

Generalidades sobre rocas y análisis químicos de suelos.

AYCARD OROZCO R.

(Continuación).

DESCOMPOSICION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Piedra caliza, o simplemente Caliza.

Cuando esta roca tiene un alto grado de pureza y su dureza es de un alto título, su facilidad a la descomposición es escasa, debido a que las anteriores características la hacen resistente a la acción del agua carbonatada. Cuando su condición no es como la anterior, se desintegra con facilidad, dando origen a suelos muy ricos en Calcio, por consiguiente muy buenos para la agricultura, toda vez que el calcio es uno de los primordiales elementos biogénéticos. De allí el adagio popular, que no es otra cosa que la verdad virtualizando una frase: "Suelo calizo, es suelo rico". En general, la caliza es de fácil descomposición por su baja dureza, carácter éste que la ha hecho aplicable el nombre que se le da en varios países: "Piedra podrida".

Cascajo, Gravas, Arenas, Conglomerados.

Debido a la heterogeneidad física y mineralógica de estas

rocas, su descomposición y los suelos resultantes están poco popularizados o democratizados. De ellas diré que sufren desintegraciones físicas acompañadas de variantes químicas, que van formando suelos cada vez más pesados, según concepto del doctor Shamblenberger.

En las regiones húmedas, los suelos constituidos por estas rocas son pobres para la vegetación, por la percolación que sufren los elementos biogenéticos que pasan al estado de solución.

La naturaleza de los suelos a que dan origen depende en gran parte de dos factores: de la del cemento, que une las partículas de tales rocas, y del carácter de las partículas. En cuanto a la naturaleza del cemento, se hallará una razonable diferencia en descomposición si el cemento es cuarzoso o silicoso, si es calcáreo, ferruginoso, aluminoso o arcilloso y zoolítico. Es lógico que estas rocas con cemento silicoso exhibirán una mayor dificultad a su desintegración que las mismas en cualquiera de los otros cementos, ya que tal proceso se inicia por él.

Cuando el cemento es calcáreo, la descomposición es más fácil que en el caso de cemento silicoso, como ya lo he afirmado, y los suelos resultantes serán mejores. El cemento calcáreo suele estar acompañado de Glauconita, que es un silicato hidratado de hierro y potasio que libera fácilmente el último elemento. De esto se deduce la bondad de los suelos resultantes de las rocas sedimentarias, cuyo cemento es calcáreo, acompañado de Glauconita. En caso de cemento ferruginoso, la descomposición de las rocas es más lenta e inferior la calidad de los suelos originados. Cuando el cemento es arcilloso, la desintegración es menos difícil que en el caso inmediatamente anterior y los suelos que resulten son de una textura limosa.

Las rocas metamórficas se alteran de manera bastante análoga a las rocas metamorfoseadas, por lo cual no las trataré.

ORIGEN GEOLOGICO DE LOS DIVERSOS SUELOS

He concluído de varios autores de los citados que adoptan para los suelos desde el punto de vista de su origen geológico, la siguiente clasificación: *in situ* o sedimentarios y transportados.

No me parece del todo aplicable la anterior clasificación, toda vez que se hacen sinónimos los términos *in situ* y sedimentarios.

Yo juzgo que estos términos piden definiciones diferentes, como en seguida lo explicaré: con el término *in situ* se distingue una formación que habiendo sufrido o no alteraciones físicas o químicas, permanece en su sitio de origen. ejemplo de un suelo *in situ*: el que se ha formado a expensas de una roca denominada "madre" mediante un complejo proceso en el cual han activado agentes atmosféricos, geofísicos, geoquímicos y biológicos o algunos de ellos. Este suelo es consanguíneo de la roca.

El término sedimentario dice relación a una formación de origen derivado, en la cual sus elementos han sufrido algún acarreo. Ejemplo del suelo sedimentario: el suelo del Valle de Lagunilla, en el Municipio de Armero, en el Tolima. En esta región puede verse claramente que el horizonte superficial, se ha formado por acumulación de materiales transportados por una avenida que tuvo el río Lagunilla en el siglo pasado. El horizonte o capas inferiores están formados por la roca que está sin descomponerse. En este caso la roca es *in situ* y el suelo sedimentario. Así las cosas, no puede decirse que la roca es

madre puesto que no ha dado origen al suelo que se explota. La denominación en esta ocasión para la roca es la de substrato inferior. Considerado lo anterior, me permito insinuar como más propia la siguiente clasificación: suelos *in situ* y sedimentarios o transportados. Los primeros son derivados de la roca que les sirve de base y los transportados son los que se han formado en lugares diferentes. En el grupo de los primeros se pueden poner los formados por depósitos orgánicos de plantas o animales que se han acumulado en un sitio, en el cual han sufrido el proceso de descomposición.

Sinópticamente se verá más clara la clasificación de los suelos:

Suelos in situ:

Por descomposición de la roca madre	RESIDUALES.
Por acumulación de materia orgánica y descomposición en el mismo sitio	CUMULOSOS.

