

INTRODUCCION A LA EDAFOLOGIA

Ing. Agr. Guillermo S. Fadda

1.- EVOLUCION DEL CONCEPTO SUELO

La palabra suelo como muchas palabras comunes, tiene varios significados. Esto es así aún en la misma Ciencia del Suelo. El suelo, en su significación tradicional, es el medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres. Este significado, tan viejo como la misma palabra suelo, es todavía el significado más común y el mayor interés en el suelo está centrado en este significado.

Aunque hay muchos usos del suelo, la gente está más interesada en el suelo por que él soporta las plantas que proveen alimentos fibras, medicamentos, madera y otras necesidades del hombre.

Con esta significación, el suelo cubre la tierra como un continuo, excepto sobre rocas desnudas, los hielos de los glaciares y los cuerpos de agua profundos. Con esta significación, el suelo tiene una profundidad que está determinada por la profundidad de enraizamiento de las plantas.

Esta concepción particular y puramente utilitaria, siendo la agricultura casi tan vieja como el hombre, fue la que se impuso desde un principio. El conocimiento ganado sobre el suelo era fruto de la experiencia en el uso del suelo y en este sentido los agricultores fueron los primeros. Ya en la antigua Grecia, Aristóteles y su sucesor Theophrastus (372-287 AC), consideraron el suelo en relación con la nutrición de las plantas. Escritores romanos como Virgilio (70-19 AC), Columella (45 DC), este último con su obra De Rustica, siguen la misma tendencia.

En 1583, Bernard de Palissy publica "Sobre diversas sales en la agricultura", donde afirma que el suelo es la fuente de nutrientes minerales para las plantas, pero Von Helmont en 1629, propone que la nutrición de las plantas proviene solo del agua y A. Thaer sugirió que las plantas asimilaban directamente materia orgánica descompuesta, lo que postergó la aceptación de las ideas de Palissy.

En 1840 Just Von Liebig publicó "Química aplicada a la agricultura y fisiología", donde reafirma que las plantas asimilan los nutrientes minerales del suelo.

En la mitad del siglo XIX, varios científicos alemanes desarrollan Agrogeología, ciencia que consideraba al suelo como un manto superficial de roca alterada, algunas veces lavada. Los conocimientos empíricos adquiridos durante este período, especialmente en Europa Occidental, eran de aplicación local, sólo válidos para el medio y la situación en que se adquirió. Como consecuencia fallaban cuando se intentaba extrapolar a otras situaciones u otros ámbitos geográficos y no conseguían explicar una cantidad de hechos diferentes o respuestas distintas.

Esta concepción antropocéntrica y estática del suelo se mantuvo hasta pasada la mitad del siglo XIX.

Hacia 1870, un nuevo concepto de suelo fue desarrollado e introducido por la escuela rusa liderada Dokuchaiev.

Los suelos fueron concebidos como cuerpos naturales independientes, cada uno con una morfología única, resultante de una particular combinación del clima, de los organismos vivos, de la roca madre, del relieve y de la edad.

La morfología de cada suelo es expresada por una sección vertical de diferentes capas u horizontes que reflejan los efectos combinados de un particular conjunto de factores genéticos responsables de su desarrollo.

Este concepto fue revolucionario. El suelo ya no era un cuerpo estático, sino un cuerpo natural dinámico, evolucionario, resultante de los efectos combinados de las fuerzas y factores del ambiente. Este concepto hizo no solo posible, sino necesario, considerar todas las características del suelo colectivamente, en términos de un cuerpo natural completo, integrado, antes que individualmente.

Esto significa que el efecto o la diferencia en alguna característica dependen de su combinación e interacción con otras.

La experiencia ha demostrado que no pueden realizarse generalizaciones útiles alrededor de características simples para todos los suelos.

2.- EL SUELO COMO CUERPO NATURAL

El suelo es la colección de cuerpos naturales sobre la superficie de la tierra que contienen materia viviente y soportando o capaces de soportar plantas en crecimiento. Como todo cuerpo, tiene forma y límites. Su límite superior es el aire o aguas poco profundas. Lateralmente el transita o gradúa a aguas profundas, o a áreas desnudas de rocas hielos, sales o médanos o dunas activas.

Su límite inferior en profundidad, hacia el no-suelo, es quizás el más difícil de definir. El suelo incluye los horizontes próximos a la superficie que difieren del material rocoso subyacente como resultado de la interacción, a través del tiempo, del clima, los organismos vivos, los materiales originales y el relieve. En los pocos lugares donde el suelo contiene horizontes cementados que son impermeables a las raíces, el suelo es tan profundo como el más profundo de sus horizontes. Más comúnmente el suelo gradúa en su límite inferior a la roca dura o a materiales térreos virtualmente desprovistos de raíces, animales o rastros de otra actividad biológica. El límite inferior del suelo, por lo tanto es el límite inferior de la actividad biológica, la cual generalmente coincide con la profundidad de enraizamiento de las plantas perennes nativas. Para propósitos especiales, riego y drenaje por ejemplo, capas inferiores que influyen el movimiento y contenido de agua y aire en el suelo de la zona radicular, deben también ser consideradas.

