

AGROLOGIA EN GENERAL

POR EL ING. RAFAEL *GARCIA GALAN*, DE LA DIRECCION DE AGROLOGIA
DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

CONFERENCIA SUSTENTADA EN LOS CURSOS
DE CAPACITACION DEL DEPARTAMENTO AGRARIO

Agradezco profundamente la inmerecida distinción de que me ha hecho objeto el Sr. Ing. Fernando Foglio, ex Jefe del Departamento Agrario, al invitarme a dictar ante ustedes la presente conferencia, pero debo hacer notar que el tema que se me ha designado es tan amplio que no cabe la pretensión de tratarlo con la amplitud y profundidad que sería de desear en el corto tiempo de que disponemos. Por lo tanto, tendré que limitarme a presentar a ustedes sólo un ligero estudio de los aspectos de esta ciencia, más indispensables para la comprensión de lo que es el suelo, de su importancia en la vida del hombre y de su clasificación, levantamiento y utilización.

Principiaremos por estudiar la manera como se ha formado lo que llamamos suelo. El material más o menos fragmentado de que se forma el suelo, proviene de la intemperización de las rocas por los agentes naturales.

Este proceso de intemperización, tiene dos aspectos, que se llevan a cabo simultáneamente en la naturaleza: uno es la desintegración física, o sea la fragmentación y trituración de las rocas por el viento, los cambios de temperatura y las raíces de las plantas, y el otro es la descomposición química de las substancias que forman la roca para convertirlas en compuestos diferentes (generalmente por oxidación), que dan origen al material de que está compuesto el suelo.

Los suelos que provienen directamente de las rocas sobre las cuales descansan y que se originaron de ellas por el proceso antes mencionado, se llaman suelos "insitu" o "primarios".

Cuando este material proveniente de la desintegración de las rocas es arrastrado por el viento o por el agua y depositado más tarde en otros lugares, que pueden ser las vegas de los ríos, los fondos de los lagos o el fondo del mar, al retirarse el agua que los traía en suspensión, dan origen a lo que llamamos suelos "secundarios" o suelos de "acarreo".

Muchas veces se encuentran suelos que además de haberse formado por la intemperización del material sub-yacente, han recibido, debido a su posición topográfica, aportaciones de material procedente de acarreos por el viento o el agua, en cuyo caso se llaman suelos "mixtos".

Hay otra clase de suelos, por cierto más escasos, que se forman al pie de las elevaciones del terreno, por deposición del material que ha rodado de las partes más elevadas por efecto de la gravedad, que llevan el nombre de "suelos coluviales".

Hasta aquí hemos visto la formación del suelo desde el punto de vista geológico; pero todos estos procesos sólo tienden a preparar el material para la subsecuente formación de lo que edafológicamente se entiende por verdadero suelo; pues los sabios que se han dedicado al estudio de esta ciencia, no dan el nombre de suelo sino al material que, después de haber sido preparado en la forma que lo hemos mencionado, queda expuesto al intemperismo para sufrir nuevas modificaciones químicas, físicas y biológicas, hasta llegar a un estado de equilibrio, en el que se pueden distinguir con facilidad tres zonas fundamentales, llamadas horizontes, que son las siguientes:

HORIZONTE "A", es la parte superior del perfil del suelo en el que el agua de lluvia, al infiltrarse, ha arrastrado los elementos finos y una parte más o menos considerable de las sustancias químicas menos insolubles.

HORIZONTE "B", es la parte del perfil en que las sustancias retiradas del horizonte anterior han sido depositadas, enriqueciéndolo a veces al grado de cementar entre sí las partículas originales que en él se encuentran, formando una capa sumamente dura conocida como *saxeam*.

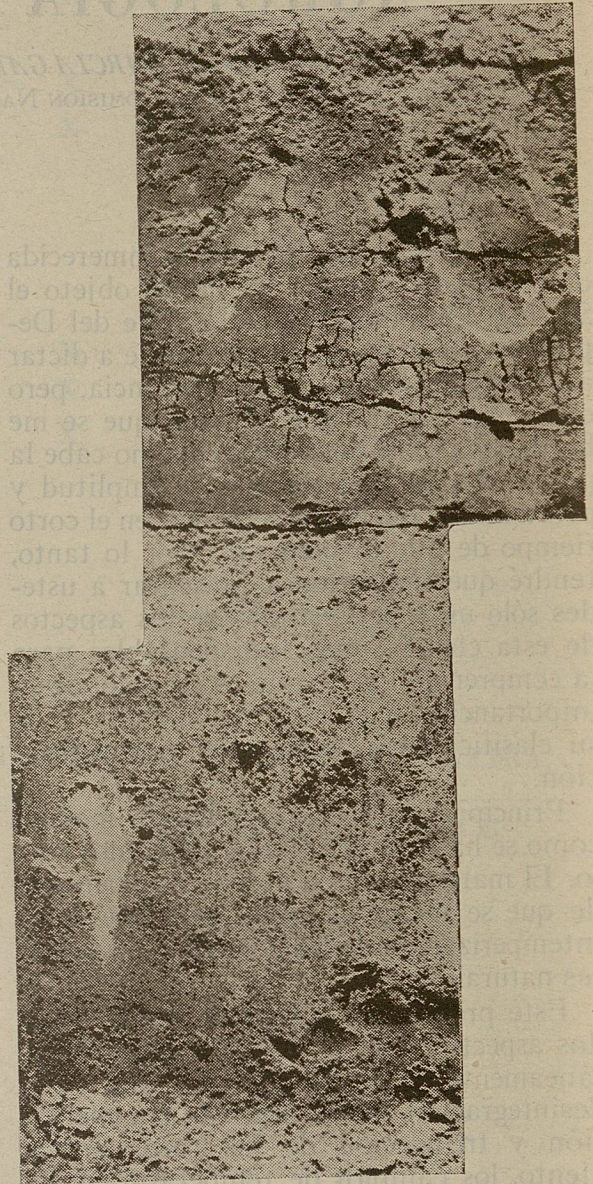
HORIZONTE "C", es el material original del suelo que no ha sufrido alteraciones serias por el proceso edafológico antes citado. Así, pues, las acumulaciones de material que se forman en las vegas de los ríos, o en cualquier otro lugar, y que no han sufrido modificaciones debidas al intemperismo, son llamados "aluvión" y se consideran como acumulaciones de material preparatorio, para la formación futura de un perfil típico, aun cuando para nuestro estudio se consideran como suelos recientes, "aluviales".

EDAD DEL SUELO

El concepto de edad de los suelos, desde el punto de vista agrológico, es diferente de el concepto geológico, o el concepto general de edad, para los cuales la base es el tiempo. Para el edafólogo no importa el tiempo que haya transcurrido desde la formación de un suelo, lo fundamental es el grado de desarrollo que haya alcanzado dicho suelo hasta el momento de estudiarlo, es decir, que un suelo depositado hace mucho tiempo puede ser más joven que un suelo depositado mucho más tarde, pero en el cual los procesos de intemperismo han sido más activos que en el primer caso, dando por resultado la formación de los horizontes antes citados en menos tiempo.