Transportados o Sedimentarios:

Depositados por la Gravedad	COLUVIALES.
Acarreados por el agua.....	ALUVIALES, MARINOS, LACUSTRES.
Transportados por el Hielo	GLACIALES.
Transportados por el Viento	EOLICOS.

Haré en seguida una ligera descripción de cada uno.

Residuales.

Tienen su origen en la descomposición de una roca madre

y por consiguiente sus elementos químicos son los mismos de la roca. Los compuestos que se encuentran en ellos son diferentes a los de la roca madre por concepto de las reacciones que se han operado. Tenemos, por ejemplo, que el hierro ha sufrido una oxidación considerable, presentándose en forma de hematita cuando el suelo es de color rojizo inconfundible, aunque el suelo que contenga manganeso también se presenta rojizo, pero de fácil diferenciación con el anterior. Otro estado de avanzados cambios del metal anotado es el que presenta en la forma de Limonita, dando al suelo un color amarillo parecido al que proporciona el vanadio, con el cual no hay mucho peligro de confusión, dada la escasísima presencia de este elemento en los suelos. La textura de estos suelos es fina, debido a las pulverizaciones causadas por agentes físicos y químicos. En cierta época estos suelos pueden ser muy ricos en cal, sobre todo si provienen de una roca caliza, pero debido a la lixiviación enorme que sufre el calcio, con el tiempo se empobrecen. Cuando a estos suelos se ha adicionado por cualquier causa, materia orgánica, ellos resultan magníficos para la agricultura.

Suelos Cumulosos.

El tenor de materia orgánica que acusan estos suelos dice claramente que ellos provienen de la descomposición de depósitos animales y vegetales, sin que con esto se quiera denotar ausencia de materia mineral que también ha sufrido su respectivo proceso. Estos suelos se encuentran, entre otros yacimientos, principalmente donde han existido cuencas, lagos, lagunas, etc., en los cuales se desarrollaron algas, musgos o yerbas en los contornos que cayeron al fondo de estos almacenamientos de agua y allí sufrieron un complicado proceso de descomposición.

Los materiales que forman estos suelos se dividen en dos grupos: *Turbosos* y *Húmicos*. En los primeros puede advertirse aún fragmentos de hojas y tallos que no han finalizado su descomposición y en los segundos la materia orgánica ya se halla en un estado de más perfecta descomposición, definiéndose allí el *humus*, que es una mezcla de composición muy compleja, en la cual aparece como un producto de la descomposición de la materia orgánica, una agrupación de ligninas, resinas, ceras, aceites, organismos celulares, materias carbonizadas, etc. Esta mezcla, en la cual se encuentra una abundante constitución coloidal y no obstante su heterogeneidad, posee características físicas y químicas que le son peculiares. El humus es rico en nitrógeno, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno.

En un análisis del suelo el humus se reputa como la parte de él que es soluble en hidrato de amonio, después de tratado en HCl y lavado en frío.

Estos suelos, que son muy escasos, son de buen valor comercial, puesto que ellos, si no es posible aprovecharlos directamente, se les puede explotar como fuentes humíferas para corregir otros de escasa presencia humífera.

Cuando el estado de los suelos ricos en materia orgánica es turboso, puede mejorarse agregándole cal, la cual acelera su descomposición y rectifica la elevada acidez que los caracteriza.

SUELOS TRANSPORTADOS

Coluviales.

La formación de estos suelos es debida a una deposición por gravedad de productos de descomposición de rocas, la cual se hace en las partes bajas de las regiones montañosas. Estos

suelos, cuando han alcanzado una avanzada descomposición, aunque son de una textura envidiable para la agricultura, son poco tenidos en cuenta por lo poco comunes. La masa que los forma al irse acumulando va sufriendo hondas alteraciones cuya acción se hace manifiesta en el hecho de presentarse menos alteradas las últimas capas en orden a la acumulación. La composición de ellos es igual a la de las rocas que los originaron.

Suelos aluviales.

Este tipo de suelos es uno de los clásicos ejemplos de los transportados. Su formación se debe a la deposición de materiales encerrados por aguas corrientes, los cuales proceden de rocas que cedieron a la acción desintegrante de las aguas corrientes. Es necesario advertir que el poder de acarreo del agua, está en relación directa a su velocidad; así una gran velocidad implica un fuerte acarreo, o inversa. También hay que tener en cuenta que el coeficiente de deposición es inverso a la velocidad. El valor agrícola de estos suelos es generalmente muy elevado, como lo prueban las tradicionales inundaciones del Nilo y de nuestros ríos, así como la celebridad de varios deltas y la de ciertos fangales drenados.

Suelos marinos.

Una gran cantidad de los materiales acarreados por los ríos, es entregada al mar, donde se van depositando para formar suelos que más tarde aparecen aprovechables por causas diferentes. A estos suelos se les denomina Marismas, caracterizados por estratificaciones bien ordenadas de cascajos, arenas, limo y arcilla.