Hemos dicho también que el suelo tiene forma. La morfología del suelo se expresa en su perfil. El perfil del suelo es el conjunto o sucesión vertical de horizontes diferenciados por los factores y fuerzas del ambiente. Un individuo suelo puede diferenciarse de otros individuos suelos, por la naturaleza del perfil.

Esta diferenciación de horizontes para constituir el perfil del suelo, determina una de las características diferenciales importantes entre el suelo y la roca. El suelo tiene características anisotrópicas en profundidad, es decir por sus características y propiedades varían en profundidad, mientras que la roca es isotrópica, pues sus características y propiedades no varían cualquiera sea el sentido que se considere.

a) Naturaleza biogedinámica

Acabamos de definir el suelo como cuerpo natural independiente, resultante de los efectos combinados del clima, organismos vivos, roca madre, relieve y tiempo.

Originalmente hay una roca, la litosfera, una mezcla mineral húmeda, la hidrosfera, que por acción de la atmósfera, sufre un desmenuzamiento y descomposición, por la acción de fuerzas físicas y químicas puramente atmosféricas. Pero así se origina una roca triturada y no un suelo. Este solo se forma cuando plantas y animales, la biosfera, se asientan en la roca triturada. Estos absorben productos de disolución de la roca y desprenden productos de cambio como gases, soluciones, humus. Las plantas participan en la transformación química de los minerales y en la pulverización de la roca. Los animales remueven las partículas y participan indirectamente en la transformación química. De la atmósfera y de la capa acuosa subterránea proceden líquidos disolventes en continua movilidad. De la atmósfera, de las soluciones, de los organismos, en parte de las mismas rocas, penetran en el sistema complejo, gases que también están en continuo movimiento. El movimiento ininterrumpido en el suelo es su característica principal y su principal diferencia con la roca.

La capa más externa de la superficie terrestre, limitada por la atmósfera, forma un sistema con factores de extrema complejidad. El estado de este sistema natural está condicionado por tres integrantes: el suelo, el clima y la vegetación. Toda investigación edafológica o ecológica busca el estado de equilibrio final hacia el que tiende en un caso

el suelo, bajo el influjo del clima y de la vegetación y en otro, la vegetación bajo el influjo del suelo y el clima.

Por otra parte el suelo tiene una íntima relación con el sustrato geológico del que se originó, con el conjunto de factores que constituyen el clima y con la vegetación que del suelo se nutre y que al suelo da sus restos.

El suelo forma un medio, la pedósfera, que constituye la zona de contacto entre una parte, la litosfera, y de otra la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Los fenómenos de alteración de la roca que se producen en esta zona tienen por efecto engendrar nuevas especies minerales que están en equilibrio con el medio, es decir son estables en las condiciones de reacción, de oxidación y de hidratación que le son propias. Si salimos de esta zona, para descender en la profundidad de la roca, los fenómenos de alteración son diferentes, se alcanza entonces a la vez el límite de la pedogénesis y el límite del suelo.

Se liga también el concepto de evolución. En efecto, el suelo se encuentra en evolución continua bajo los efectos de los factores y fuerzas del ambiente, incluida la acción del hombre, a pesar de que el suelo presenta casi siempre, aunque en grados variables, la propiedad fundamental de los medios en equilibrio, que es la de oponerse a toda acción exterior que tiende a modificar su equilibrio.

Entre la complejidad de las propiedades del suelo, las influencias y las interacciones de sus constituyentes, esta noción es la que viene mejor para caracterizar un suelo, permitiendo prever cual será su reacción a una acción exterior.

Este concepto de medio, que es definido de acuerdo a su posición en relación a los otros medios, por sus relaciones con ellos, por las condiciones que reinan en su seno, señala bien que el suelo, medio natural, es también un medio autónomo regido por leyes propias, aunque debemos recurrir a numerosas disciplinas científicas para estudiarlo.

b) El suelo y el ambiente

El suelo y el paisaje están cambiando continuamente en lo físico, químico y biológico. Los físicos han estudiado el suelo y su cubierta vegetativa como "transformadores de energía", receptores y transmisores de energía solar radiante y energía emanante del interior de la tierra. Las transformaciones de energía en el suelo son cumplidas a través del humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, evapotranspiración, meteorización, erosión, lavado y deposición de materiales.

