

cultivo - fact climaticas
" " " edaficas
" " " orograficas

Consideraciones

Para un mejor estudio del suelo y aclimatación de cultivos.

Guillermo BERNAL.

(Tesis presentada a la Facultad Nacional de Agronomía, para obtener el título de Ingeniero - Agrónomo).

PRIMERA PARTE

CAPITULO I

FACTORES QUE DEBEN ESTUDIARSE

Al hacer el estudio de una zona dada, se hace preciso conocer todos aquellos factores que de una manera u otra, influyen ya directa o indirectamente en la vida vegetal.

Sucede muy a menudo entre nosotros, que se tiene el suelo como el único factor que influye favorable o desfavorablemente en el producido de un cultivo, el que éste se mantenga en buenas condiciones, etc.

Indudablemente si el factor suelo contribuye a que un cultivo produzca o nó, él no es el único factor influyente. Fuera de éste hay una serie de puntos o consideraciones que están indicando su ingerencia.

No basta, pues, en considerar el suelo; hay que fijarse en

el clima, entrando aquí la precipitación, la temperatura, el viento, hay que fijarse en las condiciones que presente el suelo para el desarrollo de bacterias, etc.

Todos estos puntos se encuentran influyendo de una manera precisa en los cultivos. Cada uno de ellos hay que considerarlo primero separadamente y luego agruparlos para estudiar el conjunto; solamente así puede obtenerse un conocimiento bastante completo de la zona que se estudia y así se podrá saber con mayores datos si ella sirve.

Teniendo en cuenta el estudio que se haga de estos factores, se verá si es o nó el caso de sembrar el cultivo que se tiene pensado. Se cree que una planta cualquiera que se cultiva con muy buen éxito económico en otro país, se producirá aquí lo mismo, y se siembran extensiones más o menos grandes de ella sin haber hecho con anterioridad estudios de precipitación, temperatura, etc. correspondientes a la zona indicada para el cultivo y seguramente el fracaso se presenta y es muy de esperarse por no encontrarse la planta en un medio adecuado; no está "aclimatada".

De lo anterior se desprende que se comete un gran error cuando se aconseja o se inicia un cultivo en una zona sin tener de ella, no del cultivo, todos los estudios y datos precisos. Se necesita conocer los factores climáticos, edáficos y orográficos.

1).—*Factores climáticos.* — Todo cultivo tiene sus condiciones respecto a clima y cuando se desarrolla bien en un lugar se dice que está "aclimatado". Los factores que más se encuentran influyendo son: la temperatura y la precipitación; el viento es indudablemente otro factor respecto del cual puede pensarse que ejerce una influencia tan grande como los dos anteriores; ya se verá más adelante el papel que desempeña. Los dos primeros se encuentran afectando grandemente el cre-

cimiento y la distribución geográfica de los cultivos.

Veamos ahora la importancia del clima en relación con los suelos. Con respecto a la formación de los suelos, Dokoutchaiev presenta a la consideración dos puntos de vista. El uno dice, que los principales factores que han influido para la formación de los suelos son: el clima, la rocamadre, el relieve, los organismos del suelo y la edad de la región. En la segunda consideración manifiesta, que si verdaderamente es la rocamadre la que da el material del cual resulta el suelo, no es menos verdad que es el clima el que determina la aparición de uno u otro tipo de suelo; a él se deben los diversos tipos, nó a la roca. De este modo le atribuye al clima un papel predominante. Teniendo en cuenta lo anterior, puede deducirse que las condiciones influyentes en la formación de los suelos variarán de acuerdo con los cambios de clima y se establece que para aquellas localidades que manifiestan un clima determinado, corresponde un tipo específico de suelo.

El mismo Dokoutchaiev ha demostrado que una misma roca, por ejemplo el granito, colocada en diversos climas da diferentes tipos de suelos y que rocas diferentes puestas en un mismo clima, producen suelos que pertenecen a un mismo tipo. Así le da al clima, como ya se anotaba, un oficio preponderante y confirma lo dicho de ser él el factor más importante para la aparición de uno u otro tipo de suelo.

En los Estados Unidos los suelos de Carolina y New Jersey tienen una misma roca, pero no obstante los suelos son completamente diferentes; en ambos el clima no es el mismo. En la zona tórrida se nota que las lateritas se pueden formar sobre rocas que no son de una misma clase, no obstante el suelo que resulta tiene características químicas y morfológicas enteramente iguales.

Las diferencias en el clima afectan la desintegración y la descomposición de las rocas. Así, en un clima frío y de baja precipitación hay más desintegración; en cambio, en un clima de temperatura y precipitación altas, la descomposición es mayor.

El clima afecta también la composición química de los suelos. Así se tiene que la aridez parece ser un factor que influye para que se tenga una mayor acumulación de sustancias solubles que la que puede encontrarse en las regiones húmedas.

2).—*El suelo.* — El suelo es un factor de gran importancia en el establecimiento de un determinado cultivo. Es claro que está ejerciendo un influjo constante sobre éste y afecta por tanto los resultados de la producción; por esto es necesario antes de establecer un cultivo en un sitio, hacer previamente un análisis físico-mecánico y químico, para ver si ese suelo reúne las condiciones que generalmente se consideran como necesarias para el cultivo que se piensa establecer. A estos análisis hay que añadir, si fuere posible, el análisis biológico.

Ellos se harán del suelo y del subsuelo, los cuales se notarán en el perfil o corte vertical del suelo, tomando esta palabra en un sentido lato. De esta manera se toma generalmente el significado de dicha palabra, es decir, en muchas ocasiones se dice con ella lo referente a suelo propiamente y a subsuelo.