Cuando estos suelos aparecen en la superficie de un levante

tamiento sufren una meteorización *in situ*. Si en estas formaciones se presenta la materia orgánica, el suelo será de muy buena cualidad.

Suelos lacustres.

Estos suelos se han formado de manera muy semejante a los anteriores y su aparición se debe a la desaparición del lago o a otra causa menos común.

Suelos glaciales.

El hielo en forma de ventisqueros ocasiona efectos semejantes a los del agua y por consiguiente su acción en la desintegración de las rocas y formación de suelos no es poco importante.

Los suelos glaciales se forman por la deposición de materiales acarreados por la arena del ventisquero o por abandono en la fusión de éste.

Generalmente la textura de estos suelos es muy fina, debido a los muchos rozamientos de la masa al rodar, aunque esto no es específico, pues son muchos los suelos glaciales constituidos por cascajos y arenas muy gruesas. Los primeros son buenos para la agricultura si la materia orgánica está presente (los de textura fina).

Suelos eólicos.

Estos tienen como agente en su formación el viento, el cual, acarreando partículas de rocas que azota o levantándolas donde se hallan sueltas, las deposita en otros lugares. Cuando las partículas transportadas son muy finas, los suelos formados

se denominan "loess". Cuando entre estas partículas concurre la materia orgánica y hay buena humedad, los suelos se consideran magníficos para la agricultura.

Para finalizar esta parte del trabajo, haré una enumeración de las fuentes más comunes de los principales elementos biogénicos.

Fósforo.

Fuente mineral apatita, es un cloro-fluoroposfato de calcio; cuando se encuentra cristalina y pura, es casi incolora, pues sólo presenta ligerísimo tinte verdoso, condición ésta que le ha valido la denominación de "Espárrago de piedra". En estas circunstancias es muy escasa en grandes masas. Su ocurrencia en pequeños cristales en las diferentes rocas es muy común. Su presencia es más generalizada por depósitos ocurridos con carbonato de calcio en las rocas llamadas Fosforitas. La apatita es paulatinamente susceptible a la acción del agua cargada de anhídrido carbónico, pasando por esto al estado de solución. La apatita es también abundante, a veces, en calizas de origen orgánico.

Fuente animal.

Hueso de animales. Esta es la fuente más industrializada para la obtención en su forma soluble o sea como superfosfato. El hueso libre de materia orgánica (carne, nervios, etc.), o sea su parte mineral, contiene carbonato de calcio, fosfatos de calcio y magnesio en pequeñas cantidades. Una pasta hecha del hueso y su materia orgánica es muy estimada como abono, por el fósforo, calcio y nitrógeno que proporciona, aunque su descomposición es más lenta por concepto de la materia orgánica.

En todo caso, es mejor tratar el hueso libre de materia orgánica y proporcionarse el nitrógeno por otra fuente.

Como fuentes minerales de menor importancia se tienen la Vivianita y la Dufrenita, que son fosfatos ferrosos y férricos respectivamente. La segunda resulta de la oxidación de la primera, pasando por una coloración verdosa hasta adoptar la castaña, que es la que la caracteriza. Este mineral, aunque es muy rico en ácido fosfórico, es prácticamente inaprovechable, porque el hierro hace casi imposible la liberación del fósforo.

Nitrógeno.

Sobre su origen giran una gran cantidad de teorías. Respecto al estado como lo aprovechamos se tienen como fuentes minerales los minerales nitrosos y nítricos, que son relativamente comunes y como fuentes orgánicas, toda la materia orgánica conocida que lo contiene en mayores o menores cantidades y que viene a hacerse asimilable después de pasar por complejos procesos químicos. También la atmósfera es fuente de nitrógeno, el cual se torna asimilable mediante organismos que se encuentran en el suelo.

Potasio.

Como fuentes minerales se tienen los feldespatos, micas, etc., los depósitos marinos, la Kainita que es un sulfato de magnesio con cloruros de sodio y potasio; la Carnalita, que es un cloruro doble de magnesio y potasio y cuya fórmula es $KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$; la Polihalita, que es un sulfato cálcico-magnésico potásico.

Calcio.

Tiene como fuentes las calizas, los huesos y una gran cantidad de minerales que lo contienen en menores proporciones.

TERCERA PARTE

ANALISIS QUIMICOS DEL SUELO

IMPORTANCIA DEL ANALISIS QUIMICO DE LOS SUELOS

Ningún factor define mejor la bondad e importancia de una cuestión que su popularidad y divulgación.

Sentado este principio, busquemos su relación con el análisis químico de los suelos y veremos que la importancia de éste no es tan secundaria como muchos la juzgan.