Casi siempre, sobre todo en los suelos primarios, los procesos de desintegración de las rocas para la preparación del material madre del suelo y el de intemperización edafológica para la formación del perfil son simultáneos en la naturaleza;

pues conforme se fragmenta y descompone el material, se va eluviando e iluviando, siendo arrastrados hacia las capas inferiores los elementos finos y sustancias químicas, por el agua de lluvia que



Reconocimiento agrológico de los terrenos del Lago de Texcoco, Méx., por el Ing. Mario Macías Villada (1943)
Perfil del suelo cerca del campo de Aviación.

cae en sus superficies y se infiltra a través de su masa.

En las regiones húmedas y cálidas, y en condiciones de buen drenaje, los procesos de formación de los horizontes del suelo se llevan a cabo más rápidamente que en las regiones de clima más seco y frío, por lo

que no es posible relacionar el tiempo con el concepto de edad de los suelos. Así, pues, consideramos perfiles recientes en aquellos en que no se nota la diferenciación de los horizontes.

Perfiles jóvenes, son en los que se manifiesta levemente la diferenciación de horizontes por una pequeña acumulación de elementos finos y sustancias químicas (tales como la cal) en el Horizonte B.

Los llamados *in-maturum* son perfiles en los que se manifiesta claramente la diferencia entre los horizontes A y B, por una gran acumulación en este último principalmente, de arcilla fina, cal o sílice, pero en los que no se han cementado aún las partículas del suelo original.

Los perfiles en que la acumulación de material ha llegado hasta cementar entre sí las partículas originales del Horizonte B se llaman suelos Maduros.

Hasta hace relativamente poco tiempo, no existía la Ciencia de la Agrología como una ciencia aparte, sino que se estudiaban los suelos como parte de la Geología, de la Agronomía o de la Química Agrícola, por lo que no se había podido llegar a una clasificación universal de los mismos, debido a que se estudiaban en diferentes etapas de su desarrollo, y a que unas clasificaciones tomaban en cuenta solamente las características de su origen geológico, otras las de su composición química, etc., separadamente, sin tomar en cuenta el resultado de todas ellas combinadas, que es lo que da origen al suelo tal como es.

El estudio completo de las características de los suelos mismos como resultado de todos y cada uno de los fenómenos que le dan origen, es lo que hoy constituye la ciencia de la Agrología, que es una ciencia en sí, y no una rama de la Geología ni de la Agronomía, ni de la Química Agrícola. Esta Ciencia estudia no sólo el modo de formación del suelo, ni sus características químicas, ni su productividad, separadamente, sino que estudia los suelos mismos y las características resultantes de todos estos procesos que los diferencian unos de otros, permitiendo su clasificación en grupos o tipos muy diferentes unos de otros.

Si examinamos los suelos procedentes de regiones de climas semejantes, aunque distantes unas de otras, los encontraríamos muy parecidos entre sí, aunque provengan de rocas diferentes y hayan sido formados de diversas maneras, así los suelos rojizos de la India, llamados Lateritas, son semejantes a los de Puerto Rico, aunque unos provengan de granito, otros de pizarras y otros de calizas.

Lo mismo sucede con los suelos negros de la estepa rusa, llamados Chernozems (suelos negros), y los del Medio Oeste de los Estados Unidos, ambos son semejantes aun cuando las rocas que les dieron origen sean distintas.

La observación de estos fenómenos hizo notar la relación del clima de una zona con los suelos de la misma.

En Rusia fué donde por primera vez se notó que las diferencias en los suelos de las distintas regiones correspondían a las diferencias del clima de dichas zonas.

Debido también al hecho bien conocido de la íntima relación que existe entre el clima y la vegetación, es posible llegar a establecer las relaciones entre esta última y el suelo. Así, pues, las regiones de clima frío y húmedo, que dan origen a una vegetación raquílica de arbustos y pastos, donde la vida bacteriana es poco activa, dan origen a cierto tipo de suelo llamado de "tundra". En los climas más templados se desarrolla una vegetación de bosques, la vida microbiana es más activa, y se originan suelos típicos de estas zonas, llamados "Podzols". Así vemos que conforme avanzamos hacia el sur, atravesamos otra clase de suelos, hasta llegar a los climas húmedos y calientes de los trópicos, que dan origen a los suelos tropicales, llamados Lateritas.

Por otra parte, si la temperatura aumenta pero disminuye la precipitación, la vegetación también cambia, desapareciendo los bosques y en su lugar vienen las praderas; esto da origen a otra clase de suelos que son llamados "prairie". Al disminuir más la precipitación, cambia el aspecto del suelo, los zacates invierten el ciclo de eluviación e iluviación de mate-

riales, sacando del subsuelo parte de los materiales que la lluvia ha arrastrado y compensando en parte el efecto de este fenómeno. Se forman así los suelos llamados "chernozem". Al hacerse cada vez más rala la vegetación, debido a la disminución de la precipitación, se hace más lento el proceso de intemperización del suelo, la materia orgánica se descompone rápidamente y disminuye en proporción y se originan los suelos claros, grises, rojizos o amarillentos de los desiertos, llamados Solonetz.

Estos suelos son muy diferentes entre sí, y dondequiera que encontramos las condiciones de clima apropiadas, aparece el tipo correspondiente de suelo, indiferentemente de la clase de roca que le dió origen, o del modo como se formó el material original del mismo.

Al estudiar la distribución de los grupos de suelos del mundo, que hemos citado someramente, se nota que, en general, (siempre que la orografía no haya modificado el clima) aparecen en zonas o fajas más o menos paralelas al Ecuador.

En las zonas polares se encuentran los suelos de regiones frías: "tundras", después vienen los "podzols", los Café de Bosque, los Prairie, los Chernozem hasta llegar a las Lateritas en los Trópicos. Esta distribución de los suelos en fajas horizontales en los mapas se llama zonalidad horizontal. Esta misma disposición se nota también al descender de una montaña elevada, puesto que la sucesión de climas es semejante, y, así, encontramos los suelos de Tundra en las altas montañas, cerca de las nieves perpetuas, y conforme descendemos pasamos por fajas de "podzols", Chernozems, etc. A esta distribución de los suelos se le llama zonalidad vertical.

Los suelos que ocupan estas grandes fajas o zonas, se llaman suelos zonales. En ellos se manifiesta directamente como causa fundamental de su formación, la influencia del clima, pero si examinamos con más detalle estos perfiles, encontraremos diferencias pequeñas entre los suelos de una misma zona, debido a condiciones locales de topografía o drenaje, que

se manifiestan en cambios de sus características internas.

Estos suelos que ocupan áreas más reducidas, enclavados entre las áreas mayores de suelos zonales, se llaman "suelos intrazonales" y en ellos se manifiesta, además de la influencia predominante del clima, las influencias menores de accidentes locales, como la topografía y el drenaje.

