes capas del suelo, y los horizontes son cada una de las capas en el perfil del suelo; entonces ellos estudian el perfil, horizonte por horizonte, para determinar algunas de las características físicas que pueden determinarse a simple vista y también para tomar muestras para análisis minearológicos en el laboratorio, que son los que van a determinar finalmente en qué agrupación o categoría se van a colocar los diferentes suelos.

Al ver un subsuelo que es compacto, podemos notar por su apariencia que no tiene buenas características físicas; este es un suelo que parece tener una productividad muy baja.

Debemos diferenciar entre fertilidad y productividad; fertilidad del suelo se refiere a la concentración, balance y disponibilidad de los nutrimentos en el suelo; mientras que productividad se refiere a la capacidad de un suelo para producir bajo un determinado manejo. Son dos cosas diferentes, tal vez haya argumentos con relación a esto.

La productividad se mide como rendimiento, mientras que la fertilidad se mide como concentración y balance de los nutrientes.

Solamente con observar un suelo, podemos decir que puede tener una buena productividad; por lo menos podemos decir que las condiciones físicas son adecuadas para el crecimiento de las plantas.

Características químicas del suelo.

Al estudiar los suelos, consideramos que las características más importantes son la reacción o pH, la capacidad de intercambio catiónico, el contenido de materia orgánica y la concentración de nutrimentos.

La reacción del suelo se refiere al grado de acidez o alcalinidad de ese suelo y la unidad de medida de la reacción del suelo, es el pH.

El pH es el logaritmo negativo de la actividad o concentración de los iones de hidrógeno; esto es lo mismo que decir, el logaritmo inverso de la concentración de iones de hidrógeno. Por otra parte, el intercambio catiónico es el proceso reversible por medio del cual la fase sólida del suelo, o sea, las partículas del suelo, en este caso las arcillas, el humus y el alofano (sobre todo en suelos de origen volcánico reciente); intercambian cationes como el calcio, sodio, magnesio, potasio y el amonio, con la solución del suelo.

El aluminio también es un catión como es el hierro, manganeso, etc., pero se consideran más importantes desde el punto de vista de intercambio, el calcio, magnesio, potasio, sodio y el aluminio en suelos ácidos.

Este intercambio también puede ser a través de dos fases sólidas, o sea, entre partículas del suelo. La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para intercambiar estos cationes. En general, entre mayor es la capacidad de intercambio catiónico de un suelo, mayor es su productividad.

El contenido de la materia orgánica también es sumamente importante porque la materia orgánica proporciona al suelo una serie de características químicas y físicas que son muy necesarias; en el caso de las características químicas, proporciona especialmente nitrógeno, fósforo, azufre y elementos menores u oligoelementos, como le llaman también a los micronutrientes como el zinc, hierro, cobre, boro, manganeso y molibdeno. Entre las características físicas está el mejorar la estructura del suelo y también hace más eficiente el aprovechamiento del agua. Al mejorar la estructura del suelo, retiene también mayor cantidad de humedad en el suelo. La retención de humedad es muy importante en suelos arenosos.

Finalmente vamos a considerar el contenido de materia orgánica y nutrientes en el suelo.

Ordinariamente se analiza el nitrógeno (la materia orgánica), el fósforo y el potasio que son los nutrientes que normalmente se aplican con mayor frecuencia. Aunque la materia orgánica no es un nutriente en sí, existe una correlación entre su concentración y la de nitrógeno en el suelo. No existe un análisis que sea un buen indicador de la disponibilidad del nitrógeno en el suelo. La materia orgánica se correlaciona con el nitrógeno total en el suelo, pero aun así no es un buen índice de disponibilidad. Sabemos que en la mayor parte de los suelos tenemos que aplicar nitrógeno, la cantidad que se aplique, normalmente hay que determinarla experimentalmente por medio de pruebas o ensayo de campo e inver-

naderos. Las pruebas de invernadero también nos dan una idea de cómo manejar el suelo desde el punto de vista de fertilidad.

Con relación al pH, sabemos que es muy importante sobre todo porque la disponibilidad de los nutrimentos está muy asociada al pH de los suelos. En forma general, podemos decir que los elementos mayores desde el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, son más disponibles en el rango de pH de 6 hasta 8 u 8.5 en algunos casos, mientras que los elementos menores, (microelementos) son más disponibles a pH ácidos, excepto el molibdeno que lo podríamos colocar en el grupo de elementos mayores.