Propuesto a título de discusión el principio de que tales análisis no son importantes, ¿por qué hallamos especialmente preocupados en esta cuestión a distinguidos valores del mundo científico, tales como Dyer, Woody, Bergu, Hall y Plymon, Lemermann, Einecke, Fresenius, Mitscherlich, Reverdin, de la Harpe, Bertrand, los Shloesing, Hissink, Takes, Sigmond, King y Bogdanow, para no citar sino los más conocidos? ¿Por qué hallamos una serie de Congresos internacionales dedicados al estudio de los análisis químicos de los suelos? ¿Por qué se trabaja sin tregua en esta cuestión en todos los laboratorios que tienen secciones de química mineral con el fin de simplificar métodos, establecer normas fáciles y generalizables, allegar interpretaciones más explícitas y conducentes a la finalidad de la cuestión, formar sistemas de vulgarización, elaborar sistemas más instructivos y mantener una preocupación constante en el

levantamiento de mapas agrológicos, en los cuales no se prescinde de los análisis químicos? ¿Por qué todos los textos o tratados de análisis minerales los hallamos ricos en datos que se relacionan con trabajos de prácticas, experimentaciones, investigaciones e interpretaciones sobre los análisis químicos de los suelos? Estos y muchísimos más interrogantes constituyen una enorme falange de argumentos que demuestran la importancia de los análisis que me ocupan.

Quizás los que desconfían o tratan de desvirtuar la importancia saliente de estas cuestiones, lo hacen presionados por la complejidad y anarquía que existe en los procedimientos seguidos para un análisis que crean un oscurantismo agobiador en las interpretaciones de tales trabajos. ¿Qué nos dice, por ejemplo, de la bondad o necesidades de un suelo, el dato escueto de "0.13% de P205", si no se acompañara éste de la advertencia importantísima del sistema adoptado en este análisis o al menos de los solventes empleados? ¿Qué nos dice este dato del tanto por ciento del anhídrido fosfórico activo o potencial que almacena el terreno objeto del análisis? Ante esto es claro concluir por la acostumbrada fórmula de que el análisis químico de los suelos tiene una importancia secundaria cuando se los trata con benevolencia, pues muchas son las personas de aceptable cultura que dicen que tales análisis no sirven para nada; con algo de lógica es preciso aceptar estas sugerencias, dada la ninguna aplicación práctica que proporciona un análisis redactado en forma sumaria y expuesto en términos casi numéricos, que sólo ostenta unos tantos por cientos sin datos comparativos y sin explicaciones fáciles de interpretar y, por lo tanto, poco prácticos.

Es un hecho que no se ha escapado a mi reconocimiento desde que he principiado a interesarme por las cuestiones agro-

nómicas, que existe una conjunción muy importante entre los análisis físico-mecánicos, químicos y bacteriológicos, que hace que los tres y cada uno tengan una importancia capital en todo estudio que sobre suelos se proyecte, toda vez que sólo la congregación de ellos nos muestra claramente la capacidad nutritiva de los suelos. No es errado, ni siquiera aventurado, decir que entre las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del suelo las leyes de las correlaciones fisiológicas tienen una aplicación importante y de gran trascendencia, toda vez que el análisis químico se haga en una forma inteligente e interpretativa, pues si él se hace o se expresa en la forma atrás anotada, yo continúo convencido de que la contribución que él aporta a un estudio agrológico, es por demás insuficiente.

Si de todo análisis técnico, se desprenden conclusiones seguras y se obtienen deducciones importantes, del análisis químico, que es técnico no sólo por su mecanismo sino por el fin que persigue, se puede afirmar que su importancia no es escasa, toda vez que de allí se obtienen conclusiones y deducciones que enfilan con las de los análisis atrás apuntados.

Fácilmente se comprende la misión que tiene el analista dedicado a estas actividades, de ser un constante observador que obre a cada paso según se lo impongan las circunstancias. En otros términos, él no debe ser el mecánico de un laboratorio sino el dirigente del individuo que le encomienda el problema de sus terrenos, con lo cual se conseguirá la vulgarización que es indispensable de estas cuestiones para que el entusiasmo de los agricultores vaya coadyuvando a despejar tantas incógnitas que están entorpeciendo nuestro progreso agrícola.

El hacer un análisis químico del suelo para provecho de la agricultura, no se debe reducir a una mecánica sujeción de la muestra a la acción de varios reactivos más o menos especifi-

cos para la obtención de datos poco interesantes; esta operación debe entenderse, y así adoptarse dadas las condiciones de inferioridad en que nos hallamos respecto de estas cuestiones, como un estudio concienzudo en que los conceptos "el suelo tiene", "el suelo almacena para un pronto o tardío aprovechamiento", "sustancias en tal o cual reactivo", "sustancias asimilables o directamente aprovechables", juegan un papel bien decidor y fácilmente interpretable. Congregar en el memorándum del análisis una serie de conclusiones extraídas de diversos sistemas analíticos que sean otros tantos indicios de comparación; hablar de las sustancias solubles en los reactivos más semejantes al medio que crean las raíces y expresar en tantos por ciento; mencionar las posibilidades agrícolas del suelo analizado; anotar requerimientos de abonamiento para corrección de las condiciones del suelo; emitir conceptos de la fertilidad y hacer las indicaciones que resultan de un criterio agronómico, indispensable en el analista de suelos, para la mejor y más provechosa interpretación de los resultados, deben ser anotaciones que no deben brillar por su ausencia en el resultado de un análisis, toda vez que la capacidad de interpretación de quien ordena un trabajo de éstos, no está de acuerdo con la del que lo efectúa.

