

00383  
24

TOMO I

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**GENESIS, MORFOLOGIA Y  
CLASIFICACION DE LOS  
SUELOS DE LA CUENCA  
DE MEXICO**

**JORGE F. CERVANTES BORJA  
1983**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

### TOMO I

#### CAPITULO I

##### A. CONCEPTOS GENERALES

1. OBJETIVOS Y TIPOS DE LOS LEVANTAMIENTOS DE LOS SUELOS	1
2. CONCEPTOS GENERALES DE LA CIENCIA DEL SUELO Y ORIGEN DE LA EDAFOLOGIA EN MEXICO	6
3. CONCEPTUALIZACION DEL SUELO	9
a) El suelo como sustento de las plantas	10
b) El suelo como una corteza de intemperismo superficial	12
c) El suelo como una entidad natural independiente, de génesis, desarrollo, evolución y organización propia	13
4. LA GENESIS Y EL CONCEPTO ACTUAL DEL SUELO	17
a) El aspecto geomorfológico y la variable tiempo	19
b) Sistemas y procesos genéticos	23
c) Concepto actual del suelo	29
Bibliografía	30

#### CAPITULO II

##### A. MORFOLOGIA Y CLASIFICACION DEL SUELO

1. LAS ESTRUCTURAS BASICAS QUE DEFINEN EL SUELO	32
a) Conceptos de perfil, pedón y polipedón	33
b) Morfología del suelo	35
c) Clasificación y nomenclatura de los horizontes del suelo	38
2. CLASIFICACION DE SUELO	
a) Generalidades	51
b) La clase	51

c)	Los sistemas de clasificación y el desarrollo del conocimiento	57
d)	La unidad de clasificación	59
3.	LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE CLASIFICACION	61
a)	El sistema de clasificación de FAO/UNESCO	62
b)	El sistema de clasificación de suelos de la URSS	62
c)	El sistema francés	62
d)	El sistema de clasificación usado en E.U.	63
e)	Principales categorías de los sistemas taxonómicos	66
f)	Las clasificaciones de suelos utilizados en México	71
	Bibliografía	73

### CAPITULO III

#### A. EL SISTEMA COMPRENSIVO DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LA USDA. 7a. APROXIMACION

1.	ANTECEDENTES	74
2.	OBJETIVOS Y BASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION	94
a)	Las propiedades del suelo, bases de la clasificación	95
b)	Bases de selección de las propiedades diagnósticas	97
c)	Nomenclatura de la clasificación	99
d)	Categorías de la clasificación	100
e)	Horizontes de diagnóstico	111
f)	Características generales de los ordenes	137
	Bibliografía	141

**TOMO II**

**CAPITULO IV**

<b>A. EL LEVANTAMIENTO DE SUELOS Y SU CARTOGRAFIA</b>	<b>143</b>
<b>1. TIPOS DE LEVANTAMIENTOS DE SUELOS</b>	<b>143</b>
<b>2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS</b>	
a) El levantamiento detallado	147
b) El levantamiento semidetallado	149
c) El levantamiento de reconocimiento	149
d) El levantamiento generalizado	152
e) Los levantamientos esquemáticos	152
<b>3. LA CARTOGRAFIA DE SUELOS</b>	<b>153</b>
a) La unidad cartográfica	153
b) Establecimiento de unidades cartográficas	154
c) Impureza de la unidad cartográfica	155
<b>4. EL SISTEMA CARTOGRAFICO</b>	
a) Las unidades cartográficas de mayor uso	155
- Unidades simples	155
- Unidades compuestas	159
<b>5. RELACIONES ENTRE LA CLASIFICACION Y LA CARTOGRAFIA</b>	<b>161</b>
Bibliografía	162

**CAPITULO V**

<b>A. CARACTERISTICAS GENERALES DEL MEDIO NATURAL DE LA CUENCA DE MEXICO</b>	
<b>1. GEOLOGIA</b>	<b>164</b>
a) Descripción y distribución de las unidades litológicas	
- Basaltos (B)	164
- Andesitas (A)	166
- Riodacitas (Rd)	168

- Riolitas y dacitas (R+D)	168
- Aglomerados y conglomerados volcánicos (ACV)	170
- Tobas (T)	171
- Tobas básicas (Tb)	171
- Tobas intermedias (Ti)	171
- Tobas ácidas (Ta)	172
- Brechas volcánicas (Bv)	172
- Brechas volcánicas básicas (Bvb)	173
- Brechas volcánicas intermedias (Bvi)	173
- Brechas volcánicas ácidas (Bva)	173
- Aluviones	173
<b>2. ZONIFICACION MESOCLIMATICA</b>	<b>175</b>
a) Bases de la zonificación	175
b) Los pisos térmicos y sus diferencias higricas	175
c) Fenómenos secundarios	177-183
d) Los tipos mesoclimáticos	177
<b>3. HIDROGRAFIA</b>	<b>183</b>
a) Análisis de las subcuencas hidrológicas principales	184
<b>4. GEOMORFOLOGIA</b>	<b>192</b>
a) El marco del desarrollo geológico estructural	192
b) Las morfoestructuras	196
c) La dinámica geomorfológica externa	202
d) Formas e intensidades de los procesos morfogenéticos superficiales	204
- Erosión superficial (decapitación pelicular y decapitación laminar)	
- Erosión horizontal y vertical	
- Sinopsis de la jerarquización de la erosión por escorrentía	207
- Movimientos de masa	208
- Movimientos lentos	209

- Movimientos rápidos	211
- Zonas denudadas	214
- La acción eólica	215
e) Rango de las pendientes	215
<b>5. VEGETACION</b>	<b>217</b>
a) Análisis de las formaciones vegetales en su distribución y grado de conservación	217
b) Vegetación acuática y subacuática	219
c) Vegetación terrestre	220
Bibliografía	227

## **CAPITULO VI**

<b>A. PROCEDIMIENTO GLOBAL DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS DE LA CUENCA DE MEXICO A NIVEL DE RECONOCIMIENTO, UTILIZANDO AL SISTEMA DE CLASIFICACION AMERICANO</b>		
<b>7a. APROXIMACION</b>	<b>230</b>	
<b>1. JUSTIFICACION</b>	<b>230</b>	
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>234</b>	
<b>3. METODOLOGIA GENERAL</b>	<b>235</b>	
a) Etapa de obtención de la información	235	
- Información documental	235	
- Información cartográfica	236	
- Información aerofotográfica	236	
Fase operativa		
a.1) Trabajo de gabinete	Primera fase	236
a.2) Trabajo de campo	Primera fase	237
a.3) Trabajo de gabinete	Segunda fase	237
a.4) Trabajo de campo	Segunda fase	238
a.5) Trabajo de laboratorio		238
b) Etapa de análisis de la información		241
c) Etapa de síntesis		241

<b>4. ESTRATEGIA DE EJECUCION DEL LEVANTAMIENTO</b>	<b>242</b>
a) Definición del muestreo	242
b) Descripción de perfiles	243
c) Definición de las unidades de clasificación y cartográficas	244
d) Descripción y características de los perfiles típicos	245

**TOMO III**

d) Continuación del anterior	299
<b>5. DISCUSION GENERAL DE LAS CARACTERISTICAS Y DISTRIBUCION DE LOS ORDENES DE SUELOS EN LA CUENCA DE MEXICO</b>	<b>410</b>
a) Clasificación de los perfiles típicos de los suelos de acuerdo al Sistema Comprensivo de Suelos de la USDA (7a. Aproximación)	426
b) Apéndice final (datos físicos y químicos de los perfiles totales de suelos)	441



## INDICE DE FIGURAS, MAPAS Y CARTAS

<b>FIGURA No.</b>	<b>1</b>	<b>Relaciones entre la génesis del suelo y sus ciencias auxiliares</b>
	<b>2</b>	<b>Modelo del sistema de erosión de Davis y Penck</b>
	<b>3</b>	<b>El pedón tomados del Buol y Fitz Patrick</b>
	<b>4</b>	<b>El polipedón</b>
	<b>5</b>	<b>Pirámide taxonómica</b>
<b>MAPA No.</b>	<b>1</b>	<b>Cuenca de México Vientos dominantes (anual)</b>
	<b>2</b>	<b>Cuenca de México Vientos dominantes (enero)</b>
	<b>3</b>	<b>Cuenca de México Vientos dominantes (junio)</b>
	<b>4</b>	<b>Cuenca de México Fenómenos climáticos secundarios</b>
<b>CARTA No.</b>	<b>1</b>	<b>Litología</b>
	<b>2</b>	<b>Mesoclima</b>
	<b>3</b>	<b>Hidrografía</b>
	<b>4</b>	<b>Geomorfología</b>
	<b>5</b>	<b>Erosividad y erodabilidad del suelo</b>
	<b>6</b>	<b>Pendientes</b>
	<b>7</b>	<b>Vegetación</b>

## CAPITULO I

### A. CONCEPTOS GENERALES

#### 1. OBJETIVOS Y TIPOS DE LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS

El conocimiento de la ubicación, características y potencialidad de los Recursos Naturales, es esencial para el éxito de un desarrollo económico ordenado y eficiente. Entre los Recursos Naturales, los suelos son especialmente importantes; allí crecen las plantas que el hombre necesita para su diaria subsistencia, como también las que producen fibras para sus vestiduras y maderas para sus construcciones. Del suelo se obtienen materiales de construcción o bien, se le emplea como base para caminos, casas y otras estructuras. En la mayoría de los países Latino Americanos, los productos que se derivan del suelo constituyen el fundamento principal de su bienestar económico.

Los suelos varían en sus características de un lugar a otro, esto explica las enormes diferencias en el potencial agrícola de los países Latino Americanos. Algunos suelos tienen una gran aptitud para la producción de alimentos y solo requieren las labores más indispensables para entrar en producción; otros, en cambio, requieren trabajos adicionales como, drenaje, riego, o bien, abonaduras adecuadas para convertirlos en fuentes de producción. Sin embargo, hay suelos que solo sirven para mantener praderas y bosques y no se les puede emplear en la agricultura por no resultar económicos. En relación con los problemas de Ingeniería, los suelos varían igualmente en sus aptitudes; sean estas, su utilización como materiales de construcción, o bien como fundaciones para caminos, casas y otras estructuras de construcción común.

Los levantamientos modernos de suelos permiten señalar la ubicación de las diferentes clases de suelos que pueden dedicarse a la agricultura y recomendar los cultivos más indicados en cada caso. También se les puede emplear para determinar las aptitudes de las nuevas tierras que se incorporen a la agricultura.

ra, o de las que se mejoren mediante el regadío, o el drenaje. Se les puede utilizar para determinar la susceptibilidad a la erosión, o para establecer los métodos de rehabilitación de las tierras severamente dañadas por ésta. Suministran la información básica necesaria para una adecuada reforma de la tenencia de la tierra e igualmente para una tributación justa. Se les puede utilizar para determinar las soluciones de ingeniería en construcción de carreteras, o en diseño de fundaciones de edificios que reduzcan los daños por terremoto, etc. Los conocimientos obtenidos a través de las observaciones y la experimentación en un suelo particular puede ser transferida a otros de igual clase cuando se cuenta con levantamientos de suelos. Esto mismo, facilita el poder hacer recomendaciones acerca de la capacidad de uso y potencialidad de los suelos, como también de sus aptitudes para el regadío; el drenaje; sobre rendimientos de las cosechas, bajo distinto manejo agrícola, etc. Por estas razones, el levantamiento de suelos es una herramienta que permite el desarrollo ordenado y una máxima utilización de dicho recurso natural básico.

La producción en distintos suelos de plantas útiles al hombre, requiere una combinación de prácticas de manejo, tales como laboreos apropiados; plantaciones y cosechas de cultivos seleccionados; control de malezas, insectos y enfermedades; abonaduras; regadío, drenaje, etc. En suma, una producción estable requiere que la combinación de estas prácticas sea tal, que la erosión y otras formas de alterar el suelo puedan ser controladas y los productos de las cosechas sean capaces de producir un redimiento económico neto que satisfaga a los hombres que cultivan la tierra.

Al precisar que el conocimiento de las distintas clases de suelos y su distribución geográfica es de un gran beneficio para la agricultura, no se desconoce, que el progreso agrícola se acrecienta, también, con los avances técnicos de otras actividades como son el mejoramiento en los transportes, desa-

rollo y distribución de la energía eléctrica, expansión de las industrias, e igualmente con los cambios que suelen producirse en las estructuras económicas y sociales. Al establecer una -- coordinación entre todos, o a lo menos, los más importantes componentes del desarrollo económico sean estos: electricidad, industria, transporte y agricultura; es aquí; donde el estudio de los suelos contribuye mejor a un desarrollo económico ordenado. En esta coordinación, el conocimiento de los suelos hace posi-- ble no solo una juiciosa selección de cultivos, adaptación y métodos de uso exigidos por los suelos y otras aplicaciones agricolas, sino también, facilita una mejor planificación más económica en la construcción de caminos, delimitación de áreas urbanas y en otras actividades no agrícolas que puedan potenciar el desarrollo económico general.

Uno de los propósitos principales del levantamiento de suelos, al igual que el de otras disciplinas científicas, es la de hacer recomendaciones para la solución de problemas básicos. Cada clase de suelo en el sistema de clasificación, tal como se - le señala en el mapa, necesita un nombre, una definición y un - conjunto de predicciones que señalen con claridad las posibles prácticas de manejo y su efecto sobre las cosechas y su rentabilidad. Si las alternativas están propuestas en forma clara, los gestores agrícolas podrán escoger con facilidad. Dado que estas decisiones se toman entre los muchos millones de unidades de manejo agrícola que hay en el mundo, las clasificaciones de suelos deben ser suficientemente detalladas para incluir todas las características significativas de los suelos y los mapas deben ser lo suficientemente detallados como para poder diferenciar - los tipos de suelos más significativos para los distintos sistemas de manejo agrícola.

Dado que la adaptación de las plantas y los efectos de las prácticas de manejo de la tierra, son específicas de acuerdo con la clase de suelo, una síntesis de los resultados de las investigaciones y de las experiencias de campo para cada suelo dan - la base para expresar las recomendaciones en forma de un mapa.

Estas síntesis de predicciones y recomendaciones para cada clase de suelo llegan a ser cada día, más y más necesarias, ya que las prácticas que pueden ser de gran efectividad en una clase de suelo pueden no tener importancia, y hasta llegar a ser ruidosas en otros suelos. Al planificar la investigación tanto de laboratorio como de campo, se deben escoger áreas representativas de los suelos de mayor importancia. Cada parcela seleccionada en el campo, es una muestra de una clase de suelo, o de un paisaje, de aquí que su selección debe ser muy acuciosa.

Muchas de las informaciones que se requieren para hacer uso del suelo, o establecer su mejor manejo, deben provenir de un análisis cuidadoso, puesto que ello permitirá definir los requisitos de manejo para cada clase de suelo, así mismo se deben considerar los suelos que ocupan áreas menores y que deben trabajarse juntos como inclusiones debido a que están geográficamente asociados.

Para hacer estas recomendaciones se requiere un examen detallado de los suelos, tanto en el campo como en el laboratorio. De este modo, los datos acumulados y sus interpretaciones pueden servir a muchos usos, algunos de los cuales, como suele ocurrir, resultan más importantes que el objetivo principal.

Los usos principales de un mapa y su informe explicativo son:

- En la planificación de la investigación agrícola y extensión de sus resultados a los tipos de suelos y modalidad en la propiedad agrícola del área en estudio.
- En la planificación de obras de ingeniería, tales como carreteras, aeropuertos, como también en el control de inundaciones, drenaje, riego y control de la erosión.
- En la planificación detallada de la habilitación de tierras por riego, drenaje u otros medios.
- Correlación de las condiciones de suelo entre países, de modo que experiencias comunes aplicables a cualquier país puedan ponerse a disposición de agricultores, investigado

res e ingenieros de otros países.

- Correlación entre las condiciones de suelo y los requisitos de fertilizantes para los diferentes cultivos.
- Rápida aplicación de los nuevos métodos y descubrimientos sobre manejo de suelo y cultivos, entre agricultores y otros usuarios de la tierra, como también por los asesores agrícolas.
- En la clasificación rural de la tierra; zona de restricciones legales sobre uso de la tierra; y manejo de las tierras fiscales.
- Avalúo de la tierra para fijar los impuestos, créditos agrícolas y en la compra-venta de propiedades.
- Como guía para: compradores de propiedades agrícolas, nuevos ocupantes de la tierra; selección de la tierra por los equipos de colonización y sobre el tamaño más adecuado para las propiedades rurales.
- Determinación de la distribución y adaptación de ciertos cultivos, rotaciones culturales, asociaciones de cultivos y prácticas de manejo de la tierra por zonas o países.

Los mapas de suelo pueden contener un cierto grado de detalles que varían con las necesidades de informaciones y el tiempo que se dispone para hacerlo.

Un levantamiento de gran visión ó esquemático de suelos, es un mapa realizado en escalas muy pequeñas (mayores a - - - 1:100,000) que muestra solo las grandes diferencias entre los suelos y se basa en fundamentos correlativos generales de geología, clima y vegetación de un área; está apoyado por observaciones de los suelos realizadas en campo lo largo de reconocimientos hechos en rutas muy espaciadas a través del área en estudio.

Los mapas de levantamiento semidetallado ó generalizado de suelos, se hacen normalmente en escalas intermedias y logran -

determinar a la mayoría de los suelos en asociaciones, se fundamentan en muestreos y observaciones hechas en reconocimientos menos espaciados y hechos a intervalos de pocos kilómetros. Los límites entre los suelos se señalan por interpolación y extrapolación en el área de estudio.

Los reconocimientos detallados de suelos se realizan en escalas grandes, variando generalmente entre 1:10,000 y 1:50,000 de unidades representadas en el mapa son generalmente las fases de clases definidas de suelos (serie de suelos) y los límites entre estas unidades se observan y registran con detalle a través de toda su extensión.

## 2. CONCEPTOS GENERALES DE LA CIENCIA DEL SUELO Y ORIGEN DE LA EDAFOLOGIA EN MEXICO

La ciencia del suelo reúne en un sistema científico todos los conocimientos, relacionados con un producto peculiar de la naturaleza: el suelo. Durante mucho tiempo esta ciencia no fué considerada como una rama independiente de la Filosofía, sino como una ciencia aplicada, esto es, como una rama de la Agronomía, o bien como una rama de la Geología.

Yarilov, citado por Macías, V: 1951, dio la siguiente definición referente a la separación entre la Geología y la Edafología:

La Geología trata de la parte inerte de nuestro globo terrestre, mientras que la ciencia del suelo se relaciona con la parte activa de la corteza terrestre mineral y orgánica que siempre está modificándose, la cual se encuentra expuesta a cambios continuos, ocasionados por la radiación solar, por los cambios de temperatura, por las precipitaciones atmosféricas y por los organismos vivos. Sobre esta materia debe entenderse o considerarse principalmente a la ciencia del suelo en su aspecto general y en el de "recurso natural" como sirviéndonos de sustento y considerando que en él radica el principio de la vida misma tanto vegetal como animal.

Hoy día podemos sintetizar el concepto indicando que la ciencia del suelo tiene por objeto "el estudio integral del mismo, considerado este, como un complejo dinámico que se forma en la capa de interfase, sólido, líquido, gaseosa que forman a nivel de la superficie terrestre la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la litósfera".

Dado que el suelo es una entidad natural y dinámica de características físicas, químicas y biológicas particulares. Su connotación ha sido motivo de diversas acepciones derivadas de los enfoques utilitarios y científicos que han empleado diversos investigadores.

Lo anterior ha fijado dos conceptos básicos en el estudio del suelo; el Edafológico y el Pedológico.

El primero considera las diversas propiedades y características del suelo en relación a la producción y establecimiento de las plantas, y tiene un enfoque práctico dentro del campo de la Agronomía.

El segundo considera como importante el estudio del suelo en sí mismo, como un producto bioquímico resultante del intemperismo de la materia mineral y orgánica. Este presenta, un enfoque más general y la aplicabilidad de sus resultados interesa a los diversos especialistas del campo de la ingeniería, geología, biología, etc.

En México a raíz de la fundación de la Comisión Nacional de Irrigación, actualmente Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, se estableció en el año de 1926 el Departamento Agronómico y con él los primeros levantamientos agrológicos como estudios previos a las obras de riego. Para el objeto se trajeron tres técnicos norteamericanos: Charles F. Shaw, profesor de Tecnología de Suelos de la Universidad de Berkeley, Cal.; Walter F. Packard, Agrónomo, y Arthur E. Kocher, Agrólogo, para dar entrenamiento a los ingenieros agrónomos mexicanos, que se iniciaban en los levantamientos agrológicos, habiéndose



dose celebrado en el año de 1928 el primer coloquio Agrológico que tuvo lugar en la Villa de Meoqui, Chih., y cuya memoria se publicó en el año de 1929.

Desde el principio de las actividades edafológicas en México, en 1927, se instaló el Laboratorio Central de Suelos, para análisis de las muestras de tierras y aguas, además de otras actividades de carácter técnico que se le encomendaron. Posteriormente se instalaron varios laboratorios foráneos, figurando en primer lugar el de la ciudad de Guadalajara y el de Ciudad Lerdo, Durango.

Como parte integrante de la historia de la Edafología en México, cabe mencionar las actividades de la Dirección General de Conservación del Suelo y del Agua, actualmente también dependencia de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos que se originó dentro de la extinta Comisión de Irrigación. La Escuela Nacional de Agricultura, hoy Universidad Autónoma de Chapingo, conjunto con el Colegio de Postgraduados fundado en 1958, han sido dos de los pilares más fuertes en la formación de edafólogos tanto nacionales como extranjeros.

En la Universidad Nacional Autónoma de México la creación desde 1958 del laboratorio de Edafología, en la Facultad de Ciencias, se ha contribuido de manera fundamental en la preparación de especialistas en suelos, algunos de los cuales fueron los puntales para que se integrara el equipo de levantamiento cartográfico nacional, en el departamento de Edafología de la excomisión de estudios del territorio nacional hoy DGGTENAL, la cual ha dado un vigoroso impulso al conocimiento de los suelos del país.

Fue a partir del año de 1901 con la celebración en Budapest de la conferencia internacional agro-geológica, donde se dio el principio para que la ciencia del suelo pasara a ser considerada como una ciencia individual cuyo objeto es el suelo mismo como producto natural y peculiar de la naturaleza.

En la IV Conferencia Internacional celebrada en Roma se fundó en 1924 la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, que ha tenido ramificación en Estados Unidos y en los países latinoamericanos como México y Argentina.

En México, en el año de 1942, se fundó la Sociedad de la Ciencia del Suelo unida a las actividades internacionales de esa Sociedad, a raíz de la celebración de la Segunda Conferencia Interamericana de Agricultura y desde 1952 existe la Sociedad Latino Americana de la Ciencia del Suelo con oficinas en Montevideo, Argentina.

### 3. CONCEPTUALIZACION DEL SUELO

De antaño han existido diversos conceptos acerca del suelo y a la fecha no podemos asegurar que se tenga desde el punto de vista técnico-científico un concepto unificado y preciso del suelo, ya que aunque se tienen muchas definiciones éstas han resultado incompletas con el avance de la ciencia del suelo. Por lo anterior, el examen retrospectivo de los conceptos pioneros y su evolución posterior es de gran ayuda para el entendimiento final del modelo que adoptaremos.

Empédocles, 400 años antes de Cristo afirmó que toda la materia del Universo consistía de fuego, agua, tierra y aire. Tierra y suelo fueron, aparentemente términos sinónimos.

La idea de que la tierra o el suelo era un componente básico de toda la materia persistió por varios siglos; así lo prueba el libro escrito 60 años antes de Cristo por Lucrecio. Este autor dice en uno de los apartes de su libro que "la tierra y el fuego son cosas mortales" significando con ello que el suelo como materia básica podía sufrir cambios. Otros pasajes en el libro demuestran que Lucrecio pensó también que el suelo era un medio para el crecimiento de las plantas. El escribió acerca de el sabor mejorado de las frutas cuando éstas se cultivaban con gran cuidado. También hizo referencia a la tala del bosque de las áreas pendientes para proveer más tierra pa-

ra la agricultura. Los escritos de Lucrecio prueban que una mente capaz puede, al mismo tiempo, sostener dos ó más conceptos acerca del suelo. Cuando Lucrecio pensó en la composición básica de la tierra, él aceptó las ideas de Empédocles; pero cuando pensó en la producción de cultivos consideró el suelo como un medio para el crecimiento de las plantas.

#### a) El Suelo como sustento de las plantas

Seguramente que en sus orígenes los primeros habitantes reconocieron la utilidad de la capa superficial de la tierra como un medio que les ofrecía soporte para moverse y ubicar sus actividades de caza, recolección y construcción de viviendas. En esta aprehensión de su espacio vital deben haber reconocido y hasta diferenciado que algunas áreas eran mejores que otras para sus actividades. Aprendieron así a evitar sitios de riesgo o dificultad, como a escoger aquellos que ofrecían mejor oportunidad.

Más tarde cuando comenzó a cultivar las plantas que le proporcionarían su alimento, la naturaleza y propiedades del suelo, adquirieron interés cognocitivo porque de ellas dependía su subsistencia y bienestar.

Según Simonson, 1968, fué en China hace 5000 años que se consideró y clasificó al suelo como un medio para el crecimiento de las plantas. Los suelos de acuerdo a su productividad se agruparon en nueve clases. A partir de lo cual se tomó la base para determinar el tamaño de las fincas de los particulares y el valor de los impuestos que debían pagar al gobierno.

Las civilizaciones posteriores e inclusive los griegos dejaron pocos indicios acerca de su experiencia en la clasificación de los terrenos agrícolas. No obstante Hipócrates, cuatro siglos antes de la era cristiana afirmó que el suelo era para las plantas como el estómago para los animales y un concepto similar fué esbozado por Teofrasto 300 años antes de Cristo. (Cortes L. 1976).

Fué con los romanos que se dió nuevamente importancia al conocimiento del suelo en el siglo segundo A.C., Catón el cen-sor, elaboró una clasificación de tierras con nueve clases de calidad agrológica. La primera era buena para videños y la última para el cultivo de bellotas. Varron 35 A.C., escribió un libro de agricultura. En él se refiere a los suelos ricos que podían sostener todo tipo de plantas.

Casi un siglo después Columela, escribió un excelente tra-  
tado de agricultura proponiendo una clasificación de suelos -  
en base a su capacidad para la producción de cultivos y pas-  
tos. (Cortes, op. cit). Agrupados del mejor al peor, los --  
suelos fueron ricos y blandos, ricos y densos, bien provistos  
de humedad; secos, de consistencia firme y pobres en nutrien-  
tes. Este tratado se constituyó durante doce siglos en la fuen-  
te principal del tema agrícola.

Los estudios de Wallerius (1761), Davy (1813) y Liebig -  
(1843), resaltan la importancia que se dió a la química del -  
suelo para la producción de alimentos, a partir del conoci- -  
miento de la nutrición vegetal. De ello surgieron ideas dife-  
rentes en la explicación de los mecanismos por las cuales las  
plantas tomaban el nutrimento del suelo.