Parece conveniente antes de continuar con las exigencias de la planta por el suelo, tratar de ver cómo se interpreta o de qué manera se debe tomar la palabra suelo.

Del suelo se han dado diferentes definiciones. Según unos, el suelo, en el propio significado, es *el espesor de la superficie terrestre a cuya formación ha concurrido además de los agentes geofísicoquímicos, la vida.* Para otros es *una capa super-*

ficial de tierra firme, más o menos blanda y friable que resulta de la descomposición y transformación de la roca subyacente por el efecto de los agentes físico-químico-biológicos. Según otros el suelo es una mezcla de fragmentos meteorizados de roca y materia orgánica descompuesta, la cual cubre la tierra en una delgada capa. Se notará que no se indica el subsuelo.

En el sistema ordinario de tomar las muestras para análisis, se entiende por suelo la capa superior que se trabaja, se labora y a la cual se aplican los abonos. Continuando con ese mismo método, el subsuelo viene a constituirlo la capa que está inmediatamente debajo del suelo, la cual por lo general está intacta.

Este método de considerar el suelo y subsuelo es de gran valor y más que todo muy práctico. Puede presentarse el caso de que cuando se toman las muestras del suelo y del subsuelo. Esa distinción que se menciona como ordinariamente se tre ambos basándose en las consideraciones ya mencionadas, puede ocurrir, por ejemplo, en los suelos de aluvión profundos, que suelo y subsuelo no sean sino dos niveles de un mismo horizonte del perfil.

Por suelo, en el sentido propio, parece que debe tomarse el nivel o niveles que se encuentran transformados por el complejo de factores en que figura la vida, más el substrato.

De modo que no debe plagiarse más o menos la palabra suelo. Esa distinción que se menciona como ordinariamente se hace, debe ser la única que debe continuar sirviendo para el sentido lato, aunque ya se anotó que ella no es cierta en muchos casos, pero debe subsistir por ser el único medio como un gran porcentaje de los interesados en cuestiones agrícolas, comprenden cuando se les trate estas cuestiones; así no se hace tan compleja la idea del suelo.

Debe anotarse que no siempre se presenta una diferencia bien clara, bien notoria entre el suelo y el subsuelo. Unas veces aquel pasa lentamente al subsuelo y en otras las dos capas son difíciles de diferenciar.

En esta distinción usual entre suelo y subsuelo se hace notar que aquél por lo general es más oscuro, debido a que es allí en donde se encuentra una mayor cantidad de materia orgánica, la cual va disminuyendo hacia el subsuelo. En suelos que reciben una lluvia más o menos abundante, la cantidad de materia orgánica es alrededor de un 2%, variando desde menos de 1% hasta más de 5%. Los suelos de clima seco tienen generalmente un porcentaje de materia orgánica menor de 1%.

Después de las anteriores consideraciones sobre la palabra suelo, se continúa con las exigencias de la planta.

No solamente el suelo ejerce una función de sostenimiento con respecto a las plantas, sino que él tiene otros fines que cumplir con relación a ella. Así, él debe suministrarle los elementos que le son necesarios, permitir aireación, mantener cierto grado de calor, etc.

Por medio del análisis químico podemos apreciar cuál es la cantidad que tiene el suelo de cada uno de los elementos que se consideran necesarios para los cultivos y por él sabemos si es preciso agregar uno o varios de dichos elementos.

1.—ANOTACIONES SOBRE MATERIA ORGANICA Y ANALISIS MECANICO

a). MATERIA ORGANICA.—Esta tiene su origen en la descomposición de la planta muerta o en las sustancias animales que se incorporan de diferentes maneras en el suelo. Esa descomposición es provocada por los microorganismos del sue-

lo y se denomina humificación, y el producto de color más o menos oscuro que resulta de este proceso se llama humus; muy frecuentemente la cantidad total de materia orgánica que hay en el suelo se conoce con el nombre de humus.

Gran importancia tiene la materia orgánica en el suelo. De sus varias funciones sólo mencionaremos las siguientes: producción de energía, liberación de productos simples, formación de humus e influencia sobre las propiedades físicas del suelo y producción de CO_2 .

De sus funciones trataremos más detalladamente estas:

I.—Producción de energía;

II.—Formación de humus;

III.—Influencia sobre las propiedades físicas.

I.—Producción de energía. — Tiene interés en el hecho de que los microorganismos para poder desarrollarse y vivir necesitan una cierta cantidad de energía, la cual es proporcionada por la materia orgánica.

Cuando se incorporan al terreno restos de vegetales, ellos llevan almacenada en sus tejidos cierta cantidad de calor que han tomado del sol y que conservan en forma potencial.

Las transformaciones de origen biológico que se verifican en el suelo, toman su energía necesaria de la que se produce al aplicar materia orgánica. De modo que su aplicación tiene un papel muy interesante, pues si no fuera por ella la vida de las bacterias y las transformaciones que producen, no se podrían verificar en condiciones adecuadas; para que las bacterias puedan vivir y reproducirse se requiere energía y es de la materia orgánica de donde la toman en gran parte.

II.—Formación de humus. — Esa materia orgánica que se

agregó al suelo sufre un proceso químico o bioquímico de descomposición, el cual se encuentra condicionado o requiere para su verificación temperatura, oxígeno del aire y la intervención de enzimas y luego mediante reacciones, hidrólisis, y oxidaciones, se produce una liberación de gases y agua, el residuo es de naturaleza coloidal y permanece en el suelo. Este residuo es el humus.

III.—Influencia sobre las propiedades físicas. — A una mayor cantidad de humus corresponde una cantidad más grande de agua en el suelo. Ya puede comprenderse la importancia que este hecho representa para los suelos arenosos y para aquellos que están situados en clima árido o semi-árido.