Para finalizar estas sencillas anotaciones, me permito sugerir una de las maneras como se puede hacer un análisis químico del suelo, para que éste resulte completo y provechoso.

Efectuar tres análisis de la misma muestra y correlacionar los resultados, así:

1º.—Usando como solución para obtener un extracto en el cual se harán las pruebas necesarias para la determinación de los elementos principales, una de ácido cítrico al 2%, o de ácido acético en la misma concentración.

2°.—Por el método Jaramillo Madariaga de la digestión de Agua Regia, como en el texto se hallará.

3°.—Fusión.

Para terminar, diré que un análisis de suelo no se debe hacer con el exclusivo criterio de ver qué es lo que le falta, pues en algunos casos la esterilidad de un suelo se debe a presencia de elementos tóxicos para las plantas o a la abundancia que llega a ser perjudicial de otros elementos o compuestos.

Toma de muestras.

La toma o adquisición de muestras en el terreno exige un cuidado de especialísima importancia, toda vez que es uno de los factores más decisivos en la bondad de los resultados que se buscan.

Siendo tan diversos, y algunos complicados, los sistemas apuntados, para la toma de muestras del terreno para los análisis, me permitiré apuntar en seguida el que me ha parecido más sencillo y, por consiguiente, fácil de practicar. Es un hecho perfectamente establecido que todo análisis de suelo destinado a labores agrícolas se debe acompañar del correspondiente hecho a la capa inmediatamente inferior, o sea del subsuelo, el cual, en lo general, está diferenciado de la denominada suelo por una línea de distinta coloración. Para la generalidad de nuestros suelos comunes el suelo tiene una profundidad no mayor de 0.50 mts., lo cual no es óbice para que se encuentren de profundidades a veces increíbles.

Hecha esta pequeña advertencia, continúo con lo que venía describiendo: se procede entonces a la toma de la muestra del terreno de tal manera que ella sea representativa del lote por estudiar, condición ésta que exige una aunación de las ca-

racterísticas químicas del terreno. Es conveniente antes de tomar la muestra hacer el mayor acopio posible de observaciones, tales como origen geológico del suelo, vegetación predominante, topografía del terreno, temperatura ambiente y del suelo, etc., y todas aquellas que se crean necesarias para correlacionarlas con los resultados del laboratorio. En seguida se inicia la operación, limpiando bien la superficie de la vegetación que se encuentre, en un área de 1.50 mts. aproximadamente, lo cual puede efectuarse con una pala o azadón. Así las cosas, se procede a abrir un hoyo rectangular o cuadrado. Si se prefiere la primera, se pueden adoptar las siguientes dimensiones: 0.40 mts. de ancho por 0.60 de largo, y unos 0.80 mts. de profundidad; estas dimensiones pueden adoptarse con el fin de conseguir una mayor comodidad en el trabajo y como consecuencia una mejor eficiencia en la operación. En todo caso las dimensiones del hoyo se adoptarán de acuerdo con el criterio personal, ajustado a la condición de una gran fidelidad de las muestras y de poder determinar el perfil del suelo. En la factura del hoyo se ha de procurar que si no todas, al menos una de las paredes quede bien vertical y lo menos irregularmente labrada; una vez terminado el hoyo, se procede a tomar una muestra del suelo o primera capa, raspando en sentido vertical y recibéndola cuidadosamente, procurando que se recoja un kílogramo; ésta se empaca y se rotula: "Suelo". Es claro que antes de tomar esta muestra se mide la profundidad de esta capa y la del subsuelo, o mejor, se saca el perfil del suelo con sus respectivas medidas en caso de que el dato interese, pues si se trata de conocer simplemente el resultado de un análisis químico del suelo, este dato no sirve para nada prácticamente. Después se hace con el subsuelo lo que se hizo con el suelo y empacada aparte la muestra, se rotula: "Subsuelo".

Siguiendo la misma práctica se toman de 5 a 6 muestras de suelo y otras tantas de subsuelo. Hecho esto se toman las primeras y se mezclan lo más homogéneamente posible y toma aproximadamente un kilo y se rotula "Suelo". La parte restante se desecha. Operación semejante se lleva a cabo con el subsuelo. Todo lo hasta aquí descrito, se debe repetir para cada hectárea del terreno. Si no se quiere sacar la muestra promedio de cada hectárea y hacerlo cada dos, tres o cuatro, puede hacerse teniendo sólo las debidas precauciones.