Durante el siglo XIX, los conceptos sostenidos por Walle-  
rius, Mullfen y Thaer de que la materia orgánica era el reser-  
vorio de la nutrición y sostén de las plantas fueron reempla-  
zados por la teoría de que el suelo en conjunto era un arca -  
de nutrientes. Liebig (1840), fué el promotor de tal idea in-  
dicando que "Un suelo puede ser, considerado como un depósito  
de materiales orgánicos e inorgánicos los cuales son prepara-

dos por las plantas para su nutrición".\*

Withney, 1982 en E.U.A. reconoció los beneficios de la aplicación de fertilizantes, la relación suelo-humedad y suelo-temperatura y cambios en otras propiedades físicas del suelo que lo hacían más hospitalario para las raíces, (Withney y Cameron, 1903 citados por Simonson, 1968).

**b] El suelo como una corteza de intemperismo superficial**

El desarrollo de las ciencias de la tierra y particularmente la geología trajo un nuevo concepto del suelo. Eaton y Beck (1820), definieron, en el reporte del levantamiento geológico del Condado de Albania en el Estado de Nueva York, que la parte mineral del suelo consiste de fragmentos pequeños de roca.

Ruffin, 1832, (citado por Simonson, 1968), indica que -- las tierras importantes para la agricultura son tres: silíceas, aluminicas y calcáreas. Así los suelos son una mezcla de las tierras mencionadas, más materia animal y vegetal descompuesta y soluble en agua. Dada esta mezcla, las plantas pueden extender sus raíces libremente y tener al mismo tiempo buen soporte. Este autor, como puede deducirse de lo expuesto, miró los suelos desde dos puntos de vista: como un manto de roca suelta e intemperizada y como un medio para el crecimiento de las plantas.

\*Buol, cita que desde 1563, Bernard de Palissy (1499-1589) publicó De las -- varias sales en la agricultura, donde consideró al suelo como fuente de -- los nutrientes minerales para las plantas. Van Hemont, en 1629, sostuvo que la nutrición de las plantas se efectuaba únicamente por el agua. A principios del siglo XIX, A. Thaer sugirió que las plantas asimilaban directamente la materia orgánica en descomposición. En 1840 Justus von Liebig (1803-1837) publicó Química aplicada a la agricultura y la filosofía, en donde reafirmó que las plantas asimilaban nutrientes minerales del suelo y propuso el uso de fertilizantes minerales en la agricultura. Consideró al suelo como una reserva pasiva de nutrientes para las plantas.

Hitchcock (1838), en su estudio geológico de Massachussets clasifica los suelos en trece clases utilizando dos criterios, el material de origen y la edad de los materiales geológicos.

Hilgard (1860), en su estudio detallado de la geología y la aptitud agrícola de Missisipi, explica la formación del suelo por la acción de agentes atmosféricos que ayudan a desintegrar la roca dura, al mismo tiempo que puso en relieve la importancia de la roca y sus características para la formación de los suelos.

Otros geólogos que se interesaron en el estudio de los suelos, dentro del concepto de manto de roca suelta e intemperizada, fueron Fallou (1862), Shaler (1837) y Fippin (1911) citados por Simonson, 1968. Este último propuso un sistema de clasificación de suelos basado en el modo de acumulación de los materiales y en la litología del regolito.

c) El suelo como una entidad natural independiente, de génesis, desarrollo, evolución y organización propia.

Dokuchaiev fue el primero en concebir al suelo como un cuerpo natural con génesis definida, naturaleza propia y con un lugar independiente en la serie de formaciones naturales de la corteza terrestre. El trabajo clásico de los suelos Chernozem de Rusia, preparado en 1883, explica que los suelos son el producto de interacciones muy complejas de los climas locales, las plantas y los animales, la roca madre, la topografía y la edad de los paisajes.

Por ejemplo, él interpretó la clasificación de los suelos de la región de Nuzhnii-Novgorod (actualmente denominada Gorki), en términos de una evaluación de los terrenos con fines fiscales. También fué consciente de los problemas ocasionados por la sequía en algunas áreas de las estepas rusas y estableció una serie de parcelas experimentales en diferentes suelos.

Con base a los resultados que obtuvo de dichos experimentos recomendó fajas de árboles y otros procedimientos para la protección contra el viento y prácticas para la conservación del agua.

Dokuchaiev formó una escuela de pedólogos ya que su personalidad y dinamismo atrajeron un buen número de estudiantes -- muy brillantes. De ellos Sibertzev y Glinka fueron los más interesados en la clasificación de los suelos. Sus contribuciones científicas fueron aportes magníficos durante el período de fundación de la escuela pedológica Rusa.

Sibertzev el más brillante dejó un texto clásico denominado: "Primer curso de Suelos", en el cual desarrolló el concepto de zonabilidad de suelos (Sibertzev, 1901), teoría que sostiene que la génesis del suelo está asociada a las regiones climáticas, concepto que aún es fundamento de muchos sistemas de clasificación de uso actual.

Glinka, (1867-1929), el más conocido en el mundo occidental dada la amplia difusión que se hizo de sus libros: Los tipos de Formación de Suelos, su Clasificación y su Distribución Geográfica (Glinka, 1914). Los Grandes Grupos de Suelos del Mundo (Glinka, 1927) y su tratado clásico sobre la Ciencia del Suelo (Glinka, 1931). Con ello introdujo los novedosos conceptos rusos sobre suelos, para la clasificación y nomenclatura de Chernozem, Podzol y Solonetz. Glinka dió mucho énfasis a la geografía de los suelos, por sus procesos de formación.

La edición en alemán del libro de Glinka "Los tipos de formación de suelos, su clasificación y su distribución geográfica", fué la llave de entrada de la escuela rusa al mundo occidental. Así, C.F. Marbut, profundamente influenciado por las ideas expuestas en dicha publicación y dado que él gozaba de alto prestigio como científico de suelos en los Estados Unidos, le fué fácil introducir los nuevos conceptos en la enseñanza de la ciencia del suelo en E.U.A.

Al introducir los conceptos de Dokuchaiev y su escuela, - hizo énfasis en los factores de formación de suelo, principalmente el clima y la vegetación, reduciendo importancia a la naturalidad de los materiales. Con esta base, Marbut desarrolló ideas propias para su clasificación de suelos, que finalmente culminaron en su trabajo Atlas de la Agricultura Americana, publicado en 1935, en el cual presenta su conocida clasificación de suelos, (ver tabla 1) que estuvo vigente en los Estados Unidos hasta 1938.

No obstante la importancia de los conceptos y fundamentos de la escuela de pedología rusa, hasta finales de siglo, ellos no reconocían aún la relación genética entre los horizontes A y B de los suelos. Para ellos, por ejemplo, el Podzol estaba constituido por los horizontes Ah y E actuales. Debajo del horizontes E estaba el subsuelo o material parental al que no se consideró parte del Podzol. En forma similar, el perfil de un Chernozem estaba formado únicamente por el horizonte Ah y al resto se le consideró material parental. Muller (1887), de Dinamarca fué el primero en reconocer el horizonte B de los podzoles (Espodozoles) como una capa de enriquecimiento en sustancias que se translocan desde el horizonte E. Este investigador dió atención especial a los horizontes B cementados o parcialmente cementados, llamados ortstein, los cuales se constituyen en un limitante severo para el crecimiento de los árboles. (Cortes, op.cit.).

El uso de los símbolos A para un horizonte eluvial, B para un horizonte iluvial y C para designar al material parental, fué sugerido por Glinka durante la primera década del siglo XX. Las convenciones fueron finalmente adoptadas en Rusia en 1930. Esta nomenclatura de los horizontes fué utilizada en la descripción de los perfiles que se presentaron en el Segundo Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo reunido en 1932.

A nivel mundial, los conceptos de la escuela rusa, alcanzaron aceptación hasta 1927, cuando se convocó el Primer Congreso



Tabla 1. Clasificación de Suelos de Marbut 1935

Categoría VI	Pedalferas	Pedocales
Categoría V	Suelos derivados de <u>materiales fragmentados mecánicamente.</u>	Suelos derivados de <u>materiales fragmentados mecánicamente</u>
	Suelos derivados de <u>productos de descomposición silfítica.</u>	
	Suelos derivados de <u>productos de descomposición alítica.</u>	
Categoría IV	Tundra Podzoles Suelos podzólicos - pardo grises Suelos rojos Suelos amarillos Suelos de pradera Suelos lateríticos	Chernozem Suelos pardo oscuros  Suelos pardos Suelos grises Suelos pedocólicos de las regiones árticas y tropicales
Categoría III	Grupos de series de suelos maduros pero relacionados	Grupos de series de suelos maduros pero relacionados
	Suelos de pantano	Suelos de pantano
	Suelos Gley Rendzinas Suelos aluviales Suelos inmaduros en pendientes Suelos salinos Suelos alcalinos Suelos de turba	Suelos Gley Rendzinas Suelos aluviales Suelos inmaduros en pendientes Suelos salinos Suelos alcalinos Suelos de turba
Categoría II	Serie de Suelos	Series de Suelos
Categoría I	Unidades de suelo o tipos	Unidades de suelo o tipos

Tomado de Soil Survey Staff. (1960)

so Internacional de la Ciencia del Suelo. En él se presentaron 12 trabajos que resumían todos los fundamentos y avances del conocimiento ruso en pedología. La difusión de estos documentos fueron sustanciales para la aceptación de sus conceptos en muchos países del mundo.

#### 4. LA GENESIS Y EL CONCEPTO ACTUAL DEL SUELO

Se considera a la génesis del suelo como el estudio de los modos y características de formación de los suelos en la superficie terrestre. Por extensión a veces se amplía al término para incluir estudios en depósitos subacuáticos que soportan vida vegetal y animal.

La génesis del suelo es la ciencia de desarrollo y evolución de los suelos considerados tanto como unidades naturales (Pomeroy y Knox, 1962), y como unidades arbitrarias (Taylor y Pohlen, 1962) en el medio natural.

Buol 1973, considera que la génesis del suelo es aquella parte de la ciencia del suelo que trata de los factores y procesos de formación del suelo incluyendo la descripción e interpretación de los perfiles del suelo, así como los patrones de los mismos en la superficie terrestre.

Dado que la génesis del suelo se toma a partir de la desintegración y descomposición de los materiales geológicos o material parental, que los geólogos definieron como cortezas de intemperismo o formaciones detríticas no consolidadas, a las cuales la nomenclatura geológica designó como, suelos lóssianos, suelos poligonales, suelos glaciales, etc. Se aceptó durante mucho tiempo que tales denominaciones pasaran al vocabulario de la génesis de suelos, sin embargo, hoy en día tales conceptos han sido abandonados, aunque subsisten aún algunos como el de los suelos aluviales.

Si bien la génesis del suelo es el estudio del desarrollo del suelo a partir de materiales geológicos su interés no es -

sólo intrínseco a los mismos, sino también a la porción que en ellos tiene la materia orgánica. La génesis del suelo incluye así tanto la intemperización del manto superficial de rocas, - como también, la alteración de compuestos orgánicos y, de ambos, los intercambios de materia y energía.

La Pedología es entonces el estudio de los suelos, vistos como producto de fenómenos naturales, y tomando en cuenta su - composición, distribución y forma de origen. (Fitzpatrick, -- 1980). Sin embargo como vimos antes este término ha tendido a ser cambiado por el de Edafología en su contexto integral de - Ciencia del Suelo\*

El estudio de la génesis del suelo tiene un carácter profundamente interdisciplinario dado que los factores de formación del suelo constituyen objeto de estudio de otras ciencias del conocimiento natural y humano. En la figura No. 1 se presenta el esquema de relaciones entre la génesis del suelo y -- sus ciencias soporte.

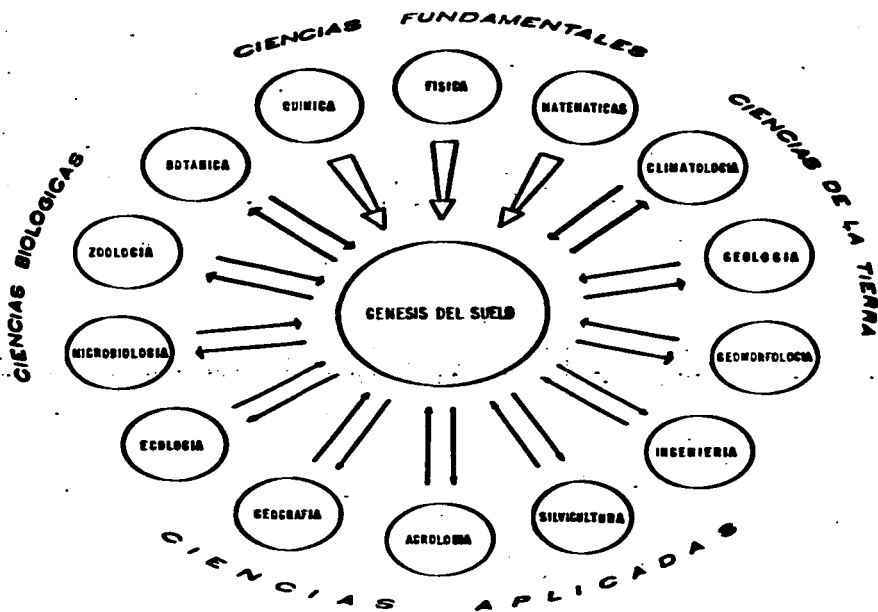
Según Cline, (Cortes, op. cit.), indica que durante los - últimos 35 años han sido tres los aspectos que principalmente han influido en el cambio de conceptos para la génesis de suelos. Dichos aspectos son: la Geomorfología, el tiempo y los procesos edáficos.

\* La palabra "edafología" (Editorial Staff, 1940; Gibbs, 1955; Leeper, -- 1953, 1955; Northcote, 1954), se ha empleado a la vez como sinónimo de ciencia del suelo (Sigmond, 1938) y como alternativa para el nombre de génesis del suelo (Vilenskii, 1957). La génesis del suelo es el depósito principal, si no el refugio, del concepto del suelo como "entidad natural que debe estudiarse en sí misma como un todo (Cline, 1944). A mediados del siglo XIX varios científicos alemanes, entre ellos Roman y Fallou, desarrollaron la agrogeología, que reconocía al suelo como una corteza superficial de rocas intemperizadas y algo lixiviadas; Fallou - sugería que la "edafología", teóricamente ciencia del suelo desde el punto de vista geológico, debía distinguirse de la "agrológica", ciencia del suelo, de interés prácticamente agronómico. (Buol, 1976 op. cit.).

FIGURA N° 1

RELACIONES ENTRE LA GENESIS DEL SUELO Y  
SUS CIENCIAS AUXILIARES

MODIFICADO POR CERVANTES DE FITZ PATRICK, 1980.



a) El aspecto geomorfológico y la variable tiempo

Dado que los fundadores de la geomorfología rusa son también grandes ancestros de la pedología, sería lógico considerar ambas disciplinas como complementarias en sus fines. Sin embargo las circunstancias históricas imprimieron a cada una, evoluciones divergentes. Así y como consecuencia de que la geomorfología de finales del siglo XIX, fué unilateralmente llevada a ciertos aspectos de su objeto específico relacionados con la geología, los pedólogos se constituyeron en una rama autónoma. En la que muy entusiasmados por las exigencias de la práctica, se consagraron esencialmente al estudio de problemas agrónomicos; asuntos de fertilidad que los orientaron más hacia la biología química que hacia el estudio sistemático de los problemas de origen y repartición de los suelos en la Naturaleza. Sólo algunos de ellos emprendieron una cartografía sistemática fundada en la observación del suelo en su medio natural. Hecho que condujo a una geografía de los suelos, como es el caso del Servicio de la Carta de Suelos en Bélgica, (Tricart, 1965). En este caso, los nexos con la geomorfología se reconocen con toda claridad, lo que no es el caso con los otros grupos más preocupados en la agronomía y que practican una cartografía muy empírica, dictada por las exigencias inmediatas de la aplicación. No obstante, sucede que en el curso de tales levantamientos -- ellos mismos han reconocido ciertas influencias geomorfológicas y de hecho, han plasmado en su sistema la geomorfología, sin saberlo.

Por lo anterior, los nexos estrechos, entre la pedología y la geomorfología han sido en estos últimos años más reconocidos y valorados para el bien mutuo de ambas disciplinas que -- desgraciadamente siguieron vías divergentes durante más de medio siglo.

La evolución de la corteza terrestre constituye el medio en el cual se desarrollan los suelos. Ella condiciona la pedogénesis, de la misma manera que condiciona el escurrimiento --

fluvial o la repartición de las plantas. No existe un nexo unívoco. La pedogénesis no es el simple resultado de la morfogénesis ya que también está en función de la cobertura vegetal y de las condiciones del clima del suelo que ordena la vida de los microorganismos. Hay pues, por una parte, una influencia directa de la morfogénesis sobre la pedogénesis y -- por otra parte, influencias indirectas por medio de la biósfera, parcialmente condicionada por la morfogénesis y, en fin, factores comunes, especialmente el clima y la naturaleza litológica de la roca madre, que repercuten conjuntamente sobre la morfogénesis, la biogénesis y la pedogénesis. Los nexos más importantes entre fenómenos y hechos pedológicos y geomorfológicos son los siguientes:

La geomorfología proporciona a la pedología elementos de balance porque la pedología se produce en un medio que generalmente no es inerte, sino que por el contrario, está sujeto a acciones morfogenéticas. Sobre una vertiente, un suelo representa un balance momentáneo entre dos acciones antagónicas: la alteración del sustrato que proporciona los materiales en los cuales se desarrolla el suelo, y la ablación que lo decapita en superficie. El suelo solamente evoluciona y se espesa cuando la decapitación es más lenta que la alteración en su base. Lo contrario hace que el suelo permanezca en un estado embrionario y delgado. Tal es el caso de los rankers. Si la ablación es lo suficientemente intensa como para evacuar los productos de desagregación y de alteración de la roca in situ, no habrá absolutamente suelo. La formación de los perfiles pedológicos se facilita en tanto que la denudación no sea más fuerte respecto de la alteración de la roca in situ. En caso contrario, los perfiles son removidos y perturbados de tal manera que no pueden adquirir una disposición característica. El conocimiento de la morfogénesis actual es pues indispensable para la comprensión de los fenómenos pedogenéticos que ella condiciona estrechamente.

En América, la geomorfología entra al campo de la pedología, por Marbut, que fué alumno de W.M. Davis, se tiene la impresión de que el concepto de suelo normal de Marbut (1927) fué influenciado por el concepto del "ciclo normal de erosión del modelo geomorfológico Davisiano.

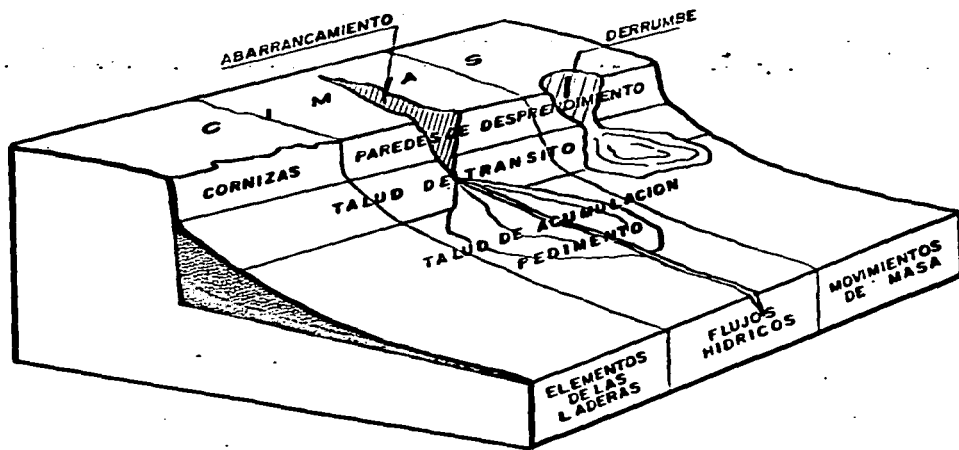
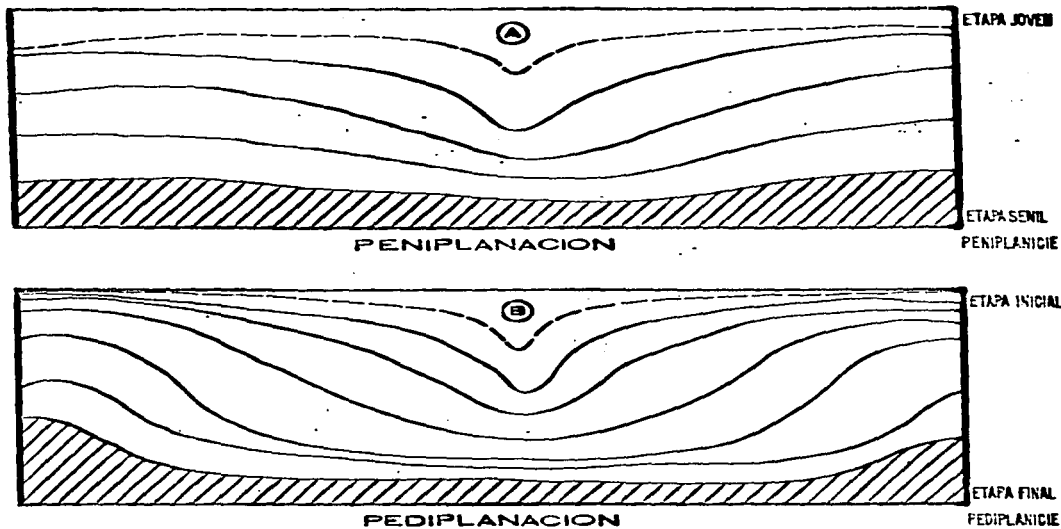
Así; el "suelo normal" concibió como producto desarrollado en etapas sucesivas que superaban la remoción por erosión. El producto final adquiere entonces la expresión total del clima y la vegetación en el perfil del suelo. Para cumplir lo anterior el "suelo normal" se asocia con el "relieve normal" en el que se verifica casi una situación de equilibrio entre el desarrollo del suelo y la erosión geológica característica del medio natural.

El concepto geomorfológico Davisiano le impone al modelo pedogenético un concepto de equilibrio zonal típico de las grandes regiones climáticas, en donde se puede esperar que un suelo desarrolle características propias del balance entre la velocidad y la dirección del proceso de formación del suelo, por una parte y la velocidad de erosión del paisaje, por otra.

Más recientemente se han aceptado más los conceptos geomorfológicos de W. Penck, que postulan que las laderas de un relieve en proceso de erosión, retroceden en el tiempo, paralelas a sí mismas, desarrollando entonces una superficie de erosión (Pedimento) baja y nueva, mientras que, en la parte superior del terreno permanece una superficie vieja estable (ver Figura No. 2). Este concepto tiene implicaciones importantes en la teoría-pedogenética. Así de acuerdo con el concepto morfogenético de Penck, el suelo no alcanzará un estado de equilibrio con la denudación geológica del relieve, sino que cambia continuamente a través del tiempo a un producto cada vez más viejo, hasta que la pendiente en su retroceso lo destruye. Este es un proceso evolutivo lento y continuo que termina al final en destrucción total. Empero al mismo tiempo que se destruyen los suelos, en las vertientes o en el pedimento donde se reciben los productos de erosión siempre se formarán suelos nue

FIGURA Nº 2

EVOLUCION DEL RELIEVE, SEGUN LAS TEORIAS DE  
DAVIS, M.W. (A) Y W. PENCK (B)





vos. Aunque este concepto geomorfológico no ha sido demostrado todavía como un caso general, existen suficientes ejemplos citados en los que se le reconoce como un mecanismo potencial que no se debe dejar de considerar.

Este reconocimiento, con frecuencia bastante confuso, es el que ha llevado a los pedólogos a lanzar el concepto de catena, es decir, una diferenciación del suelo según las condiciones topográficas. Evolucionando en las mismas condiciones (edad, vegetación, litología), los suelos de cima, de ladera ó de bajo, adquieren caracteres diferentes. La noción es interesante pero no es tan simple, ya que la topografía no interviene más que de manera indirecta por intermedio de los mecanismos morfogenéticos que controlan ampliamente las acciones hidricas y, es el conocimiento de éstos, lo que puede hacer progresar vigorosamente los estudios pedogenéticos al explicar los procesos de denudación y acumulación absoluta. Por otra parte bajo su forma original, la noción de catena es susceptible de provocar confusiones como lo ha observado Lelouchier, 1962. (citado por Tricart, 1965), "No hay catenas en el valle del -- Hermeton porque los diversos elementos de la topografía no son contemporáneos y no evolucionan bajo la forma de un sistema -- coordinado".

Por todo lo anterior, solo la geomorfología puede dar a la pedología un marco, que substituye las insuficiencias del concepto de catena.

Por ello el estudio geomorfológico detallado debería siempre preceder a la cartografía pedológica, puesto que él da el marco temporal y espacial en el que los suelos han evolucionado. La geomorfología proporciona también la descripción y la localización de las formaciones superficiales, a partir de las cuales los suelos se han desarrollado y, que frecuentemente, son muy diferentes de las rocas subyacentes. Los pedólogos -- han reconocido la influencia del factor geológico, pero con -- frecuencia ignoran que la mayor parte de los suelos no se derivan directamente. de la roca in situ, sino de formaciones de --

coluviones, de aluviones, de alteritas, generadas directamente en el marco de la evolución geomorfológica y que por tanto se caracterizan en función de ésta. Despreciar entonces la información morfogenética, substituyéndola por simples diferencias topográficas, como lo implica la noción de catena, es exponerse a graves desengaños, puesto que significa ignorar la naturaleza misma de las cosas.

#### b) Sistemas y procesos genéticos

Los aspectos anteriores que evidencian la importancia del papel de la geomorfología y el tiempo en el concepto pedogenético están asociados entonces con nuevas orientaciones a los procesos de desarrollo del suelo. Hace 35 años, los pedólogos aceptaban plenamente los términos podzolización, laterización, calcificación, gleyzación, etc., que se consideraban como procesos importantes de formación de suelos en ambientes particulares de la tierra. Simonson, (1959) ha señalado un concepto según el cual la génesis del suelo se concibe como un agregado de muchos procesos físicos, químicos y biológicos. Cline, - - (1961), afirma que dichos procesos son contribuyentes reales y potenciales en el desarrollo del suelo, empero, su acción e intensidad difiere para cada ambiente. Cuando estos procesos actúan en forma relativamente constante, es posible que se desarrolle un suelo específico, que cambiará gradualmente en el grado de expresión de las propiedades, más que en su clase. Pero cuando las condiciones del ambiente cambian la actuación de los procesos cambiará y en consecuencia la formación del suelo variará en el tiempo, produciendo nuevos grupos de propiedades que provocarán mayores diferencias en clase que en grado. (Cortes, 1976, op. cit.).

Simonson, 1959, ha simplificado la caracterización de los procesos de formación de suelo, resumiéndolos de forma funcional en los cuatro conceptos siguientes:

- a) Ganancias
- b) Pérdidas
- c) Transformaciones y
- d) Translocaciones

Esta conceptualización resume tácitamente todos los fenómenos que ocurren en el suelo a través de toda su historia evolutiva. Ellos se producen tanto por la acción del intemperismo físico, químico y biológico como por los procesos morfogenéticos denudatorios y acumulativos. Lo anterior hace posible, la evolución cualitativa y cuantitativa del proceso pedogenético, y constituye una herramienta analítica para visualizar fácilmente la génesis del suelo, que desde este punto de vista puede considerarse como si se verificara en dos etapas. (Hole, 1961):

- Acumulación del material parental (haploidización)
- Diferenciación de horizontes en el perfil (horizontalización).