Un pH de 7 se considera neutro, de 6.5 a 7 muy ligeramente ácido, de 6 a 6.5 ligeramente ácido, de 5.5 a 6 medianamente ácido y menos de 5.5 fuertemente ácido. Normalmente la mayor parte de las plantas crecen y producen bien a un pH de 5.5 a 6.5 o 7; esto no quiere decir que las plantas no crezcan también a otros rangos de pH.

Generalmente, bajo un pH de 5.4 en muchos suelos hay problemas de acidez por el exceso de aluminio intercambiable, mientras que de 7 para arriba, digamos 7.5 ya hay mucho problema con el fósforo por fijación con el calcio. Sin embargo, se producen algunos cultivos en pH de 8 hasta 8.5. Existen algunas plantas que son bien tolerantes a la alcalinidad, lo mismo sucede en el extremo ácido. El problema es que sobre un pH de 6.5 ya la disponibilidad de muchos nutrimentos disminuye y pueden llegar a ser un factor limitante.

Encalamiento de los suelos.

La neutralización de la acidez del suelo, se lleva a cabo normalmente con aplicaciones de cal. Las reacciones que generalmente se llevan a cabo en el suelo son: disolución del CaCO_3 , desplazamiento de H y Al, hidrólisis de iones del Al y neutralización de H. El carbonato de calcio (cal) es muy poco soluble en agua, pero si es soluble en ácido carbónico del suelo; entonces al combinarse el agua con dióxido de carbono, ayuda a la solubilidad del calcio. Por esta razón cuando aplicamos carbonato de calcio, tenemos que aplicarlo en una forma bien distribuida, bien uniforme porque tiene que reaccionar con todas las partículas del suelo para que sea bien efectivo, si queda amontonado no va a reaccionar sobre todo por su poca solubilidad en agua.

Esto indica que el calcio está intercambiándose. Entonces el calcio está desplazando al aluminio y al hidrógeno. Los que pasarán a la solución del suelo: el

aluminio se encuentra sumamente hidratado. Aquí el aluminio se hidroliza y se van formando iones de hidrógeno, más agua. El aluminio al final siempre permanece, pero se precipita en forma de hidróxidos. La reacción final es la formación de hidróxidos y finalmente éstos neutralizan los hidrógenos con la formación de agua.

Anteriormente se acostumbraba encalar los suelos, por lo menos los suelos de áreas templadas, hasta llevarlos a pH 7; pero varios investigadores encontraron que en los suelos tropicales, si se sigue esa práctica, se deteriora la estructura del suelo y en la mayoría de los casos, el rendimiento de las cosechas disminuye. Así, que lo que se hace actualmente para determinar la necesidad de cal en suelos tropicales es multiplicar la acidez intercambiable (aluminio) por 1.5; esto produce miliequivalentes (meq) de carbonato de calcio, para neutralizar el 85 al 90 por ciento de aluminio intercambiable en ese suelo. Sin embargo no solamente nos interesa la concentración de aluminio, sino también, el cultivo que vamos a utilizar, porque hay cultivos que son más susceptibles que otros, por ejemplo, sabemos que el café, la piña, la yuca y algunas gramíneas son muy tolerantes al aluminio; muchas de estas plantas toleran hasta 90 por ciento de saturación de aluminio en el suelo mientras que otras plantas como la alfalfa, no tolera ni 10 por ciento de saturación de aluminio en el suelo.

Si un suelo tiene un equivalente de aluminio de 1.0, entonces eso lo multiplicamos por 1.5 y nos da 1.5 meq carbonato de calcio. Si queremos saber cuánta cal realmente hay que aplicar al suelo, cuánto por hectárea es lo que interesa. Sabemos que un equivalente de carbonato de calcio es igual a 50 miligramos, porque el peso atómico del carbonato de calcio es 100, pero como tiene una valencia de 2, el equivalente es 50 miligramos. El peso atómico del calcio es 40, pero el peso equivalente es 20, ya que tiene una valencia de 2. Por eso si tenemos 1.5 miliequivalentes (1.4 meq), quiere decir que aquí necesitamos 75 miligramos de CaCO_3 . Es decir, 75 miligramos de carbonato de calcio por 100 gramos de suelo, ya que todo esto se expresa en 100 gramos o mililitros de suelo. Un miliequivalente de aluminio es por 100 gramos de suelo; esta es la forma de expresar la concentración de estos nutrimentos como el calcio, el potasio, el magnesio.

Observen que tenemos 75 miligramos de carbonato de calcio por 100 gramos de suelo, que es lo mismo que decir que tenemos 75 kilogramos de carbonato de calcio en 100.000 kilogramos de suelo.