Llegadas las muestras al Laboratorio, el analista se cuidará de desempacarlas y extenderlas en capas delgadas en los recipientes que para tal fin hay en los laboratorios, y colocarlos en lugares ventilados, y sin que estén a la acción directa del sol, procurando que no se pongan en contacto con los vapores comunes en estos recintos, lo que se obtendrá con la indicación de los lugares ventilados. En estas condiciones se tendrán hasta que lleguen a tal grado de sequedad, que la desintegración en el mortero con manija de goma sea bien fácil. Una vez seca la muestra se hace una mezcla lo más homogénea posible y se procede a la desintegración en el mortero y con la manija anotada. Hecho esto se pasa por el tamiz marcado con medio milímetro ($\frac{1}{2}$ milímetro). De la muestra tamizada se toman unos 500 gramos y se envasan poniendo su debido rótulo.

Sería muy conveniente que quien vaya a iniciarse en el análisis de la categoría de los suelos, se lea o aprenda el importante artículo que Fresenius ha publicado sobre la especial delicadeza que exige esta clase de trabajos y sobre todo la rectitud de conciencia del deber que debe caracterizar a todo analista. Quien no se crea capaz de observar esta delicadeza y sobre todo se vea impedido para conservar una conciencia pu-

ra en sus trabajos analíticos, debe abandonar estas actividades y dedicar sus energías a otros trabajos. Para quien no sea posible la consecución del artículo a que me refiero, copiaré uno de sus apartes: "Si uno no está positivamente convencido de la exactitud de un resultado, la operación y todo el análisis se debe repetir en su totalidad". Entonces, para descartar una gran parte de las posibilidades de pecar contra la delicadeza de un análisis, es preciso que todas las pruebas se hagan por duplicado. Sin este requisito, cualquiera puede dudar de la veracidad de los resultados obtenidos.

Humedad higroscópica.

Se toman dos crisoles de porcelana o de platino y se calientan en la mufla a una temperatura suficiente para deshidratarlos y luego se colocan en un desecador de cloruro de calcio o de ácido sulfúrico, que son los más usados, con el objeto de que se enfrien y adquieran así un peso real, pues si no se calentaran y se enfriaran luego como se ha indicado, su peso estaría aumentado con la humedad ambiente. Los crisoles para que se enfrien correctamente deben permanecer de 20 a 30 minutos en el desecador, transcurridos los cuales se pesan por separado con sumo cuidado en la balanza de precisión y se anotan los pesos. Esta operación se repetirá tantas veces cuantas sean necesarias para obtener peso constante en los crisoles. Después se pesan exactamente de a dos gramos y se colocan en los dos crisoles los cuatro gramos de a dos cada uno. Se anotan nuevamente los pesos totales de los crisoles con las muestras que contienen. Antes de continuar advierto que he escogido esta cantidad por la comodidad que se alcanza en esta operación. Se toman los crisoles con las pinzas y se pasan

a una estufa de intermitencia constante en la temperatura, la cual se ha graduado previamente para que la temperatura tenga un límite máximo de 110°C o su equivalente en grados Reaumur y Fahrenheit. Allí se dejan durante cuatro o cinco horas, tiempo suficiente para evaporar el agua que constituye la humedad higroscópica del suelo, o sea aquella película que rodea a cada uno de los granos de la tierra y que es la que determina la capacidad mínima del suelo para la retención de agua. Transcurrido este tiempo se pasan rápidamente los crisoles al desecador, donde se dejarán durante una media hora. Después se pesan y se anotan los pesos obtenidos. Esta operación de calentamiento en la estufa, reposada en el desecador y pesada, se repetirá tantas veces cuantas sean necesarias para obtener un peso constante de los crisoles con las muestras. Cuando se haya alcanzado esta importante condición, se harán las operaciones requeridas para hallar el tanto por ciento de la humedad de la muestra.

Indicaré a continuación la manera más común de efectuar estas operaciones en la cartera de apuntes que debe llevar.

Peso del crisol solo	18.3456	grs.
Peso del crisol + tierra + agua	20.3456	grs.
Peso del crisol + tierra sin agua	20.2000	grs.
<hr/>		
Diferencia	—0.1456	grs.

0.1456 es la cantidad de agua de 2 gramos; uno tendrá 0.0728 grms. y 100 grms. tendrán 7.28 grms. de agua. Este dato se expresa en términos de humedad y se escribe así: 7.28% de Humedad. Los datos hallados de los dos crisoles se suman y el resultado se divide por dos.

Pérdidas por ignición.

Los crisoles con las muestras anteriores se colocan sobre un triángulo puesto en un soporte y se calientan con la llama del mechero, cuidando de que al principio sea suave y graduándola para que se vaya intensificando la temperatura. A medida que se vaya calentando, se agita el contenido de los crisoles con una varilla de vidrio regularmente caliente, con lo cual se evitará la adherencia de partículas a la varilla; si es posible esta operación es preferible hacerla con una onza de platino, pero siempre observando un cuidado estricto de no perder partículas de la muestra tratada. Después de una hora u hora y media, tiempo suficiente para notar un cambio de color en la muestra tratada (la coloración ha de pasar a la del rojo pardo lo cual se consigue elevando la temperatura), se llevan los crisoles al desecador, donde se tendrán como tiempo mínimo, media hora. Luégo se pesan y, una vez repetida esta operación hasta peso constante, se anota este dato al peso de la muestra deshidratada, y se dará como "Pérdidas por Ignición".