En los arenosos es necesario disponer de un medio que retenga en ellos la humedad que de un modo u otro pudieran haber obtenido; para suelos de tal naturaleza, el humus es de un gran valor. Para los segundos, los situados en clima árido o semi-árido, el humus no es de menos valor. Sabemos que en los climas áridos la evaporación es mayor que la precipitación, entonces se necesita disponer de un medio que almacene para la vegetación que allí existe, una mayor o menor cantidad de agua; en un clima de éstos, si no fuera por el humus, los suelos agotarían más pronto sus reservas de humedad con el consiguiente perjuicio para la vegetación.

Por lo anterior puede pensarse que cuanta más materia orgánica se le incorpore a un suelo para que luego se produzca el humus es mejor, pero esto no es siempre conveniente, porque hay que tener en cuenta el factor económico y además hay casi la seguridad de que ocurre una pérdida de N. a causa de la descomposición rápida de la materia orgánica, como ocurre en las zonas semi-áridas.

En los suelos arcillosos el humus disminuirá su tenacidad; en los arenosos dicha tenacidad es aumentada.

De los datos proporcionados por el análisis mecánico del suelo y de las observaciones que se hagan en el campo, puede saberse si los factores que regulan la descomposición de la materia orgánica presentan buenas condiciones, es decir, si las bacterias tienen un medio adecuado para una buena actividad.

Los tres factores que se mencionan: temperatura, humedad y aire, son los reguladores de la descomposición de la materia orgánica. Es muy necesario proporcionarles a las bacterias estos tres factores, con el fin de que ella se verifique en el medio más favorable.

b). ANALISIS MECANICO.—La humedad de un suelo juega un papel muy importante. Se sabe que el agua es esencial a la planta para disolver los elementos que no se encuentran en forma directamente asimilable por la misma; para la conducción o transporte de los elementos; forma un alto porcentaje de los tejidos de las plantas; es un medio esencial para la mayoría de las reacciones, etc.

Cuando se anuncia la textura de un suelo, se asocia inmediatamente con el agua, es decir, con el porcentaje de ella que ese suelo es capaz de retener. En verdad, hay una relación estrecha entre estos factores; agua y textura. También se presenta otra relación que tampoco deja de tener influencia muy marcada y es la que existe entre los términos aire y textura.

De lo visto se desprende la importancia que tiene la determinación bastante exacta de la textura. Si el suelo resulta arenoso, ya se puede comprender que allí hay un porcentaje menor de agua y que sus poros se encuentran ocupados por

aire; mientras que si es arcilloso, entonces hay más agua y menos aire. Lo más conveniente es que resulte un suelo gredoso, porque así se encuentran en muy buena proporción estos factores, no hay mucha humedad ni mucho aire, y el suelo no es muy "duro" pero tampoco muy "blando", el término medio que es un suelo ideal, porque así se encontrarán en él todas las características buenas del arcilloso y del arenoso, pero sin llegar hasta los extremos.

La poca aireación se encuentra en los suelos compactos, los cuales se presentan tenaces oponiendo dificultad a su laboreo. Además, si a un suelo en estas condiciones se agrega la carencia de humus, se tendrán ya dos factores adversos para un buen desarrollo vegetativo.

Por lo anterior, se puede comprender lo necesario que es un análisis mecánico bien ejecutado. Sin él no podemos tener idea de la capacidad retentiva del agua que él posee y de la mayor o menor facilidad que presenta para la aireación. Teniendo ya los datos de laboratorio se procede a recomendar lo más conveniente para obtener su mejoramiento, teniendo en cuenta el factor económico, que como siempre es de gran importancia.

II.—CONSIDERACIONES SOBRE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS

Vamos a relatar ligeramente las funciones de cada uno de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio. Estos se consideran generalmente de más importancia para la planta y es por esto por lo que siempre se analizan. Ellos se emplean en mayor proporción y existen en menores cantidades en el suelo. Fuera de los tres elementos anteriores, se averigua el contenido de cal que tiene el suelo.

Cada uno de ellos tiene su función, su oficio y lo desempeña sin tener en cuenta los otros; por lo tanto cada cual trabaja independientemente, no teniendo en consideración los restantes; por esto, por más que se quiera reemplazar el uno con el otro no se podrá. Son, pues, insustituibles en el papel que les toca desempeñar. Por sus funciones especiales cada uno se considera esencial y por lo tanto su presencia en el suelo es un factor necesario para poder juzgar la mayor o menor fertilidad de éste.

a).—*Nitrógeno*. — Se considera necesario para las siguientes funciones, entre otras varias que tiene:

1).—Es un gran estimulante del follaje. El desarrollo de tallos y de hojas en las plantas guarda una íntima relación con el contenido de nitrógeno asimilable que posea el suelo.

2).—Una cantidad muy grande de nitrógeno hace que la planta se vaya en "vicio", es decir, que se desarrolle en demasía, presentándose con muy buen follaje.

3).—Es conveniente para cultivos como la lechuga, el hecho de que el suelo sea rico en nitrógeno, porque para ella es mejor poseer hojas blandas; pero por otra parte los tejidos blandos si favorecen por un lado son perjudiciales por otro, por cuanto que un tejido de tal naturaleza presenta menor resistencia a las enfermedades.

Para muchos cultivadores el nitrógeno es el elemento más esencial en un suelo y relacionan la fertilidad del mismo con su contenido. No debe olvidarse al hacer tal consideración, los otros elementos ya mencionados, consideración que toma más importancia cuando se anota el hecho de no ser reemplazable entre sí; cada uno tiene su propio radio de acción y es

preciso no olvidar ninguno para hacer una consideración lo más cierta de la fertilidad del suelo.