Para comprender mejor el proceso edafológico del desarrollo de un perfil, es conveniente examinar de cerca cómo se forma, por ejemplo, un Podzol típico: En las regiones de clima frío y húmedo se desarrolla una vegetación consistente en bosques de coníferas (pino, oyamel, etc.). Estos árboles dejan caer lentamente sus hojas, que son como agujas, más o menos duras, formándose, por lo tanto, un colchón de tallos, ramitas y agujas que cubren el suelo, y principia a descomponerse por la acción de las bacterias y el agua de lluvia; acción que no es muy rápida, debido a la baja temperatura reinante, que restringe la actividad de las bacterias. Sin embargo, la acción de disolución y acarreo del agua de lluvia es muy activa, por la elevada precipitación, y la eluviación se lleva a cabo (en condiciones normales de buen drenaje) con bastante rapidez, lo que hace que se forme el horizonte A. A su vez la extracción de agua del subsuelo por las raíces de los árboles es activa, y en esta zona se depositan los materiales que fueron arrastrados por las capas superiores, dando origen a un horizonte de deposición o concentración: nuestro horizonte "B". Así tenemos, pues, la formación del perfil típico "podzólico". De arriba a abajo tenemos:

1º Una capa de materia orgánica, sin descomponerse, formada por las ramas y agujas secas de los pinos, que se denomina Horizonte A₀.

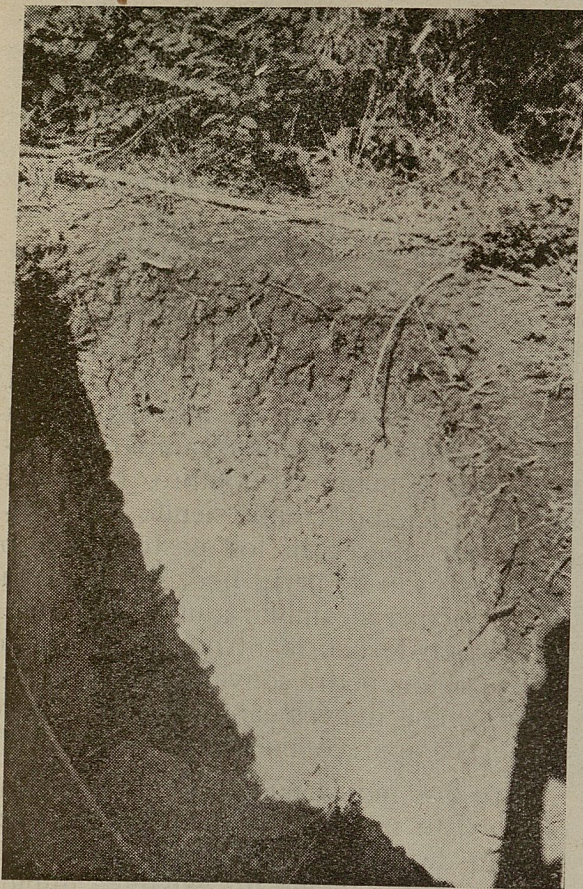
2º Una capa de materia orgánica en estado de descomposición muy avanzada; el Horizonte A₁.

3º Una zona arenosa, de color casi blanco compuesta casi exclusivamente de arena silicosa, en la que el agua se ha llevado la arcilla, y casi todos los elementos físicos y químicos que contenía el material ori-

ginal, dejando la sílice. Esta zona es el Horizonte A y se llama "bleicherde" o tierra blanca.

4º Abajo de esta zona viene una faja de color café o rojizo con gran concentración de fierro, arcilla, etc., en la que se notan pedazos cementados, como piedras irregulares, llamados "horistein", este es el Horizonte "B", a veces está cementado, formando una especie de losa casi continua.

5º Bajo esta capa está el material rocoso, fragmentado y medio descompuesto,



La Antigua, Ver. Serie Cardel

que forma el Horizonte "C", y bajo éste viene la roca madre.

Esta es, a grandes rasgos, la descripción del perfil de un suelo de la región de los bosques de coníferas. El tiempo de que dispongo y el carácter de esta plática nos permiten entrar en más detalles; siendo esto suficiente para ilustrar el proceso de formación fundamental de estos suelos.

Ahora, partiendo de este perfil, suponemos que se avanza hacia una región más al norte y, por tanto, más fría, parte del año vemos el suelo congelado y cubierto de nieve. Los bosques desaparecen y vienen los musgos y líquenes polares, además, la actividad bacteriana disminuye y la descomposición de la materia orgánica es más lenta e incompleta. Los suelos serían, pues, más delgados, la capa de materia orgánica más gruesa y tendríamos los suelos de la Tundra.

Si, por el contrario, descendemos hacia un clima más templado, las coníferas cederán su lugar a los árboles de hojas caducas, como los encinos, etc. Estos dejan caer anualmente sus hojas y la cantidad de materia orgánica aportada al suelo es mayor. A su vez la descomposición será más rápida y, por lo tanto, el agua que se infiltra a través de la capa de suelo del horizonte "A" estará más cargada de materia orgánica, y el horizonte "A" no es blanco sino más bien café. Así se forman los suelos Café de Bosque, que se asemejan mucho a los "podzols"; pero no alcanzan el grado de desarrollo de éstos, no notándose tan claros los horizontes "A" y "B", como en el caso anterior. Si descendemos más hacia el trópico, la actividad de los procesos biológicos será mucho mayor, lo mismo que la precipitación, entonces la leixiviación de los suelos siendo más activa y profunda, el horizonte de acumulación estará a mayor profundidad. Pasamos después por los suelos podzólicos rojos a los amarillos y, finalmente, a las Lateritas de los trópicos. Estos últimos son suelos arcillosos, rojizos, en los que la actividad de los ácidos orgánicos provenientes de la descomposición de la materia orgánica, ha disuelto la sílice y ha transformado los compuestos de fierro originales, dando origen a una estructura particular, reticulada, a una gran permeabilidad, poca retención de agua y un color rojo ladrillo especial.

Si, por otro lado, al aumentar la temperatura disminuye la precipitación, desaparece el bosque, y en su lugar vienen los pastos, lo cual tiene una gran influencia en los procesos edafológicos de formación

del suelo. En primer lugar, todos estos pastos son anuales, de manera que, al morir, cada año dejan sobre el suelo una gran cantidad de materia orgánica y los minerales que forman parte de su constitución. Esto hace que la materia orgánica, que se descompone rápidamente, sea arrastrada por el agua de lluvia, incorporándose al suelo junto con la cal y demás materiales. Así se forma el siguiente ciclo: El agua arrastra hacia abajo la cal y los minerales que hemos citado; pero las plantas los absorben de nuevo, y al morir los dejan nuevamente en la superficie, lo cual da origen al perfil típico de las Chernozems (o tierras negras) de las estepas de Rusia. Este consiste en una capa de suelo arcilloso, de color gris oscuro, rica en materia orgánica, bajo la cual se halla un horizonte de acumulación de cal, en la zona a la que no llegan las raíces de las plantas. Debido a la presencia de cal, a las raíces de las plantas y a la gran cantidad de materia orgánica la estructura de estos suelos es granular, suave y son muy fértiles, fáciles de trabajar y apropiados para el cultivo de cereales. Son los que producen más trigo en el mundo.

Si pasamos de la zona antes dicha a una de menos precipitación, veremos que los pastos son más raquíuticos, y, por lo tanto, el horizonte de acumulación de cal es más superficial, el color del suelo más claro y el contenido de materia orgánica es menor, lo que hace que los suelos tomen un color gris y su estructura sea menos granular. Estos son los suelos grises de Desierto o Sierozen.