Estas etapas de formación del suelo no son correlativas, no muestran límites claros entre sí y no se conducen sólo en una dirección. Por el contrario emergen y se sobreponen en diferentes direcciones y ámbitos temporales-espaciales, así que es imposible decir en donde comienza una y termina la otra.

Dado que la diferenciación de horizontes, es al menos en teoría el punto final del fenómeno pedogenético, es importante considerar que ésta, resulta de la interacción de los cuatro factores mencionados que dan lugar a procesos proanisotrópicos y condiciones mediante las cuales los materiales parentales son diferenciados como horizontes en un perfil de suelo. La tabla 2, muestra las relaciones entre los procesos clásicos y su nueva conceptualización.

La adición, remoción, transferencia y/o transformación de materias sólidas, líquidas y gaseosas, tanto minerales como orgánicas pueden ser mejor comprendidas al analizar dicha tabla.

Tabla 2. Procesos de formación de suelos (según Buol, 1973, Soil Genesis and Classification)

Término	Clasificación cuádruple	Breve definición
1a Eluviación	3	Movimiento de materiales de salida de una porción del suelo, como en los horizontes álbicos
1b Iluviación	3	Entrada de materiales a una porción del perfil de suelos, como en un horizonte es porádico o arcilloso.
2a Lixiviación (agotamiento)	2	Término general para el deslave o la eluviación de materiales del solum
2b Enriquecimiento	1	Término general para la adición de materiales a un suelo
3a EROSIÓN, superficial	2	Retiro de materiales de las capas superficiales del suelo
3b Acumulación	1	Adiciones edáficas e hidrológicas de partículas minerales a la superficie del solum del suelo
4a Decalcificación	3	Reacciones que retiran carbonato de calcio de uno o más horizontes del suelo
4b Calcificación	3	Procesos que incluyen la acumulación de carbonato de calcio en el Cca y, quizá, en otros horizontes de un suelo.
5a Salinización	3	La acumulación de sales solubles, tales como sulfatos y cloruros de calcio, magnesio, sodio y potasio en horizontes salinos
5b Desalinización	3	El retiro de sales solubles de los horizontes salinos de los suelos
6a Alcalinización	3	La acumulación de iones de sodio en los sitios de intercambio de un suelo
6b Desalcalinización	3	La lixiviación de sales e iones de sodio de los horizontes sódicos
7a Lavado	3	La migración mecánica de pequeñas partículas minerales del horizonte A al B de un suelo, produciendo en los horizontes B un enriquecimiento relativo de arcilla (horizontes arcillosos)
7b Trastornos edafológicos	3	Mezclas y reciclajes biológicos, físicos (congelación-deshielo y ciclo seco húmedo) de los materiales del solum, homogeneización en grados diversos

Tabla 2 (continuación)

8a	Podzolización	3,4	La migración química de aluminio, hierro o materias orgánicas, que da como resultado la concentración de sílice en las capas eluviadas.
8b	Laterización	3,4	La migración de sílice fuera del solum del suelo y la concentración en él de sesquioxidos (geotita, gibsitita, etc.), como en los horizontes oxidicos, con o sin la formación de concreciones o piedras de hierro (laterita; plintita endurecida)
9a	Descomposición	4	La disociación de minerales y materias orgánicas
9b	Síntesis	4	La formación de nuevas partículas de minerales y especies orgánicas
10a	Melanización	1,3	El oscurecimiento de los materiales iniciales y no consolidados, de color pálido, mediante la mezcla de materias orgánicas (como en los horizontes mólicos, úmbricos o aluminicos oscuros)
10b	Leucinización	3	El palidecimiento de los horizontes de suelo mediante la desaparición de materias orgánicas oscuras, ya sea mediante su transformación a otras de color pálido o la eliminación de los horizontes.
11a	Camadas	1	La acumulación en la superficie del suelo mineral de desechos orgánicos y humus asociado, hasta una profundidad de menos de 30 cm.
11b	Formación de humus	4	La transformación de las materias orgánicas crudas en humus
11c	Paludización	4	Procesos que algunos especialistas consideran geogénicos y no edafogénicos, incluyendo la acumulación de depósitos profundos (más de 30 cm) de materias orgánicas como en los estercoleros y las turbas (histosoles).
11d	Maduración	4	Cambios químicos, biológicos y físicos en los suelos orgánicos, después de que el aire penetra en los depósitos orgánicos, haciendo posible que florezcan las actividades microbianas.
11e	Mineralización	4	La liberación de óxidos sólidos mediante la descomposición de materias orgánicas

Tabla 2. (continuación)

12a	Marronización Rubefacción Ferruginación	3,4	Liberación de hierro de los minerales primarios y la dispersión de partículas de óxido de hierro en cantidades crecientes; su hidratación u oxidación progresiva, dando a la masa del suelo una coloración café, castaño rojiza o roja, respectivamente.
12b	Gleización	3,4	La reducción del hierro en condiciones de suelos "inundados de agua" y anaeróbicos, con la producción de colores matriciales verdosos grisáceos, hasta azulados, con o sin café amarillento y motas café y negras, y concreciones férricas o mangáníferas.

---

\* Las cuatro categorías son: a) adiciones al cuerpo; b) pérdidas del cuerpo de un suelo; c) traslocación dentro del cuerpo del suelo y d) transformación de materiales al interior del cuerpo de un suelo.

Por ejemplo la materia orgánica que se agrega al suelo en forma de residuos frescos que son transformados a través de la descomposición y, traslocados de un horizonte a otro. En general, la materia orgánica de los suelos se ve afectada por cambios más rápidos y constantes, que los que ocurren con la fracción mineral. Las sales solubles pueden perderse del perfil o moverse de un horizonte a otro; a partir de los minerales primarios existen transformaciones secundarias a minerales de arcillas que a su vez pueden ser traslocadas desde los horizontes superiores hasta los inferiores. Así, en el todo del suelo la transferencia y transformación de sustancias que se verifican en todos los horizontes, contribuyen al mismo tiempo a la diferenciación de los mismos.

No obstante lo anterior, existe el caso en el que las adiciones, remociones, transferencias y transformaciones en los suelos no conducen necesariamente a la diferenciación de horizontes, por el contrario, retardan tal situación. A este fenómeno se le conoce con el nombre de haploidización (Buol et al 1973), la cual conlleva a procesos proisotrópicos que impiden la diferenciación de los horizontes. Por ejemplo, los materiales transportados de un horizonte a otro por la actividad animal o por la fitotropía de ciertas arcillas, o por la lixiviación o también por la erosión, se puede retardar o aún impedir la diferenciación de horizontes. La absorción de nutrientes de las capas profundas de un perfil por la vegetación, es otro ejemplo de transferencia que no necesariamente contribuye a la diferenciación de horizontes.

Es aquí donde se puede afirmar nuevamente que el tiempo juega un papel fundamental como catalizador de uno u otro proceso, determinando entonces una relatividad, que en el concurso de otros factores pedogenéticos, establece un complejo genético de difícil solución.

c) Concepto actual del suelo

De lo expuesto anteriormente resalta el hecho de que, las concepciones que se han tenido del suelo van acordes con el -- avance científico de cada época:

Durante las tres últimas décadas la principal modificación en el concepto de suelo ha sido la definición de las estructu-- ras básicas del mismo.

Más adelante se presenta una definición de dichas estructu-- ras ya que su conocimiento es básico para entender las defini-- ciones actuales del suelo.

En razón de los conocimientos actuales, el suelo puede con-- siderarse como "El conjunto de elementos naturales que forman -- una entidad dinámica de desarrollo y evolución propia, consti-- tuida en la capa de interfase sólido, líquido, gaseosa, límite superficial exterior de la corteza continental de la tierra. Di-- cha entidad es capaz de sostener formas de vida, se limita en sus porciones superiores por la superficie terrestre y en las -- inferiores (hasta 2 metros) por entidades geológicas diversas.

No obstante, tal como se ha hecho notar, las acepciones pa-- ra definir el suelo varían en función de los objetivos que per-- sigan escuelas y científicos y, es por ello, que se ha hecho ne-- cesaria la necesidad de fijar de antemano, las definiciones ope-- racionales en las que se encuadren los fines perseguidos. Por ello, y dado que en este trabajo, se usa el Sistema de Clasifi-- cación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, utilizaremos el cuadro teórico operativo que proporciona el sistema.

Para el Soil Survey Staff 1960, el suelo se considera co-- mo un cuerpo natural continuo que contiene materia viva y es ca-- páz de soportar plantas. Por lo anterior no creemos necesario seguir discutiendo el concepto y pasaremos entonces, en el si-- guiente capítulo a la definición de las estructuras básicas del suelo que se usan para clasificarlo.



Bibliografía

- BUOL, S.W.; F.D. HOLE and R. J. McCracken. 1973. Soil Genesis and Classification. The Iowa State University Press. Ames. USA.
- CORTES, L. 1976. Taxonomía de Suelos. Pub. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Inst. Geogr. Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
- DAVY, H. 1813. Elements of Agricultural Chemistry, Longmans, Hurts, Rees, Orme & Brown, London.
- DOKUCHAIEV, V.V. 1883. Russian Chernozem (Runskii Chernozem). In Collected writings (Sochineniya) Vol. 3. (Transl from Russian by N. Kaner) Israel Prog. for Sci. Trans. Jerusalem, 1967. Available U.S. Dept. Commerce - Springfield, Va.
- FITZPATRICK, E.A. 1980. Soils, Their formation, classification and distribution, Longman, London. N.Y. U.S.A.
- GLINKA, K.D. 1914. Die Typen der Bodenbildung, Geb. Borntraeger, Berlin.
- \_\_\_\_\_ 1927. The Great Soil Groups of the World and their Development - (Transl by C.F. Marbut) Edwards, Ann Arbor, Michigan.
- \_\_\_\_\_ 1931. Treatise of Soil Science. 4th ed. (Transl from Russian by A. Courevitch). Israel Program. Sci. Transl. Jerusalem, 1966)
- HILGARD, E.W. 1860. Report on the Geology and Agriculture of the State of Mississippi. E. Barksdale, State Printer, Jackson, Mississippi.
- HOLE, F.D. 1961. A classification of pedoturbation and some other processes and factors of soil formations in relation to Isotropism and Anisotropism, Soil Sci. 91: 375-377
- HITCHCOCK, E.W. 1838. Report on a Re-examination of the Economical Geology of Massachusetts. Dutton and Wentworth, State Printer, Boston, Massachusetts
- JENNY, H. 1958. Bole of the plant factor in pedogenic functions. Ecology 39: 5-16.
- JOHNSON, W. M. 1963. The Pedon and the Polypedon. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27: 212-15

- KNOX, E.G. 1965. Soil Individual and soil classification Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 79-84
- LIEBIG, J. 1843. Chemistry in its Application to Agriculture and Physiology. Campbell, Philadelphia, Pennsylvania, 111 p.
- MACIAS, V.M. 1951. Ciencia del Suelo o Edafologia. Bol. Soc. Mex. Geogr. y Estadistica. Tomo LXXI Nos. 1-3 Enero-Junio, México, D. F.
- MARBUT, C.F. 1927. Soc. Promotion Agr. Sci. 41, 116-142.
- SIBERTZEV, N.M. 1901. Soil Science. (Pochvovedeniye) In Selected works - (Izbrannye Sochineniya), Vol. 1. (Transl from Russian by N. Kaner) Israel Progrm for Sci. Transl. Jerusalem, 1966. Available from U.S. Dept. Commerce. Springfield, Va.
- SIMONSON, R. W. and D.R. GARDNER. 1960. Trans. 7th Intern. Congr. Soil - Sci. 4, 127-131.
- SIMONSON, R. W. 1968. Concept of Soil. In Advances in Agronomy, Vol. 20 1968. pp. 1-47. Academic Press New York
- SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil Classification a Comprehensive System, 7th Approximation. Soil Conservation Service, U.S. Dept.. Agr. 265 p.
- TRICART, J. 1965. "Morphogénese et Pedogénese" I: Approche Methodologique Geomorphologie et Pedologie" Science du Sol N. 1, p. 68-85
- TRICART, J. 1979 "Paysage Ecologie et Approche Systemique" Bull Assoc. Geogr. Franc. No. 465, Paris, France.
- WALLERIUS, J.G. 1761. Dissertation, Univ. of Upsala Sweden In. Simonson, R.W. 1968. Concept of Soil, Advances in Agronomy, Vol. 20. Academic Press New York.

## CAPITULO II

### A. MORFOLOGIA Y CLASIFICACION DEL SUELO

#### 1. LAS ESTRUCTURAS BASICAS QUE DEFINEN EL SUELO

Durante la tercera y cuarta décadas del presente siglo se aceptaba que los suelos que formaban parte de un tipo, eran uniformes en todas las características importantes de su perfil. Empero, con el desarrollo del levantamiento de suelos, los pedólogos empezaron a darse cuenta de que los cuerpos de suelo representados en sus mapas no eran uniformes en todas sus propiedades y, así, varios perfiles podían presentarse dentro de una unidad cartográfica. Tales diferencias se aceptaron como "inclusiones", las cuales podían ocupar pequeños porcentajes areales dentro de la unidad.

Los problemas generados por las inclusiones de suelos en las unidades de mapeo obligaron a la búsqueda de una unidad homogénea que sirviera como elemento de referencia en la clasificación y en la cartografía de los suelos.

Se hizo evidente entonces la necesidad de buscar una unidad representativa del suelo que mejorara la información del perfil y que sirviera como entidad básica de clasificación, a la que se pudiesen correlacionar las clases en cualquier categoría de un sistema taxonómico y cartográfico. La mayor dificultad que se presenta para definir tal unidad, estriba en el hecho de que el suelo es un continuo tetradimensional en el que es muy difícil discretizar unidades individuales, de la misma forma como se puede hacer con otros objetos naturales.

Cline (Cortes, 1976 op. cit.), "en su discusión de los principios de la clasificación de los suelos aportó las siguientes definiciones: Individuo es el cuerpo natural más pequeño que puede ser definido como una cosa completa en sí misma. Población es la reunión de todos los individuos de un fenómeno natural. La definición que anotó Cline no da límites para un individuo o entidad básica de suelo. Se sabe que

un individuo suelo está limitado lateralmente por otros cuerpos de suelos o por materiales que no son suelos (Buol et al 1973). Así, cada individuo suelo\* descrito y mapeado en el campo está considerado dentro del sistema de conceptos abstractos tales como suelo, perfil de suelo y cuerpo de suelo a los cuales ya se hizo referencia anteriormente. Aplicando estos conceptos es posible definir un volumen mínimo de observación al establecer las entidades básicas".

a) Conceptos de Perfil, Pedón y Polipedón

Se denomina Perfil al aspecto que muestra una sección del suelo, en el que se definen la disposición y características que guardan los materiales que lo forman. Como esta estructura bidimensional del suelo no satisface el reconocimiento integral del mismo como unidad de síntesis representativa, se buscó una unidad tridimensional que en teoría mejorara tal deficiencia, y que se denominó "Pedon" (Ver figura No. 3).

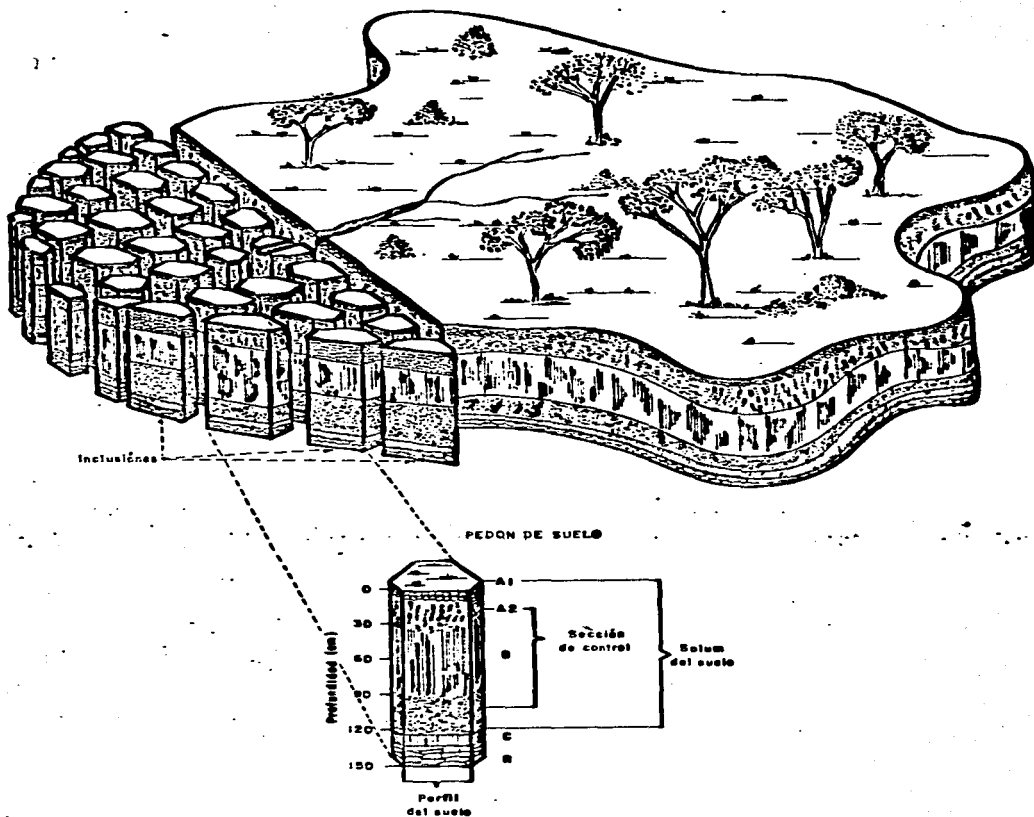
El pedón es el volumen más pequeño que puede reconocerse como suelo individual. El Soil Survey Staff, 1960 lo ha descrito así:

"El pedón tiene 3 dimensiones. Su límite inferior es variable y arbitrario entre el suelo y el "no suelo". Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualesquiera de los horizontes presentes, pues un horizonte puede ser variable en espesor o aún discontinuo. Su área va de 1 a 10 m<sup>2</sup>, lo cual depende de la variabilidad de los horizontes. Cuando estos son discontinuos o cíclicos y se repiten a intervalos lineales de 2 a 7 m. el Pedón incluye la mitad del ciclo. Así cada Pedón incluye la gama de variabilidad de horizontes que exis-

\* Knox (1965) critica esta acepción indicando que es un individuo más artificial que natural. Además se opone al hecho de definir individuos de suelo naturales o artificiales, exponiendo que no existen individualidades en un universo en el que los suelos forman una continuo. Cuanalo, 1971, prefiere hacer uso del término perfil de suelo, porque es el perfil lo que se observa y, por lo tanto lo que se clasifica, y no los individuos suelos.

FIGURAS N<sup>os</sup> 3-4

RELACIONES ENTRE EL PEDON Y EL POLIPEDON DEL SUELO



ten dentro de estas áreas pequeñas. Cuando el ciclo es menor de 2 m. o cuando todos los horizontes son continuos y de espesor uniforme, el pedón tiene un área de  $1 \text{ m}^2$ . Por otra parte, dentro de estos límites cada pedón incluye la gama de variabilidad de horizontes asociados con esa área pequeña.

La forma del pedón es aproximadamente hexagonal, ya que cualquiera de sus dimensiones laterales deben de ser lo más isométricas posibles:

Para su reconocimiento el pedón debe ser suficientemente grande para ser observable, para ser muestreado y para exhibir un juego completo de horizontes. Consistirá, de un volumen de suelo que incluya todo el solum y la parte superior del material parental (o un volumen de tamaño comparable si los horizontes son ténues), tendrá generalmente una profundidad de hasta 2 metros y una sección transversal de forma aproximadamente circular o hexagonal que cubre un área entre 1 y 10 metros<sup>2</sup> en tamaño. La más pequeña de estas superficies debe ser usada en la mayoría de los suelos. Las dimensiones más grandes hasta un máximo de 10 metros<sup>2</sup>, se establecieron para aquellos casos en los cuales es necesario cubrir la amplitud total de un ciclo en el arreglo de los horizontes.

Un concepto más ecológico pero similar en cierta forma al de pedón, fue propuesto hace algunos años por Jenny (1958). El sugirió el término "tessera" para denominar a un volumen tridimensional ocupado por el suelo y la vegetación que crece sobre él.

Las dimensiones laterales de la "tessera" podía ser del orden de  $1 \text{ m}^2$  o tan pequeña como 8 X 8 pulgadas, dependiendo del propósito de cada estudio. La dimensión vertical o grosor está compuesta por la altura de la vegetación más la profundidad del suelo.

El establecimiento del término polipedón se hizo neces-

rio para denotar un volúmen de suelo más grande que el del pedón. Este término se propuso para reemplazar "el individuo suelo" (Soil individual) que se utilizó en la publicación de la 7a. Aproximación en 1960 y constituye el enlace esencial entre unidades básicas de suelos (los pedones) y los suelos individuales que forman unidades en el sistema taxonómico (Buol, 1973 op. cit.).

Un polipedón consiste entonces de un grupo de pedones contiguos que están dentro de los límites de la serie de suelos. En otras palabras, el conjunto de pedones debe estar dentro de los límites de variación de una serie y ocurrir en un grupo contiguo para que formen un polipedón. Para una mayoría de pedólogos americanos un polipedón es el cuerpo mapeado de suelo más extenso que se muestra en un mapa detallado. Tales cuerpos incluyen normalmente partes de otros polipedones. Estas partes del segundo, tercero y cuarto polipedón constituyen inclusiones en el mapeo de los suelos (Ver figura 4). (Cortes, 1976, op. cit.).

Johnson, 1963, indica que "es un cuerpo real, físico limitado por -no suelo- o por pedones de carácter diferente, respecto de los criterios utilizados para definir series. Su tamaño mínimo es igual al del pedón  $1 \text{ m}^2$  y el máximo no está prescrito. Sus límites con otros polipedones se determinan más o menos por definición.

#### b) Morfología del Suelo

La morfología del suelo es el estudio sistemático de las características y propiedades que se reconocen en un suelo, a partir del análisis visual, táctil, físico, químico y métrico de su perfil. De acuerdo con esto, se reconocen y determinan en el perfil las capas de materia orgánica e inorgánica que han sido alteradas por procesos pedogenéticos durante la formación del suelo y que se denominan como horizontes. Así los horizontes resultan ser los fundamentos que sirven para caracterizar un suelo, puesto que constituyen el re

sultado de procesos pedogenéticos parciales o totales que han actuado en el mismo.

Los horizontes forman capas más o menos paralelas a la superficie terrestre extendiéndose como partes del cuerpo del suelo en los ejes X, Y y Z, y en ellos se reconocen y determinan características y propiedades cualitativas y cuantitativas, que constituyen las bases distintivas para los diferentes sistemas de clasificación de los suelos.

Existen una gran cantidad de métodos analíticos para la descripción morfológica de perfiles y toma de las características y atribución de propiedades de los horizontes. Sin embargo, la mayoría de ellas toman como fundamental información de los siguientes aspectos:

Para el sitio donde ocurre el perfil:

- Localización geográfica, posición topográfica y orientación
- Geoforma y pendiente
- Drenaje vertical y horizontal
- Espesor de las formaciones detriticas superficiales
- Material parental
- Vegetación
- Fauna
- Características ambientales diversas (clima, uso del suelo, ecología, etc.)



Para el perfil: \*

- Condiciones superficiales microrelieve
  - Número de capas y horizontalización
  - Profundidad del perfil y espesor de las capas
  - Forma de límites entre capas y condiciones de transición
  - Humedad
  - Color
  - Consistencia en seco y húmedo
  - Comportamiento al manejo manual
  - Textura
  - Pedregosidad
  - Estructura y porosidad
  - Dureza
  - Formas arcillosas
  - Nódulos
  - Permeabilidad
  - Raíces
  - Fauna
  - Reacción (ph)
- Otras definiciones importantes en la descripción de los suelos, son las de, Solum, Secum y Sección control.

\* Para mayor información al respecto pueden consultarse:

Fitz Patrick, G.A. 1977. Soil Description, Univ. of Aberdeen U.K.; Buol, S.W., Hole, F.D. and McCracken, R.J. 1973 Soil Genesis and Clasification. Anues, Sowa. USA pp. 360; Soil Survey Staff. 1951. Soil Survey Manual. USDA, Handbook No. 18 Washington 25 D.C.; Soil Survey Staff. 1960 Soil clasification. A comprehensive System. 7th. Approximation, Washington 25 D.C. Cuanalo de la C.H. 1975. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo. Colegio de Postgraduados. Univ. Autónoma de Chapingo, Mex.; FAO-ONU. Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos; Hernández Sánchez S. y Sánchez, J. 1973. Guía para la Descripción y Muestreo de Areas Forestales. Inst. Nac. Invest. Forest. SAG.Bol. No. 32, México, D.F.

El *solum* es el suelo genético desarrollado por las fuerzas constructoras del suelo (Soil Survey Staff, 1962).

El *Secum*, consiste en la relación del continuo de características que el suelo exhibe en sus secciones vertical y lateral en los ejes "X" y "Y".

La Sección control, es una unidad de reconocimiento práctico con fines utilitarios. En ella se forma una sección vertical del perfil de profundidad arbitraria y con un criterio totalmente operativo.

Finalmente es importante reconocer que las propiedades o atributos que se dan a un suelo, varían en función de los objetivos perseguidos. De ahí que siempre sea necesario indicar no sólo la metodología empleada para la descripción morfológica de los perfiles, sino además una definición operacional de los objetivos que se tienen para hacerlo. Así las propiedades del suelo son atributos que uno busca en función de una razón objetivo.

### c) Clasificación y Nomenclatura de los Horizontes del Suelo

Una vez que se definen las características y propiedades morfológicas en el perfil del suelo se intenta establecer una diferenciación de las mismas a partir de su agrupamiento las unidades homogéneas que constituyen los horizontes.

Dado que la clasificación de los suelos se basa en la determinación del tipo y número de horizontes presentes en el perfil, es necesario que aquellos tengan una nomenclatura clara y precisa para su clasificación, correlación y correcta interpretación por los científicos del suelo.

No obstante su importancia, la nomenclatura y clasificación de horizontes está muy lejos de ser perfeccionada. A la fecha resulta más una actividad empírica basada en la experiencia que un verdadero método analítico con principios científicos definidos (Fitz Patrick, 1980, p.121, op. cit.)

A la fecha se han hecho muchos intentos para lograr una

definición clara de los horizontes, sin embargo ello ha llevado a una mayor complejidad dado que las definiciones involucran una larga cadena de características y atributos que mezclan información de campo y laboratorio, en las que se pierden muchas veces las características intrínsecas de los horizontes y con ello la de los perfiles.