Dado caso que se quiera señalar la calidad de un suelo con su contenido de nitrógeno, se pueden utilizar dos medios:

1).—Acudir al contenido centesimal del nitrógeno total respecto del suelo total, y

2).—Fijarse en el contenido de nitrógeno en el humus.

Para el primer caso hay esta tabla dada por Wohltman:

<i>% de N en el suelo.</i>	<i>Clasificación del suelo por este concepto.</i>
0.02%.....	Limite inferior de productividad.
0.02 a 0.03%.....	Muy pobre.
0.03 a 0.06%.....	Pobre.
0.06 a 0.10%.....	Mediocre.
0.10 a 0.20%.....	Bueno.
0.20 a 0.30%.....	Rico.
>0.30%.....	Muy rico.

Hay quienes consideran que el limite inferior de las necesidades de un cultivo, es la cantidad de 0.1%. Cuando ya se ha llegado a esta proporción, se estima conveniente darle al suelo abono nitrogenado.

Para el segundo caso, o sea cuando se señala la fertilidad por el contenido de nitrógeno en el humus, hay una tabla dada por Hilgard que se utiliza para estos casos. La tabla es la siguiente:

<i>% de N en el nitrógeno.</i>	<i>Condición práctica del suelo.</i>
2%.....	Falto de nitrógeno.
3%.....	No está falto de nitrógeno si está con buena cantidad de cal.
5%.....	Muy provisto de nitrógeno.

Suelos que se encuentran en regiones en donde la temperatura sea elevada y poca la cantidad de precipitación, tiene un desagüe muy grande de nitrógeno; en estos suelos se verifica una rápida combustión del humus; fuera de esto hay que tener en cuenta otras causas que hacen rebajar la cantidad de nitrógeno o que gastan el que se encuentra en el suelo. Entre estas está la cantidad tomada por las cosechas; indudablemente hay cosechas que consumen una cantidad más grande de nitrógeno que otras. Todas no presentan la misma rata de consumo.

Hay varios medios de dar nitrógeno al suelo, como abonos verdes, abonos de cuadra, compuestos orgánicos y residuos de cosecha. A estos medios hay que agregar uno que en muchas ocasiones no se tiene en cuenta y es el suministrado por la lluvia. Esta contiene nitrógeno nítrico y amoniacal. No es constante la cantidad que se aplica al suelo por este sistema; varía de acuerdo con la época y la localización. Se considera que generalmente caen $4\frac{1}{2}$ libras de nitrógeno amoniacal y $1\frac{1}{2}$ libras de nitrato a cada media hectárea del suelo, durante las lluvias de un año; suponiendo que todo él pase al suelo, la media hectárea recibirá durante el año, unas seis libras de nitrógeno. No se crea que porque el suelo recibe esta cantidad no ha de hacerse uso de los otros medios para suministrar la adecuada cantidad de este elemento; no hay que considerar esta fuente de nitrógeno como un medio para reemplazar los abonos verdes, estiércol, etc.

b).—Fósforo. — Este elemento tiene las siguientes funciones entre otras:

1).—Forma parte esencial del protoplasma.

2).—Hace, como en el caso de los cereales, que la planta tenga más grano y menos paja o residuo.

3).—Acelera la maduración de las cosechas.

4).—Facilita el rápido desarrollo de las raíces, especialmente estimula las laterales.

5).—Mejora la calidad de las cosechas, y

6).—Hae que las plantas tengan una mayor resistencia a las enfermedades.

Los puntos 2^o. y 6^o. son de gran importancia, pues sirven para contralar el nitrógeno y así tienden a disminuir los efectos perjudiciales que éste pudiera ocasionar.

Parece que no hay una medida fijada para estimar cuál sea la cantidad mínima de fósforo necesario para un suelo. Según unos, esa cantidad es de 0.1%, para otros y entre ellos Wohltmann, estiman ese límite en una cantidad inferior a 0.02%, una cantidad menor que ésta de ácido fosfórico soluble en el suelo, indica ya el límite inferior de productividad del mismo.

Wohltmann da esta tabla indicadora de las necesidades del fósforo por el suelo:

<i>% ácido fosfórico presente en el suelo.</i>	<i>Clasificación del suelo.</i>
0.02	Límite inferior de productividad.
0.02 a 0.04	Muy pobre.
0.04 a 0.07	Pobre
0.07 a 0.15	Necesita este elemento.
0.15 a 0.25	Necesita ligeramente de él.
> 0.25	Muy rico.

c).—*Potasio*. — Los efectos del potasio en la planta son:

1).—Produce un aumento en su resistencia a las enfermedades.

2).—Tiene una gran influencia en la formación de los granos de los cereales.

3).—Se considera esencial para la formación de almidón; es indispensable para la función fotosintética.

4).—Se considera de gran interés para las leguminosas.

Para determinar su cantidad inferior, se ha usado el sistema de ver cuánto saca o gasta una cosecha, el mismo método se ha usado para el fósforo. Así, por ejemplo, Neubauer, en Alemania, sembró 100 semillas de centeno relacionándolas a 100 gramos de suelo; cuando ya habían germinado, a los 18 días, verificó el análisis y de este modo obtuvo una extracción de 24 miligramos, el cual se anota como el límite inferior de suficiencia.

El mismo Neubauer hizo el experimento para determinar la cantidad de fósforo mínimo. Lo verificó en forma similar, analizando las plantas germinadas. Utilizó 100 gramos de centeno y de sus análisis determinó que el suelo es bueno en aquel elemento, siempre que dé a la planta una cantidad no inferior a 8 miligramos.