Algunos químicos recomiendan determinar la materia orgánica calentando la muestra con la llama del mechero, hasta el rojo pardo, con lo cual no hay apreciables pérdidas por volatilizaciones ni oxidaciones; este dato sí podría admitir, sin mucho rigor, como materia orgánica.

Veamos qué sucede al elevar la temperatura. Los carbonatos, cloruros y sulfatos, sufren disociación por volatilizaciones de CO_2 , Cl y SO_2 , lo cual hace que se emplee el término de pérdidas por ignición.

Algo que en la práctica común no se tiene en cuenta por lo indeterminable fácilmente, es el error que acusan en aumento de peso a una temperatura un poco alta, las oxidaciones de

óxidos ferrosos o férricos en presencia del agua de combinación o sea aquella que está combinada químicamente en las moléculas, como agua de cristalización.

Entonces, si se prefiere el dato de materia orgánica por incineración, suspéndase el calentamiento cuando se haya obtenido el rojo pardo. Si al llegar al rojo pardo, se continúa el calentamiento, el dato debe darse como pérdidas por ignición. Se saca el promedio de los datos obtenidos de los dos crisoles.

En todo caso, yo creo que, si no se siguen procedimientos especiales para la determinación de la materia orgánica, no debe adoptarse éste, por ser muy inseguro y sobre todo difícil para quien no tiene una gran práctica en estas cuestiones.

METODOS PARA HACER UN ANALISIS QUIMICO DE SUELO

EXTRACTO EN AGUA DESTILADA

Muestra al estado natural. — Entre las varias autoridades que más han gustado de practicar y recomendar este método, encuentro como más frecuente a los americanos Schloesing (hijo), Mitscherlich y King, a quienes he seguido en sus indicaciones para la práctica de este método. Estos operaron con diversas cantidades de suelo y agua y en presencia de diferentes condiciones. Después de incontables experimentos, concluyeron por optar el agua destilada como solvente de la muestra por estudiar, pues así obtenían las cantidades más o menos aproximadas de los elementos que entran en solución en el suelo, en contacto con el agua.

El primero y último de los químicos antes referidos, hicie-

ron interesantes trabajos sobre el ácido fosfórico, los cuales los llevaron a valiosas conclusiones.

Existe una interminable serie de nombres de químicos que han trabajado con mayor frecuencia en lo relacionado con la cantidad de agua para hacer el extracto, el tiempo que debe mantenerse el agua en contacto con la muestra y el procedimiento a seguir. En uno de los más recientes Boletines del Bureau of Soils, de U. S. D. A., he hallado publicadas algunas de las conclusiones sobre la cuestión y a las cuales me ceñiré para este trabajo.

Hablan éstas sobre la cantidad de agua que se debe usar para sacar el extracto y adoptan para cada 5 grs. de la muestra 50 cc. de agua destilada, dejándola 24 horas en contacto con la muestra; transcurrido tal tiempo, se agita durante 5 minutos y se pone a la centrifugadora a 1.200 revoluciones, por otros 5 minutos. Se separa el agua cuidadosamente y se agregan nuevamente 50 cc. y se repiten las operaciones para hacer otro extracto, y así sucesivamente hasta obtener cinco extractos iguales, los cuales se reúnen cuantitativamente, procurando proporcionarse como recipiente un frasco volumétrico de 500 cc., después de lo cual se acidula el extracto con 3 a 5 cc. de HCl concentrado y se completa el volumen hasta la marca.

De la anterior solución, se retiran porciones de 50 a 100 cc. para las diversas determinaciones, las cuales sólo serán de P205 - CaO - K2O y MgO; el nitrógeno se determina en nuestra aparte por el método de Kieldhal. Sólo he hecho estas determinaciones por considerar que estos cinco compuestos son los de los primordiales elementos biogénéticos. Otras determinaciones, tales como cloruros, carbonatos, etc., no se pueden hacer con la previa adición de HCl. Innecesario advertir la delicadeza que se debe observar en estas determinaciones, da-

da las pequeñísimas cantidades que se obtendrán en estas pruebas. Las determinaciones en esta solución se hacen por los sistemas comunes, cuando se parte de una solución clorhídrica.

AGUA DESTILADA ADICIONADA DE CO₂

Método recomendado por Mitscherlich.

Por uno cualquiera de los tan conocidos métodos se produce en el laboratorio anhídrido carbónico y de éste se hace pasar una corriente, no muy fuerte, pues no se debe llegar a la total saturación, el agua se emplea en la obtención del extracto, el cual se saca de manera semejante al caso anterior. Después se hacen las distintas determinaciones, acidulando el extracto con unos 3 a 5 cc. de ácido clorhídrico.