Todo ello ha llevado a un cambio permanente de nomenclatura y clasificación de horizontes, que a la fecha dista mucho de ser homogéneo y de aceptación mundial. No obstante como es el sistema de clasificación de los Estados Unidos de América el que empleamos en este trabajo, utilizamos también su nomenclatura para la definición de horizontes del suelo. Dado que sería prolijo y redundante exponer aquí toda la nomenclatura usada presentamos de forma indicativa el resumen textual que de la misma, aparece publicada por Buol en su libro de Genesis y Clasificación de Suelos de 1973.

#### NOMENCLATURA DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

Una vez descritas las características morfológicas de los horizontes, es conveniente clasificar y dar nombre a cada horizonte para fines de comunicación. Los nombres de los horizontes no se excluyen mutuamente y gran parte de la interpretación dada por científicos de suelos está implícita en la denominación de un horizonte. La nomenclatura de los horizontes difiere algo de un país a otro. En los Estados Unidos se designan los horizontes del suelo por un código de letras y números.

El siguiente sistema ha sido desarrollado por los científicos de suelos del Cooperative Soil Survey de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1962).

#### HORIZONTES MAESTROS MORFOGENÉTICOS: NOMENCLATURA Y DEFINICIONES

Los horizontes maestros o mayores se designan con letras mayúsculas. Las subdivisiones de los horizontes maestros se designan con números arábigos (definiciones tomadas, en parte, del Soil Survey Staff, 1962).

#### Horizontes orgánicos en superficies de suelos minerales

0. Los horizontes orgánicos de suelos minerales incluyen horizontes a) formados sobre la parte mineral de perfiles de suelos minerales, b) dominados por material orgánico fresco o parcialmente descompuesto, y c) que contienen más de 30% de materia orgánica, si la fracción mineral contiene más de 50% de arcilla, o más de

20% de materia orgánica, si la fracción mineral no tiene arcilla.

Un contenido intermedio de arcilla requiere un contenido proporcional de materia orgánica, igual a  $20 + (0,2 \times \% \text{ arcilla})$ .

Los horizontes O se forman del mantillo orgánico derivado de plantas y animales, y depositado en la superficie mineral. Estos horizontes se miden hacia arriba a partir del tope del material mineral subyacente, esto es, 15 o 0 cm (6 a 0 pulgadas).

**01. Horizontes orgánicos en los cuales se nota a simple vista la forma original de la mayor parte del material vegetal.**

La materia orgánica en un horizonte O1 no está alterada esencialmente salvo por lixiviación de constitutivos solubles y por decoloración. La fuente del material debe identificarse por examen. El horizonte O1 corresponde a las capas L y algunas capas F mencionadas en la bibliografía de suelos forestales, (Wilde, 1958). Estos horizontes se denominaron al principio horizontes Aoo.

**02. Horizontes orgánicos, en los que la forma original de la mayor parte de la materia animal o vegetal puede reconocerse a simple vista.**

A menudo, pueden identificarse vestigios de plantas y animales; pero la mayor parte del material está descompuesto a tal punto que el origen no puede establecerse. El O2 corresponde a la capa H y algunas capas F descritas en la bibliografía de suelos forestales (Wilde, 1958). Estos horizontes se llamaron inicialmente horizontes Ao.

#### Horizontes minerales y capas

Los horizontes contienen menos del 20% de materia orgánica, si la fracción mineral no contiene arcilla; o menos del 30% de materia orgánica, si la fracción mineral contiene 50% o más de arcilla. Para suelos que contengan 0-50% de arcilla, son requisitos previos límites máximos intermedios de materia orgánica entre 20 y 30%, en proporción al contenido de arcilla.

**A. Horizontes minerales, constituidos por: a) horizontes de acumulación de materia orgánica, que se forman en la superficie o adyacentes a ella; b) horizontes que han perdido arcilla, hierro o aluminio, con concentraciones resultantes de cuarzo u otros minerales resistentes del tamaño de arenas o limos; o c) horizontes con las características dominantes de 1 o 2, pero transicionales a un horizonte subyacente, B o C.**

Se reconocen las siguientes subdivisiones mayores del horizonte A.

**A1. Horizontes minerales que se forman en la superficie o adyacentes a ella, en los cuales el aspecto importante es una acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente asociada con la fracción mineral.**

El suelo es tan oscuro o más que los horizontes subyacentes, debido

a la presencia de la materia orgánica. Se supone que la materia orgánica se deriva de residuos vegetales y animales depositados en la superficie del suelo o dentro del horizonte, sin traslocación apreciable.

**A2.** Horizontes minerales, en los cuales el aspecto importante es la pérdida de arcilla, hierro o aluminio, con la concentración resultante de cuarzo u otros minerales de tamaño de arenas y limos.

Un horizonte A2 se diferencia ordinariamente de un horizonte A1 por el color más claro y contenido más bajo de materia orgánica. Un horizonte A2 se diferencia generalmente de un horizonte B subyacente en el mismo perfil por su color más claro y/o la textura más gruesa. La posición en el perfil no se diagnostica, pero en casos donde el horizonte superficial puede ser calificado igualmente como A1 o A2 se prefiere la designación A1.

**A3.** Horizonte transicional entre A y B denominado por las propiedades características de A1 o A2 suprayacente pero que tiene algunas propiedades subordinadas a un B subyacente.

Diversos tipos de materiales forman la zona de transición de A1 o A2 a diferentes clases de horizontes B, y pueden ser muy diferentes entre sí. Pueden hacerse deducciones después de anotar los símbolos asignados a los horizontes supra y subyacentes. También se emplea el símbolo A3 para designar la transición de un horizonte A1 a otros horizontes del subsuelo cuando no existe el horizonte B.

**AB.** Horizonte de transición entre A y B, que tiene una parte superior dominada por las propiedades del A y una parte inferior dominada por las propiedades del B, y las dos partes no pueden separarse adecuadamente en A3 y B1. Esta nomenclatura se emplea sólo para horizontes delgados.

**A y B.** Horizontes que serían calificados como A2, pero que tienen inclusiones que constituyen menos del 50% en volumen para calificarlos como B.

Esta nomenclatura se utiliza con más frecuencia cuando el material A2 rodea parcialmente extensiones ascendentes del B delgadas y columnares o cuando cuerpos de material del horizonte B están rodeados por material del horizonte A2.

**AC.** Horizonte de transición entre A y C, que tiene propiedades subordinadas de A y C, pero no está dominado por características propias de A o C.

Esta nomenclatura se emplea en forma similar a la nomenclatura AB cuando el horizonte A descansa sobre un horizonte C.

**B.** Horizontes en los cuales la o las características dominantes son una o más de las siguientes: 1. Concentración iluvial de arcilla silicatada, hierro, aluminio o humus, solos o en combina-

ción, 2. Concentración residual de sesquioxidos o arcillas silicatadas, solos o mezclados, que se han formado por medios diferentes a solución y remoción de carbonatos o sales más solubles. 3. Recubrimientos de sesquioxidos suficientes para dar colores visiblemente más oscuros, más fuertes o más rojos que los de los horizontes suprayacentes y subyacentes en el mismo secum, pero sin iluviación evidente de hierro y sin relación genética con los horizontes B que llenan los requisitos establecidos en los numerales 1 o 2 en el mismo secum. 4. Alteración de materiales a partir de su condición original en el secum, que carece de las condiciones definidas en los numerales 1, 2 y 3, que destruye la estructura de roca originar, forma arcillas silicatada, libera óxidos, y que forma una estructura granular de bloques o prismática, si las texturas son tales que las variaciones en esta propiedad están acompañadas de cambios de humedad.

No existe una propiedad diagnóstica universal o localización en el perfil que sea satisfactoria para identificar todos los horizontes B, aunque ordinariamente el horizonte B está bajo el horizonte A. Sin embargo, el horizonte A puede haber sido truncado. Generalmente el horizonte B lleva alguna nomenclatura de subhorizonte que, a juicio de la persona que describe el suelo, caracteriza mucho mejor la condición.

B1. Horizonte de transición entre B y A1 o entre B y A2, que está dominado por propiedades de un B2 subyacente pero que tiene algunas propiedades subordinadas de un A1 o un A2 suprayacente.

Es necesario tener un horizonte A1 o A2 suprayacente y un horizonte B2 subyacente para caracterizar un horizonte B1, a menos que se compruebe una erosión acelerada o efectos del cultivo.

B y A. Cualquier horizonte que se califique como B en más del 50% de su volumen, pero que incluye partes que lo califican como A2.

El uso de esta nomenclatura es semejante al del horizonte A y B, só lo que el cuerpo del horizonte B forma más del 50% del horizonte.

B2. Aquella parte del horizonte B en donde las propiedades en las cuales está basado el B aparecen sin características subordinadas claramente expresadas, que indiquen que el horizonte es transicional a un A suprayacente o a un C o R inmediatamente subyacente.

Esta nomenclatura se emplea para denominar el horizonte que tiene la característica que define más claramente el horizonte B. Las características varían de un suelo a otro. En algunos perfiles la parte más fuertemente expresada del horizonte B, que corresponde a lo que se llamaría un B2, tiene características expresadas en menor grado que los horizontes B3 o B1 de otros perfiles. La designación de un horizonte B2 se usa estrictamente en referencia a un perfil particular.

- B3. Es un horizonte de transición entre B y C o R, en el cual las propiedades diagnósticas de un B2 suprayacente se expresan claramente, pero a la vez están asociadas con propiedades características de un C o un R. Un horizonte B3 se designa únicamente si existe un B2 suprayacente.
- C. Es un horizonte o una capa mineral que excluye la roca madre, la cual puede ser igual o diferente al material del que se presume se ha formado el solum que está relativamente poco afectado por los procesos edafogenéticos y con ausencia de propiedades diagnósticas de A o de B, pero que incluye materiales modificados por: 1. Intemperización fuera de la zona de mayor actividad biológica. 2. Cementación reversible, desarrollo de fragilidad de densidad bruta alta y de otras propiedades características de los fragipanes. 3. Gleización. 4. Acumulación de carbonatos de calcio o magnesio o de sales más solubles. 5. Cementación por acumulación de carbonatos de calcio, magnesio o sales más solubles. 6. Cementación por material silíceo soluble en álcali o por hierro y Silicio.

Se permiten muchos tipos de alteración en el material designado como horizonte C. Alteraciones por intemperización química en la profundidad del suelo son aceptables comúnmente en los horizontes C; sin embargo, se excluye por lo general la alteración influida biológicamente. Las acumulaciones de carbonatos, yeso o sales más solubles se permiten en los horizontes C cuando se consideran de poca importancia. Se permite la cementación por tales materiales y su presencia se indica por medio del sufijo m. El uso actual de C puede incluir las antiguas designaciones D y G (Soil Survey Staff, 1951). El horizonte C ha sido llamado a menudo material parental del solum. Esto es erróneo y es más correcto decir que es similar al material a partir del cual se presume que el horizonte A y B ha sido formado. Aun en el uso actual del C no se interpreta correctamente esta particularidad, como se verá en el estudio de discontinuidades litológicas. Las designaciones C1 y C2, tal como se definieron en el Manual de reconocimiento de suelos (Soil Survey Staff, 1962), han sido descontinuadas.

- R. Es la roca madre consolidada y subyacente, como granito, arenisca o caliza. Si se presume que es semejante a la roca madre a partir de la cual se formó el horizonte o capa superior adyacente, se emplea el símbolo R. Si se presume que es diferente al material suprayacente, la R debe ir precedida por un número romano que denota una discontinuidad litológica.

#### SIMBOLOS DE LOS SUBHORIZONTES

Para facilitar una expresión más completa de las características de los horizontes de la que es posible con la designación de los horizontes principales, se utilizan los siguientes símbolos (las definiciones han sido tomadas, en parte, del Soil Survey Staff, 1962).

b: Horizonte de suelo sepultado

Este símbolo se adiciona a la designación del horizonte principal de

uno o varios horizontes genéticos sepultados. Los horizontes de otro solum pueden o no formarse en el material suprayacente, el cual puede ser similar o diferente al material matricial, que se presume corresponde al suelo sepultado.

ca: Acumulación de carbonatos de terrenos alcalinos generalmente de calcio.

Este símbolo se aplica a los horizontes A, B o C. La presencia de carbonatos secundarios solos no es adecuada para justificar el uso del símbolo. El horizonte debe tener más carbonatos que los que se presume pudo haber tenido el material original.

cs: Acumulación de sulfato de calcio  
Este símbolo se utiliza en forma similar al de ca.

cn: Acumulaciones de concreciones o de nódulos no concrecionarios duros, enriquecidos en sesquióxidos, con o sin fósforo.

Los nódulos indicados por el símbolo cn deben ser duros, cuando es tan secos; pero necesitan no estar endurecidos irreversiblemente.

La descripción del horizonte debe caracterizar a los nódulos. Los nódulos, concreciones o cristales no se califican como cn si se trata de dolomita o de sales más solubles; pero si, si son de hierro, aluminio, manganeso o titanio.

f: Suelo congelado  
El sufijo f se utiliza para indicar un suelo que está congelado permanentemente.

g: Gleización fuerte.  
El sufijo g se utiliza con la nomenclatura de los horizontes para indicar reducción intensa de hierro durante el desarrollo del suelo o condiciones de reducción debidas al agua estancada, lo que se comprueba por los colores de base que se aproximan al neutro (tonos cromáticos generalmente menores o iguales a 2), con o sin motas.

Los matices más azules que 10A indican también gleización fuerte en algunos suelos. Los horizontes de pureza baja en los cuales el color se debe a partículas de arena o limo, sin revestimientos, no se consideran fuertemente gleizados. Aunque el fenómeno de gleización generalmente está asociado con humedad excesiva, especialmente en presencia de materia orgánica, la humedad en sí misma no es un criterio de gleización. El símbolo g se puede aplicar a cualquiera de los símbolos principales de los horizontes minerales.

h: Humus iluvial  
Acumulaciones de materia orgánica iluvial descompuesta, que aparecen en forma de recubrimientos oscuros sobre partículas de arena o limo, o como gránulos oscuros discretos del tamaño del limo, se indican con la letra h. Esta condición se expresa sólo como una subdivisión del horizonte B.

ir: Hierro iluvial  
Las acumulaciones de hierro iluvial que aparecen como recubrimien-



tos sobre partículas de arena o limo, o como gránulos del tamaño del limo, se indican con las letras ir. En algunos horizontes los recubrimientos se juntan, llenan los poros y cementan el horizonte. La designación ir se utiliza a menudo con la letra h, como en un Bhir o B2hir, para indicar acumulación de hierro y humus.

m: Cementación fuerte, endurecimiento

El símbolo m se emplea como sufijo en la designación de horizontes para indicar cementación irreversible. El símbolo no se aplica a la roca madre endurecida. Contrariamente a la utilización anterior, la m no se utiliza para indicar firmeza, como en los fragipanes, sino que su uso se restringe a horizontes endurecidos que son esencialmente continuos (en más de 90%), aunque puedan estar fracturados.

p: Labranza u otra perturbación.

El símbolo p se utiliza como un sufijo con A para indicar perturbación por cultivo o pastoreo. Aunque el suelo haya sido truncado y la capa arable esté claramente en lo que alguna vez fue el horizonte B, se utiliza la designación Ap.

sa: Acumulación de sales más solubles que el sulfato de calcio.

Este símbolo se puede aplicar a la designación de cualquier horizonte y en su uso es comparable al que se describió para ca o cs.

si: Cementación por material soluble en álcali

Este símbolo se aplica solamente al horizonte C. La cementación puede ser nodular o continua. Si la cementación es continua se utiliza el símbolo sim.

t: Arcilla iluvial

La presencia de cutanes de arcilla en los horizontes B, se indica por medio del sufijo t.

x: Carácter de fragipán +

El símbolo x se utiliza como sufijo con las designaciones de los horizontes para indicar propiedades genéticamente desarrolladas de firmeza, fragilidad, densidad alta y distribución peculiar de arcilla, que son características de los fragipanes. Los fragipanes o partes de fragipanes se pueden clasificar como A2, B o C. Tales horizontes se clasifican como A2, B o C y se utiliza el símbolo x para indicar el carácter de fragipán.

#### OTRAS SUBDIVISIONES DE LOS HORIZONTES

A menudo es necesario subdividir los horizontes con fines no previstos por las designaciones anteriores. Por ejemplo, puede ser necesario subdividir Ap, A1, A2, A3, B1, B2, B3 o C para muestreo o para señalar diferencias menores. Tales subdivisiones pueden incluso ser arbitrarias con respecto a diferencias observables en el campo. Al utilizar números arábigos, se numeran tales subdivisiones consecutivamente, desde la parte superior del horizonte hacia abajo. Por ejemplo: B21, B22, B23. Por convención, si se utilizan sufijos que consisten en letras minúsculas, los números arábigos preceden a tales sufijos, salvo en el caso de p; ejemplo: B21t, C1g, C2g, Ap1, Ap2.

## DISCONTINUIDADES LITOLÓGICAS

Cuando se encuentran en el perfil diferentes capas y la interpretación de los edafólogos es que éstas son el resultado de procesos geológicos más que edafológicos, se utilizan consecutivamente como prefijo números romanos desde la superficie hacia abajo. Un suelo que esté constituido únicamente por una clase de material podría llevar el número romano I como prefijo para todos los horizontes. Por convención, este número se omite en el símbolo, pues se entiende que todo el material es I. Además, el horizonte mineral superficial en un perfil que tenga dos o más materiales contrastantes podría considerarse correctamente como si tuviera el número romano I antecediendo a su símbolo, de suerte que se omite por convención y la numeración comienza con la segunda capa de material contrastante, que se designa II. Este procedimiento anula el uso de C1, C2, C3, etc., en el sentido en que se define en el Manual de reconocimiento de suelos (Soil Survey Staff, 1951), puesto que en el horizonte C cualquier cambio puede considerarse geológico. El C1, C2, C3, etc., podría ser ahora C, IIC, IIIC, etc., en el caso en que se piense que el horizonte C tiene el mismo origen geológico que los horizontes A y B. El uso de los números romanos no está restringido al horizonte C y cuando se encuentran cambios litológicos en el solum puede hallarse la siguiente secuencia: Ap, A2, B1, B2, IIB2, IIB3, IIC, IIIC, en donde, por ejemplo, el material original desde el horizonte Ap hasta el horizonte B2 fue loess, el material original del IIB2 hasta el horizonte IIC es aluvial y el IIIC se considera sedimento lacustre.

## HORIZONTES DIAGNOSTICOS PARA LA CLASIFICACION

Actualmente se está utilizando una nomenclatura descriptiva de una naturaleza más cuantitativa para describir y denominar los suelos. Esta nomenclatura es una parte intrincada del Sistema Completo de Clasificación (Soil Survey Staff, 1960, 1969). A continuación se anotan definiciones breves de algunos de los términos que se están empleando actualmente. Se advierte al lector que estas definiciones no son completas, sino versiones muy abreviadas. En muchos casos aún se están debatiendo y revisando las definiciones; pero es dudoso que cambie el significado básico adjunto a cada término contenido en este material. También se previene al lector para que antes de utilizar un término en cualquier publicación, tesis, etc., se remita a la definición original dada en la 7ª Aproximación y en otras publicaciones del departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

### Epipedones

Los epipedones son simplemente los horizontes más superficiales del suelo. El epipedón no es sinónimo del horizonte A y puede ser más delgado que el horizonte A o puede incluir alguna parte del horizonte B.

### Epipedón mólico:

Es un horizonte superficial que, cuando se mezcla hasta una profundidad de 17.5 cm (7 pulgadas), contiene más de 1% de materia orgánica y presenta valores de color más oscuros que 5.5 en seco y 3.5 en húmedo. La estructura

- Epipedón antrópico:** no puede ser masiva ni dura. La saturación de bases es superior al 50%. Es un horizonte superficial, como el epipedón mólico, pero contiene más de 250 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en ácido cítrico.
- Epipedón úmbrico:** Es un horizonte superficial, como el epipedón mólico, pero con una saturación de bases menor del 50%.
- Epipedón hístico:** Es un horizonte superficial que contiene más de 20 a 30% de materia orgánica, según el contenido de arcilla y que está saturado con agua por 30 días en alguna estación del año, a menos que esté drenado artificialmente. Si está drenado es más delgado que 30 cm (12 pulgadas), pero si no está drenado artificialmente, debe tener al menos 45 cm (18 pulgadas) de espesor.
- Epipedón ócrico:** Es un horizonte superficial de colores claros, con valores de color mayores de 5.5 en seco y mayores de 3.5 en húmedo y con un contenido de materia orgánica inferior al 1%.
- Epipedón de plaggen:** Es un horizonte superficial creado por el hombre, que tiene más de 50 cm (20 pulgadas) de espesor y que ha sido formado por adiciones de abono durante muchos años.

#### Horizontes diagnósticos subsuperficiales

- Horizonte argílico:** En general, es un horizonte B que tiene por lo menos de una a dos veces más arcilla que algún horizonte superior o 3% más de arcilla si la capa eluvial tiene más de 15% de arcilla, o más de 8% de arcilla, si la capa eluvial tiene más de 40% de arcilla. Se forma por iluviación de la arcilla y se observan generalmente argilanes de iluviación, a menos que haya evidencia de cutanes de presión. El horizonte debe tener 1/10 del espesor de todos los horizontes suprayacentes o más de 15 cm (6 pulgadas), cuando estos son más delgados.
- Horizonte árgico:** Este horizonte se forma directamente bajo la capa arable y tiene arcilla y humus acumulados en forma de láminas gruesas y oscuras, a tal punto que ocupen por lo menos el 15% del volumen del suelo.
- Horizonte nátrico:** Este horizonte llena los requerimientos de un horizonte argílico, pero tiene también estructura prismática o columnar y más del 15% de la capacidad de intercambio catiónico está saturada por sodio.

- Horizonte espódico:** Este horizonte tiene una acumulación iluvial de sesquióxidos libres y de materia orgánica; hay muchas limitaciones específicas que se relacionan con el Al, el Fe, las materias orgánicas y las relaciones de arcilla, dependiendo que el horizonte suprayacente sea virgen o cultivado.
- Horizonte cámbico:** Este es un horizonte subsuperficial con indicios leves de horizonte argílico o espódico, pero no lo suficiente para calificarlo como cualquiera de ellos; por ejemplo, tiene menos de una a dos veces el contenido de arcilla que un horizonte suprayacente.
- Horizonte óxico:** Este horizonte tiene por lo menos 30 cm (12 pulgadas) de espesor. Está muy intemperizado, con un alto contenido de arcillas 1:1 de baja carga y sesquióxidos, que retienen menos de 10 meq de  $\text{NH}_4^+$  de una solución de 1N de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  o mayor de 10 meq de bases extractables con KCl por 100 gramos de arcilla. Sólo tiene trazas de arcilla dispersable en agua.

#### Horizontes diagnósticos principales de los suelos orgánicos

- Horizonte fibrico** (Denominado anteriormente turba). Las fibras forman más de las 2/3 partes de la masa cuando el suelo está intacto y el material da una solución casi clara cuando se somete a extracción con pirofosfato de sodio.
- Horizonte hémico:** (Denominado anteriormente turba muck o muck turboso). Cuando el suelo no está cultivado, 1/3 a 2/3 de la masa total está compuesta de fibras (estado de descomposición intermedio entre los horizontes fibrico y sáprico).
- Horizonte sáprico:** (Denominado anteriormente muck). En condición intacta, menos de 1/3 de la masa está compuesta por fibras identificables y produce extracción de pirofosfato de sodio con colores más bajos en valor y superiores en pureza (tono) que 10AR<sup>7</sup>/3.

#### Otras características macroedafológicas

Además de los horizontes diagnósticos principales se han reconocido y denominado otras capas u horizontes y macrocaracterísticas en el nuevo sistema de clasificación. Estas características se utilizan generalmente como criterios diagnósticos a un nivel categórico del sistema de clasificación algo más bajo que en el caso de los horizontes diagnósticos subsuperficiales y de los epipedones.

- Fragipán:** Estas capas del subsuelo son de alta densidad bruta, quebradizas cuando están húmedas y muy

- duras cuando están secas. El fragipán no se ablanda con el humedecimiento, pero se puede romper con las manos. Los pedas secos al aire se desmoronan en agua.
- Horizonte cálcico:** Esta capa tiene una acumulación secundaria de carbonatos, generalmente de calcio o magnesio, en exceso del 15% de equivalente de carbonato de calcio y contiene al menos 5% más de carbonato que una capa subyacente.
- Horizonte petrocálcico:** Este es un horizonte cálcico endurecido. Presenta dureza de 3 o más (escala de Mohs) y por lo menos la mitad de éste se rompe cuando se sumerge en ácido, pero no en agua.
- Horizonte gípsico:** Es un horizonte enriquecido en sulfato de calcio, y contiene por lo menos 5% de sulfato de calcio más que el material subyacente.
- Plintita:** Este es un horizonte pobre en humus y rico en sesquióxidos, que se endurece irreversiblemente hasta formar panes de material petroférrico o agregados por humedecimiento y secado repetidos. Las porciones rojas y endurecidas de la capa son generalmente moteadas con cuerpos amarillentos, grisáceos o blancos.
- Horizonte sálico:** Es un horizonte de enriquecimiento en sales solubles secundarias (más de 2 a 3%, según el espesor).
- Horizonte álbico:** Es un típico horizonte A2 con ciertas limitaciones de color.
- Contacto lítico:** Es un límite entre el suelo y un material subyacente totalmente coherente que tiene dureza mayor de 3 en la escala Mohs.
- Contacto paralitoide:** Es un límite entre el suelo y un material coherente subyacente con un dureza menor de 3 en la escala de Mohs.
- Duripán:** Es un horizonte subsuperficial que presenta cementación por silicio por lo menos en la mitad de su masa. Los pedas secos al aire no se desmoronan en agua.
- Permafrost:** Es una capa continuamente congelada.
- Materiales límnicos:** Son materiales orgánicos o inorgánicos depositados en agua por la acción de organismos acuáticos o derivados de organismos subacuáticos y flotantes. La marga, la tierra diatómea y la turba sedimentaria (material coprógeno) son considerados materiales límnicos.

Además se utiliza la siguiente nomenclatura para horizontes superficiales arenosos y espesos:

- Horizonte arénico:** Es un horizonte arenoso fino franco, o de textura más gruesa con más de 50 cm (20 pulgadas) de espesor sobre un horizonte argílico.

**Horizonte grosarénico:**

Es un horizonte arenoso fino margoso o de textura más gruesa con más de 100 cm (40 pulgadas) de espesor sobre un horizonte argílico.

**Horizonte para suelos orgánicos:**

**Fibric.**- Antiguamente "Peat", más de 2/8 de la masa del horizonte está compuesta de material fibroso, cuando se trata con pirofosfato de sodio da una solución casi transparente.

**Hemic.**- Antiguamente "Mucky Peat" o "Peaty Muck"; la masa del horizonte tiene entre 1/3 y 2/3 de material fibroso; es una condición intermedia de descomposición entre Fibric y Sapric.

**Sapric.**- Antiguamente "Muck"; más de 1/3 del horizonte está compuesto de materiales orgánicos en los que no se puede identificar la figura original; el extracto en una solución de pirofosfato de sodio tiene colores más bajos en value y más altos en chroma que 10YR7/3.

## 2. CLASIFICACION DE SUELOS

### a) Generalidades

Clasificación es el arreglo sistemático de objetos en grupos, tomando como base las similitudes y/o diferencias, cualitativas y cuantitativas que los caracterizan.