Si consideramos que la capa arable de una hectárea de suelo pesa aproximadamente 2.200.000 kilogramos, qué tanto de carbonato necesitamos aplicar a este suelo. Multiplicamos 75 por 2.200.000 y dividiendo entre 100.000 y obtenemos 1.650 kilogramos por hectárea.

Otro factor que hay que considerar no es solamente la concentración de alumini-

nio, sino también el cultivo que uno va a sembrar. Normalmente en los suelos tropicales ácidos se está encalando a que no suba el pH más del alrededor de 6.

Muchos suelos tropicales tienen alrededor del 15 meq/100 gramos de suelo de capacidad de intercambio catiónico. Estos suelos podrían tener aproximadamente una concentración de 10 meq de Ca, 3 meq de magnesio, 1 meq de potasio y 1 meq de aluminio por 100 gramos de suelo. La saturación (%) de Ca en este suelo sería 10 dividido por 15 y multiplicado por 100. Ese es el porcentaje de saturación de calcio en ese suelo. Para el aluminio sería 1 sobre 15 por 100, esto sería el porcentaje de saturación de aluminio en ese suelo. Entonces en este caso, el porcentaje de saturación de aluminio sería 7 por ciento, o sea, que realmente es bajo, el de calcio sería 67.

Normalmente, muchos cultivos crecen bien con saturación de aluminio hasta de 20, 25 por ciento, pero otros no. Por ejemplo, el algodón, sorgo y alfalfa son susceptibles a saturación de aluminio de 10 a 20 por ciento; o sea, que apenas pueden crecer en este suelo. Mientras que el maíz es susceptible a concentraciones de 40 a 60 por ciento de saturación de aluminio en el suelo. El pasto elefante es susceptible a concentraciones de aluminio mayor del 60 por ciento, el café a saturaciones mayor del 80 por ciento.

El pH en sí, no se considera que es tóxico, sino lo que es tóxico es el aluminio que hay en el suelo; solamente en raras ocasiones cuando el suelo es muy ácido, por ejemplo, menos de 4, el hidrógeno es el único problema; pero en nuestros suelos, el hidrógeno no es un problema, sino el aluminio intercambiable. A veces, el manganeso también es un problema porque puede ser tóxico. Algunos suelos ácidos tal vez no tengan mucho aluminio pero algunos de ellos tienen concentraciones altas de manganeso el cual puede ser tóxico para muchas plantas.

Entre más arenoso es el suelo, menor es la capacidad de intercambio catiónico, por lo que normalmente la capacidad de amortiguación es menor, de tal forma que con menor cantidad de cal, se sube el pH, por lo que hay que tener mucho cuidado.

En suelos alcalinos se aplica normalmente azufre para bajar el pH, pero normalmente esto no es un problema en la mayor parte de los casos; solamente en suelos costeros. Pero al aplicar azufre, también hay que hacer un manejo de agua de tal forma que se puedan lavar todas las sales que se forman después.

Coloides del suelo.

Los coloides más importantes del suelo son las arcillas, el humus y el alofan en suelos de origen volcánico. Las arcillas silicatadas son cristalinas y las hidratadas pueden ser cristalinas o amorfas.

El humus y alofano le proporcionan una alta capacidad de intercambio de cationes a los suelos. El alofano forma complejos con la materia orgánica que la estabiliza. Por eso, suelos volcánicos normalmente tienen un contenido alto de materia orgánica, porque se reduce la oxidación de la materia orgánica al formarse estos complejos con el alofano, lo cual mejora la capacidad de retención de agua del suelo.

La diferencia principal entre una arcilla (mont orillonita) y la caolinita es que la primera tiene tres capas, dos de silicio y uno de aluminio (mont orillonita), mientras que la otra tiene solamente una de aluminio y otra de silicio (caolinita).

Ensayos de invernadero.

Una de las técnicas mencionadas para determinar el estado nutricional o requisito de abonamiento, es por medio de pruebas biológicas, en invernadero y campo.

En una prueba con diferentes niveles de calcio, desde alrededor de 425 kilogramos por hectárea, hasta poco más de 3.200 kilogramos por hectárea en zacate bahía, se observó que los elementos menores o micronutrientes eran el factor más importante. Se aplicó una mezcla de elementos menores como hierro, zinc, cobre, manganeso y boro, los resultados indicaron que aunque al aplicarle cal creció un poquito más, la respuesta fue mucho mayor al aplicarle micronutrientes.