Como ya dijimos, todos estos grupos de suelos, son llamados suelos Zonales, pero entre las grandes fajas que éstos ocupan, se hallan enclavadas pequeñas áreas de suelos similares a éstos pero que presentan diferencias en sus características, debido a accidentes locales, así tenemos entre los "podzols" en los lugares de mal drenaje, los suelos de pantano y las "turbas", en los que la acumulación de materia orgánica procedente de las plantas acuáticas es enorme, llegando a alcanzar profundidades de varios metros.

Los suelos Glei tienen un horizonte pesado, de color azulado, debido a la reducción de las sales de fierro por la elevación de la napa freática. Se llaman Wiesenboden, semi-pantanosos y pantanosos.

Entre los suelos de Desierto tenemos áreas de mal drenaje, como en las cuencas de lagunas interiores o depresiones del terreno, en los que se han acumulado las sales que deja el agua al evaporarse. Estos suelos, cuando contienen sales de calcio o sodio, si no son carbonatos, se llaman Solonetz, y cuando son más alcalinos y contienen carbonato de sodio se llaman Solonchak, o suelos estructurados; tienen un Horizonte "B" de arcilla, de estructura columnar, y son sumamente impermeables y pesados.

Estos grupos de suelos representan un estado de equilibrio más o menos inestable, que han alcanzado sus perfiles en su desarrollo; pero no son estados definitivos, es decir, que pueden pasar de un grupo a otro al cambiar las condiciones climatológicas que los originaron. Así al desaparecer el bosque de una región, ya sea por alguna plaga, por cambio del clima, o por la mano del hombre, aparecerá una vegetación diferente, siendo muy probable que aparezcan los pastos; por lo tanto, el suelo de perfil podzólico de esta área principia a cambiar a un Chernozem. Si más tarde ocurre otro cambio en la precipitación, podrá convertirse en un Sierozen, y con nuevos cambios en el clima volvería a aparecer nuevamente el Podzol.

Esto nos indica que entre una zona y otra existe una transición más o menos amplia de suelos, en etapas intermedias de desarrollo, y que no existen cambios bruscos de un grupo a otro. Además los accidentes geográficos, como las grandes cadenas de montañas, interrumpen la uniformidad de las zonas y su paralelismo, encontrándose muchas veces una mezcla de zonalidad horizontal con la vertical. En Rusia, por ejemplo, la zonalidad horizontal de los suelos es muy marcada, mientras que en nuestro país no lo es. En México la accidentada topografía ha hecho que sea difícil encontrar áreas grandes de los suelos zonales típicos, y que, en

cambio, exista gran cantidad de suelos en etapas de transición, cuya clasificación, dentro de los grandes grupos del mundo, es muy difícil. Así en México encontramos suelos podzólicos, pero sólo en pocas partes son "podzols" típicos, y lo mismo sucede con los Chernozems y los Chesnuts, en cambio, sí tenemos Solonetz y Solonchak típicos en los desiertos del norte del país.

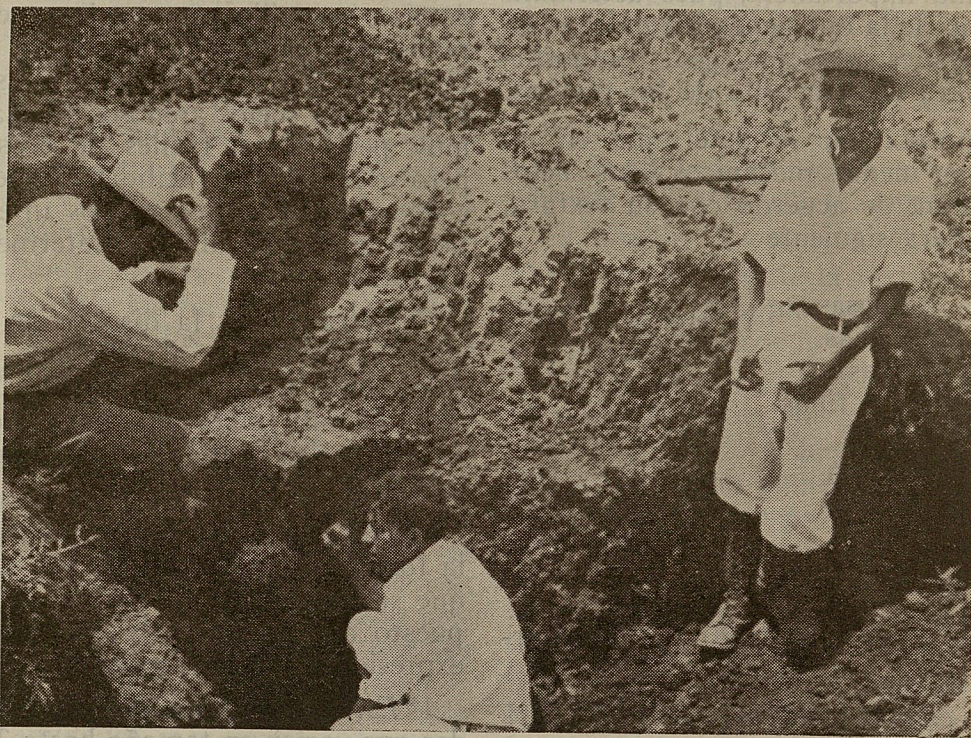
Desde el punto de vista edafológico y para la comprensión de los fenómenos de formación de los suelos, tiene una gran importancia la clasificación de los suelos en los grandes Grupos Mundiales; pero el campesino y el agrónomo necesitan un estudio más detallado, ya que no todos los Chernozems son idénticos, ni tienen la misma fertilidad, esto ha hecho necesario un estudio más detallado, más local de los suelos. Por lo tanto, en los Estados Uni-

racterísticas de los suelos que les imprimen cualidades particulares. En seguida examinaremos los elementos de que está compuesta la masa del suelo.

Esta consiste de materias minerales y materia orgánica. La materia orgánica está presente en forma de fragmentos de hojas, tallos o raíces más o menos descompuestas, y como una materia gelatinosa, sólo visible por su color, en elevado grado de descomposición.

La materia mineral se presenta también en forma de granos o fragmentos de tamaño variable y en forma de solución en el agua contenida en el suelo.

Los granos o materia sólida han sido clasificados de acuerdo con su tamaño, sin tomar en cuenta su composición química,



La Antigua Ver. Pruebas del Suelo

dos y en nuestro país se ha llegado al estudio de los suelos individualmente, por medio del levantamiento de cartas agrológicas, en las que se consignan las características y variaciones locales de los suelos de las regiones estudiadas con todo detalle. Para esto, hemos estudiado las ca-

ya que su comportamiento depende, en gran parte, de sus disminuciones.

De acuerdo con esto se han llamado "separados" del suelo, puesto que pueden ser separados por medios mecánicos. También se llaman elementos mecánicos del suelo, y son los siguientes:

Grava fina, cuyas dimensiones son de 2 a 1 mm. de diámetro.

Arena gruesa, de 1 a 0.5 mm.

Arena media, de 0.5 a 0.25 mm.

Arena fina, de 0.25 a 0.10 mm.