Los constituyentes móviles involucrados en los procesos son gases, lixiviados (en solución y suspensión), y fluidos biológicos. Las reacciones exotérmicas son dominantes en la meteorización. Las endotérmicas en el crecimiento de los organismos.

EL SUELO COMO SISTEMA ABIERTO

El suelo es una entidad evolutiva mantenida en el medio de una corriente de materiales geológicos, hidrológicos, biológicos y meteorológicos. Los cuerpos individuales de suelos y cada horizonte dentro de él, juegan diferentes roles debido a una distribución desigual de materiales en y entre ellos. Algunos suelos y horizontes se tornan enriquecidos en ciertas sustancias y otros empobrecidos. El horizonte mineral superficial de un suelo de un bosque caducifolio se torna enriquecido en bases, mientras que el subsuelo (horizonte B), relativamente se empobrece.

Hay también intercambio de materiales entre suelos no sólo por el viento, sino también a través de la acción del agua y los organismos. Algunos suelos ocupan un nicho depresional en el paisaje y cumple el rol de receptor de más agua y lixiviados y aún del material erodado. De muchos otros cuerpos de suelos que ocupan un nicho más elevado en el mismo paisaje.

Un suelo tiene un balance de entradas y salidas. Una vez que hemos definido un cuerpo suelo por medio de un mapa, una fórmula, una carta morfológica y organizativa y una descripción, podemos considerar al suelo como una entidad que perdura en el medio de procesos complejos y perpetuamente dinámicos, que incluyen:

- i) Intercambios entre el suelo y los materiales ambientales como: oxígeno, agua y dióxido de carbono; e intercambio de materias en el suelo, como el intercambio de bases.
- ii) Respuestas de control automático, ejemplificadas por el hinchamiento y la contracción de las masas de arcillas de un Vertisol o el congelamiento y descongelamiento de los suelos de la Tundra.
- iii) Producción y consumición de nuevos materiales minerales y orgánicos. El sistema suelo produce y cicla nuevas formas e materias minerales y orgánicas, mientras esas mismas materias están siendo pérdidas del sistema hacia sus proximidades (ambiente u otros suelos) y al sustrato.

El suelo es parte de una comunidad simbiótica en la cual las plantas, los animales y el hombre suplen mutuamente sus necesidades. El ecosistema social del Pedemonte húmedo determina una actividad intensiva de frutas y hortalizas y no de bosque, en el este semiárido es la actividad de granos y ganado etc.

El ecosistema es un sistema abierto con flujos y reflujos de energía y materia. Los flujos de energía incluyen radiación solar, transferencia de calor y transferencia de entropía desde el exterior.

Los reflujos de energía son bajo forma de radiación de calor y reflexión de la luz.

Flujos de materia involucran la entrada de gases al ecosistema por difusión o flujo de masa (viento); agua en forma líquida o sólida que entra al ecosistema por la superficie, por abajo o por los costados; sólidos dispersos o disueltos en el agua; sólidos dispersos y movidos en el aire (viento); organismos que inmigran al ecosistema. Todos estos pueden también salir del ecosistema, constituyendo el reflujo.

3.- LA EDAFOLOGIA COMO CIENCIA

a) Definición de suelo

Las diferentes concepciones que se tienen del suelo se expresan en las diferentes definiciones que se han dado. Los agricultores y los agrologos, con una concepción pragmática y antropocéntrica, llamaban **suelo** "a la capa superficial de la tierra, de un espesor de 30 cm que es corrientemente trabajada por los implementos de labranza", la capa siguiente, de 30 a 60 cm, era el **subsuelo**; ella podía interesar de vez en cuando para labores profundas como aradas de desfonde, subsolado y algunas otras labores. Esta definición de carácter convencional **no concuerda** con el concepto moderno del suelo.

Después de los trabajos de Dokoutchaiev las definiciones fueron cada vez más inspiradas por las ideas de este científico y consideran al suelo como un cuerpo natural. Pero aún así en las definiciones priman dos corrientes.