El extracto obtenido por este método, me parece de mejor calidad que el anterior, porque el poder disolvente del agua carbonada es más semejante al de la del suelo que generalmente se encuentra también carbonada.

AGUA DE CAL O METODO DE HUMPLER

Este método se ha llevado a cabo en muchos laboratorios con soluciones de cloruros y carbonatos de cal en diversas concentraciones y normalidades y siguiendo condiciones muy diferentes para hacer el extracto. Es claro que el calcio debe determinarse en otra muestra, lo cual puede hacerse siguiendo el método de Reverdin y de La Harpe, el cual consiste en el tratamiento de la muestra (20 grs.) con 200 cc. de una solución que contenga en proporción molecular una cantidad expresada de oxalato de carbonato de calcio y dejándola una hora sobre

el baño maría. Luégo se filtra, lava y acidula con HCl, filtrando nuevamente si hay un precipitado de materia orgánica. Se agrega en seguida un pequeño exceso de acetato de sodio para formar NaCl con el HCl libre y dejar libre el ácido acético. Después se precipita al estado de oxalato de calcio mediante la adición de cloruro de calcio, sustrayendo el ácido oxálico hallado del contenido en la solución empleada; se conocerá la cantidad que ha reaccionado con la cal asimilable. De esta cantidad se deduce por cálculo la correspondiente proporción de Ca, considerado como utilizable por las plantas. Este método, aunque un poco complicado, tiene, sobre otros, la ventaja de determinar únicamente la cal asimilable, pues en métodos que adelante describiré, se determinará la cal correspondiente a sulfatos y silicatos, esto es, cuando aún se halla, en parte, en estado potencial.

Hecho el extracto con el agua de cal, se acidula con HCl y se sigue el proceso común.

Acido acético al 1%, o método de Pagnoul.

Este método es considerado por varios autores como muy bueno, porque con el disolvente usado y en esta proporción, conceptúan ellos que se establece un medio muy semejante al que se crea en la proximidad de las raíces con los jugos por ellos secretados.

Consiste en hacer un extracto del suelo con una solución al 1% de ácido acético en agua destilada y después llevarlo a un volumen determinado. Para las determinaciones se toman cantidades precisas, se evaporan, se les agrega agua destilada y se acidula con HCl y se continúa la operación de la manera

común. Al hacer la evaporación anotada, no conviene calentar fuertemente, pues se obtienen mejores resultados con un calentamiento suave.

Acido acético al 2%

Este método fue empleado por Bogdanow, quien obtuvo magníficos resultados. El proceso es igual al anterior, con la diferencia de que, en lugar de calentar hasta la evaporación completa cada una de las cantidades por analizar, se deben tratar hasta una débil concentración, pues la acontecida por el calentamiento del método anterior no da tan buenos resultados como en el caso antes mencionado.

Acido cítrico al 1% o método de Dyer.

Este método, preconizado y sostenido por Dyer, ha sido empleado con buenos resultados para determinar fósforo y potasio asimilables, casos en los cuales se opera de la siguiente manera: 200 grs. de muestra son tratados por 2 litros de solución acuosa al 1% de ácido cítrico durante siete días, manteniéndolos en un lugar de poca luz, a la temperatura ordinaria y cuidando de agitar unas tres veces al día; se filtra sin lavar, se toma una cantidad determinada, que no debe ser poca, porque los resultados estarán representados por cantidades pequeñísimas; se evapora, se incinera a baja temperatura y se trata con HCl. Luégo se evapora nuevamente y se agrega un poco de agua y unas gotas de ácido nítrico, se filtra, lava, y en el filtrado se determina el ácido fosfórico mediante la adición de molibdato de amonio, previo calentamiento en el baño maría a 65°C; se filtra, lava, hasta neutralidad; se disuelve en NaOH

N/10 (cantidad determinada exactamente) y se titula con ácido sulfúrico N/10.

Para determinar el potasio se toma del extracto anterior otra cantidad, se evapora, se incinera a baja temperatura, se trata con ácido clorhídrico, evaporando nuevamente hasta sequedad; se redisuelve nuevamente en agua acidulada con HCl, se agrega ácido perclórico y se calienta hasta cesación de humos blancos. Se lava cuatro veces con alcohol etílico, filtrando las porciones, se lava el filtro con agua caliente y después de evaporar y desecar a la estufa, se determina el potasio en título de K₂O.

El método anterior fue estudiado más tarde por Hall, quien le introdujo modificaciones poco sustanciales, puesto que ellas se relacionan con la parte mecánica al hacer el extracto.

Como dato interesante para valorar el método propuesto por Dyer, anotaré que él fue justificado y elogiado, además de Hall, quien lo modificó como atrás indiqué, por el inglés Woody, en Alemania por Lemermann, Fresenius y otros muchos que no citaré por evitar caer en el chocante exceso de nombres.

(Continuará).