En otra prueba, se aplicó sulfato de calcio o yeso. El primer nivel de 550 kg./ha hasta alrededor de 1.200 kilogramos por hectárea, después de 1.100 kg./ha habían tendencia a disminuir el rendimiento o el crecimiento de las plantas.

En un ensayo similar al que vimos con zacate bahía, con diferentes niveles de calcio, sin elementos menores hubo respuesta a la aplicación del calcio, pero a estos niveles; mientras que con elementos menores la respuesta fue casi uniforme.

Podemos notar que al estudiar los suelos, aún en invernadero, obtuvimos una buena indicación de la respuesta.

Comportamiento químico del fósforo.

La química del fósforo es una de las más difíciles para estudiar en el suelo y no solamente es una de las más difíciles, sino que es el nutriente, además del nitrógeno, que normalmente se presenta con mayor porcentaje de deficiencia.

en los suelos tropicales. Podría decirse que alrededor de un 80 por ciento de los suelos tropicales tienen una deficiencia de fósforo; mientras que el potasio, se encuentra en concentraciones adecuadas en muchos de estos suelos.

El principal problema que tiene el fósforo en su manejo, es que en suelos ácidos se fija en forma de fosfatos de hierro y de aluminio, que con el tiempo cada vez van a ser menos disponibles para las plantas. Lo mismo sucede a pH mayores de 7, donde normalmente se forman fosfatos de calcio que también llegan a ser no disponibles para las plantas.

¿Qué podemos hacer para reducir este problema? Podemos utilizar fuentes solubles de fósforo como el superfosfato triple y aplicarlo en forma de bandas para que no haya mucho contacto entre el fósforo y las partículas del suelo que van a fijarlo, o sea, que si lo aplicamos en forma de bandas y si son formas solubles de fósforo, saturamos la capacidad de fijación de determinado volumen de suelo.

Sin embargo, si no son fuentes bien solubles de fósforo, aplicarlas en banda tiene peligro, porque entonces el fósforo puede permanecer allí en el suelo y no se disuelve ni se hace disponible para las plantas.

Comportamiento del calcio, magnesio y potasio

Finalmente, mencionaremos cómo se comportan el calcio, magnesio y potasio, porque en estos nutrimentos no solamente es importante la concentración absoluta de ellos en el suelo, sino también su balance, la relación que existe entre uno y otro.

Muchos investigadores han proporcionado los valores que consideran como óptimos; por ejemplo, se considera que el porcentaje de saturación óptima para calcio en el suelo, debe variar entre 65 y 85 por ciento; el de magnesio entre 6 y 12 por ciento y el potasio 2 y 5 por ciento. La relación calcio:magnesio debe variar de 6:1 a 12:1, la de calcio:potasio de 15:1 a 35:1. La relación magnesio:potasio puede variar de 2:1 a 10:1; y la relación calcio+magnesio:potasio debe variar de 25:1 a 40:1.

Características físicas.

Vamos a mencionar rápidamente las propiedades físicas del suelo, estamos considerando solamente los dos primeros grupos, la textura y la estructura.

La textura se refiere a la proporción de limo, arcilla y arena en el suelo, o sea, la distribución proporcional de limo, arcilla y arena en el suelo. La textura proporciona una serie de características a los suelos que son sumamente importantes desde el punto de vista del crecimiento de las plantas. Se puede determinar qué cultivos, en términos generales, se pueden sembrar en una área, basados solamente en la textura. Por ejemplo, sabemos que un suelo arenoso, normalmente no es un suelo bueno para sembrar arroz porque se requiere de una buena humedad, constante y alta en el suelo, pero sí es bueno para otros cultivos que requieren un buen drenaje, aunque normalmente requieren una humedad adecuada.

La estructura se refiere al arreglo de las partículas del suelo. A veces, tendemos a confundir estos dos términos, pero realmente son muy diferentes porque uno se refiere al porcentaje de cada una de las partículas; mientras que el otro se refiere a cómo están arregladas estas partículas en el suelo.

Este triángulo textural normalmente se utiliza en el laboratorio para determinar la clase textural del suelo; se determina el porcentaje de arena, arcilla, y limo, y después usando el triángulo, se determina la clase textural.

La arcilla se divide en arcilla pesada y liviana. La textura de los suelos que tienen entre 40 y 50 por ciento de arcilla se llama arcilla liviana; mientras que si es más de 50, se considera arcilla pesada. Estos son suelos sumamente difíciles de trabajar y posiblemente sean buenos para sembrar arroz, o un cultivo similar.