Entre las cosechas que demandan una gran cantidad de potasio, se tiene la papa. Este cultivo saca del suelo una cantidad más o menos igual a 150 klq/ht. y por año.

d).—*Cal.* — La cal pertenece al grupo de los "correctivos" o "enmiendas" y para este fin es que se emplea con más frecuencia.

Haciendo referencia a la cal, parece lo más conveniente considerar su papel en el suelo. No se tratará aquí de la cantidad que se requiere aplicar, cómo se hace, etc. etc.

Ella tiene un papel principal y es el corregir la acidez del suelo. Desempeña también otros papeles, que pueden en cierto modo considerarse como secundarios, pero desde el punto de vista agrícola, ellos son de un gran interés.

Efectos mecánicos de la cal.—Cuando se aplica cal a un suelo arcilloso, se cambia de suelo "pesado" a suelo "liviano". Débese esto a una floculación de la arcilla; se forman por tanto grupos de arcilla, agregados o uniones y el suelo cambia en sus propiedades físicas. Ya es un suelo en el cual hay una mayor ventilación, favoreciendo por tanto la vida microbiana y la descomposición de la materia orgánica. Hay allí una retención menor de agua y mayor facilidad para la penetración de las raíces.

Para que un suelo pueda cambiar, se requiere una cantidad algo grande de cal, unas seis a ocho toneladas por cuadra se consideran convenientes para poner al suelo arcilloso en un término medio, pues hay que recordar el hecho de que los suelos demasiados arenosos no son buenos. Se necesita un término medio. Las aplicaciones que ordinariamente se hacen no alcanzan a la cantidad mencionada.

En los suelos arenosos ella tiene el oficio contrario que desempeña en los arcillosos. De suelos "livianos" pasa a "pesados" y de muy poco retentivos de agua, pasan a conservar una cantidad más o menos grande. Hay que tener cuidado en los suelos arenosos de no hacer aplicaciones demasiado grandes, porque esto no es conveniente.

Efectos químicos.—Su principal papel en este sentido, es la corrección de la acidez del suelo, siendo este el oficio más conocido de la cal cuando se incorpora al terreno.

En el laboratorio se determina el pH de la muestra de suelo, por medio de uno cualquiera de los métodos que para tal fin existen. Dicha determinación es de una gran importancia. Todos los cultivos no responden a un mismo pH, como tampoco el desarrollo de los microorganismos es el mismo en todas

las concentraciones. Ya puede deducirse que cada cultivo tiene exigencia por un límite definido de acidez o alcalinidad y que los microorganismos demandan para un buen desarrollo y adecuado cumplimiento de sus funciones, límites más o menos definidos de valores de pH.

La reacción del suelo pudiera decirse que es el resultado de los fenómenos físico-químicos verificados en él y de la composición química de ese suelo. En esta reacción se consideran dos aspectos: la acidez y la alcalinidad.

Mientras muchas plantas pueden ser favorecidas en su desarrollo por una acidez, otras plantas colocadas en ese mismo sitio y bajo condiciones idénticas, sufren perjuicios. De aquí que requieran otro pH en el cual puedan desarrollarse adecuadamente.

En determinados casos muchos cultivos no prosperan, no producen los resultados que de ellos se aguardaban. Posiblemente entre las causas de esto se puede encontrar el hecho de no ser adecuada la reacción del suelo para el cultivo. Por fortuna, como atrás se anotó, los valores entre los cuales se estima que una planta obtiene un desarrollo adecuado no se dan en cifras exactas sino en límites, de modo que así se puede más fácilmente enmendar el suelo y hacer que él quede incluido dentro de los convenientes.

La reacción del suelo es un factor de gran importancia en la vida de las bacterias. Cuando la acidez aumenta, su actividad se rebaja considerablemente; ya no se encuentran las bacterias en un medio adecuado para poder cumplir sus funciones a cabalidad. En una reacción ácida no sólo se afecta la actividad de las bacterias, sino que también se rebaja su número y aumenta el desarrollo de los hongos. Un pH de 3.5 favorece mucho el desarrollo de estos últimos.

Tiene la cal un efecto grande y conveniente sobre los compuestos de potasio que no se presentan en forma apta para ser tomados por la planta. El calcio los convierte en forma útil. Los suelos en los cuales se nota más esta influencia de la cal es en los arcillosos; en los arenosos, que en muchas ocasiones presentan una gran carencia de potasio, el resultado es muy poco.

Existen en el suelo ciertas sustancias que son perjudiciales a las plantas y las cuales son el resultado de la descomposición de la materia orgánica. Ellas se presentan en la forma de ácidos orgánicos y la aplicación de cal al suelo tiende a evitar en gran parte los daños que pudieran causar a la planta.

Al hacer el análisis para determinar el pH, se encontrará que por lo general el suelo se presenta más ácido en aquellas regiones en donde hay gran cantidad de lluvia, ésta va lavando, va empobreciendo el suelo de calcio; mientras que en regiones áridas, el suelo se presenta más o menos básico. Así, por ejemplo, en los llanos del Tolima en donde la precipitación es muy poca y los cuales se clasifican como áridos, según muestra analizada en la Estación Central de Investigación Cafetera, se encontró un pH de 8.3.

Una vez obtenido el resultado del análisis, ya se puede saber cual es el "requisito de cal" del suelo analizado. Con relación a este punto, es conveniente advertir que él indica la cantidad de cal que es preciso agregar al suelo para que pH esté entre 6.8 y 0, que es el más conveniente para una gran mayoría de las plantas.

IV.—Otros puntos de estudio.

Fuera del análisis químico y mecánico, hay que tener en

cuenta otros factores que se requieren para poder tener un conocimiento más profundo del suelo de que se trata.