Arena muy fina, de 0.10 a 0.05 mm.

Limo, de 0.05 a 0.005 mm.

Arcilla, menos de 0.005 mm.

Las partículas o fragmentos mayores de 2 mm. no se toman en cuenta en los análisis mecánicos del suelo, es decir, no se consideran elementos del suelo, sino que son accidentales, y su presencia no es constante en todos los suelos. Mientras que los demás elementos sí están siempre presentes en menor o mayor cantidad.

La proporción de cada uno de estos "separados" que se encuentran en un suelo es de suma importancia, pues determina su textura, de la que dependen muchas de sus cualidades agrícolas y su comportamiento para el desarrollo de las plantas.

Esta proporción se determina en un análisis por medios mecánicos y los suelos se clasifican, de acuerdo con su textura, de la manera siguiente:

Arenas.	Gruesas.	Menos de 20% de arcilla y limo.
	Medias.	
	Finas.	
	Muy finas.	

Migajones arenosos.	Grueso.	De 20 a 50% de arcilla fina.
	Medio.	
	Fino. Muy fino.	

Migajones arcillosos, de 20 a 30% de arcilla.

Arcillas, cuando contienen más del 30% de arcilla.

Estos grupos se subdividen en otros; pero sería confuso en este momento llegar a más detalles ya que las clases más importantes han quedado incluídas en este cuadro.

Además de la textura, el agrólogo tiene en cuenta otras características fundamentales, que imprimen al suelo su carácter

y modifican sus cualidades; entre las principales tenemos las siguientes:

El color.—Es muy importante porque nos da indicios sobre la cantidad de materia orgánica que contiene el suelo, así como sobre algunos de sus compuestos químicos, por ejemplo, sabemos que los suelos rojos contienen gran cantidad de fierro. También es indicador de las condiciones de drenaje en que se formó el suelo. Los suelos de color gris oscuro, generalmente indican condiciones de mal drenaje. Los suelos rojos indican condiciones de buen drenaje, y los amarillos o muy claros indican poca materia orgánica y escasa humedad.

Textura.—La textura de un suelo indica la proporción de partículas de diferentes tamaños que lo forman y le imprimen caracteres especiales. Los suelos en que domina la arcilla son, por lo general, pesados, pegajosos, impermeables y difíciles de labrar. La textura mejor en sí, es la Franca; los suelos arenosos son calientes, muy permeables, fáciles de erosionarse, pero se labran con facilidad. Su fertilidad a veces es baja. Los grados intermedios tienen también cualidades intermedias entre éstas.

Estructura.—Es la disposición que toman las partículas al adherirse naturalmente unas con otras, formando "agregados". Es muy importante para la determinación de las cualidades agrícolas de los suelos.

Queda determinada principalmente por la forma y dimensiones de los agregados que se forman en el suelo al dejarse expuesto al aire un corte del mismo. Sus expresiones son las siguientes:

1ª *Estructura granular suave.*—Agregados que varían en tamaño hasta 2 cms. de diámetro y tienen formas más o menos redondeadas.

2ª *Terronosa.*—Agregados en forma irregular, de 2 a 10 cms. de diámetro.

3ª *Adobe.*—Bloques irregulares, toscamente cúbicos de 10 cms. en adelante.

4ª *Amorfa.*—Disposición maciza, sin grietas.

5^a *Columnar*. — Se forman prismas o toscos cilindros verticales. Además, tenemos, laminada, costrosa, panal, reticulada, etcétera, que son poco comunes y sería muy prolijo describir. Al expresar la estructura siempre debe incluirse el término que indica la facilidad con que pueden ser separados o aplastados entre los dedos los terrones o agregados, tales como suave, dura-tiesa, etc.

La estructura de los suelos es importante para la facilidad de labrar las tierras y para la vida de las plantas.

Porosidad. — Es la cantidad de huecos o poros que se ven en la masa del suelo. Un suelo es mejor entre más poroso es, hasta cierto límite; pues puede regarse con facilidad y ofrece menor resistencia a la penetración de las raíces de las plantas.

Permeabilidad. — Es la facilidad con que el agua puede atravesar un suelo. Dependiendo de la textura, porosidad y consistencia del suelo. Entre más permeable es un suelo es mejor, hasta cierto punto; pues la permeabilidad excesiva hace que los elementos nutritivos para las plantas sean arrasados por el agua con demasiada facilidad, empobreciéndolos rápidamente.

Consistencia. — Es la resistencia que presenta el suelo a las fuerzas que tienden a romper sus agregados. Se expresa con los términos relativos siguientes: suelta, suave, blanda, desmenuzable, firme, compacta, dura, quebradiza, plástica, adhesiva, tenaz, caseosa, impenetrable y cementada, débil, suave o firme.

Como ya se dijo, la clasificación de los suelos en los grandes grupos del mundo, que se mencionó antes es demasiado amplia para los estudios detallados que las necesidades de la agricultura imponen y, por tanto, se han adoptado para estos trabajos unidades más restringidas, que permitan incluir mayor detalle en la descripción de los perfiles de los suelos estudiados; estas son la "serie", el "tipo" y la "fase".

La Serie se define como un grupo de suelos que tienen los mismos horizontes genéticos (es decir, horizontes producidos por el proceso de formación del suelo), son semejantes en sus características im-

portantes, en el arreglo de sus perfiles y proceden del mismo material madre. Excepto la textura del horizonte superficial, el color, acidez, estructura y contenido de humus es semejante en todos los suelos de una misma serie, aunque pueda haber pequeñas variaciones en pendiente, pedregosidad y características externas.

Las series reciben nombres geográficos de los lugares en que se estudian por primera vez, o en que abundan más, como serie Laredo, serie Don Martín, serie Morelia, etc.

El Tipo es la unidad de levantamiento agrológico, porque agrupa todos los suelos cuyo perfil tiene las mismas características, desde la superficie hasta el material madre.

Una serie puede abarcar varios tipos, que se distinguen unos de otros por la textura del horizonte superficial. Por ejemplo, la serie Laredo incluye los tipos migajón limoso Laredo, arena Laredo y migajón arenoso Laredo, que tienen las mismas características en todo su perfil, excepto la textura de la superficie.

El nombre del tipo se forma anteponiendo al de la serie la textura de la superficie, por ejemplo, arena Laredo, que es el tipo arenoso de la serie Laredo.

La Fase indica variaciones de las características del tipo, que no son suficientes, por su extensión o importancia, para la formación de un nuevo tipo. Incluye variaciones de pedregosidad, grado de erosión, profundidad del suelo o topografía. El nombre se forma añadiendo al del tipo el carácter particular que distingue la fase, por ejemplo, migajón arenoso Laredo fase inclinada, migajón arenoso Laredo fase plana, etc.

Ahora bien, el objeto de un levantamiento agrológico es representar en un plano los linderos entre las áreas de los distintos tipos de suelos que se encuentran en el terreno. Sin embargo, un simple plano de los tipos que se encuentran en un terreno, no nos serviría de nada sin una descripción de las características, cualidades y defectos de cada tipo. Por lo tanto, se requiere que cada plano vaya acom-



Valles de Morelia y Queréndaro, Mich. Determinación de la resistencia eléctrica de los suelos (1937), por el Ing. Rafael García Galán

pañado de un informe, lo más completo posible, que contenga la descripción de las series, tipos y fases de suelos encontrados. En seguida se verá cómo se llevan a cabo estos estudios, tanto en nuestro país como en los Estados Unidos, así como los métodos de levantamiento recientemente aprobados por el Segundo Congreso Interamericano de Agricultura, celebrado el año pasado en esta ciudad.