Sistemáticamente se dan grados de semejanzas en el arreglo de las propiedades que particularizan una clase. Por lo cual se forma un sistema jerárquico de clasificación. Dado que en él se agrupan a las clases individuales en categorías o jerarquías.

Los sistemas de clasificación de suelos son herramientas útiles para arreglar en clases, la variación de las características de las propiedades de los individuos suelos\* con el propósito de obtener un marco científico que nos sirva para:

- Organizar sistemáticamente los conocimientos adquiridos acerca de la génesis, evolución y uso del suelo.
- Facilitar la comunicación de los conocimientos acerca del suelo.
- Diferenciar las características de los suelos y facilitar la comparación entre ellos.
- Ayudar a la comprensión de las relaciones entre los suelos y su ambiente natural.

### b) La clase

Para el caso de los sistemas de clasificación de suelos la "clase" como unidad taxonómica es la base fundamental de

\*En adelante se utilizará el término "Perfil de suelo" por el de "Individuo suelo" debido a que estamos de acuerdo con Cuanalo, H. 1971, en el sentido de que es el perfil de suelo lo que se observa y clasifica y no los "Individuos suelo".

la misma ya que ella integra un grupo de individuos (clases - individuales) o también grupos de clases (categorías), por su similitud a partir de un conjunto de propiedades previamente seleccionadas.

Cline. M.G. 1949 (Cortes, 1976 op.cit.) explica el concepto de clase en los siguientes términos: "Uno puede visualizar una clase como un grupo de individuos unidos a un núcleo central por similitud de varias intensidades, al centro del grupo está el individuo modal, en el cual las características modales de las propiedades se encuentran tipificadas. En las inmediaciones del núcleo central, se encuentran algunos individuos tan fuertemente similares al modal que no existen dudas de su pertenencia a la clase. Al margen del núcleo central existen algunos otros individuos menos semejantes con el modal, pero más fuertemente ligados por similitud a éste, que al individuo modal de cualquier otra clase".

Las características modales son las propiedades que se presentan con mayor frecuencia dentro de la clase, o sea, las de máxima frecuencia y por tanto son las que identifican al grupo.

El individuo modal es aquel que posee la mayor cantidad de propiedades modales.

Dentro de las clases existe un margen de variación en las características de los individuos que la constituyen, dicho margen se establece tanto entre el individuo central o modal con los más diferentes a éste, como entre cada uno de los individuos más diferentes entre sí.

Dado que es común que los perfiles de suelos no presenten límites claros y precisos en forma natural, sino que casi siempre estos se dan por definición, las clases en las que se agrupan están sujetas a definiciones supuestas; esto es más claro en la medida que se pretenda que los individuos de una clase tengan mayor intensidad en las semejanzas.



Algunos investigadores (Bidwell y Hole, 1964; Morris 1972; Cuanalo 1972) han intentado por medio de diversas técnicas, en contrar los perfiles modales de suelo alrededor de los cuales se agrupen otros individuos, formando así las clases naturales de suelo, según el concepto expuesto por Cline; ellos han hallado que no se encuentra tal agrupamiento en torno a un individuo modal, excepto, posiblemente, a niveles altos de generalización (por ejemplo Orden o Sub-orden) de los sistemas jerárquicos de clasificación. En complemento de lo anterior se afirma:

Que primero se conciben las clases, atendiendo a un conjunto de criterios orientadores, y después se asignan los individuos como elementos constituyentes de la clase (Knox 1965); y que se hace una interpretación de la variación de los suelos, ayudados por elementos ajenos a éste, la cual expresamos, en términos de clases de suelo (Cuanalo 1972).

Al sistematizar la variabilidad de los suelos en clases, se pretende que dentro de ellas, la variación en las características de las propiedades seleccionadas sea menor con respecto a la variación total. Asimismo que las clases puedan ser consideradas como un todo, esto es, que puedan hacerse juicios atribuibles a todos los miembros de la clase.

Para seleccionar las propiedades de los suelos que se utilizarán en la formación de las clases, se tienen que considerar:

- Las que tengan relación con los diferentes usos del suelo.
- Las que nos proporcionen conocimientos acerca de la génesis y de los procesos de formación del suelo.
- Aquellas cuyas características sean lo suficientemente importantes para servir de criterio, en la formación de las clases y finalmente.

- Aquellas características perdurables, que se mantengan inmutables tanto al uso humano como a la acción del tiempo.

De las propiedades seleccionadas, aquellas que definen la identidad de la clase, se les denominan PROPIEDADES DIFERENCIA DORAS. Las propiedades cuyas características dependen directamente de las anteriores y que no intervienen en la formación de las clases, pero que son importantes para definir criterios y juicios que pueden hacerse sobre la clase, se les denomina como PROPIEDADES ACCESORIAS. Excepcionalmente se presenta otro grupo de propiedades, en la que las características no dependen de las propiedades diferenciadoras; no son importantes para la formación de la clase y tienen poca importancia con relación a los juicios que puedan hacerse de la clase, se les denominan PROPIEDADES ACCIDENTALES (Cline, 1949).

Si se considera la clase como un grupo de miembros unidos alrededor de un individuo modal cuando muchas propiedades son variables, el individuo modal puede ser definido no sólo en términos de un valor de la característica de diferenciación, sino también en términos de valores de todas sus características accesorias. La clase como un todo puede ser definida con precisión en términos de:

- Los valores de la característica de diferenciación y de las características accesorias del individuo modal y
- Las desviaciones respectivas de esos valores dentro del rango de cada clase.

Los valores medios de la característica de diferenciación y de las características accesorias derivadas de una muestra de la clase definen el individuo modal. Sus desviaciones standard definen la variabilidad de la clase.

Las clases de suelo se definen entonces por la descripción precisa de las características de las propiedades diferencia-

doras y por la magnitud de la variación de estas dentro de la clase. Por ejemplo, pertenecen a la unidad de suelo (Clase) Chernozem del sistema de clasificación FAO-UNESCO, "todos aquellos suelos que tengan horizontes A mollic, con intensidad (Chroma) del color menor o igual a 1.5 en un espesor de por lo menos 15 cm; que tenga un horizonte calcic o concentraciones suaves y pulverulentas de cal dentro de los 125 cm superficiales". Ver el cuadro siguiente

Cuadro 1 Características de las propiedades de los suelos en la unidad de suelo Chernozem (FAO-UNESCO). Tomado de Cortes, 1976.

Propiedades diferenciadoras	Características cuantitativas	Características cualitativas
Color de hzte. superficial	Int. (Chroma) 1.5	
Materia orgánica de hat. superficial	1.0% 20%	
Estructura del hzte. superficial.	Sin especificar	No sea ni masiva ni compacta
CaCO <sub>3</sub>	15% de CaCO <sub>3</sub> equivalente y 5% que los horizontes suprayacente	Mezclados en todo el horizonte o acumulaciones sectoriales
CaSO <sub>4</sub>	5% que los hzte. suprayacentes	(Nódulos o concreciones).

Las demás características de los suelos Chernozem pueden variar sin que se afecte su exclusividad a esta clase. Por ejemplo, pueden existir suelos Chernozem que posean horizontes B

argílicos sin que esto afecte su ubicación en ella, ya que, la presencia o ausencia de un horizonte B argílico no es una propiedad diferenciadora, para dicha clase, sin embargo, sí lo es, para la sub-unidad de suelos (FAO-UNESCO) Chernozem Lúvico, la cual es otra clase a un nivel diferente en este sistema.

- Sistemas de Categorías Múltiples

Cuando una población es tan diversa que cualquier agrupación individual o única falla en mostrar las relaciones deseadas, se pueden subdividir las clases formadas para mostrar más relaciones. Así en el siguiente ejemplo se define tal situación.

Categoría	Característica de Diferenciación	C l a s e s	
2	Color	Claro	Oscuro
1	Reacción	ácido alcalino	ácido alcalino

Una categoría de tal sistema se forma por una serie de clases diferenciadas en base a un solo conjunto de criterios. La categoría debe incluir todos los casos; así los grupos dentro de una categoría, son clases a un nivel definido de abstracción. Las clases de la categoría 2 en el ejemplo constan de grupos de clases de la categoría 1. Ambas incluyen todos los individuos de la población. El significado técnico del término categoría en clasificación no debe ser confundido con el de clase. Ver figura 5a.

En un sistema de categorías múltiples la homogeneidad de las clases se incrementa de las categorías altas a las bajas.

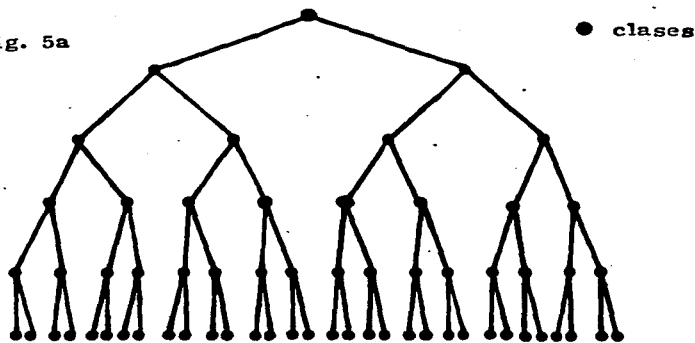
En el ejemplo anterior las clases de la categoría 2 son diferenciadas en base al color. La reacción es una característica puramente accidental en esta categoría y no es posible hacer afirmación alguna acerca de ella. Sin embargo, cada clase de la categoría 2 se subdivide en base a la reacción del suelo. Cada una de estas cuatro clases puede ser definida en términos de:

- Las características de diferenciación y las accesorias de la categoría 2, más
- La propiedad de diferenciación de la categoría 1 y todas sus características accesorias. En cualquier sistema de categorías múltiples, sin tener en cuenta el número de categorías, las propiedades que son homogéneas en una clase dada consisten de características de diferenciación y accesorias de esa categoría y de todas las características por encima de ésta. El mayor número de afinidades puede ser hecho en relación a las clases de la categoría más baja y el menor número acerca de las unidades de la categoría más alta. Las categorías en las cuales se han acumulado pocas características de diferenciación y accesorias están a un alto nivel de abstracción y tienen rango categórico alto; aquellas en las cuales se han acumulado muchas características están a un nivel bajo de abstracción y tienen rango categórico bajo. La homogeneidad de las clases se incrementa con el decrecimiento de abstracción y rango categórico. Ver figura 5b.

c) Los sistemas de clasificación y el desarrollo del conocimiento

Cline (1949; citado por Smith, 1965) expresó: "El propósito de cualquier clasificación es el de organizar el conocimiento de tal manera que las propiedades de los objetos puedan

Fig. 5a



NIVELES CATEGORICOS

Fig. 5b

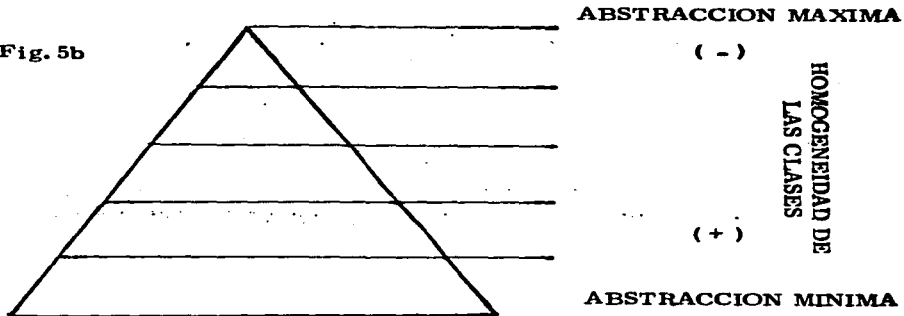


Figura 5a. Arbol taxonómico de clases cuya agrupación define - las categorías del sistema.

Figura 5b. Pirámide Taxonómica que define diferentes niveles de abstracción o categorías.

ser recordadas y se puedan entender más fácilmente sus relaciones mutuas con un fin específico. Este proceso involucra la formación de clases a través del agrupamiento de los objetos en base a sus propiedades comunes. En cualquier sistema de clasificación el más útil es aquel que se hace en grupos acerca de los cuales, es posible hacer el mayor número de afirmaciones, así como las más exactas y las más importantes desde el punto de vista del objetivo. Como sucede generalmente que las cosas que son importantes para un objetivo, por rareza son importantes para otro, casi nunca un sistema único sirve igualmente bien para dos objetivos".

De las afirmaciones de Cline se deducen tres hechos importantes:

- Una clasificación es la organización del conocimiento del momento. Por consiguiente, tal clasificación no será mucho mejor que ese conocimiento y requerirá con toda seguridad de ciertos cambios a medida que el conocimiento cambia.
- Una clasificación tiene un objetivo. Es hecha por el hombre con algún propósito y la naturaleza de éste es importante para el diseño de la clasificación.
- El proceso de elaboración de la clasificación involucra la agrupación de objetos en base a sus propiedades comunes.

De acuerdo con los conceptos anteriores, el fin de una clasificación natural, es el de organizar el conocimiento de tal forma, que el nombre de cada clase ponga en valor muchas características y relacione cada grupo de ellas con todos los demás. El objetivo básico sería la de mostrar relaciones entre el mayor número posible de características importantes que se tienen en un momento para un objeto dado.

El Sistema Natural de Clasificación realiza la tarea, sumamente importante, de organizar, nombrar y definir las clases que se usan como las unidades básicas del sistema para:

- Identificar los objetos de investigación
- Organizar los datos de la investigación de tal manera que se puedan describir relaciones entre todos los objetos
- Formular generalizaciones de la población, a partir de estas relaciones y
- Aplicar estas generalizaciones a casos específicos que no se han estudiado directamente. Ninguna otra agrupación proporciona tales unidades; este hecho coloca la clasificación natural aparte de todas las otras agrupaciones.

Así por ejemplo, dadas las clases de la categoría más baja de la clasificación natural es posible manejarlas de acuerdo a varios propósitos técnicos. Por ejemplo, un pedólogo podría agrupar clases de suelos de la categoría más baja para lograr una muestra representativa de condiciones específicas fijación de nitrógeno; o también para descubrir relaciones genéticas o, para indicar valores geotécnicos a ingeniería en la construcción de carreteras. Estos son sistemas técnicos de clasificación, que se dan para un objetivo limitado. Aunque solamente unas pocas propiedades deben ser homogéneas en las clases que se agrupan para cualquier objetivo, solamente las clases de la categoría más baja de la clasificación natural proporcionan unidades que son homogéneas con respecto a la variedad de propiedades importantes para el gran número de objetivos para los cuales se hacen las agrupaciones.

d) La unidad de clasificación

La unidad de clasificación es el conjunto de clases que pueden formarse dentro de un mismo grado de magnitud en seme-



janza y variabilidad (con características de propiedades seleccionadas); o sea que, dentro de las clases que constituyen una unidad de clasificación, las características de las propiedades diferenciadoras, deberán tener una variabilidad de magnitud semejante.

La unidad de clasificación es entonces equivalente al término "categoría". Una categoría esta compuesta por un grupo de clases a un mismo nivel de abstracción o generalización. Por ejemplo, las unidades de clasificación o categorías en el sistema de clasificación 7o aproximación del USDA son: Orden, Sub-orden, Gran grupo, Sub-grupo, Familia y Serie.

Para realizar la clasificación de los suelos de una región de decidir el sistema de clasificación a utilizar y la unidad de clasificación o categoría que requerimos. El siguiente paso es diseñar un sistema por medio del cual seleccionar los perfiles de suelo (muestra de la población) que habremos de estudiar, para identificar las clases existentes, o formar las que sean necesario establecer.

Los conocimientos que proporciona la génesis de suelo, son básicos para orientar en la elección de sitios en donde encontrar perfiles de suelos diferentes. El número de perfiles por estudiar (tamaño de la muestra), dependerá de la variabilidad de los suelos y de la escala a la que se trabajará.

Cuando en la clasificación de los suelos se utilizan unidades de alto nivel de generalización o abstracción (Orden, Sub-orden...), en las cuales las clases de suelos que las forman están definidos, la comparación entre los perfiles estudiados y las descripciones de las clases, permiten situar en municipios a los perfiles como miembros de cualquiera de ellas. En caso contrario se pueden presentar los siguientes problemas:

Algunos de los perfiles de suelos estudiados no quedan colocados en ninguna de las clases descritas. En tal caso se sugiere la necesidad de crear nuevas clases. Sin embargo, muchos de los sistemas de clasificación tienen ya clases definidas para que puedan entrar en ella los suelos que no han cotejado con las otras clases, lo cual resuelve el problema inmediato de su clasificación.

Algunos de los suelos se pueden considerar como miembros de más de una de las clases definidas, lo cual señala deficiencias en la exclusividad de los atributos de las clases.

Los dos casos han sido y son, entre otros, los que han justificado la revisión y perfeccionamiento de los sistemas de clasificación, obligando a la modificación de las definiciones de las clases y la creación de nuevas clases.

Quando la clasificación de los suelos se hace a bajos niveles de generalización (Serie de suelo), la ubicación de los suelos estudiados dentro de la clase, presentan las siguientes situaciones:

Quando existen muchas clases definidas y ordenadas sistemáticamente, la clasificación de los suelos estudiados, en cualquiera de ellas, puede presentar los mismos problemas que se plantearon para la clasificación en altos niveles de abstracción.

Quando no existen muchas clases definidas, o aún, cuando existiendo, no estén ordenadas sistemáticamente o, bien que éstas, hayan sido formadas sin orden la clasificación de los suelos tendrá un carácter "sui genesis" puesto que se tendrá que interpretar y agrupar en forma propia las variaciones de los suelos en clases.

### 3. LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE CLASIFICACION

Aunque muchos países, han desarrollado sus propios sistemas de clasificación de suelos, los principales por la impor-

tancia de su área de influencia son:

a) El sistema de clasificación de FAO/UNESCO.

Este fué diseñado (Dudal, 1968) con el propósito de realizar el inventario de los suelos del mundo. Se establecieron dos categorías (unidades de suelo y subunidades de suelos); aproximadamente equivalentes a los grandes grupos de suelo del sistema de clasificación de EUA y al tipo de suelo del sistema de clasificación de la URSS. Las subunidades de suelo se han establecido por estados de transición de una unidad a otra, o por la presencia de horizontes especiales. Se basa en los horizontes de diagnóstico del sistema EUA.

b) El sistema de clasificación de suelos de la URSS.

Este sigue con las ideas de Dokuchaiev y Sibertsev. Tiene un fuerte énfasis genético, resaltando las propiedades y proceso de formación del solum en relación con los factores de formación, sus características se resumen en el cuadro 2b. (Buol, 1973).

c) El sistema francés.

Este no sólo se usa en Francia, sino también, en muchas partes de Europa, está basado en el sistema de Dokuchaiev.

Los principios en los que se apoya pueden resumirse en:

- El grado de evolución de perfil (de menos a más evolucionado, perfiles con horizontes: AC a(B)C ABC. La (B) indica horizonte con una coloración débil, sin acumulación de arcilla.
- Se consideran las características de todo el perfil, con énfasis en las alteraciones del tipo de humus, el complejo de absorción, la estructura y la humedad.

- Las propiedades debidas a condiciones hidromórficas son consideradas y ordenadas en las categorías a altos niveles de abstracción.
- El grado de lixiviación es considerado, para la diferenciación de clases en categorías a bajos niveles de generalización. (Buol, 1973; Aubert, 1968).

d) El sistema de clasificación usado en E.U.

Es el denominado 7a. aproximación, se constituye por seis categorías que se resumen en el Cuadro 2a (Buol, 1973).

Cuadro 2a Naturaleza de las características diferenciadoras de las categorías en el sistema de clasificación de suelos E.U. (Buol 1973).

Unidades de Clas. o categorías	No. de Clases	Naturaleza de las Características Diferenciadoras
Orden	10	Procesos formadores de suelos, indicados por la presencia o ausencia de horizontes de diagnóstico mayores (Mollic, Argillic..).
Sub-orden	47	Génesis homogénea. Subdivisión de órdenes de acuerdo con la presencia o ausencia de características asociada a la humedad; régimen de humedad del suelo; principal material parental; y efectos de la vegetación como indicador de algunas propiedades. Por ejemplo, el estado de descomposición de los materiales orgánicos en los Histosols.
Gran-grupo	206 Aprox.	Subdivisiones de los subórdenes de acuerdo a la intensidad de la similitud, en el arreglo y grado de expresión de los horizontes con énfasis en la secuencia superficial, regímenes de temperatura y humedad del

Cuadro 2a (Continuación)

Unidades de Clas. o categorías	No. de Clases	Naturaleza de las Características Diferenciadoras
		del suelo; presencia o ausencia de horizontes de diagnóstico no mayores (Plintico, Fragipan, Duripan.....).
Sub-grupo		Clases que expresan el concepto central del gran grupo, o transiciones a otros grandes grupos, subórdenes, o degradaciones a no suelo.
Familia		Propiedades importantes para el crecimiento de las plantas; las clases texturales promedio de todo el perfil o del solum; la mineralogía dominante en el solum media anual de la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad.
Serie	10,000 Aprox. en E.U.	Tipo y arreglo de los horizontes; color, textura, estructura, consistencia y la relación que guardan los horizontes dentro del perfil; propiedades química y mineralógicas de los horizontes.

Cuadro 2b Criterios usados para formar las categorías en el sistema de clasificación de suelos en la URSS.

Unidades Clas. o categorías	No. de Clases	Criterios utilizados para formar las categorías
Clases	12	Clases definidas de acuerdo a amplios regímenes de temperatura.
Sub-clases	4	Subdivisiones de las clases de acuerdo a condiciones particulares del clima (principalmente humedad).

Cuadro 2b (Continuación)

Unidades Clas. o categorías	No. de Clases	Criterios utilizados para formar las categorías
Tipo	110 Aprox. en URSS	Son suelos desarrollados en fracciones bioclimáticas y condiciones hidrológicas simples. Son suelos con un origen común así como acumulaciones y transformaciones de sustancias semejantes. La definición y diagnóstico de las clases de suelos en esta categoría están basadas en la morfología del perfil, composición química y mineralógica, composición de la materia orgánica, características de las fases líquidas y gaseosas, y regímenes de humedad y temperatura del suelo.
Sub-tipos		Esta categoría está compuesta por clases de suelo que subdividen a los tipos de acuerdo a diferencias cualitativas en cualquiera de los procesos formadores de suelo y/o las intensidades con que se reflejan los procesos en los tipos.
Género		Las clases que lo forman son definidas de acuerdo a las propiedades del material parental como se reflejan en la textura, o de los efectos de las composiciones químicas de los residuos del agua. Estos efectos se expresan en la modificación de los horizontes claves.
Especies		Las clases en que se puede subdividir un género de acuerdo al grado de desarrollo o expresión de los principales procesos pedogenéticos (por ejemplo los Podzols son divididos en: débiles, medianos, fuerte y muy fuerte); de acuerdo a la profundidad que han alcanzado los efectos de los procesos pedogenéticos o el contenido de humos del horizonte A1 en los chernozem. Usualmente una o más de las si

Unidades Clas. o ca- tegorías	No. de Clases	Criterios utilizados para formar las categorías
Variedades		<p>güentes propiedades son usadas como diferenciadoras: (1). La cantidad o abastecimiento de algún material expresado en Kg 1 cm o tn/ha; (2). Espesor de ciertos horizontes; (3). Contenido de alguna sustancia específica en algún horizonte</p> <p>Las clases en estas categorías son diferenciadas de acuerdo a la textura.</p>

e) Principales categorías de los sistemas taxonómicos.

De acuerdo con la clasificación usada las categorías taxonómicas, pueden variar, sin embargo los más comunmente usados son la Serie y el Gran grupo.

- La Serie.

Esta unidad es básica en el sistema jerárquico de clasificación de suelos 7ª aproximación. Es la categoría en la cual, las clases que la componen agrupan suelos con el mayor número de características morfológicas semejantes y la variabilidad de ellos dentro de las clases es menor, con relación a las demás categorías del sistema. Esta categoría se forma entonces por las clases que tengan perfiles de suelos con horizontes similares, tanto en su disposición o arreglo dentro del perfil, como en las características de sus propiedades diferenciadoras, con excepción de la textura de la capa superficial y la evolución a partir de un tipo particular de material parental. En síntesis para que un grupo de suelos consti

tuyan una clase al nivel de Serie deberán poseer perfiles con:

- Horizontes similares en las características de: textura (excepto del horizonte superficial), estructura, color, reacción (pH), consistencia, espesor, pedregosidad, porosidad, materia orgánica, sales ( $\text{CO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ .....), cutanes, nódulos, moteados y composición mineralógica.
- Iguales clases de horizontes (A1, B2....) e igual patrón de distribución, de dichos horizontes en el perfil. (Este y el anterior punto constituyen en su conjunto los rasgos morfológicos del perfil).
- Desarrollo a partir de material parental similar, en cuanto a su composición mineralógica, características físicas y tipo o grado de mezcla con otros materiales.

Una diferencia significativa en cualquiera de las tres condiciones expuestas o en cualquier característica de alguno de los horizontes, puede servir de base para la formulación de una Serie de suelo diferente. Sin embargo muy raramente una Serie se diferencia de otra, por una sola de estas características, ya que como están relacionadas genéticamente los cambios son de subconjuntos.

La magnitud permitida en la variación en las características morfológicas de los suelos, se orienta por los criterios siguientes:

- Se debe contemplar que la magnitud de la variación no afecte el desarrollo de la vegetación nativa o de los cultivos desarrollados, o sea que, bajo un mismo sistema de manejo y uso de los suelos éstos se comporten de manera semejante.
- No deberán existir cambios en los procesos pedogenéticos dominantes aún en el caso de materiales parentales diferentes.



Otros tipos de variaciones pueden ser permitidos en las características de los suelos que constituyen una Serie, por ejemplo, profundidad a la roca subyacente, diferentes espesores de los horizontes...; siempre que no se reflejen en cambios abruptos de las características morfológicas de los perfiles.

En cuanto a las propiedades de los suelos que deben ser consideradas como diferenciadoras a nivel de Serie de suelo están las siguientes:

- Aquellas cuyas características tengan relación con el desarrollo de la vegetación nativa o con los cultivos adaptados en la zona.
- Que sus características indiquen claramente el o los procesos pedogenéticos dominantes.
- Las características deberán ser lo suficientemente singulares, para que nos sirvan de criterios en la formación de las Series de suelo, por ejemplo, si en una región todos los suelos son de, textura arenosa a través del perfil: está no podrá ser una propiedad diferenciadora.
- Que las características sean reconocibles en el campo o se infieran fácilmente.
- Que las características sean inmutables a modificaciones por uso del suelo y otras acciones, en el largo tiempo. Por ejemplo, el contenido de nutrientes asimilables por las plantas, rara vez es utilizada como propiedad diferenciadora; debido a que puede ser fácilmente modificada.
- El perfil típico.

Se entiende por perfil típico, aquel que muestra con mayor nitidez las características de las propiedades di-

ferenciadoras mismas que le imparten la identidad a la serie, y que además sea el más parecido a un perfil hipotético que poseyera todas las características, de las propiedades diferenciadoras, situadas al centro de su intervalo de variación. Por ejemplo, si en una serie de suelos el contenido de arcilla de los horizontes B varía entre 25 y 35%; deberá seleccionarse como típico, al perfil que tenga el valor más cercano a 30% de arcilla en el horizonte B.