Sólo desde hace relativamente poco tiempo se está en condiciones de definir el suelo por sus condiciones esenciales, por su actualidad, por su constitución y funcionalismo, reconciliando así las dos corrientes para las cuales el suelo era un resultado o un antecedente: **el final de un proceso de destrucción y síntesis o la condición precisa para el desarrollo de la vegetación.**

El suelo fue definido primero en función de su formación a partir de la descomposición de la roca originaria. Es la orientación geológica. Junto a ésta, aparece la orientación botánica, mirando hacia las consecuencias de la existencia del suelo, siendo éste un conjunto de condiciones para el desarrollo de la vegetación. Ejemplos de estas dos corrientes pueden ser las definiciones de Ramman: En 1928 "el suelo es la capa superior temperizada de la corteza terrestre sólida" o la de Hilgard: En 1914 "es el material más o menos desmenuzado y suelto en que las plantas por medio de sus raíces pueden encontrar soporte y elementos nutritivos, así como las demás condiciones de desarrollo". Nosotros daremos una definición que trata de conciliar dos corrientes: **"El suelo es un medio o la formación natural resultante de la transformación de la roca madre subyacente bajo la influencia de diversos procesos físicos, químicos y**

biológicos que cuando contiene cantidades apropiadas de agua, aire y nutrientes, ofrece soporte mecánico y sustento a las plantas”.

b) Pedología y Edafología

La ciencia que se ocupa del estudio del suelo desde el punto de vista puro es la Pedología (de pedón=suelo). La pedología considera al suelo como un cuerpo natural con una geografía propia y estudia sus condiciones de génesis, su morfología y su sistemática. Desde este punto de vista la Pedología es una nueva ciencia como lo son la Botánica, la Zoología y la Geología.

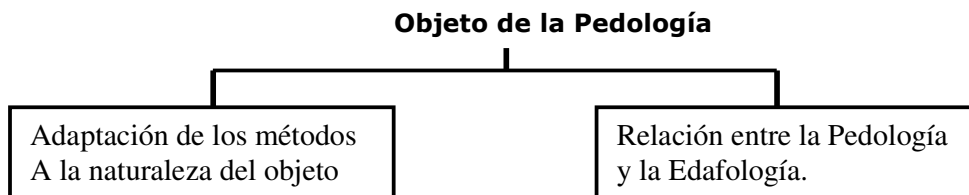
La doctrina de la Pedología comprendía en un principio tres ideas fundamentales:

- .- El suelo es un medio especial resultante de una formación continua o pedogénesis;**
- .- La influencia del clima es predominante en la pedogénesis;**
- .- Sólo el estudio de la pedogénesis permite extraer las características esenciales de los tipos de suelos.**

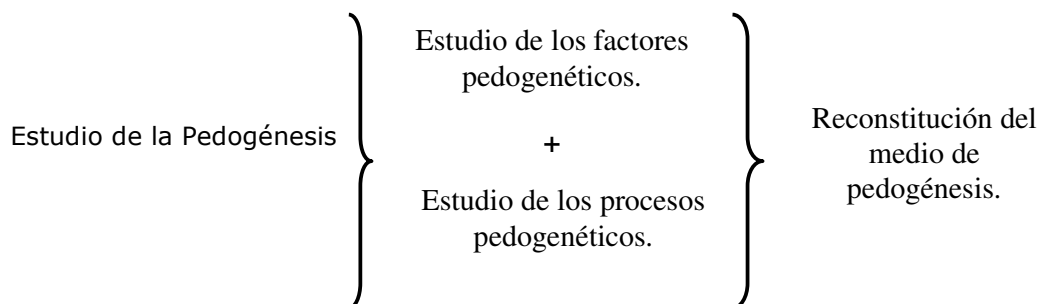
La Edafología (del griego edaphos=suelo o tierra como soporte de las plantas), enfoca el estudio del suelo desde el punto de vista más práctico, sin dejar de tomar en cuenta que se encuentra ante un cuerpo natural, lo considera sobre todo como soporte mecánico capaz de sostener una vegetación y como reserva de agua y elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas. Los estudios de la Edafología vinculados con el crecimiento de las plantas cultivadas, hacen de esta ciencia una rama de la Agronomía, mientras que la Pedología es una ciencia independiente.