Con la muestra del suelo deben enviarse al laboratorio los siguientes datos:

1). La profundidad del suelo y del subsuelo, es decir, el tamaño que presentan las dos capas que presentan colores diferentes.

2). La topografía del lugar donde se tomó la muestra.

3). La altura sobre el nivel del mar. En el laboratorio se observará el seco y húmedo de la muestra.

a).—*Profundidad*.—El conocer la profundidad del suelo es de mucho interés; ella forma parte esencial de los datos que se toman en el campo. Jamás debe dejarse de tomar este dato.

En el suelo los procesos se presentan con más energía, debiéndose esto a la presencia de la materia orgánica. También allí se presenta en mayor cantidad y actividad la vida microorgánica. En esta parte está viviendo y muriendo una gran cantidad de estos pequeños organismos.

Por lo general los suelos poco profundos son escasos de materia orgánica. Estos dos males pueden evitarse, si no simultáneamente, sí con bastante proximidad, de modo que cuando ya el suelo esté más profundo, su contenido de materia orgánica sea también mayor, con lo cual se harán dos mejoras de inapreciable importancia.

No todos los cultivos requieren la misma profundidad. Las exigencias a este respecto son variables. Así, pues, sabiendo los requisitos de cada cultivo por la profundidad, se notará si ella es buena, regular o mala.

b).—*Topografía*.—Situación del terreno en plano o pendiente. Este punto es necesario conocerlo para poder considerar el gran factor de la erosión. Cuanto más descubierto se

encuentre un suelo y más viento y lluvia tenga lugar en esa región, la erosión será tanto mayor. De aquí el que se asocie la erosión con la lluvia y el viento. A mayor inclinación más susceptible es el suelo de sufrir erosión en un grado más alto y de allí la correlación que se presenta entre la pendiente y la profundidad: a mayor pendiente menos profundidad. Se requiere que el suelo esté muy defendido contra la erosión para que pueda obtenerse una profundidad regular. En ocasiones, cuando ella es muy intensa, no es raro encontrar que ese suelo ha sufrido una transformación muy completa en el perfil.

En la zona tropical, debido a la cantidad tan grande de precipitación pluvial, la erosión es muy intensa y ha operado en el perfil del suelo modificaciones esenciales.

Al tratar de la lluvia como factor de erosión hay que tener en cuenta varios considerandos:

- 1). Naturaleza del suelo.
- 2). Intensidad y cantidad de lluvia.
- 3). El grado de pendiente.
- 4). La carencia o no de vegetación protectora.

Todos estos puntos tienen su mayor o menor influencia en la erosión y así, por ejemplo, en el caso del punto segundo, es más esencial considerar su distribución durante el periodo de un año, que la cantidad total caída durante ese mismo tiempo.

Según H. H. Bennet, los suelos de Cuba y América Central, pueden reunirse en dos grupos relacionándolos con la facilidad que presentan a la erosión. El más resistente de los dos es aquel en el cual la arcilla se caracteriza por una abundancia de sesquióxidos. El otro grupo, lo forman suelos que tienen arcilla más del tipo silicosa.

Hay que asociar el contenido de materia orgánica con la

erosión, pues debe tenerse en cuenta que ella contribuye a bajarla de una manera considerable. Esta es una ventaja de la materia orgánica y de la conveniencia sobre todo para suelos pendientes que están sometidos a una fuerte y mal distribuida precipitación pluvial.

c).—*Altura*.—La altura sobre el nivel del mar es de importancia para considerar cómo influye el clima en relación con la altura.

Variando las condiciones climáticas con la mayor o menor altura aun en una misma altura pero en diversos sitios, es conveniente anotarla para poder establecer comparaciones y sacar conclusiones de cómo actúa el clima en la formación de los suelos, pues, según la opinión de algunos, el clima es el principal agente determinante de la aparición o presencia de uno u otro tipo de suelo. Con este dato, completado con el de lluvia, viento, etc., se puede formar una idea bastante aproximada del clima de la región.

Color del suelo.—No hay que perder de vista la necesidad tan grande que hay de anotar el color del suelo y si se puede el del subsuelo. Cuando la toma de la muestra se hace con alta técnica, es necesario hacer observaciones sobre el color de cada uno de los horizontes del perfil.

No siempre es el mismo el color del suelo seco y del húmedo; casi siempre el color del suelo ya seco es menos oscuro. En el color del suelo juega un papel muy importante el contenido de materia orgánica. Es ella la que proporciona generalmente ese color oscuro en suelos que pertenecen a un mismo grupo; el color es cada vez más oscuro mientras más materia orgánica contenga el suelo. Cuando su contenido es muy pequeño, conviene destruirla para poder anotar el color. En este caso se considera el de la materia mineral.

Tiene su importancia el color del suelo cuando se relaciona con la temperatura del mismo, pero no debe olvidarse que en ella influyen otros factores tales como la temperatura del aire, la cantidad de radiación durante la noche, la cantidad de intensidad solar ocurrida durante el día, la situación del suelo, etc.

En sus estudios a este respecto, Wolny ha demostrado que en la hora de la máxima los suelos que más calor toman son los arcillosos, mientras que estos mismos suelos a la hora de la mínima son los más fríos. Los suelos rojos son bajos en hidratación, pero en cambio son los que más se calientan.

3.—Factores Biológicos.

En el suelo se encuentra una gran cantidad de organismos. De ellos unos son macroscópicos y otros microscópicos. Unos y otros trabajan en el sentido de hacer mejores las condiciones del suelo para la planta. Juegan un gran papel en los cambios que se producen en él.