En la práctica puede presentarse el caso, de que dos o más perfiles tengan características muy cercanas a las del perfil hipotético, pero en propiedades diferentes, por ejemplo que unos sean semejantes al perfil central hipotético en las características de la textura, estructura y pH y, los otros, en las características del color, materia orgánica y conductividad eléctrica. En tales casos se selecciona como perfil típico, aquel que tenga mayor número de características semejantes con el perfil hipotético, sin perder de vista su relación con la identidad de la serie.

Por ello el perfil típico no necesariamente es, el que tenga mayor frecuencia en la serie, ni el que reúne las condiciones medias en las características de las propiedades diferenciadoras. Si utilizamos nuevamente el ejemplo de la variación en el contenido de arcilla de los horizontes B, es claro que, la mayoría de los perfiles en esa serie de suelos, no tienen que tener el 30% de arcilla en el horizonte B; muchos pueden coincidir, pero no necesariamente todos.

#### - El tipo

Hasta hace algún tiempo (1960 aproximadamente) el tipo era considerado, como la unidad de clasificación o categoría de más bajo nivel de generalización o abstracción en el sistema 7a aproximación de E.U. y se definía en los siguientes términos: "El Tipo del suelo es una subdivisión de la Serie basa-

da en la textura del suelo superficial. El nombre para los Tipos de suelo se forma agregando al de la Serie el nombre de la clase textural. En suelos con perfiles que tienen horizontes A, la textura de éste, determina el nombre de la clase a nivel de tipo. En los suelos en donde el horizonte A es muy delgado o poco diferenciado, la textura promedio de la capa arable (15 a 30 cm de espesor) es la base para determinar el nombre de la clase".

"La diferencia entre los Tipos de una misma Serie no es exclusivamente la textura de la capa superior del suelo, ésta determina el nombre, pero al mismo tiempo deberán incluir en su definición, todas las características del perfil que estén asociadas al cambio de textura de la capa superficial". (Soil Survey Staff 1956).

En la actualidad el Tipo de suelo ya no es una categoría en el sistema 7a aproximación de E.U., debido a que en la gran mayoría de los casos, cambios de textura en el suelo superficial está asociado, con cambios en las características de algunas otras propiedades de los horizontes del perfil, los cuales son de magnitud suficiente para definir nuevas Series de suelo.

Cuando los cambios en la textura del suelo superficial no han modificado las características de otras propiedades del perfil y dichos cambios son de importancia para el uso y manejo de los suelos; se incluyen en la definición de las unidades cartográficas como fases de suelo.

- La variante.

Es una clase de suelo a cualquier categoría (por ejemplo, la variante de una Serie), diferente cuando menos en una característica de alguna de las propiedades diferenciadoras. De la clase con la cual se relaciona deriva su nombre, modificado, por el o los rasgos diferenciadores, o por la palabra

"variante". Se define con la precisión requerida para las Fases de Ella.

La Variante de suelo se usa cuando en la cartografía se encuentran suelos de los cuales existen dudas de su pertenencia a una clase ya definida o que cubren extensiones tan reducidas (por ejemplo, el 30% o menos, del total de la extensión cartografiada) que no se justifique, por el momento, la creación de otra clase de suelo. Este recurso, permite que el trabajo de levantamiento no se interrumpa, debido a dichas circunstancias; por otro lado, se deja abierta la posibilidad para que en el futuro, ya sea en el transcurso del propio levantamiento o en la realización de otros, se transformen en las clases de suelo que sean necesarias de establecer, sin tener que recurrir a estudios para ello.

Como se ve la Variante no es una categoría en el sistema jerárquico de clasificación, sino una clase provisional, como recurso empleado en los levantamientos de suelos.

- El gran grupo.

Esta es una categoría intermedia en el sistema de la 7a aproximación, que se constituye por todas las clases que agrupan los mismos horizontes diagnósticos, mayores (Mollic, Argillic...) y no mayores (Plintic, Fragipan...); además de semejanzas en las características morfológicas asociadas en la humedad, temperatura del suelo y vegetación; deben también tener similitud en el arreglo y grado de expresión de los horizontes superficiales y los inmediatos subyacentes a ellos.

f) Las clasificaciones de suelos utilizadas en México.

En México las clasificaciones de suelos más utilizadas son la de la FAO-UNESCO de Dudal (1968), con las modificaciones hechas por la DGGTENAL (1974); la Clasificación del Soil Survey Staff (1960) 7a Aproximación con modificaciones usadas por la misma DGGTENAL y La SARH. La clasificación Francesa propuesta por Douchaufour (1960) y Aubert (1965) fueron estudiadas y

aplicadas hace algunos años en la zona tropical húmeda de México por la SARH, pero en la actualidad ha caído en desuso

Considerando los usos de la clasificación de suelos y atributos deseables podemos ahora si, hacer comparaciones entre la clasificación de suelos de la FAO-UNESCO en comparación con la del Soil Survey Staff las que se presentan a continuación:

Bibliografía

BIDWELL, and HOLE. 1964. An Experiment in the Numerical Classification of some Kansas Soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 28

BOUL, S.W. F.D. Hole, R.J. McCracken 1973. Soil Genesis and Classification Iowa. State University.

CORTES? I.A. 1976. Taxonomía de Suelos. Inst. Geogr. "Agustín Coduzzi. - Subdirección Agrológica, Vol. XXII No. 1 Bogotá, Colombia.

CUANALO, H.E. 1971. El Estudio Empírico del Concepto de la Serie Suelos utilizando un modelo matemático. V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo I. Guadalajara, México.

CUANALO, H.E. 1972. Numerical Studies in Soil Distribution. Ph. D. Thesis Oxford.

CLINE. M.G. 1949. Masie principles of soil classification. Soil Science 67:81.

DOUCHAUFOR P. 1960. Precis de Pédologie. Masson Cie. Paris.

DUDAL, R. 1968. Definition of Soil Units for the Soil Map of the World in World Soil Resources Report 33. FAO. Rome Italy,

FITZ PATRICK, E.A. 1980. Soils. their formation, classification and distribution. Longman. London and N.Y.

JENNY, 1958. Role of the plant factor in the pedogenic function. Ecology 39 (1): 5-16

KELLOG. Ch. E. 1966. Clasificación y Correlación de Suelos en los Estudios Edafológicos. Trad. del Ministerio de Obras Públicas. División de Edafología. Caracas, Venezuela.

KNOX, E.G. 1965. Soil Individual and Soil Classification. Soil Sci. Soc. Am Proc. 29.

SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil Classification a Comprehensive System (7th Approximation) U.S.D.A. Soil Conservation Service, U.S. Govt. Prin. off Washington, D.C.

### CAPITULO III

#### A. EL SISTEMA COMPRENSIVO DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LA - USDA. 7a. APROXIMACION

##### 1. ANTECEDENTES

El inicio del levantamiento cartográfico de suelos y su cl  
sificacion, tuvo en E.U.A., características diferentes a las de  
Europa. El primer sistema de clasificación de los cuatro que -  
hasta la fecha se han desarrollado en E.U.A., fué el de Whitney,  
1909. (Smith, 1968), que tuvo por objeto el de establecer clases  
de suelo con fines agrícolas. El denominó tipos de suelos a  
los que se agrupaban en razón de su textura, estructura y con--  
sistencia similar.

Los tipos que pertenecían a un mismo material geológico cons  
tituyen las series y las series se agruparon en provincias en -  
las que también la génesis geológica era similar.

Pronto se vió lo equivocado de ésta clasificación, pues en  
materiales geológicos iguales, aún de regiones no distanciadas  
entre sí, se encontraron suelos distintos y por el contrario, -  
habían suelos similares formados en materiales geológicos diver  
sos en litología e historia.

Fué entonces cuando por 1914, se divulgaron en E.U.A., ideas  
de la Pedología Rusa, de las cuales se tomó con exageración la  
influencia del clima como factor principal de formación y evolu  
cion de los suelos y la base geológica de clasificación pasó a  
tener una base climática. (Marbut, 1927).

De ésta manera los procesos climáticos de formación del sue  
lo al combinarse entre ellos y con los otros factores tenían co  
mo producto final los siguientes suelos:

Desérticos  
Chernozem  
Podzol  
Suelos lateríticos  
Suelos de Gley

Los cuatro primeros se han formado por la acción del clima y han tenido cierta forma de vegetación típica, teniendo como factores importantes y activos de su desarrollo la temperatura, la precipitación y la acción de los microorganismos.

Tenemos así variaciones de temperaturas bajas para los podzoles. Los suelos de gley se forman a cualquier temperatura y cosa parecida podríamos decir de los lateríticos, pero en la práctica se encuentran en zonas de alta temperatura.

La precipitación de casi nula en los suelos desérticos, aumenta progresivamente en los Chernozem y en los Podzoles, siendo excesiva en los lateríticos. Los suelos de Gley sólo necesitan condiciones especiales que les permitan formarse con una precipitación igual o mayor que la evapotranspiración.

Por lo anterior se tiene que casi no hay vegetación en los suelos desérticos pero los de chernozem tienen una vegetación herbácea. Los podzoles tienen bosque de coníferas y mixtos. Los suelos lateríticos tienen vegetación forestal de hoja ancha y las plantas en los suelos gleificados son típicas de pantanos.

La distribución geográfica de los suelos en el orden siguiente: a) Desérticos; b) Chernozem; c) Podzol - se presenta de manera muy regular en Rusia. En este país las isotermas son más o menos paralelas y siguen una dirección OSO - ENE de modo que la temperatura media disminuye gradualmente de ESE a NNO. Lo mismo sucede con la distribución de las isoyetas pero la precipitación aumenta desde un valor bajo al sur a otro alto al norte.

La evapotransportación disminuye en el mismo sentido. En el extremo NNO, la temperatura es tan baja que a más de 30 cm de profundidad el suelo está congelado. La precipitación cae en forma de nieve y la vegetación la constituyen principalmente musgos. Lo poco de suelo desarrollado es de tipo podzólico pero se considera que es un grupo especial de suelos; los de tundra.



Esta coincidencia del aumento de la precipitación eficaz - con la disminución de la temperatura y la presencia de las formas de vegetación correspondientes fueron la causa del desarrollo del concepto de "zonalidad" en los suelos. Se llamaron --suelos zonales aquellos cuyo desarrollo mostraba las características de la "zona".

Los suelos desérticos ocupan en Rusia la parte meridional, hacia el norte siguen los Chernozem y luego los Podzoles. Cerca del Mar Negro y a lo largo del Mediterráneo el clima es cálido y húmedo y la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial; la vegetación es de bosque y así se ha favorecido el desarrollo de un suelo laterítico. Hay dominancia de suelos rojos, muy lixiviados, sin embargo sus características se han modificado por la presencia de la roca madre que es una caliza (Terra Rossa). Cerca del Mar Caspio se ha desarrollado -- otro suelo rojo, más típico del grupo latosólico.

Hay grupos de transición, también zonales: entre los desérticos y Chernozem, se encuentran los suelos Castaños y entre el Chernozem y el Podzol hay una faja de suelo pardo forestal.

No hay grandes variaciones en relieve, con excepción de los montes Urales. En ciertas áreas sin embargo hay variaciones pequeñas y hondonadas con drenaje imperfecto o que permanecen inundadas durante gran parte del año. Se forman entonces suelos dromórficos y como pese a encontrarse dentro de la "zona climática" no tienen las características correspondientes a la misma, se llamaron intrazonales. Estos pueden deber sus características a otras causas, como por ejemplo la roca madre: los suelos calcimórficos que se desarrollan en calizas suaves y margas con un contenido de 10% a 20% de  $\text{Ca CO}_3$ . Se parecen a los Chernozem - pues ha dominado la calcificación como clase de formación del - suelo. Hay además suelos desarrollados en condiciones de exceso de sales solubles. Son los suelos halomórficos.

Además se vió que habían suelos incipientes o por lo menos no "maduros". Estos no presentaban pues, las características -

necesarias para poder incluirlos dentro de uno u otro grupo. - A éstos se les llamó "Azonales" puesto que no se podía saber nada con respecto a la "zona".

Si bien esto pudo servir de base a la clasificación en Rusia y Europa, la seguridad en la distribución de la temperatura y la precipitación no se encuentra en otros lugares.

En U.S.A. por ejemplo, las isotermas siguen una distribución más o menos paralela al ecuador, pero las isoyetas siguen una distribución que va oblicuamente, de NO a SE en la sección oriental del país y de Oeste a Este en la sección occidental. Sin embargo, se puede aplicar las ideas de zonalidad. Así tenemos los suelos desérticos al suroeste, los suelos Chernozem al noreste de los anteriores. Los podzoles ocupan la región nor-oriental de la región.

El suelo laterítico está situado en la región sur oriental del país y como no es un suelo laterítico característico y tiene algo de podzol se le llama podzol amarillo rojizo.

En el Africa no hay tampoco la regularidad en la distribución de isotermas e isoyetas y en la América del Sur las isotermas son más o menos paralelas al ecuador al este de la cordillera de los Andes y presentan diversas variaciones al oeste de esta gran barrera natural. Las isoyetas muestran casi paralelismo con el ecuador pero la influencia de la cordillera de los Andes cambia su dirección; al occidente y al sur del ecuador se añade la influencia de la corriente de Humboldt lo que hace que encontremos la variación de zonalidad de los suelos, sujeta a las variaciones de precipitación.

Lo mismo sucede en la región de la América Central, México y Las Antillas, siendo el grupo predominante el suelo laterítico.

En una etapa posterior y con un sentido más práctico se dió más importancia a las propiedades típicas del suelo, al principio, sin tener en cuenta las circunstancias, ni los agentes que los produjeron. Esta orientación se ha seguido en las clasifi-

caciones posteriores, anotando eso sí, que muchas características tienen íntima relación con uno o más factores de formación del suelo.

Fue así que se originó el segundo sistema desarrollado por Marbut en varias etapas, desde 1922, 1927 y 1935 y su publicación final post mortem en 1936.

Marbut se dejó influenciar profundamente por el trabajo de Dokuchaiev y Glinka, aceptó el concepto ruso de "tipo de suelo" que después lo denominó "gran grupo de suelos". Reconoció detalladamente unas 1550 series de suelos y casi 5000 tipos de suelos. Consideró que a partir de las observaciones de los perfiles se debería establecer la unidad de clasificación. Esta debería tener muchas similitudes y pocas diferencias con otras del mismo grado, lo cual permitiría formar grupos semejantes con los cuales llegará un agrupamiento superior de dos clases. Por su experiencia en análisis de campo y laboratorio, Marbut definió que características tales como, la textura, el color, origen del material, etc. no servirían como básicas para su clasificación ya que ellas más que mostrar propiedades del perfil, se podrían atribuir como características del material original. Así la verdadera diferencia para él estaba en la presencia o ausencia de un horizonte de acumulación de  $\text{Ca CO}_3$ , como resultado de la acción de agentes pedogenéticos en la evolución del suelo. Así pudo establecer sus dos clases superiores la de Pedocales y la de Pedalferes, en la primera había acumulación de  $\text{Ca CO}_3$ , en la segunda un proceso de evolución más avanzada había extraído el  $\text{Ca CO}_3$  y en cambio presentaban acumulación de Fe y Al.

Esta fue la división principal de su clasificación, las sub divisiones integraron dos clases para los pedalferes; la de los suelos podzólicos y la de los lateríticos. Para los Pedocales mantuvo un criterio geográfico y en Pedocales de zona templada y Pedocales de zona tropical.

La siguiente subdivisión inferior caracterizaba más detalle de suelos podzólicos o lateríticos, en: s. de tundra, Podzol, s. Pardo forestales, s. rojos, s. amarillos, s. de pradera, la-

lateritas y lateritas ferruginosas. Los Pedocales se precisan más como Pedocales de región templada septentrional, de latitudes medias, de latitudes meridionales y de latitudes tropicales. De los cuales en la división inferior se subdividían en subgrupos tales como s. chernozem, castaños, pardos y grises.

En las últimas categorías se destacaba la calidad en el desarrollo de los perfiles. Finalmente las series de suelos y el tipo de suelos que se divide de acuerdo con la textura del horizonte superficial.

Antes de su publicación, el sistema de Marbut fué modificado y publicado en 1936, tal como se muestra en la tabla No. 3

Pronto se hicieron evidentes las diferencias del sistema de Marbut, al tratar de agrupar otras series de suelos en los grandes grupos. Así, los suelos hidromórficos, rendzinas y los suelos orgánicos no encontraron un lugar adecuado en la clasificación y por ello se tuvo que seguir a una nueva clasificación.

TABLA No. 3

	PEDALFERES	PEDOCALES
Cat. VI	Suelos de materiales desmenuzados mecánicamente	Suelos de fragmentación mecánica de materiales.
Cat. V	Suelos de productos de descomposición silfítica. Suelos de descomposición silfítica.	
Cat. IV	Tundra Podzol Podzólico gris pardo Rojos Amarillos  Suelos de Pradera Lateríticos Suelos de laterita	Chernozem Pardo oscuro Pardo Gris desértico Suelos pedocálicos de regiones árticas y tropicales

	Grupos de series maduras, pero relacionadas	Suelos de pantano
	Suelos de pantano	Suelos de Gley
	Suelos de Gley	Rendzinas
	Rendzinas	Suelos aluviales
Cat. III	Suelos aluviales	Suelos salinos
	Suelos inmaduros en pendiente	Suelos alcalinos
	Suelos salinos	Suelos turbosos
	Suelos alcalinos	
	Suelos turbosos	
Cat. II	Series de suelos	
Cat. I	Tipos de suelos	

Después de la muerte de Marbut en 1935, los que le sucedieron en el departamento de levantamiento de suelos continuaron con el esfuerzo de hacer una clasificación de suelos y en 1938 se publicó en el libro "Soils and Men", la clasificación hecha por M. Baldwin, C. Kellogg, J. Thorp.

En ésta clasificación se siguieron las ideas generales de Marbut, pero se suprimió por ejemplo la división principal en Pedocales y Pedalferes, volviendo a la división rusa de suelos zonales, intrazonales y azonales. Esto lo hicieron debido a la existencia de características que podrían causar confusión. Se suprimieron también los nombres de tipo geográfico: meridional, septentrional, oriental. Se dieron 10 subordenes y 37 grandes grupos, se incluyó la familia como categoría intermedia entre el gran grupo y la serie. Se hicieron algunas otras reformas y se obtuvo la clasificación presentada en la tabla siguiente: No. 4.

Tabla No. 4

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS DEL USDA, 1938

(Baldwin, Kellog, Thorp)

	<u>Grupo de suelo:</u>	<u>Clima:</u>	<u>Vegetación:</u>
<b>A) ZONAL</b>			
<b>1) PEDOCALES</b>			
Suelos zona fría	1. Tundra	Frio, helado	Musgo, líquen
Suelos de color claro de regiones áridas	2. Desértico 3. Desértico rojo 4. Sierozem 5. Pardo 6. Pardo rojizo	Frio o muy frío; árido a semiárido	Matorral de desierto.
Suelos color oscuro, praderas - semiáridas subhúmedas y húmedas	7. Castaño 8. Castaño rojizo 9. Chernozem 10. Pradera 11. Pradera rojizo	Cálido; semiárido; subhúmedo; húmedo	Hierbas altas
<b>2) PEDALFERES</b>			
Suelos de transición, pradera bosque	12. Chernozem degradado 13. Pardo no cálcico o Pardo Shantung	Frio, húmedo	Transición
Suelos podzolicos de color claro de regiones boscosas	14. Podzol 15. Podzol pardo 16. Podzol gris pardo. Podzol gris	Frio, húmedo	Bosque, coníferas o mixto.
Suelos lateríticos de regiones boscosas, templado cálidas y tropicales	17. Podzólico amarillo 18. Podzólico rojo (y Terra rossa) 19. Laterítico pardo amarillento. 20. Laterítico pardo rojizo 21. Laterita	Muy cálido, subtropical, tropical, mojado-seco	Bosque Bosque y sabana

	<u>Grupo de suelo:</u>	<u>Clima</u>	<u>Vegetación</u>
<b>B) <u>INTRAZONAL</u></b>			
<b>1) HALOMORFICOS</b>			
Formados en regiones áridas o con drenaje impedido	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Salino (Solonchack)</li> <li>2. Alcalino (Solonetz)</li> <li>3. Alcalino degradado (Solod)</li> </ol>	Arido (drenaje impedido, litoral)	Halófitas
<b>2) HIDROMORFICOS</b>			
Pantanos y llanuras	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Pradera (Wiesenboden)</li> <li>5. Pradera alpina</li> <li>6. Turbosos</li> <li>7. Semiturbosos</li> <li>8. Planosol</li> <li>9. Podzol hidromorfo</li> <li>10. Laterita hidromorfa</li> <li>11. Gley. Gley húmicos</li> </ol>	Fresco, húmedo (drenaje impedido), pantanos y llanuras	Bosque de pantanos - hierba, ciprésicas - hidrofítas.
<b>3) CALCIMORFICOS</b>			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Forestal pardo (Braunerde)</li> <li>13. Rendzina Aerosoles</li> </ol>	Frio, húmedo	Hierba, bosques
<b>C) <u>AZONAL</u></b>			
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Litosol (Esquelético)</li> <li>2. Aluvial</li> <li>3. Regosol arenoso</li> </ol>	Todos los climas	Depende del clima

Definiciones de los Grupos de Suelos - Clasificación de Suelos del U.S.D.A

(1938) - (De: "Soils and Men")

**A. Suelos zonales**

**I. Pedocales**

**TUNDRA:** Los constituyen los suelos que tienen capas de color pardo oscuro y muy orgánicas situadas sobre horizontes gris-azulados; pegajosos y compactos que descansan sobre un -- substrato helado permanentemente. Se desarrollan bajo arbustos y musgos en climas fríos de semi-áridos a húmedos, es decir en las regiones árticas.

**DESERTICO:** Grupo zonal de suelos que tienen un suelo superficial de color claro, bajo el cual yace generalmente material calcáreo o con frecuencia un "hardpan". Se desarrollan bajo una vegetación en extremo escasa, en climas áridos me dio cálidos a frescos.

**DESERTICO ROJO:** Grupo de suelos zonales que tienen un horizonte pardo-rojizo claro, friable sobre un horizonte pe sado rojizo o rojo opaco que pasa gradualmente a una acumulación de  $\text{Ca CO}_3$ . Existe en los desiertos de temperatura cálida y tropicales, se caracteriza por una vegetación de matorral de desierto - más o menos escasa.

**SIEROZEM (Desértico Gris):** Grupo de suelos zonales con un horizon te superficial gris pardusco que pasa gradualmente por - un material de color más pálido a una capa de acumulación de  $\text{CaCO}_3$  y con frecuencia a una capa dura (Hardpan). Se desarrollan bajo - vegetación de arbustos mixtos (mezclada) en climas áridos templados a frescos (cool). Su nombre viene del ruso: tierra gris.

**PARDO:** Grupo de suelos zonales que tienen un horizonte superfi-- cial pardo que pasa gradualmente a un suelo de color más - pálido y finalmente a una capa de acumulación de  $\text{Ca CO}_3$ . Se desa- rrollan bajo hierbas cortas (short grasses)\*, "bunch grasses" y ar bustos en climas semiáridos, templados a fríos.

**PARDO ROJIZO:** Grupos de suelos zonales que tienen un horizonte su perfiacial con un tono ligeramente rojizo que pasa - gradualmente a un material pardo rojizo opaco, o rojo más pesado - que el primero y de aquí a un horizonte de acumulación calcárea -- blanquecino o rosado. Se desarrolla bajo vegetación de matorrales. (arbustos) y hierbas cortas en las regiones templadas cálidas a -- tropicales de climas semiáridos.

\*Estos términos incluyen géneros botánicos bien conocidos y no se refie-- ren simplemente al tamaño de la planta o a su disposición. En inglés es-- tos tipos de vegetación que no siempre tienen traducción en castellano - son: Short grass, tall grass, bunch grass, sedges y heath.



**CASTAÑO (Chesnut):** Grupo de suelos zonales que tienen un horizonte superficial pardo oscuro que pasa gradualmente a un suelo de color más pálido y finalmente a un horizonte de acumulación calcárea. Se desarrollan bajo hierba mezclada alta y corta en climas templados a fríos (cool) y sub-húmedos a semiáridos. Se presentan al lado árido de los suelos Chernozem, hacia los cuales pasan gradualmente.

**CASTAÑO ROJIZO:** Grupo de suelos zonales con suelo superficial pardo oscuro teñido de rojo o rosado, que tiene hasta 60 cm de profundidad y bajo el cual se encuentran un suelo pardo rojizo más pesado, seguido de una acumulación de cal grisácea o rosada. Se desarrollan en climas templado-cálidos semiáridos y con vegetación herbácea mezclada, con algos arbustos. Aproximadamente equivalentes a los Chernozem del Sur.

**CHERNOZEM:** Grupo de suelos zonales que tienen un horizonte superficial profundo (30-40 cm)<sup>4</sup> de color oscuro o casi negro, rico en materia orgánica, que pasa gradualmente a un suelo de color más pálido y finalmente a una capa de acumulación de cal. Se desarrollan bajo hierba alta y mezclada en clima templado a frío (cool) y sub-suelo húmedo. El nombre se deriva del ruso tierra -- negra.

\*A<sub>1</sub> = de reacción neutra a algo ácido. Muy fértiles pero faltos de irrigación natural.

**SUELOS DE PRADERA (Prairie):** Grupo zonal de suelos que tienen un horizonte superficial pardo oscuro o pardo grisáceo, que pasa gradualmente a suelo pardo y luego al material de -- partida de color más claro, de 60 a 150 cm. Se desarrollan bajo hierbas altas en climas templados y relativamente húmedos. El término tiene un sentido restringido en Edafología y no se aplica a todos los suelos de color oscuro de las llanuras sin árboles, sino aquellos en los que no se ha concentrado el Ca CO<sub>3</sub> en ninguna parte del perfil, por medio de los procesos de formación del suelo.

**SUELOS ROJIZOS DE PRADERA (Reddish prairie):** Grupo de suelos zonales con un suelo superficial pardo roji-

zo oscuro, poco a medio ácido, que pasa gradualmente a un material rojizo algo más pesado y luego al material de partida. Se desarrollan en climas templados cálidos, húmedos o casi húmedos y vegetación de hierba alta.

## II. Pedalferes

**CHERNOZEM DEGRADADO:** Grupo de suelos zonales que tienen un horizonte superficial de color pardo oscuro a negro, bajo el cual se encuentra un horizonte lixiviado gris oscuro o pálido. Se desarrolla en regiones situadas entre las de Chernozem y Podzol; en donde la vegetación forestal ha invadido las praderas.

**PARDO NO-CALCICO:** Grupo de suelos zonales con horizontes A ligeramente ácidos, de color rosado a pardo rojizo pálido; con horizontes B pardo rojizo o de color rojo opaco. Se desarrollan con vegetación mixta de pradera y bosque en climas subhúmedos o húmedos.