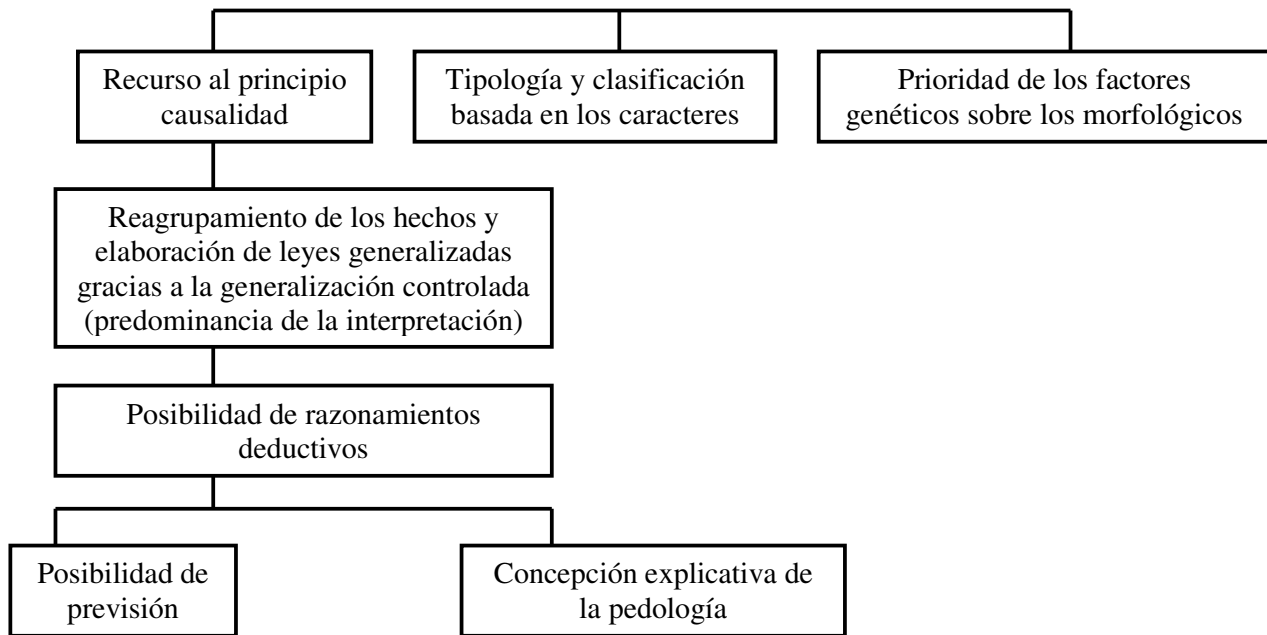
Nociones y conceptos fundamentales de la Pedología

1.- Definición del Suelo.