Antes de principiar el levantamiento Agrológico de una zona es necesario proveerse de los planos topográficos de la misma, pues los levantamientos de suelos deben llevarse a cabo sobre planos topográficos, llamados Planos Base.

Inmediatamente que se llega a la zona por estudiar debe iniciarse un recorrido de toda ella, para poder planear el trabajo subsecuente. Durante este recorrido deben observarse todos los cambios del terreno, con objeto de distribuir correctamente los pozos de prueba que se abrirán después.

Los pozos de prueba tienen por objeto estudiar los perfiles de los suelos de la

región y deben abrirse en los lugares en que se prevé que cambie el terreno, pero procurando que no queden en la zona de transición que se encuentra siempre entre una serie y otra. Estos pozos son de un metro de ancho por dos de largo y dos de profundidad.

Nos sirve de guía para su distribución la topografía del terreno, los cambios de color de los suelos, los cambios de vegetación y, en general, cualquier indicio que nos haga sospechar la presencia de un suelo diferente. Debe abrirse un número suficiente para que no quede sin estudiar ningún suelo de la zona o proyecto. Una vez abiertos los pozos se dejan intemperizar por algunos días, para que se forme la estructura y se sequen convenientemente, pues de lo contrario no será posible apreciar el color, consistencia, etc., de sus diferentes capas.

Una vez secos los pozos se recorren para estudiarlos y se localizan en un plano. El estudio de los pozos consiste en describir cuidadosamente el perfil que presenta cada uno de ellos, determinando la tex-

tura, estructura, consistencia, porosidad, etcétera, de cada capa u horizonte que presentan, anotando, además, la edad, modo de formación, topografía del lugar y la vegetación natural que los cubre, sin omitir anotar cualquier detalle que sirva para identificar el perfil. Simultáneamente se toman muestras de cada una de las capas del suelo, para enviarse al laboratorio, donde son analizadas, física y químicamente, para determinar su textura, fertilizantes, composición, reacción, cantidad de calcáreo, etc.

Cuando se tienen las descripciones de todos los pozos, se comparan éstas para agrupar todas las que presentan características iguales y proceder así a agrupar todos los perfiles en series de suelos, a cada una de las cuales se les asigna un nombre, que debe ser el del lugar en que se encontró en mayor extensión. Después se forman los tipos de cada serie, según la textura de la superficie.

Ya conocidas las series y tipos de suelo que se pueden encontrar en la zona, se puede principiar al levantamiento del plano agrológico por medio de la plancheta, procediéndose de la manera siguiente: Se fija una hoja del plano topográfico (Plano Base) en la plancheta, y se sitúa el agrólogo en uno de los pozos de prueba ya descritos, se localiza en el plano el lugar en que se encuentra y se anota el número que corresponde, en una clave, al tipo del suelo en que está colocado en ese momento, hecho esto se hace un caminamiento, generalmente por estadia, y se va observando cuidadosamente el suelo, para distinguir el cambio a otro tipo; para esto se anota el color, la vegetación, la topografía y, en general, cualquier indicación de un cambio de la textura de la superficie o del subsuelo. En cuanto hay sospechas de un cambio, debe determinarse la textura, lo cual se hace por medio del tacto. Para esto, se toma con un martillo especial una muestra de tierra y se ámasa con agua, hasta formar una pasta algo espesa, con lo cual se puede, tras de alguna práctica, determinar al tacto las texturas con bastante aproximación. Los cambios del subsuelo se buscan con la barrena agrológica

que más adelante se describe. Cuando se encuentra un cambio en la textura o en el subsuelo, se mide aproximadamente, a pasos o con estadia, el lugar en que ocurre y la dirección que tiene sobre el terreno, y se traza a escala en el plano, representando este lindero entre dos tipos, con una línea punteada. Así se sigue el caminamiento, representando todos los linderos que se van encontrando, hasta cerrar una poligonal, cuya forma y dimensiones dependen del terreno que se recorre. Hecho esto se tienen representadas en el plano las partes de los linderos que se vieron al hacer el recorrido, pero falta cerrarlas, para lo cual se recorre el interior del polígono y se procede a encontrar los linderos representados, cerrándolos tal como aparecen en el terreno. Los cambios del subsuelo se encuentran haciendo uso de una barrena parecida a las brocas de los carpinteros, pero con un mango de 1.50 a 2.00 metros de largo, con la cual se sacan muestras a diferentes profundidades, las que al ser examinadas permiten al agrólogo saber la serie a que pertenece el suelo. Una vez terminado el levantamiento de todas las hojas del plano, de manera que no quede ninguna área sin levantar se procede a preparar el plano de conjunto, cuya escala depende de las necesidades del estudio y del área total de proyecto o zona levantada.

Como se dijo antes, no es suficiente el levantamiento del plano agrológico, sino que, para el conocimiento de los suelos de una zona, se requieren otros estudios que varían según el carácter del estudio en cuestión. En México se han llevado a cabo cuatro clases de estudios, que cubren hasta el presente las necesidades de momento; estos son los siguientes:

1º ESTUDIOS AGROECONOMICOS REGIONALES

Consisten en un estudio de los recursos agrológicos, agropecuarios, hidrológicos, forestales y económico-sociales de un Estado o de una región agrícola.

Constan de:

a) Un plano agrológico, en el que se levantan grupos de tipos de texturas afi-

nes, en lugar de tipos individuales, como en el caso que se acaba de citar.

b) Un plano del uso a que están dedicados los suelos de la zona en el momento del estudio.

c) Un mapa mostrando el uso a que están mejor adaptados cada uno de los suelos de la zona, al cual se da el nombre de plano de uso potencial del suelo.

Naturalmente que cada carta de las anteriormente citadas va acompañada de un informe que contiene la descripción de los suelos, por series, tipos y fases, así como todos los datos sobre agricultura, ganadería, recursos hidrológicos, forestales, económico-sociales de la zona, que sea posible recoger, y, además, la interpretación de los mismos y las conclusiones que de todo el estudio se deriven.

2º ESTUDIOS AGROLOGICOS DE GRAN VISION

Estos estudios se llevan a cabo por la Comisión Nacional de Irrigación con objeto de determinar aproximadamente la clase de suelos de un proyecto de riego y sus respectivas áreas, para resolver sobre la conveniencia de llevar a cabo las obras de riego proyectadas o de ampliar los estudios. En este caso no se efectúan levantamientos agrológicos, sino que se recorre la zona, apreciando a ojo, la calidad y superficie de las tierras dominadas por el proyecto de canal.

3º ESTUDIOS AGROECONOMICOS PRELIMINARES

Consisten en un estudio de los suelos de un Proyecto de Riego, que incluye la descripción de las series y tipos encontrados en él, pero sin el levantamiento del plano agrológico, sino que en su lugar se lleva a cabo el levantamiento de un plano de clasificación de suelos, de acuerdo con la calidad de cada uno de ellos, desde el punto de vista del Proyecto de Riego.