Según los datos obtenidos en el laboratorio de Rothamsted, se ha visto que 1.720 kilogramos es la población subterránea que vive en una hectárea de suelo. Esta suma se distribuye así:

Bacterias	35 kilogramos.
Protozoarios	345 —
Miriápodos	45 —
Insectos	10 —
Lombrices	100 —
Algas	55 —
Hongos inferiores	1.130 —

Unicamente se produce suelo en aquellas capas en las cuales se encuentran estos organismos que están produciendo cambios; un suelo así es activo, tiene vida. Faltan ellos y el suelo muere. En Guinea, según M. Lacroix, se encuentra suelo en las capas superiores de las lateritas, porque allí se producen los procesos químicos y biológicos, mientras que en las capas más profundas ya no tienen lugar estos procesos; el suelo allí es muerto.

Bacterias. — Las bacterias son unicelulares y están catalogadas como una de las formas más simples de la vida. Su tamaño es microscópico y oscila entre 5 y 8 micrones. Debido a este factor y a su rápida multiplicación cuando las condiciones son favorables, es que en una cantidad muy reducida de suelo se puede encontrar un número sumamente grande. Así, por ejemplo, en un grupo de suelos se ha podido encontrar de dos a doscientos millones; los datos más grandes se han obtenido en suelos cultivados y bastante abonados. Su cantidad se encuentra limitada por la mayor o menor abundancia de energía útil, por la formación de ciertos productos que no son convenientes para su actividad, y, además, por las condiciones del medio en que viven, condiciones que hay que modificar cuando no se encuentran adecuadas para así obtener un número grande y lograr los beneficios que ellas reportan.

Pero pueden ser muy buenas, muy adecuadas las condiciones de temperatura, la abundancia de oxígeno, de humedad, pero no se obtiene una actividad considerable si no se encuentra en el suelo una cantidad apreciable de materia orgánica; ésta es la que controla la actividad.

Nutrición de las bacterias.—Se hace conveniente diferenciar dos grupos de bacterias, con lo cual se aclara bastante sus fuentes de nutrición. Hay dos grupos generales: el uno deno-

minado autotróficas, es decir, que pueden alimentarse por sí mismas, y otro grupo formado por las heterotróficas, las cuales no pueden alimentarse por sí mismas.

Entre las primeras se encuentran las bacterias nitrificantes. Tienen las de este grupo facultad de tomar del dióxido de carbono su carbono y la energía la obtienen de la oxidación de los compuestos inorgánicos. Pertenecen al segundo grupo las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico. Ellas toman el carbono de los compuestos orgánicos y de su oxidación adquieren la energía necesaria.

El agua y los gases atmosféricos les proporcionan la cantidad suficiente de oxígeno e hidrógeno. El nitrógeno es de los elementos más esenciales para su nutrición. Únicamente un grupo de bacterias se encuentra capacitado para tomar el nitrógeno de la atmósfera.

Relacionando las bacterias con las exigencias de oxígeno, pueden dividirse en tres grupos:

1). Aerobias, las cuales no pueden subsistir sino en una abundancia de oxígeno;

2). Anaerobias, que sufren cuando hay una riqueza de oxígeno;

3). Grupo formado por las llamadas bacterias facultativas que pueden vivir en uno u otro medio.

Variando las circunstancias se faculta a uno u otro grupo para adquirir mayor desarrollo.

Condiciones requeridas por las bacterias para el crecimiento.—Para un adecuado desarrollo y para un medio conveniente de vida, requieren las bacterias ciertas condiciones. Hay marcados hechos que se han encontrado ejerciendo una influencia notoria en la vida de las bacterias.

Las condiciones físicas del suelo, su contenido de materia

orgánica influyen considerablemente para que el número de bacterias sea más o menos abundante. Suelos arenosos pobres en aquélla, por lo general son también pobres en bacterias.

La acidez del suelo es otro factor que afecta considerablemente su desarrollo. Cuando se aplican fertilizantes que aumentan continuamente la acidez, entonces las bacterias sufren, su número se va haciendo más pequeño y no puede evitarse esto sino mediante la corrección del suelo; hay que cambiar su reacción.

Las siguientes condiciones son las requeridas para que pueda haber una buena población o un número abundante de bacterias:

- 1). Materia orgánica;
- 2). Humedad.
- 3). Temperatura;
- 4). Reacción del suelo.

1.—*Materia orgánica.*—Posiblemente no existe una condición que tenga influencia tan marcada en el aumento de las bacterias y en general en el de los microorganismos del suelo, como esta. Se obtiene una respuesta más favorable si la proporción de humedad es bien satisfactoria.

No toda la materia orgánica que incorpora al suelo, tiene la misma facultad para descomponerse en el mismo período de tiempo. Hay unas que poco después de ser incorporadas al suelo, ya están manifestando sus efectos, no pasando lo mismo con otras, las cuales para que se descompongan y produzcan los resultados favorables que de ellas se aguardan, hay que esperar un tiempo relativamente largo.

Hay una relación entre el aumento en el número de bacterias y la materia orgánica que incorpora. Dicha relación está

dependiendo de la facilidad con que es atacada la materia orgánica que se agrega y los tipos de organismos que la pueden atacar.

2.—*Humedad.* — Para un adecuado y conveniente desarrollo de las bacterias se requiere una relativa cantidad de humedad.

El desarrollo máximo de una bacteria aeróbica sólo puede lograrse cuando el suelo tiene un 50—70% de capacidad retentiva de humedad. Un contenido bajo de humedad retarda la actividad de las bacterias. De modo que en los suelos situados en regiones áridas o semi-áridas, su número y actividad se encuentra muy limitado.