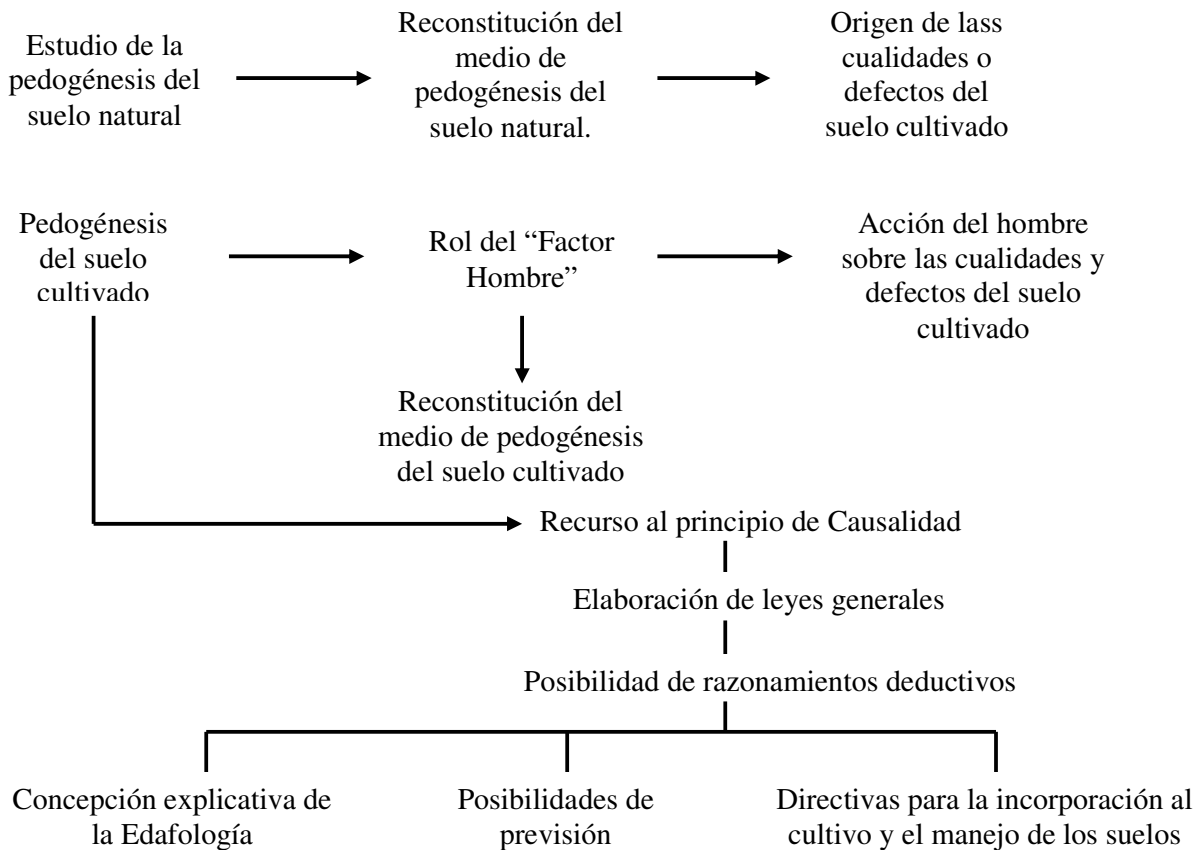


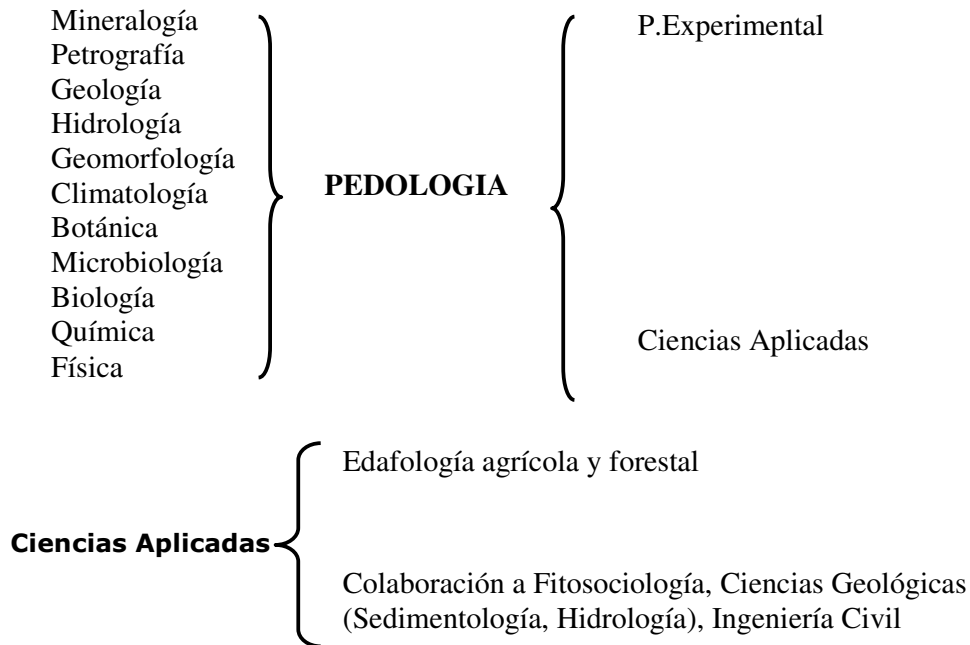
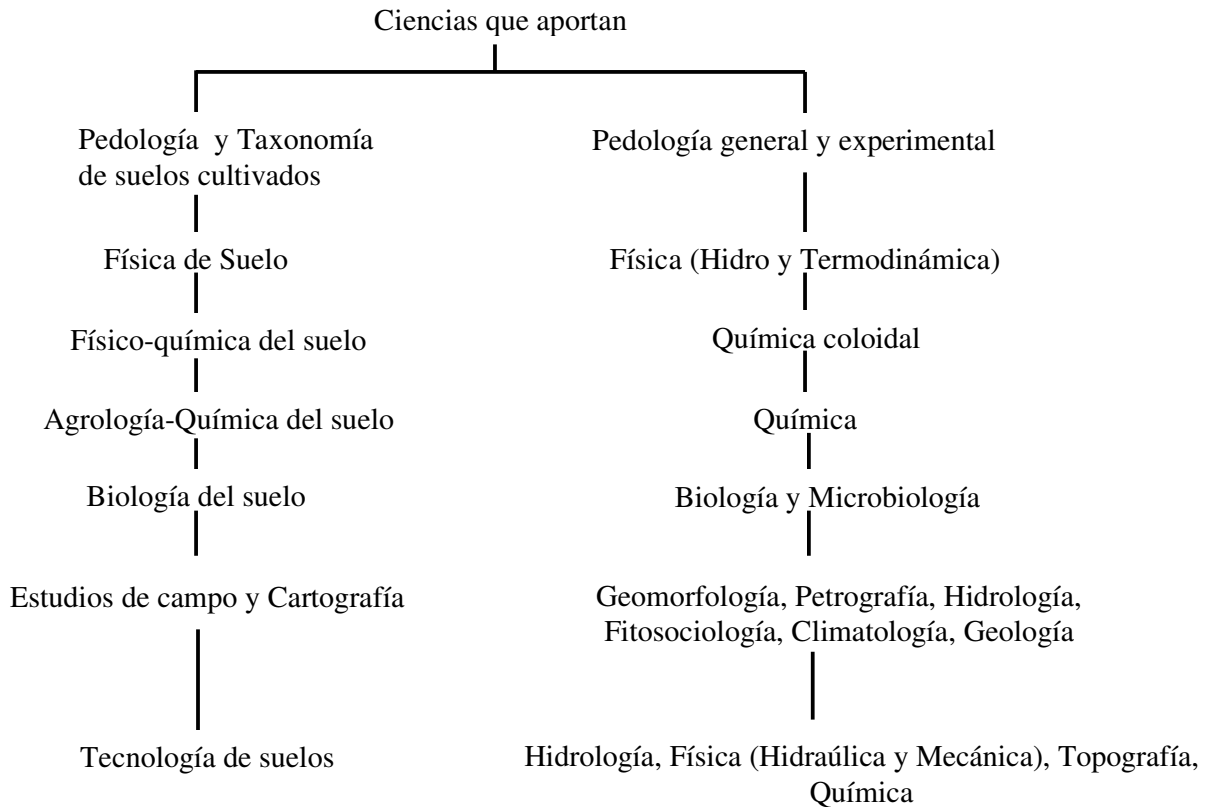
2.- Prioridad de la Pedogénesis.