4º ESTUDIOS AGROECONOMICOS DETALLADOS

Que se llevan a cabo en los Proyectos de Riego en vías de ejecución, o en los Distri-

tos de Riego ya construídos, con objeto de proyectar las obras de riego de manera que abarquen las áreas de mejor suelo, planear el parcelamiento, fijar los precios de las diferentes clases de tierras, así como para basar la operación de los Distritos de Riego sobre el conocimiento de los suelos que en él existen.

Estos son los estudios más completos que se llevan a cabo y consisten en el levantamiento de un plano agrológico, como se ha descrito, además de un plano de clasificación de suelos, como en el caso de los estudios preliminares y, en caso necesario, también se levanta un plano de alcalinidad (siempre que las áreas afectadas por el salitre sean de consideración). Todo lo cual debe ir acompañado de un informe lo más completo posible, conteniendo la descripción de las series y tipos de suelo. Estudio del clima de la zona, de la agricultura, ganadería, comunicaciones, y situación económica y social de la región.

En estos estudios, simultáneamente al levantamiento del plano de suelos que se hace en la forma ya descrita, se efectúa el del plano de clasificación. Para este objeto el agrónomo tiene que clasificar el suelo en cuatro clases, para lo cual se toman en cuenta los siguientes factores:

Factor suelo.—Se determina la calidad de cada tipo de suelo, de acuerdo con sus principales características que son: textura, estructura, profundidad, permeabilidad, fertilidad, etc.

Factor topografía.—Se le asigna una clasificación a los suelos según la pendiente, de acuerdo con el cartabón siguiente: 1ª clase, suelos con pendiente menor de 2%; 2ª, los que tienen pendientes de 2 a 6%; 3ª, los que tienen pendiente de 6 a 8%, y 4ª, aquéllos cuya pendiente es mayor del 8%.

Factor drenaje.—En este factor se toma en cuenta el drenaje externo, es decir, la mayor o menor facilidad con que el agua escurre por su superficie y la profundidad de la napa freática.

Factor álcali.—Para la clasificación por este factor se toman los siguientes límites:

De 1ª clase son los suelos con menos de 0.20% de su peso de sales solubles; de 2ª son los que contienen de 0.20 a 0.60%; de 3ª los que tienen 0.60 a 2.00% y son considerados dudosos; de 4ª clase o desechables son los que tienen más de 2.00%.

Estos límites se refieren a suelos que contienen una mezcla de sales solubles de calcio y sodio, pero no contienen carbonato de sodio, pues en caso de que contengan esta sal, los límites son mucho más estrechos, debido a los efectos altamente perjudiciales de esta última sal.

El contenido de sales de los suelos se determina midiendo la resistencia eléctrica de los mismos, por medio del puente de Wheatstone y convirtiendo los datos leídos a porcentajes, por medio de tablas especiales.

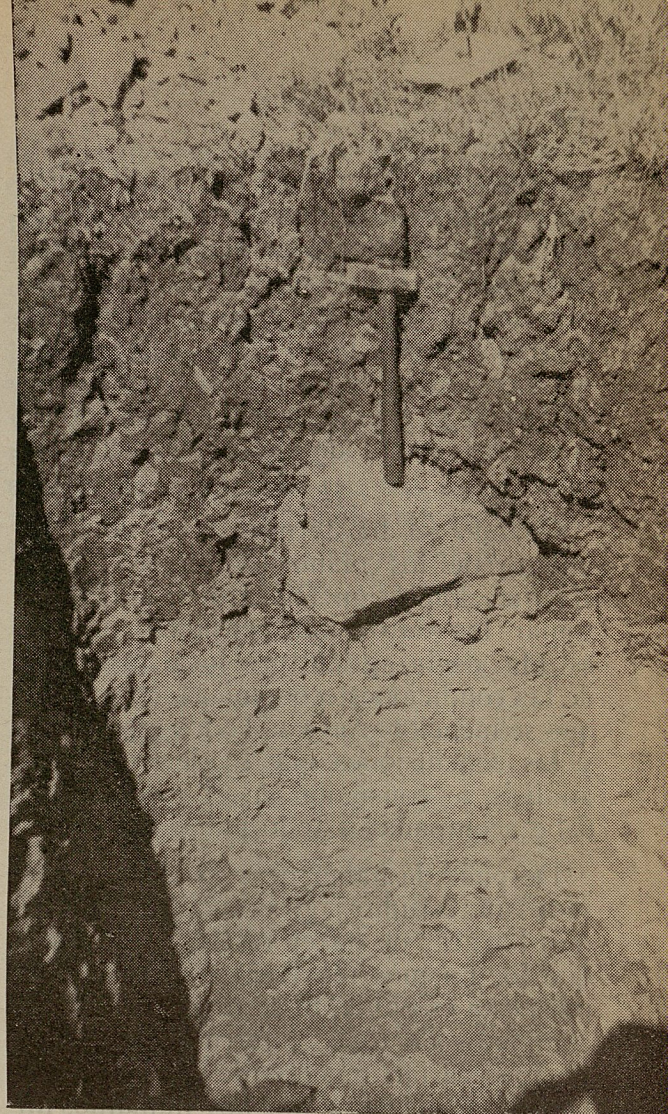
Una vez que el agrólogo ha asignado la calidad que le corresponde a una área, se levanta ésta aproximadamente, representándole su contorno en el plano por una línea continua, de color rojo y anotando la clase que le corresponde por medio de la siguiente clave:

1ª clase, son las tierras mejores del proyecto. Esta clasificación es siempre local, y los suelos de primera clase de un proyecto pueden ser mejores o peores que los de otro; pero no se ha intentado hacer una clasificación general, por las innumerables dificultades que se presentan. Las áreas de esta clase se anotan en los planos con el número uno dentro de un pequeño círculo (1).

Los terrenos de segunda clase son aquéllos que, por alguna deficiencia de uno o más de los factores antes citados requieren un costo mayor para ser puestos en condiciones de cultivo bajo riego. Esto quiere decir que mediante una inversión no muy considerable pueden pasar a la primera clase.

Los terrenos de tercera son aquéllos que por las razones antes expuestas requieren una inversión considerable para ser puestos en condiciones de cultivarse.

Los suelos de 4ª clase son aquéllos que no pueden ser aprovechados para la agri-



Tamazula de Gordiano, Jal.

cultura, es decir, son desechables, por deficiencia grave de uno o varios de los factores fundamentales de clasificación.

En los planos se anota la clase correspondiente a cada área por medio de un quebrado en el que el numerador es la clase que le corresponde, y el denominador es la inicial del factor o factores cuya deficiencia le marcan la clase, por ejemplo, 2/a quiere decir que esta área es de segunda clase por deficiencia del factor suelo y 3/ST significa que ese suelo es de 3ª clase por tener una pendiente entre 6 y 8% y su suelo es deficiente en sí.