3.—*Temperatura.* — Considérase que una temperatura adecuada para las bacterias es aquella que está comprendida entre los 21 y 40°C. Hay no obstante bacterias que se tienen por exigentes a este respecto y se estima que una temperatura entre 15.5 y 25.5°C es buena; entre estos límites ellas pueden cumplir a cabalidad sus funciones. Si tienen un límite inferior de temperatura, también poseen un máximo, y fuera de éstos el desarrollo y su actividad se hacen nulos. Cambios bruscos de temperatura en la humedad del suelo, pueden perjudicarlas considerablemente.

4.—*Reacción.* — Factor de una considerable importancia en relación con las bacterias es el pH del suelo, o sea su reacción. Se tiene establecido que las bacterias son favorecidas por una reacción alcalina, mientras que son perjudicadas por una reacción ácida; a un aumento de ésta corresponde un aumento de los hongos y una disminución de aquellas. Por lo tanto, todos aquellos abonos que tiendan de una manera u otra a aumentar la acidez del suelo, son perjudiciales en el sentido

de que rebajan la actividad y número de las bacterias.

Las bacterias para la elaboración de nitritos requieren un pH de 7.8 para su óptimo desarrollo. Para su minimum de vida requieren un pH 7.0 y para el máximo 8.6. Mientras que aquellas bacterias que intervienen en la nitrificación necesitan un pH de 5.6 para su minimum de vida y de 7.8 para el máximo; un pH de 7.1 se considera como el más adecuado para su óptimo desarrollo. De aquí se desprende que si se quiere obtener un trabajo adecuado de las bacterias, se necesita acomodar el pH en tal forma que se encuentre comprendido dentro de los límites que aseguran su buen desarrollo y funcionamiento.

3.—*Distribución de las bacterias.* No puede perderse de vista que hay un sinnúmero de condiciones que están controlando la distribución cuantitativa y cualitativa de los microorganismos del suelo. Ya vimos la influencia tan marcada que tienen la temperatura, la reacción del suelo, etc.

No presenta el perfil del suelo hasta la profundidad de un metro una cantidad más o menos pareja de bacterias en toda su extensión. Considérase generalmente que es en las capas superiores e inmediatamente debajo de la superficie, donde hay una mayor abundancia de bacterias.

Atrás se anotó cómo la temperatura es un factor de influencia en la vida de las bacterias; además, ella tiene una importancia cuantitativa. Se ha notado que en aquellas épocas que se presentan bastante calientes pero sin pasar del máximo de su resistencia, la abundancia de bacterias es mayor; en las más frías la cantidad se hace menor. De aquí que en todo el año no se presente una uniformidad en cuanto a su número.

6.—*Topografía.* — La topografía es un factor muy digno de estudio cuando se trata de las condiciones generales de un suelo.

La topografía es demasiado importante cuando se relaciona con la pérdida de los elementos útiles que se encuentran en el suelo. Aquí en el país, hay zonas en donde se presenta con bastante intensidad el problema que para muchos es viejo, pero que para otros apenas si lo han oído mencionar. Hablamos de la erosión. Se necesita indicarle o mostrarle al agricultor que existe el problema de la erosión y los males que causa, para luego convencerlo de la necesidad que hay de ponerles remedio. Se requiere un tiempo largo y una labor constante y tenaz para disminuir aún en grado muy pequeño este grave mal.

Ya anotábamos que existía una correlación entre la pendiente y la profundidad, debido a que en los suelos de topografía inclinada el agua arrastra con mayor facilidad las partículas del suelo y va produciendo poco a poco su "lavado" y empobrecimiento. Este trabajo del agua se verifica más fácilmente en aquellos suelos que se encuentran sin ninguna vegetación protectora.

Hay que tener en cuenta el hecho de que suelos sujetos a una gran erosión no pueden presentar su perfil natural; éste, o puede encontrarse destruido como ocurre muy frecuentemente, o se puede encontrar truncado como pasa en varias zonas. Teniendo esto en cuenta, hay que concluir con que los suelos sometidos a una erosión así no pueden presentarse "maduros", es decir, ellos no alcanzarán un desenvolvimiento completo.

La vegetación opone un control muy grande a la erosión debido a que mantiene cubierto el suelo y si además se logra

formar un fuerte entrecruzamiento de raíces, es mejor. Los suelos que presentan gran percolación son convenientes debido a que rebajan la erosión, el agua, en vez de correr por su superficie, se infiltra. Los suelos dotados de una buena cantidad de materia orgánica son muy convenientes, debido a que ella tiene la propiedad de tomar y conservar el agua, de modo que, como en el caso anterior, ella será tomada por el material orgánico y no rodará en proporción tan abundante.

Recomiéndase para luchar contra la erosión, la construcción de terrazas siguiendo la dirección de las curvas de nivel. En la Estación Central de Investigación Cafetera, La Esperanza, se tiene un lote con terrazas. Su construcción al principio se hace algo dificultosa en el sentido de seguir bien la curva, pero es cuestión de práctica. El costo de estas terrazas resultó barato. Se hicieron de diferentes anchos, 0.40, 0.50 y 0.60. Como las terrazas van quedando en forma escalonada, la de abajo recibe la carga del espacio comprendido entre ella y la superior. Con este sistema se logra rebajar casi totalmente o por lo menos en gran parte, los efectos perjudiciales de la erosión. También es conveniente para el control de la erosión las barreras vivas o muertas, es decir, entre las primeras la siembra al través de la pendiente de limoncillo, crotalaria y entre las segundas colocar palos en la misma dirección ya anotada, el poner la maleza en esa misma dirección. Conviene tener presente que se evita mucho la erosión, haciendo al través de la pendiente los surcos que se forman en la desyerba.

(Continuará).