3. Nociones y conceptos fundamentales de la Edafología



Relación con otras Ciencias**A- Ciencias físicas y naturales con la Pedología****B- Relación de diferentes Ciencias con la Edafología**

4.- EL SUELO COMO MEDIO DE CRECIMIENTO PARA LAS PLANTAS

Casi todos los juicios que se hacen sobre el valor de un suelo están basados sobre la forma en que las plantas se desarrollan en él. Es igualmente por relación con la vegetación que se estudia el rol de los constituyentes del suelo, con la idea de reconocer si su acción es benéfica o nociva.

Así las propiedades del suelo son estimadas esencialmente en consideración de rol de soporte y suministro que cumplen en función de los vegetales y particularmente de las plantas cultivadas.

Es indispensable ensanchar este horizonte. En todo lugar donde la humedad es suficiente, la vida vegetal se desarrolla, aún en el agua de mar donde la salinidad se eleva en promedio hasta 36 mg l^{-1} y a veces en suelos aún más salinos.

Si por alguna razón una especie vegetal no puede vivir sobre un suelo, ella es reemplazada por otra u otras especies, mejor adaptadas, o más resistentes, a condición de que exista humedad suficiente.

Estas consideraciones nos conducen a las conclusiones siguientes:

- a) El agua es el factor primordial de la vida de las plantas. Como consecuencia, el comportamiento del suelo frente al agua, o lo que es lo mismo, la economía del agua del suelo, constituye una característica fundamental del mismo.
- b) Un buen suelo de cultivo debe ser un buen soporte y un buen suministrados de nutrientes.

El desarrollo del sistema radicular de las plantas cultivadas exige que el soporte sea estable, continuo, blando y profundo.

- Estable: por que todo vegetal cultivo es sedentario. Se acomoda mal a un suelo móvil, como un médano activo, que migra bajo los efectos del viento y deja sus raíces al desnudo. Es la cohesión lo que da al suelo su estabilidad. El vegetal se acomoda mal a los suelos afectados por deslizamientos a las variaciones de volúmenes muy grandes.
- Continuo: por que las raíces son órganos frágiles e indispensables, hechos para permanecer en el suelo: las grietas que las exponen a la intemperie, a la desecación, a las lesiones de origen diverso, reducen el confort necesario y pueden reducir su vida.
- Blando: a fin de que las raíces puedan penetrar fácil y rápidamente. Así en el suelo la cohesión y la penetrabilidad deben conciliarse.
- Profundo: para que el sistema radicular puede desarrollarse sin obstáculos y explorar un volumen de suelo suficiente para asegurar su nutrición.

Habiéndose realizado el enraizamiento, el suelo debe proveer las necesidades alimenticias y fisiológicas de la planta.

Las necesidades alimenticias engloban: agua, gas carbónico y elementos nutritivos; las necesidades fisiológicas comprenden: agua, oxígeno, luz y calor. La atmósfera proporciona el gas carbónico y el oxígeno para los órganos aéreos.

El suelo debe por lo tanto dar acceso al agua, al aire y al calor, en la medida de las necesidades de las plantas y particularmente de sus raíces. El debe ser permeable y poroso, a fin de dejar escurrir el agua en exceso y conservar suficiente agua y aire, para que las raíces puedan respirar y absorber el agua exigida por la transpiración y para transporte de los elementos nutritivos. Aquí aparece la idea de intercambios entre el suelo y la planta.

El suelo debe también contener todos los elementos minerales indispensables a la nutrición de las plantas; él debe fijarlos para evitar su arrastre al subsuelo fuera del alcance de las raíces, pero sin retenerlos tan exageradamente que los prive a las plantas en el momento que los necesitan. No debe contener compuestos tóxicos y debe tener una reacción química neutra o vecina a la neutralidad.