Para la apreciación de la calidad de un terreno, no deben tomarse cada uno de los factores que la determinan aisladamente, sino que debe examinarse el efecto que produce el conjunto de todos ellos sobre la calidad, pues, por ejemplo, a un terreno cuya textura es franca podría, por

este motivo, asignársele una clasificación mejor que a otro con textura arcillosa; pero si la pendiente de ambos es fuerte, es indudable que el segundo es mejor que el primero por estar menos propenso a erosionarse. Así pues, deben relacionarse unos con otros todos los factores de clasificación y asignar la clase tomando en cuenta el efecto de todos ellos en conjunto.

Cuando se ha terminado el levantamiento de los planos agrológicos y de clasificación de un Distrito, se procede a tomar los datos indispensables para el estudio de la agricultura local, así como de las condiciones económicas, clima, etc., que se mencionaron ya. Todos estos datos y las conclusiones que se deriven de su análisis se consignan en el informe que debe acompañar a todo plano agrológico.

Después de haber descrito en qué consiste un estudio agroeconómico, resulta inútil tratar de hacer resaltar la utilidad que los mismos representan para el país, pues esta es obvia. Si se tuvieran estudios completos de todo el territorio nacional, desaparecerían muchos de los riesgos de nuestra agricultura, que hoy llamamos imprevistos, pero que en este caso serían fáciles de prever y hasta de evitar.

Una de las causas más serias de lo aleatorio y raquítrico de nuestra agricultura presente es la falta de conocimiento de la mayoría de nosotros sobre la adaptabilidad de cada grupo de suelos a determinados cultivos, pues examinando de cerca el proceso de formación de los suelos de una zona y determinando el Grupo Mundial a que pertenecen es posible deducir qué clase de agricultura y qué cultivos son, por naturaleza los más adaptados a la misma. Es muy costoso y casi inútil el tratar de adaptar la naturaleza a nuestras necesidades, en lugar de adaptar nuestros métodos a ella, y obtener así mejores resultados con menor esfuerzo.

Sabemos ya que los suelos podzólicos que se desarrollan bajo los bosques húmedos de las regiones templadas, se adaptan naturalmente al cultivo de árboles frutales y hortalizas, pero que debido a sus

fuertes pendientes, la mayoría de ellos requieren el uso de medidas de defensa contra la erosión. El tipo de agricultura que se desarrolla en ellos es el intensivo y diversificado, las granjas son pequeñas y tienden a bastarse a sí mismas. Los bosques que se desarrollan en las tierras no dedicadas a la agricultura, dentro de estas zonas, pueden sostener grandes industrias, todo lo cual favorece al desarrollo de una civilización de tipo elevado. Los suelos Intrazonales de este grupo requieren, por lo general, algo de drenaje artificial, pero una vez mejorados en esta forma se convierten en los mejores y más productivos del mundo.

En los suelos de las regiones más templadas, la agricultura es aún más diversificada y más intensiva; el tipo de vida es semejante al de la zona anterior.

Al examinar el proceso de formación de los suelos de las regiones templadas y subhúmedos, o sean los "prairie" y los "chernozems", se ve que se desarrolla bajo una cubierta de pastos lo cual demuestra que se adaptan perfectamente al cultivo extensivo de los cereales, como el trigo y el maíz. Su estructura es muy buena, permitiendo que se labren fácilmente y producen elevados rendimientos por su fertilidad; sin embargo, requieren un manejo cuidadoso, a base de rotación de cultivos, en la que se dejen empastar periódicamente, para que conserven las buenas cualidades que poseen al principio de su cultivo, pues debido a su condición arcillosa tienden a hacerse pesados e improductivos por una labranza continuada. La agricultura en esta zona es de tipo más extensivo y tiene tendencia al monocultivo, las propiedades son más extensas que en los casos anteriores y esto hace que estas zonas sean menos pobladas y menos industriales que las anteriores.

Los suelos de "desierto" no pueden cultivarse sin riego artificial pero los rendimientos de la mayoría de ellos, en estas condiciones, compensan las inversiones que requiere su acondicionamiento al cultivo. En su estado natural son aprovechados para la ganadería de tipo extensivo.

Estas zonas son muy poco pobladas, las propiedades son del tipo de latifundio ganadero. La utilización agrícola de estos suelos requiere fuertes inversiones por parte de los gobiernos y un cuidadoso manejo de los Sistemas de Riego que se construyan, para evitar el ensalitramiento de los terrenos, a que son bastante propensos.

Los suelos lateríticos tropicales se adaptan a los cultivos extensivos, como la caña, el algodón, el tabaco y el arroz, que requieren, para que sean costeables, una gran cantidad de mano de obra barata. Esto ha dado origen a un tipo de finca llamado "plantation" o sea un tipo de propiedad de gran superficie. Allí se desarrolló la esclavitud, tanto en los EE. UU. como en los demás países cuyos suelos son de esta clase. El tipo de civilización que se desarrolla en estas condiciones es atrasado y sujeto a disturbios de carácter social, que a veces traen graves consecuencias para la humanidad entera.

Las diferencias entre los tipos de sociedad que se originan en cada tipo de suelos son a veces tan marcadas que llegan a dar origen a divergencias tan grandes que se provocan guerras y revoluciones, como sucedió a mediados del siglo pasado entre los Estados del norte y los del sur de los Estados Unidos. La explicación más lógica de este sangriento conflicto es la siguiente: En los suelos podsólicos del norte se desarrolló una sociedad de tipo individualista e industrial; el hombre, por razón de que el suelo le brindaba la oportunidad de sostenerse a sí mismo fácilmente, sin requerir el uso de grandes cantidades de asalariados, no toleraba el tipo de civilización meridional, indolente y primitivo, basado en la explotación de las propiedades por esclavos, y creyó

de justicia emancipar a éstos del yugo que los oprimía, cosa que los surianos no podían tolerar, porque esto echaba por tierra su cómodo *modus vivendi*. Así se ocasionó, pues, la tirantez que dió por resultado una de las más feroces luchas que han sacudido a la Humanidad. La esclavitud está abolida actualmente en las leyes, pero en los trópicos aun hay muchos millones de esclavos que se debaten bajo el yugo de misérrimos salarios, que persistirán mientras no se implanten en las Lameritas otros cultivos y otros métodos, que requieren menos mano de obra a bajo precio.

Ya para terminar sólo me falta llamar la atención de ustedes hacia el hecho de que a pesar de que el suelo es quizá el elemento de mayor influencia en la vida del hombre, éste le ha dedicado siempre tan poca atención que en la mayoría de los casos parece que no tiene su actividad más objeto que destruirse a sí mismo por la despiadada destrucción de su más importante medio de subsistencia que es el suelo; así lo vemos destruir los bosques, arrasar los montes y desnudar la tierra, para que sea más fácilmente presa de su mayor enemigo: la erosión. Sólo hasta hace relativamente poco tiempo que los países más civilizados se han dado cuenta de la necesidad de la conservación de su suelo y hasta hace muy poco que en México se principió a tomar las medidas para controlarla y salvar lo que aun nos queda de suelo, de su total destrucción.

Es pues, una necesidad ineludible, la intensificación de las medidas de Conservación del Suelo, y debemos luchar porque en lo sucesivo se manejen mejor nuestros suelos a fin de poder legar a las generaciones futuras los medios necesarios para su sustento.