**PODZOLICOS:** Suelos formados parcial o completamente bajo la influencia del proceso de podzolización.

**PODZOLICO PARDO:** Grupo de suelos zonales con una capa delgada (mut) de hojas parcialmente descompuestas sobre un horizonte delgado, pardo grisáceo, húmico-mineral y con señales de un horizonte  $A_2$  lixiviado, gris pálido sobre un horizonte B pardo amarillento de textura más pesada que el suelo superficial. Se desarrollan bajo bosque de árboles caducifolios o bosque mezclado de éstos con coníferas en regiones templadas o templado-frías y húmedas.

**PODZOLICO GRIS PARDO:** Grupo de suelos zonales que tienen una cobertura orgánica relativamente delgada y capas orgánico-minerales sobre una capa lixiviada pardo grisácea, que reposa sobre un horizonte iluvial pardo. Se desarrollan bajo bosques caducifolios en clima húmedo templado.

**PODZOLICO AMARILLENTO:** Grupo zonal de suelos que tienen capas delgadas orgánicas minerales sobre una capa li

xiviada amarillo-grisáceas que descansa sobre un horizonte amarillo. Desarrollados bajo bosque de coníferas o mixto en clima templado - cálido y húmedo.

**PODZOLICO ROJO:** Grupo zonal de suelos que tienen capas delgadas - orgánicas y orgánico-minerales sobre una capa lixiviada pardo amarillenta que reposa sobre un horizonte iluvial rojo. Se desarrollan bajo bosque de árboles caducifolios o bosque - mixto en climas cálido-templado y húmedos.

**LATERITICOS PARDO AMARILLENOS:** Grupo zonal de suelos que se caracterizan por tener horizontes superficiales, pardo amarillentos, friables y granulares, con alto contenido en arcilla, sobre un material arcilloso friable, amarillo o amarillo rojizo que se encuentra sobre materiales de partida que generalmente no son muy moteados. Se desarrollan bajo bosque tropical en climas cálidos, húmedos a sub-húmedos.

**LATERITICOS PARDO ROJIZOS:** Grupo zonal de suelos con horizontes - superficiales, pardo rojizos oscuros, de estructura granular, horizontes B arcillosos, friables y rojos y material de partida "Laterítico" rojo o moteado reticularmente - Se desarrollan con clima húmedo tropical con estaciones secas y mojadas y vegetación de bosque tropical.

**LATERITA:** Grupo zonal de suelos que tienen capas orgánicas y orgánico minerales muy delgadas sobre un suelo lixiviado rojizo que reposa sobre material muy lixiviado relativamente rico - en alúmina hidratada u óxido de hierro, o ambos, y pobre en sílice. Generalmente es de color rojo subido. Los suelos lateríticos se desarrollan bajo bosque tropical en climas cálidos, húmedos o mojados-secos, con precipitación mediana a alta.

## B. Grupos de Suelos Intrazonales

### I. Halomórficos

**SALINOS (Solonchak):** Son suelos que contienen un exceso de sales solubles, más del 0.2 por ciento. No son ex

cesivamente alcalinas, su pH es de menos de 8.5

**ALCALINOS (Solonetz):** Son suelos que contienen sales alcalinas generalmente carbonato de sodio, con valores de pH de 8.5 y más altos. Este término se ha usado a veces con cierta libertad para incluir tanto los suelos alcalinos como los salinos. En donde se aplica a los suelos salinos, se usa la expresión "white alkali" (alcalinos blancos) y se usa la expresión "black alkali" (alcalinos negros) para el suelo alcalino que contiene sales neutras.

**ALCALINOS DEGRADADOS (Solod):** Grupo intrazonal de suelos, que tienen una capa delgada superficial de suelo pardo friable sobre un horizonte lixiviado gris, que descansa sobre un horizonte pardo o pardo oscuro. Se desarrollan bajo vegetación de arbustos, vegetación herbácea, o mezclada de los dos, generalmente en climas semiáridos o sub-húmedos. El nombre viene del ruso, sal.

## II. Hidromórficos

**SUELOS DE PRADERA (Meadow, wiesenboden):** Grupo intrazonal de suelos con horizonte pardo oscuros o negros, con alto contenido en materia orgánica que pasa gradualmente a un suelo gris (de 15 a 75 cm). Se desarrollan bajo vegetación herbácea-juncos ciperáceas (sedges) en mayor parte con climas húmedos o sub-húmedos.

**PRADERAS ALPINAS (Alpine Meadow):** Grupo intrazonal de suelos oscuros que se presentan en praderas más bien húmedas sin árboles o con escasos árboles diseminados. Estas praderas se encuentran a igual o mayor altura que la línea de bosques.

**TURBOSOS (Bog):** Grupo intrazonal de suelos que tienen una capa superficial turbosa, bajo la cual se encuentra turba. Se desarrollan bajo vegetación de pantanos, en su mayor parte con climas húmedos o sub-húmedos.

**SEMITURBOSOS (Half bog):** Grupo intrazonal que comprende los suelos con material superficial turboso, bajo el cual -

se encuentra suelo mineral gris. Se desarrollan bajo bosque pantanoso, casi siempre en climas húmedos a sub-húmedos.

**PLANOSOLES:** Grupo intrazonal de suelos con horizontes superficiales eluviados bajo los cuales hay horizontes B con lixiviación o cementación mayor y más compactos que los suelos normales asociados. Se desarrollan en tierras altas, casi planas bajo vegetación herbácea o forestal y en climas húmedos o sub-húmedos.

**PODZOL HIDROMORFO (Ground water podzol):** Grupo intrazonal de suelos desarrollados sobre depósitos arenosos imperfectamente drenados de regiones húmedas, que tienen una capa orgánica -- delgada sobre una capa arenosa, lixiviada y de color gris pálido, - que a su vez reposa sobre un horizonte B pardo oscuro cementado irregularmente con óxido de hierro o compuestos orgánicos o ambos. El horizonte B se llama "ortstein" cuando se ha cementado formando una capa dura maciza u "orterde", cuando está cementado ligera o irregularmente.

**LATERITA HIDROMORFA (Ground water laterite):** Grupo intrazonal de - suelos con horizontes A blanqueados y que con- tienen algunas concreciones y capas duras gruesas; tienen además una napa freática que alterna de baja a alta. Se desarrollan en climas templado-cálidos a tropicales.

### III. Calcimorfos (Grupos Calcáreos)

**PARDO FORESTAL (brown forest):** Grupo intrazonal de suelos que tienen horizontes superficiales pardo oscuros, relativa mente ricos en humus que pasan gradualmente, por un suelo de color más claro, al material de partida; se caracterizan por una reacción un poco ácida, poca o ninguna lixiviación de óxidos de hierro y un contenido un poco alto en calcio, en los coloides del suelo. Se desarrollan bajo bosque deciduo en regiones templado-húmedas, de ma teriales de partida relativamente ricos en bases.

**RENDZINA:** Grupo intrazonal de suelos que generalmente tienen hori zontes superficiales friables pardos o negros, bajo los

cuales se encuentra material calcáreo gris pálido o amarillo. Se desarrollan bajo vegetación herbácea o mixta con bosque, en regiones húmedas y semi-áridas a partir de material parental calcáreo y relativamente suave. El nombre se deriva de un término campesino polaco usado para designar un suelo calcáreo productivo.

### C. Grupos Azonales de Suelos

**LITOSOLES (Skeletal):** Grupo azonal de suelos que no tienen una morfología claramente expresada y que están constituidas -- por una masa, reciente e imperfectamente meteorizada, de fragmentos rocosos. Están confinados en gran parte a tierras de pendientes es-cabro sas. Su nombre se deriva del griego: Lithos - roda, piedra.

**SUELOS ALUVIALES:** Grupo azonal con suelos que se han desarrollado - sobre material transportado y en cierto modo depositado recientemente (aluvión) y que se caracteriza por tener poca o ninguna modificación del material original, debido a los procesos de formación del suelo.

**ARENAS SECAS:** Grupo azonal formado por suelos de depósitos de arena bien drenados en los cuales no se han desarrollado horizontes.

Finalmente a partir de 1946, se encontraron nuevas dificultades para integrar al sistema otras series y familias en grandes grupos, esto dió por resultado que en 1949 se organizara un Simposio por el Servicio - de Cartografía de Suelos de Estados Unidos, a fin de elaborar una clasificación nueva, cuyos resultados se publicaron el "Soil Science".

En esta nueva clasificación se mantenían casi todos los "grandes -- grupos" pero hubo otras modificaciones, tales como:

- Desapareció la distinción entre Pedalfer y Pedocal.
- Se establecieron nuevos grupos: Podzólico gris, Regosol, etc.
- Al crear estos grupos se pudo ubicar en ellos u otros las arenas secas, los suelos lateríticos pardo amarillentos y podzólicos amarillos.

- Por último se hicieron algunas modificaciones en la definición y nomenclatura de pocos grupos.

Se consideró que esta clasificación tampoco podía ser definitiva, aún habían muchos problemas por resolver. Se mantuvo por conveniencia, la división de los órdenes en zonal intrazonal y azonal, pero ya se hicieron observaciones con respecto a éstos, en algunos grupos de suelos. Por ejemplo se señala la presencia de suelos Podzólicos gris pardos en las tierras bajas calidas y húmedas con vegetación forestal de Puerto Rico, en donde basándose en el concepto de zonalidad, se debería encontrar suelos podzólicos rojo-amarillentos; esto se atribuyó a la juventud relativa de los suelos y a cierta resistencia de los materiales de partida a la transformación. Los autores de esta clasificación reconocen que no se puede basar exclusivamente en los datos morfológicos y por más que se tomen en cuenta siempre habrá una orientación hacia la génesis. Esto es indudable, pues muchas veces se debe diferenciar los suelos basándose en su origen. Se cita el caso de los suelos de grupo de lateritas hidromórficas (Ground-Water Laterite) que tienen siempre horizontes lateríticos, sin embargo, no todos los suelos que tengan ese horizonte, son lateritas hidromórficas, pues la capa laterítica puede ser heredad de un suelo antiguo.

Al referirse a los suelos intrazonales, se indica que muchos de ellos tienen características que los asemejan a los suelos de la "zona" en que se encuentran y por lo tanto no aparecen en otras "zonas", siendo en cierto modo, también "zonales". Citan los autores el caso de suelos Solonetz - en la zona de los suelos pardos, que se parecen mucho más a éstos que a los Solonetz de la zona chernozémica.

Para terminar, podemos anotar la dificultad que presentaba la ubicación de los Andosoles en una clasificación genética, ya que no se había comprendido bien como se formaron, por influencia del clima y la vegetación. (zonales) o por influencia del material original de cenizas volcánicas (intrazonales).

A continuación se dan las definiciones nuevas o modificadas de los grandes grupos de suelos en la clasificación de U.S.D.A. de 1949.

ANDODOLES: Nombre tomado del japonés "ando"= suelo negro. Con él se identifican los suelos desarrollados sobre cenizas

volcánicas, estudiados primero en el Japón, pero que se pueden encontrar en muchas otras regiones volcánicas. Se caracterizan por tener un horizonte A, pardo oscuro o negro, de un espesor de 30 cm en promedio con estructura granular o de migajón (granular o "crumbly") y con un contenido en materia orgánica que puede llegar hasta 30% en los miembros con horizonte más oscuro; en promedio tiene 8% de materia orgánica en el horizonte A. Algunos suelos tienen horizonte B con más arcilla que A, pero otros más jóvenes sólo tienen horizontes A y C. Hay variación en cuanto a la acidez y a la relación  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ . El clima y la vegetación con los cuales se han formado varían también, lo que hace dudosa la inclusión dentro del grupo de suelos pardos forestales.

**SUELOS PODZOLICOS GRISES:** Son suelos bien desarrollados y drenados con un horizonte orgánico delgado (Ao) y otro órgano-mineral también delgado (Al) sobre un horizonte  $A_2$  blanquecino luego un horizonte  $B_2$  pardo más arcilloso que pasa gradualmente a horizontes más claros y friables ( $B_3$  y C). La vegetación de estos suelos puede ser de coníferas, de árboles deciduos o mixta. Se los separa de los podzoles por tener un horizonte  $A_2$  de mayor espesor, los horizontes B son de color menos intenso y cuando se han desarrollado sobre material calcáreo tienen un grado de variación de pH neutro a medio ácido y se presenta con frecuencia un horizonte de acumulación de carbonatos bajo el  $B_2$ .

**SUELOS DE GLEY HUMICO:** (Humic-glei soils): En este grupo se reúnen todos los suelos antes clasificados como semi-turbosos (half bog) y Wiesenboden, pero que no tienen horizonte Ao de turba. Estos suelos tienen horizontes órgano mineral subyacentes gleificados. Son pues, suelos hidromórficos.

**SUELOS LATERITICOS:** Se decidió cambiar este nombre pero no se seleccionó el reemplazo. Habían dos nombres propuestos: Latosol y Cromosol. Posteriormente se extendió más el uso del primer término.

**GLEY POCO HUMICO:** Se creó este grupo para involucrar en él los suelos formados en condiciones del mal drenaje



con horizontes superficiales muy delgados, con proporción moderadamente alta de materia orgánica. Bajo estos horizontes hay otros - grises moteados o pardos gleificados con bajo grado de diferenciación textural.

La textura varía mucho en estos suelos (arenosa o arcillosa) y lo mismo sucede con las propiedades químicas y los materiales de partida. Generalmente son ácidos, aunque pueden ser neutros o alcalinos.

**PLANOSOLES:** Se sugirió que se elevara este gran grupo al grado de sub-orden, que reuniría a todos los suelos formados - en condiciones de napa freática inestable que contienen en su perfil capas endurecidas (clay pans, silt pans, hard pans).

Los planosoles se definen como suelos intrazonales que tienen uno ó más horizontes separados abruptamente de un horizonte que muestra cementación,, o alto contenido en arcilla y que presenta notable contraste con los primeros. Se encuentran en climas mesotermales o tropicales perhúmedos a semi-áridos, bajo vegetación forestal o herbácea. Generalmente, aunque siempre, se forman con una freática fluctuante y en muchos casos el horizonte compacto se encuentra debajo de un horizonte B bien desarrollado, que tiene un porcentaje de arcilla mayor que el de horizonte A.

Se hizo un grupo de suelos **PODZOLES ROJO-AMARILLO** para incluir los dos grupos anteriores podzólicos rojos y podzólicos amarillos.

Se definen estos suelos así: son suelos ácidos, bien desarrollados y bien drenados, que tienen horizontes orgánicos A<sub>0</sub> y horizonte órgano minerales A<sub>1</sub> también delgados, sobre un horizonte lixiviado A<sub>2</sub> de color claro. Estos se encuentran sobre un horizonte - B rojo,, rojo amarillento o amarillo, que es más arcillosos. Casi siempre los materiales de partida son más o menos silíceos. En -- donde hay material de partida profundo, se encuentran bandas o moteados rojos, amarillos, pardos o grises en los horizontes profundos de los suelos podzólicos rojo-amarillos.

**REGOSOLES:** Pueden definirse así: grupoazonal de suelos que consisten en roca no consolidada profunda (depósitos mine

rales suaves) en los cuales no se han desarrollado sino pocas características edáficas o éstas no se manifiestan claramente. Estos -- suelos se desarrollan en dunas de arena recientes y en loess o depósitos de glaciares o en tierras con mucha pendiente.

Al elaborar la clasificación de 1949, que en realidad no presentaba grandes modificaciones, se pudo observar muchos defectos que permanecían aún como problemas no resueltos. Una de -- las conclusiones del simposio que originó tal clasificación, fue la de que se designara una comisión encargada de seguir con el estudio de este aspecto. Desde 1951, empezaron entonces a presentarse las diversas "aproximaciones" a lo que debería ser la clasificación definitiva de los suelos, que abarcaría todos los suelos del mundo o por lo menos serviría de base para una corrección de otras clasificaciones.

Ante todo hay que anotar que las clasificaciones las hacía el Servicio de Levantamiento de Suelos y se las orientaba hacia la presentación cartográfica; no era pues, sólo el estudio de las condiciones pasadas o posibles de precedir. En otras palabras, era una orientación mucho más práctica que científica. Sin embargo, como ya lo había dicho Smith (1949), no se podía obtener una clasificación basada sólo en las características del suelo, pues teniendo ésta, relación con la génesis del mismo, -- siempre debía haber una tendencia a la inclusión de aspectos genéticos en la clasificación.

La orientación genética en la clasificación de los suelos tuvo siempre más aceptación en Europa, en donde hubo más influencia de las ideas de Dokuchaiev y sus discípulos. Pero al mismo tiempo se abusó, en ese continente, de los nombres populares que se daban a diversos suelos en los diferentes países y -- como había muchas clasificaciones regionales o mejor dicho, nacionales, los nombres populares tomados de otros países e idiomas no siempre se emplearon correctamente.

Con la puesta en marcha del nuevo sistema (cuarto), se trató de incorporar y sistematizar, no nada más el conocimiento generado hasta la fecha, sino también se concibió que éste fue-

ra capaz de permitir su revisión y modificación continua. Fué este el comienzo de un nuevo sistema taxonómico denominado "sistema comprensivo de suelos" el cual tiende a ser perfeccionado en aproximaciones sucesivas, de manera que a la fecha se está en la séptima y es por ello que genéricamente se le denomina como séptima aproximación.

Este sistema no tiene la finalidad de anular a otros, ya que como se considera que no es definitivo, se considera que debe servir como una base correlativa en la clasificación mundial de los suelos. Para ello el procedimiento seguido fué el de invitar a muchos pedólogos del mundo a que colaboraran en la formulación y revisión del sistema y sus aproximaciones. Después de casi 8 años de trabajo se publicó en 1960 la 7a. aproximación. Como resultado, se recibieron muchas críticas y en 1964 se preparó un suplemento para incorporar los cambios que se habían propuesto. En 1965 se comenzó a usar la clasificación en todo el territorio de los Estados Unidos.

Un nuevo suplemento a la publicación de la 7a. Aproximación fué distribuido en marzo de 1967. El último suplemento se distribuyó en diciembre de 1970 bajo el título de "Artículos Seleccionados del Texto aún no publicado de la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos". La publicación final del Sistema Taxonómico Americano quedó publicada en 1975.

## 2. OBJETIVOS Y BASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION

El sistema de clasificación propuesto debe ser aplicado uniformemente por pedólogos competentes que trabajen independientemente y que tengan diverso grado de educación y experiencia. La uniformidad que se pide se puede obtener únicamente en el caso de que la aplicación sea objetiva y no subjetiva; objetiva en el sentido de que la clasificación de un suelo se haga en base a las propiedades de ese suelo y no en base a las creencias u opiniones que el clasificador tenga de los suelos en general.

Un sistema comprensivo deberá permitir ver los suelos de una región o de un país en mejor perspectiva ya que muchas cla-

ses de suelos que son extensas e importantes en un país no lo son necesariamente ~~en otro~~. Formas transicionales a clases de suelos que no ocurren en los Estados Unidos, no pueden ser reconocidos y colocados en lugar apropiado, en un sistema que es tá estrechamente relacionado con los suelos de un sólo país. Esto implica que la aplicación del Sistema Americano (7a. Aproximación) fuera de E.U.A., exige investigación y estudio para ajustar las definiciones a los suelos existentes en el país y para recomendar la adición de unidades y enmiendas con el fin de adoptar el sistema. Esto no implica que no existe valor en la clasificación de suelos de áreas limitadas; un sistema comprensivo puede ayudar a entender mejor las leyes de la pedología y constituye una ayuda en la transferencia de experiencias de un país a otro.

La clasificación debe poseer un sistema de categorías múltiples con pocas clases en la categoría más alta y muchas en las categorías más bajas. Dos razones obligan a ello, en primer lugar, está <sup>la</sup> limitación de la mente humana. Las subdivisiones de una categoría deben ser pocas para que puedan ser comprendidas. Quince divisiones, por ejemplo, pueden ser comprendidas pero 150, no. La segunda razón para que exista un sistema de categorías múltiples, es la necesidad de considerar suelos a diferentes niveles de generalización. Cuando interesan los suelos de un estado o un país, las series de suelos no pueden usarse para tal efecto porque no se puede pensar en cientos o miles de series a la vez, porque están involucradas demasiadas propiedades del suelo. Se necesita, por consiguiente, tener un número de categorías que permita pensar en los suelos a diferentes niveles de generalización, de tal manera que la atención se concentre en menor número pero quizás en más importantes propiedades.

a) Las propiedades del suelo, bases de la clasificación

Según Smith (1963), el sistema tiene clases definidas basándose en las propiedades del suelo que se pueden observar y que se han seleccionado entre otras para agrupar suelos

con génesis similar. Según el punto de vista que uno tenga pue de considerar a la clasificación "genética" o "morfológica". De cualquier manera, la génesis no aparece en las definiciones, aunque tiene relación con ellas. Una vez que se ha acordado -- qué características se han de usar, se pueden clasificar nuevos suelos o identificar clases de suelos ya conocidas, basándose só lo en las características, aunque no se haga referencia a las suposiciones genéticas que se usaron para elaborar la clasificación.

A esto se llegó después de las siguientes consideraciones:

- Se trata de clasificar suelos y no los factores ni los procesos de su formación. La influencia de un factor dado, no es la misma en cualquier condición, si no que está determinada por la acción combinada de todos los otros factores.
- La definición de las propiedades del suelo, dirige -- nuestra atención al suelo mismo y no a otras ciencias como la climatología, la geología, la ecología, etc. Si bien estas ciencias nos ayudan a comprender muchas cosas del suelo, con frecuencia la importancia que se les ha dado, ha opacado lo que realmente interesa del mismo.
- Los suelos cuya génesis no se conoce o no se ha comprendido bien, no pueden entrar en un sistema de clasificación genético. En el caso de suelos desarrollados con cambios en el clima y la vegetación no se sabrá a cual clima atribuir la formación y por tanto no se podría clasificar el suelo. Además no conocemos con precisión cómo fueron los ambientes antiguos en que se han desarrollado estos suelos.
- Se necesita una clasificación que pueda servir al edafólogo y que sea razonablemente uniforme, y por tanto, las definiciones de los grupos deben ser lo más pre-

cisas posibles. La clasificación genética está sujeta a las ideas del que clasifica, pues no todos están de acuerdo en atribuir los mismos procesos genéticos a un suelo dado.

b) Bases de selección de las propiedades diagnósticas.

Sólo se usan las propiedades actuales de los suelos, o aquéllas que pueden demostrarse. No se puede hacer suposiciones en cuanto a las propiedades de los suelos vírgenes cuando se estudian los suelos cultivados o erosionados. La naturaleza original de los horizontes superficiales puede interpretarse distintamente según la capacidad y experiencia del que clasifica los suelos.

Hay propiedades que tienen variaciones estacionales (saturación en bases, relación C/N, pH, temperatura etc) y cuando se dice que se deben anotar las propiedades actuales del suelo, se significa a las propiedades promedio durante el año, lo que quiere decir que deberemos usar datos de algunos años para poder conocerlas.

Para la definición de las clases se deben utilizar las propiedades que son el resultado de la génesis o que influyen en ella. Esto sin embargo, no se toma en un sentido estricto porque las series o categorías menores pueden ser definidas basándose en otros aspectos tales como la utilización agrícola del suelo.

Al seleccionar las propiedades diagnósticas a menudo se presenta el caso de que debamos escoger entre diversas propiedades que aparentemente tienen igual significación con respecto a la génesis. Al hacer estas selecciones es permisible escoger para una categoría más alta la propiedad que tiene mayor importancia para el crecimiento de las plantas o para el uso

en ingeniería. Este debería ser el límite para la orientación práctica de la clasificación natural.

- Las propiedades escogidas se han de poder medir o evaluar en el campo. Se debe procurar en lo posible el uso de propiedades que pueden ser estimadas cuantitativamente en el campo. Las propiedades que no son allí observables o que no se pueden deducir, se deben usar sólo en el caso de que las primeras falten o sean difíciles de emplear.

- Los conceptos de la génesis del suelo, constituyen una base ineludible en la selección de las propiedades que el sistema considera para definir sus clases. Sin embargo, se tienen que tomar como precautorios los siguientes criterios:

- Se puede considerar la génesis del suelo a partir de los efectos directos de los factores de formación del suelo. Como el efecto de un factor dado está determinado en parte por la combinación de los efectos de los otros, interesa más analizar los efectos que dicho factor crea en el suelo que el análisis del factor en sí mismo. Un ejemplo constituye la temperatura del suelo que es un efecto de la combinación del clima, relieve y vegetación; asimismo, podemos usar el horizonte A<sub>1</sub> de los suelos de estepas, pero no debemos tomar para clasificarlos la vegetación herbácea que los cubre.

- Otro aspecto de la génesis es la evolución del suelo. Se pueden seleccionar tantas propiedades como sean necesarias para agrupar las diversas etapas de desarrollo de una clase dada de suelos. Pero siempre hay que observar que esto se debe hacer sólo cuando se puede considerar una variación en el tiempo mientras los otros factores permanecen constantes. No siempre lo que se piensa teóricamente se realiza en la práctica.

El tercer aspecto de la génesis del suelo, y el más útil, es que los procesos que han dominado en el desarrollo de un suelo dejan sus huellas en el mismo. Se pueden agrupar entonces los suelos que han seguido los mismos procesos en su evolución, lo que se puede reconocer por las señales que en ellos han quedado impresas. Un ejemplo de esto es la formación de horizontes: mientras ciertos agentes tienden a formar horizontes, otros tienden a destruirlos.

### c) Nomenclatura de la Clasificación

Entre las diversas clasificaciones existentes se presentan graves problemas metodológicos de su nomenclatura, por ello la taxonomía presenta muchos defectos no sólo desde el punto de vista teórico sino también práctico. Por ello existen suelos iguales que se conocen con diferentes nombres y suelos distintos que tienen nombres similares. Smith indica por ejemplo: - "la 'Black Earth' de Australia es el 'Grumusol' de Texas que Marbut llamó "Rendzina". Otra confusión se da porque las palabras usadas como parte del nombre de un suelo, no siempre se traducen adecuadamente. "Loam" (Lehm, limo) no tiene el mismo significado o las mismas acepciones en todos los idiomas y ni siquiera se puede considerar que se haya usado con el mismo sentido en lugares de habla inglesa. Smith cita como ejemplo que en Nueva Zelanda, "loam" corresponde a un suelo que contiene alofana, mientras que en Estados Unidos, ese término significa una combinación más o menos definida de partículas de diferentes tamaños. Como este cita otros ejemplos que demuestran la dificultad que significan los diversos criterios usados en otras tantas clasificaciones.

Por lo anterior, al plantearse el establecimiento de la nueva clasificación se hizo necesario establecer una nomenclatura diferente más sistemática, para lo cual se siguieron entre otros criterios los siguientes:



- La nomenclatura establece lo que se conoce como "elementos formativos", sílabas obtenidas de raíces derivadas de lenguas clásicas. Las palabras generadas deben denotar algunas de las propiedades del suelo - además de <sup>facil</sup> fácil memorización. Bajo esta modalidad se las puede usar en todos los idiomas modernos sin que pierdan su significado ni den paso a errores de interpretación.
- El nombre debe indicar el lugar que ocupa una clase en el sistema taxonómico de manera que se ha de poder reconocer tanto la categoría de la clase como las clases en las categorías superiores a las que pertenece.
- Los nombres deben ser lo más cortos posibles. Esto especialmente en el caso de las categorías más altas de modo que los nombres de las más bajas no ~~son~~ <sup>sean</sup> muy largos ni difíciles.
- Los nombres deben ser lo más eufónicos posibles.
- Se deben evitar progresivamente los nombres existentes.

d) Categorías de la Clasificación

- Los Ordenes:

La Séptima Aproximación agrupa los suelos en diez órdenes, de los cuales, sólo uno, puede decirse que corresponde más o menos exactamente, a uno de los de la clasificación de -- Baldwin; Kellogg y Thorp: los Entisoles de esta última clasificación, corresponden a los suelos Azonales. Los otros órdenes, con ciertas variaciones, corresponden a los subórdenes establecidos en 1938, pero se los define basándose en conceptos diferentes.