El debe también albergar los microorganismos necesarios a los fenómenos de humificación y nitrificación, proporcionando las condiciones favorables para éstas y otras actividades microbiológicas relacionadas con la fertilidad. Estas condiciones consisten en

una buena aireación, una humedad conveniente, una reacción neutra o vecina, ausencia de compuestos tóxicos y una temperatura adecuada.

Estas son las condiciones que se exigen al suelo para los cultivos comunes. Sería diferente si se tratara del cultivo del arroz o del berro.

Se debería agregar que un buen suelo debe permitir una realización fácil de las labores agrícolas y de mantener sus efectos.

Un buen suelo debe además, y esto es muy importante, no mostrar impactos o respuestas desfavorables al uso del hombre.

Para cumplir su doble rol de soporte y de proveedor de la planta, el suelo debe asegurar múltiples funciones de naturaleza física, físico-química, química y biológica, funciones que corresponden a lo que llamamos "propiedades del suelo" y que las estudiaremos agrupándolas según su naturaleza.

Si el suelo no cumple su rol a la perfección, el edafólogo debe prever los medios para mejorarlo, destinarlo a los usos más convenientes, evitar los impactos desfavorables y obtener rendimientos económicos.

a) El suelo y la producción

El interés por el conocimiento del suelo y de los suelos se identifica con el interés por la agricultura, a la cual fundamenta.

Entre las industrias extractivas la base del proceso productivo, la actividad agropecuaria es la primera en importancia económica. El hombre extrae los materiales naturales del suelo, fuente de todos los alimentos (a excepción del pescado), de todos los textiles y de toda la madera. El hombre puede bajo ciertas condiciones prescindir de los textiles y de la madera, pero le es imposible vivir sin alimentos. Es la condición "**sine qua non**" de la vida y éstos proceden siempre del suelo, en unos casos directamente a través de la producción vegetal y en otros indirectamente a través de productos animales, cuya alimentación, en suma, procede de los vegetales que viven en y del suelo.

El suelo es nuestro sustento (plantas, animales, hombre). El fósforo y el calcio de la tierra constituyen nuestros esqueletos y sistemas nerviosos. Todo aquello que necesitan el hombre y los animales, excepto agua y aire, procede de la tierra a través de las plantas.

En nuestro país la actividad agropecuaria es de primera importancia, la significación del recurso suelo resulta obvia. La factibilidad física y/o económica de determinadas producciones, responde en muchos casos a la naturaleza y aptitudes del recurso suelo.

b) El suelo y significación económica-social

El hombre es un animal terrestre. Puede abandonar la tierra por períodos relativamente cortos de tiempo para navegar o ir al espacio, pero para realizar estas travesías necesita de recursos que provee la tierra (combustibles y alimentos).

El suelo que sustenta la vida constituye una delgada capa que se extiende sobre la superficie terrestre. Lo que se encuentra debajo del suelo está tan muerto y estéril como la luna. Esta delgada película es todo lo que media entre el hombre y la extinción.

La base de la pirámide social se apoya siempre sobre la tierra. Sobre la tierra el hombre hace su primera aplicación del esfuerzo productivo para extraer alimentos, fibra y madera para cubrir sus necesidades.

A medida que avanzan las artes de producción, la división de trabajo se multiplica y todo el proceso industrial se acrecienta en complejidad y dimensiones. Pero a despecho de esa complejidad y volumen, todo ser humano empeñado en un esfuerzo productivo trabaja en última instancia en y sobre el suelo. No obstante muchos creen que porque la cúspide de la pirámide se yergue a mayor altura, la base se ha elevado también a su nivel.

El hecho de que proporcionalmente haya disminuido el número de personas ocupadas en las producciones primarias. No ha alterado el parentesco básico de la humanidad con la tierra.

El desajuste entre el uso del suelo y la sociedad ha causado la desaparición de muchas civilizaciones, el empobrecimiento de otras y guerras de dominio territorial entre naciones.

Desde este punto de vista el suelo es patrimonio de la humanidad, tanto de generaciones presentes como futuras. La conservación de los suelos para la realización de actividades sostenidas en el tiempo, es una cuestión de responsabilidad social y una cuestión ética, en las que están involucradas tanto el asegurar una mejor calidad de vida a las generaciones presentes como la existencia misma de las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- **BUOL, S. W., F. D. HOLE and R. J. McCracken. 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press. Ames.**
- **DUCHAUFOR, Ph. 1987. Manual de Edafología, S. A. Barcelona.**
- **GAUCHER, G. 1971. Tratado de Pedología Agrícola. El suelo y sus características agronómicas. Omega. Barcelona.**