Para la división en órdenes, se consideraron las propiedades de los suelos que mostraban las menores diferencias en cuanto a los procesos de formación. De todos los suelos así -

agrupados, se buscó la propiedad común (más notable y de allí salió el orden. Como ejemplo tenemos: los suelos castaños, - chernozem y brunizem parecen relacionados entre sí puesto que todos tienen más o menos la misma distribución de horizontes - y otras propiedades. La característica que permite separar es tos suelos de otros, es su horizonte superficial de color oscuro y profundo. Se encontró que habían otros suelos con horizonte superficial negro y profundo, pero presentaba otras características que permitían separarlos en otro orden.

Hay que observar que en la Séptima Aproximación desa parece la separación de los suelos hidromórficos que se hacía en los subórdenes intrazonales. Esto se debe a que, según los autores, los suelos hidromórficos se parecen mucho a los que los rodean y no son más que una variación de éstos, debida al exceso de agua, dentro del suelo.

Los nombres de los órdenes son palabras de tres o -- cuatro sílabas. Hay una raíz y la terminación sol. De la raíz se toma una sílaba que será el "elemento formativo" que permitirá obtener el nombre del suborden y así sucesivamente de las categorías inferiores. El nombre del suborden, se forma añadiendo al elemento formativo del orden, un préfixo que denota las características del suborden. De la misma manera se forma el nombre del grupo con respecto al suborden. Es decir, se toma el nombre del suborden y se le añade como prefijo, el nombre que denota las características del grupo.

Ejemplo: Orden: Entisol, elemento formativo: "ent"  
Subórden: Suelo formado en clima húmedo -  
(Udus): Udent

Grupo: Suelo con horizonte muy delgado --  
(haplos): Hapludent

Los órdenes de la Séptima Aproximación indicados con su elemento formativo y de donde se deriva éste son los siguientes:

NOMBRE	ELEMENTO FORMATIVO	ORIGEN
1. Entisol	ent	L. <u>instipare</u> = agrupar, conjuntar
2. Vertisol	ert	L. <u>verto</u> = voltear
3. Inceptisol	ept	L. <u>inceptum</u> = comienzo
4. Aridisol	id	L. <u>aridus</u> = árido, seco
5. Mollisol	ol	L. <u>mollis</u> = suave
6. Espodosol	od	Gr. <u>spodos</u> = ceniza de madera
7. Alfisol	alf	no definido
8. Ultisol	ult	L. <u>ultimus</u> = último
9. Oxisol	ox	F. <u>oxide</u> = óxido
10. Histosol	ist	Gr. <u>histos</u> = tejido

En el cuadro 3 se muestra cuáles de los grandes grupos de suelos de sistemas anteriores se integraron en el esquema, de los órdenes de la Séptima Aproximación.

CUADRO 3 Ordenes de suelos de la 7a. Aproximación y sus equivalentes aproximados en las clasificaciones revisadas y posteriores a la de 1938.

ORDEN ACTUAL	EQUIVALENTES APROXIMADOS
1. Entisoles	Suelos azonales y algunos Gley poco húmicos.
2. Vertisoles	Grumusoles*
3. Inceptisoles	Ando, sol Brun Acido**, algunos - Pardos Forestales, Gley poco húmico y Gley húmico.

\* Grumusol es el nombre propuesto en 1951 para los suelos que contienen arcillas montmorilloníticas y presentan relieve de "gilgai". Son muy oscuros y típicamente calcáreos. (cf. Oakes & Thoop, 1951, Soil sc. Soc. Amer. Proc. 15,347-354).

\*\* Sól Brun Acide, es un suelo original clasificado en Francia y Bélgica. Este suelo se encuentra en las mismas condiciones que otros de tipo podzólico pero se diferencia por tener color uniforme en el horizonte E, estructura en bloques, subangular y débil, textura uniforme a través del solum.

ORDEN ACTUAL	EQUIVALENTES APROXIMADOS
4. Aridisoles	Desérticos, Rojos desérticos, Sierozem, Solonchak, algunos suelos - Pardos y Pardo-rojizo y Solonetz - asociados.
5. Molisoles	Castaños, Chernozem, Brunizem*** (Pradera), Rendzina, algunos suelos, Pardos Forestales y Solonetz y Gley húmicos asociados
6. Espodosoles	Podzoles, suelos Pardo-podzólicos y Podzoles hidromórficos
7. Alfisoles	Podzólicos gris-pardos, suelos grises forestales (Gray Wooded), Pardo no cálcicos, Chernozem degradado y Planosoles asociados, así como algunos suelos semi turbosos. (Half-bog).
8. Ultisoles	Suelos Podzólicos rojo-amarillos, suelos lateríticos Pardo rojizos de Estados Unidos y suelos planosoles y semiturbosos asociados.
9. Oxisoles	Suelos lateríticos, latosoles
10. Histosoles	Suelos turbosos

- Los Subórdenes

Los órdenes se dividen en subórdenes basándose en las características morfológicas que parecen producir clases con la mayor homogeneidad genética. De dichas características morfológicas, las básicas para definir los subórdenes han sido el color y el exceso de agua. En cuanto al resto, mientras los órdenes se separan basándose en propiedades morfológicas, los subórdenes emplean más, para su separación, las características genéticas. En el caso del clima, por ejemplo, hay órdenes que incluyen suelos desarrollados en diversos climas. Los subórdenes se dividirán limitando la amplitud de los climas: "ud" será el prefijo para suelos de climas húmedos, "ust" para suelos de climas secos (de "udus" y "ustus" respectivamente).

\*\*\*Brunizem es un nombre propuesto después de 1949 para los suelos de Pradera, transicionales entre los Podzoles y los Chernozem.

En general se puede decir que las diferencias usadas para separar un suborden de otro, se basan en propiedades físicas o químicas que reflejan la presencia de exceso de agua o diferencias genéticas debidas al clima o a la vegetación. El resto de diferencias son propiedades químicas o mineralógicas: textura, materiales amorfos, etc.

Los prefijos utilizados para indicar los subórdenes son los siguientes:\*

<u>Elemento formativo</u>	<u>Origen</u>	<u>Definición:</u>
alb	L. <u>albus</u> = blanco	Presencia de horizonte <u>al-</u> <u>bico</u> (horizonte eluvial -- blanqueado)
and	tomado de <u>Ando</u>	Semejante de Ando (suelo - negro)
acu	L. <u>agua</u> = agua	Características asociadas con la humedad (hidromor-- fismo)
ar	L. <u>arare</u> = arar	Horizontes mezclados
arg	L. <u>argila</u> = arcilla	Presencia de horizonte <u>ar</u> <u>glico</u> (horizonte con ar- cilla iluvial)
bor	Gr. <u>Boreas</u> = septentrio- nal	Frío
ferr	L. <u>ferrum</u> = hierro	Presencia de hierro
fibr	L. <u>fibra</u> = fibra	Etapas de menor descomposi- ción
fluv	L. <u>fluvius</u> = río	Llanuras aluviales (flood plains)
hem	Gr. <u>hemi</u> = medio	Etapas intermedias de descom- posición
hum	L. <u>humus</u> = tierra vege- tal	Presencia de materia orgá- nica

\*Nombres tomados de: Supplement to Soil Classification System (7th Approximation), Soil Survey Staff, SCS.USDA, Marzo, 1967

<u>Elemento formativo</u>	<u>Origen</u>	<u>Definición</u>
lept	Gr. <u>leptos</u> = delgado	Horizonte delgado
ocr	Gr. <u>ochros</u> = pálido	Presencia de epipedón ócrico (horizonte superficial de color claro)
ort	Gr. <u>orthos</u> = recto verdadero	Los suelos típicos
plag	Al. <u>plaggen</u> = turba, c&easped	Presencia de epipedón de - plaggen
psam	Gr. <u>Psammos</u> = arena	Texturas arenosas
rend	Tomado de Rendzina	Semejante a rendzina
sapr	Gr. <u>sapros</u> = podrido	Etapas/mayor descomposición
torr	L. <u>torridus</u> = cálido y - seco	Generalmente seco
trop	tomado del G. <u>tropikos</u> = del solsticio	Continuamente caliente
ud	L. <u>udus</u> = húmedo	De climas húmedos
umbr	L. <u>umbra</u> = sombra	Presencia de epipedón úmbrico (horizonte superficial oscuro)
ust	L. <u>ustus</u> = quemado	De climas secos, generalmente calientes en el verano
xer	Gr. <u>xeros</u> = seco	Estación seca anual

- Los Grupos

Los grupos se clasifican basándose principalmente en la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos (que se verán más adelante) y en la disposición que éstos tienen en el perfil. Si dentro del suborden no hay variación en el número y disposición de los horizontes, se han buscado otras propiedades para la división en grupos ("self-mulching", colores rojos y pardos oscuros asociados con las rocas básicas, diferencias en la saturación en bases, endurecimiento irreversible, etc.)

Desde el punto de vista morfológico se considera que cada grupo tiene dentro de sí los mismos horizontes y éstos guardan la misma disposición. Desde el punto de vista genético -- constituye un segmento de la capa continua que forma el suelo sobre la superficie de la Tierra. Cada grupo tiene una sección central en donde se encuentra su prototipo y de allí se extiende cambiando gradualmente a otros.

Los nombres de los grupos se forman añadiendo un prefijo que denota la propiedad o propiedades específicas de los mismos, al nombre del suborden. Los prefijos que indican el nombre del grupo son los siguientes:

PREFIJO	ORIGEN	SIGNIFICADO
acr	Gr. <u>akros</u> = al fin	Meteorización extremada
acu	L. <u>agua</u> = agua	Características asociadas con la humedad
agr	L. <u>ager</u> = campo	Presencia de horizonte - agrícola
alb	L. <u>albus</u> = blanco	Horizonte álbico
and	J. tomado de <u>ando</u> = suelo negro	Semejante a ando
antr	Gr. <u>anthropos</u> = hombre	Epipedón antrópico
arg	L. <u>argilla</u> = arcilla blanca	Horizonte argílico
calc	L. <u>calcis</u> = caliza	Horizonte cálcico
camb	L. <u>cambiare</u> = cambiar	Horizonte cámbico
cri	Gr. <u>Kryos</u> = frío	Frío
crom	Gr. <u>Chroma</u> = color	Color vivo, intenso (high chroma)
cuarz	Al. <u>quarz</u> = cuarzo	Alto contenido de cuarzo
distr, dis	Gr. <u>Dys</u> = enfermo <u>distrópico</u> = infértil	Baja saturación en bases

PREFIJO	ORIGEN	SIGNIFICADO
dur	L. <u>durus</u> = duro	Presencia de duripán
eutr. eu	Gr. <u>eu</u> = bueno <u>eutrópico</u> = fértil	Alta saturación en bases
ferr	L. <u>ferrum</u> = hierro	Presencia de hierro
frag	L. <u>fragilis</u> = frágil	Presencia de fragipán
fraglos	Tomado de <u>frag</u> y <u>glos</u>	Ver los elementos formativos <u>frag</u> y <u>glos</u>
gibs	Tomado de Gibsita	Presencia de Gibsita
glos	Gr. <u>glossa</u> = lengua	Con lenguas
hal	Gr. <u>halos</u> = sal	Salino, salado
hapl	Gr. <u>haplos</u> = simple	Horizonte mínimo
hidr	Gr. <u>Hydor</u> = agua	Presencia de agua
hip	Gr. <u>hypnum</u> = musgo	Presencia de musgo (hypnum moss)
hum	L. <u>humus</u> = tierra vegetal	Presencia de humus
luo, lu	Gr. <u>louo</u> = lavar	Iluvial
mol	L. <u>mollis</u> = suave	Presencia de epipedón <u>móli</u> <u>co</u>
nadur	Compuesto de na(tr) y dur	Presencia de horizonte <u>nu</u> <u>trico</u> endurecido
natr	Tomado de <u>natrium</u> = sodio	Presencia de horizonte <u>na</u> <u>trico</u>
ocr	Gr. <u>ochros</u> = pálido	Presencia de epipedón <u>scri</u> <u>co</u> (Horizonte superficial de color claro)
pale	Gr. <u>paleos</u> = antiguo	Desarrollo antiguo
pell	Gr. <u>pellos</u> = opaco	Poca vivacidad de color (low chroma)
plac	Gr. <u>plax</u> = laja, piedra plana	Presencia de una capa dura delgada



PREFIJO	ORIGEN	SIGNIFICADO
plag	Al. <u>plaggen</u> = turba, césped	Presencia de horizonte de "plaggen"
plint	Gr. <u>plinthos</u> = ladrillo	Presencia de plintita
rend	Tomado de Rendzina	Semejante a'Rendzina
rod	Gr. <u>rhodon</u> = rosa	Colores rojo-oscuro
sal	L. <u>sal</u> = sal	Presencia de horizonte <u>sá</u> lico
sider	Gr. <u>sideros</u> = hierro	Presencia de oxidos de -- hierro libres
sfagnos	Gr. <u>sphagnos</u> = turba	Presencia de musgo (Sphagnum moss)
torr	L. <u>torridus</u> = cálido y seco	Generalmente seco
trop	Gr. <u>tropikos</u> = del solsticio	Continuamente cálido
ud	L. <u>udus</u> = húmedo	De climas húmedos
umbr	L. <u>umbra</u> = sombra	Presencia de epipedón <u>úm</u> brico
ust	L. <u>ustus</u> = quemado	Clima seco, generalmente -- caliente en verano
verm	L. <u>vermes</u> = gusano	Con lombrices o mezclado -- por animales
vitr	L. <u>vitrum</u> = vidrio	Presencia de vidrio
xer	Gr. <u>xeros</u> = seco	Estación seca anual
sombr	F. sombre = oscuro	Horizonte oscuro

- Los Subgrupos

Los subgrupos son divisiones de los grupos y sólo pueden definirse con referencia a ellos. Si vemos que el grupo tiene una sección en donde hay la expresión máxima de sus características, ésta formará un subgrupo y las otras secciones que pasan gradualmente a otros grupos (integrade subgroups), constituirán otros. Estos pasos pueden ser a otros órdenes, subórdenes y --

grupos (esto lo indican las propiedades de las otras clases sea por un paso gradual manifiesto en todo el suelo, sea por la presencia de horizontes adicionales, sea en fin por horizontes de aparición intermitente) o a subgrupos con propiedades que no se espera encontrar normalmente y que no indica ningún otro grupo, suborden, ni orden.

El nombre del subgrupo se forma de manera diferente que el de las categorías anteriores, pues ya no se trata de añadir prefijos sino que es un adjetivo calificativo el que indica el subgrupo respectivo.

Los adjetivos utilizados para designar los subgrupos son los siguientes:

ADJETIVO	ORIGEN	SIGNIFICADO
abruptico	L. <u>abruptum</u> = abrupto	Cambio abrupto de textura
alúvico	Tomado de <u>aluminum</u>	Presencia de aluminio extraíble
arenoso	L. <u>arena</u> = arena	Textura arenosa
clástico	Gr. <u>Klastos</u> = roto	Alto contenido en minerales
cumúlico	L. <u>cumulos</u> = cúmulo	Epipedón de mayor espesor
glósico	Gr. <u>glossa</u> = lengua	Con lenguas
grosarenoso	L. <u>grossus</u> = grueso y arena	Capa potente arenosa
limnoso	Gr. <u>limn</u> = lago	Presencia de una capa limnosa
lítico	Gr. <u>lithos</u> = piedra	Presencia de contacto lítico
léptico	Gr. <u>leptos</u> = delgado	Solum delgado
pergélido	L. <u>per</u> = durante el tiempo y a través del espacio y L. <u>gelare</u> = helar	Helado permanentemente o que tiene "permafrost"
petrocálcico	Gr. <u>petra</u> = roca y <u>cálcico</u> de calcio	Horizonte petrocálcico

ADJETIVO	ORIGEN	SENIIFICADO
Plíntico	Gr. <u>plinthos</u> = ladrillo	Presencia de plinita
rúptico	L. <u>ruptura</u> = roto	Horizonte intermitente o roto
estrático	L. <u>stratus</u> = cubierta es trato	Capas estratificadas
supérico	L. <u>superare</u> = superar sobre poner	Presencia de plinita en la superficie
páquico	Gr. <u>pachys</u> = grueso	Epipedón profundo

El prefijo tapto, se usa para modificar el nombre de un subgrupo que contiene un suelo enterrado. Así un subgrupo X, que contiene un suelo Y enterrado, será X-tapto-Y, más la terminación tes.

#### - La Familia

Las familias se diferencian dentro del subgrupo basándose principalmente en las propiedades que tienen importancia para el crecimiento de las plantas. Sin embargo estas diferencias varían de un subgrupo a otro; se las escoge y se tienen familias relativamente homogéneas con respecto a las relaciones suelo - aire, suelo - agua, y planta-raíces y las capacidades de suministro de elementos nutritivos mayores, con excepción del nitrógeno.

Para diferenciar las familias dentro del subgrupo, se observa la variación o variaciones que hay en el solum bajo la capa arable o a una profundidad equivalente en los suelos sin solum genético. Entre las diferencias podemos anotar la textura, espesor de los horizontes, minerología, reacción, consistencia, permeabilidad, etc. No hay una nueva nomenclatura para designar las familias y pasará algún tiempo antes de que se pueda decidir alguna manera general de denominar a las familias. Por ahora se usa para ello el nombre de la serie dominante en el conjunto que constituye una familia. Sin embargo esto representa un problema sobretodo en los lugares en los que no se designa a la serie con un nombre sino con una fórmula que indica sus características.

- Las Series

Las series constituyen la categoría inferior en la clasificación de los suelos. La definición de serie no ha cambiado esencialmente en la Séptima Aproximación: la serie está constituida por un grupo de suelos con horizontes similares tanto en su disposición dentro del perfil, como en las características diferenciadoras que se desarrollan a partir de un mismo material de partida.

En cuanto a la nomenclatura, en Estados Unidos se utiliza el nombre de un lugar, el primero en que se identificó la serie, para denominarla. Esto está todavía sujeto a discusión, porque como se dijo, en otros lugares la serie no tiene un nombre sino una fórmula que la designa por sus propiedades más significativas.

e) Horizontes de Diagnóstico\*

La clasificación en las categorías más altas está basada principalmente en la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos y en propiedades específicas del suelo.

Los horizontes diagnósticos pueden agruparse en dos clases:

- a) Los epipedones que usualmente se forman en la superficie del suelo y
- b) otros que normalmente se forman bajo la superficie.

Epipedón Mólico (Lat. Mollis, Blando)

En la consecución de una propiedad o una combinación de propiedades que permitiera agrupar suelos minerales en los niveles categóricos altos, los científicos de suelos se dieron cuenta de la gran similitud que presentan los suelos de las estepas o praderas de América, Europa o Asia. Muchos de estos suelos clasificados anteriormente como Chesnut, Chernozem y Brunizem muestran horizontes superficiales relativamente gruesos, oscuros, ricos en materia orgánica, con cationes divalentes dominando el complejo

\* Tomado de Cortes, L, 1976

de intercambio y con estructura moderada a fuertemente desarrollada. Lógicamente esta morfología particular hace que el pedólogo concentre su atención en la parte superficial del perfil, más que en la profundidad del mismo. Por esta razón se decidió utilizar el horizonte con las características mencionadas, como un elemento diagnóstico importante.

Desde un punto de vista genético el epipedón mólico se forma a través de la descomposición subsuperficial de los materiales orgánicos que se adicionan al suelo, en presencia de cationes divalentes, particularmente el calcio.

La mezcla íntima de la materia orgánica con la materia mineral, que sucede en este horizonte, es propiciada en gran parte por la acción de la biota del suelo. En la mayoría de los sitios en los cuales se halló el epipedón mólico hay condiciones favorables para la formación de arcillas del tipo 2: 1; no se presenta toxicidad por aluminio o manganeso y existen generalmente reservas suficientes de calcio, magnesio y potasio, o aún de nitrógeno si el suelo no ha sido cultivado por períodos largos. Todas estas son propiedades importantes para el crecimiento de las plantas. La estructura del epipedón facilita el movimiento de la humedad y del aire cuando el suelo no está saturado con agua; esta es una característica accesoria muy importante desde el punto de vista de los usos a los cuales se puede someter el suelo.

La presencia de materia orgánica en el epipedón mólico indica que el suelo recibe humedad suficiente para el crecimiento de la vegetación. Por esta razón, uno de los límites del epipedón mencionado es que debe permanecer húmedo en alguna de sus partes, por lo menos durante tres meses acumulativos durante el año, en siete de cada diez años, cuando la temperatura del suelo es de 5°C o mayor a una profundidad de 50 cm, cuando el suelo no está sometido a condiciones de irrigación.

Resumiendo, el epipedón mólico es un horizonte mineral o un conjunto de subhorizontes que tienen, después de que el suelo sea mezclado hasta los 18 cm de profundidad, las siguientes características:

1. Estructura de suelo suficientemente fuerte para que el horizonte no sea masivo y duro a la vez, en estado seco. La estructura de prismas muy gruesos (más de 30 cm de diámetro) se considera masiva si no hay estructura secundaria dentro de los prismas.

2. El color presenta dos casos:

- a) Si hay menos de 40% de material calcáreo finamente dividido, los colores de muestras quebradas y molidas tienen intensidades (value) más oscuras que 3.5 en húmedo. A la pureza se le permite oscilar hasta 4.0 sin incluir este valor cuando el suelo tiene un régimen de temperatura isohipertérmico. La intensidad del color es normalmente una unidad más oscura, por lo menos o la pureza dos unidades menos (en húmedo y en seco) que el horizonte IC si está presente;
- b) Si hay más de 40% de material calcáreo finamente dividido no se tienen en cuenta los requisitos de color anteriormente -- enunciados.

3. La saturación de bases (método del  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) es 50% o más.

4. El contenido de carbón orgánico es 2.5% o más en los primeros -- 18 cm si hay en el suelo más de 40% de material calcáreo finamente dividido. De otra manera, el contenido de carbón orgánico es por lo menos 0.6% en el epipedón.

5. El espesor debe ser mayor de 18 cm (más de 10 cm) si el epipedón se encuentra sobre roca continua, coherente y dura) y:

- a) Si la textura es más fina que franco arenosa fina en alguna parte del epipedón y si debajo del epipedón hay un horizonte diagnóstico o la disminución de la materia orgánica es regular, el espesor es de más de un tercio (1/3) de la profundidad hasta carbonatos secundarios, o la base de un fragipán, duripan u horizonte cámbico, argílico, nátrico, óxico o espódico.
- b) Espesor de más de 25 cm si el epipedón tiene una textura tan gruesa o más que franco arenosa fina en todo el espesor, o si no hay horizontes diagnósticos subyacentes y el contenido de materia orgánica de los materiales subyacentes decrece -- irregularmente con la profundidad (como en un aluvión reciente).

6. Tiene menos de 250 ppm de  $\text{P}_2\text{O}_5$  soluble en ácido cítrico o presenta cantidades crecientes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  soluble en ácido cítrico debajo

del epipedón, o nódulos de fosfato en el epipedón.

7. Tiene agua disponible sin riego, por tres meses o más, (acumula rivos) cuando la temperatura a 50 cm de profundidad es de 5°C o más.
8. Un valor  $n^*$  menor de 0.7
9. Aparece en la superficie del suelo o subsacente a un epipedón - hístico, o está enterrado por un depósito reciente con menos de 50 cm de espesor.

#### Epipedón Umbrico (Lat. Umbra, sombra, oscuro)

Este epipedón es comparable al mólico en sus requerimientos de color, carbón orgánico, consistencia, estructura, valor  $n$ , contenido de  $P_2O_5$  y grosor. Se diferencia del mólico en que la saturación de bases es inferior al 50% (método del  $NH_4OA_c$ ).

#### Epipedón Antrópico (Gr. Antropos, hombre)

Es similar al epipedón mólico en sus requerimientos de color, estructura y materia orgánica, pero como su nombre lo indica ha sido formado por acción del hombre.

Existen dos situaciones en las cuales se puede formar este epipedón:

- a) En lugares de residencia del hombre. Allí, la adición continua de huesos, conchas y otros residuos domésticos, ha proporcionado calcio y fósforo. El nivel del fósforo en el epipedón es muy alto para ser mólico y es la característica que precisamente lo

\*valor  $n$ : El valor  $n$  se refiere a la relación entre el porcentaje de agua bajo condiciones de campo y los porcentajes de arcilla y humus. El valor  $n$  es útil para predecir cuando el suelo puede ser dedicado a pastoreo o puede soportar otro tipo de carga, y para preveer el grado de subsidencia que ocurrirá al drenarlo. El valor  $n$  puede ser calculado, para los suelos minerales que no son tixotrópicos, por la fórmula:  $n = \frac{(A - 0.2 R)}{L + 3H}$

- A= % agua en condiciones de campo  
R= % limo + arena  
L= % arcilla  
H= % materia orgánica (C x 1.724)

distingue de aquel. Tales epipedones ocurren en las partes húmedas de Europa, los Estados Unidos y América del Sur, -- particularmente en aquellas áreas en las cuales hubo grandes feudos.

- b) En zonas áridas irrigadas por el hombre. En tales regiones la precipitación es tan escasa que prácticamente no hay vegetación o ésta es muy escasa. En estas condiciones el suplemento de agua por irrigación cambia las condiciones naturales y permite el crecimiento de las plantas con lo cual se incrementa el contenido de materia orgánica del suelo superficial, se mejora su estructura y se oscurece el tono del color al producirse el proceso de melanización del horizonte. En consecuencia, el epipedón adquiere características de mólico. Las propiedades del epipedón son claramente inducidas por el hombre a través de su acción. Si no se irriga el suelo, tal epipedón permanecería completamente seco en todas sus partes durante más de nueve meses del año en más de siete de cada diez años.

En resumen, el epipedón antrópico cumple todos los requisitos para mólico con excepción del contenido de  $P_2O_5$  que en este caso es mayor de 250 ppm y del agua disponible la cual, sin irrigación, es deficiente casi todo el año.

#### Epipedón Hístico (Gr. Hístos, tejido)

Es un horizonte orgánico presente en suelos minerales, generalmente en la superficie, aunque puede estar sepultado por capas delgadas de otro material.

Es una capa saturada con agua por lo menos 30 días consecutivos en la mayoría de los años o con drenaje artificial, que reúne las siguientes características:

1. Es un horizonte superficial compuesto por materiales orgánicos de suelo que:
  - a) Tiene 75% o más, por volumen, de fibras de esfagno o tiene una densidad aparente en húmedo menor de 0.1g /cc. y tiene menos de 60 cm pero más de 20 cm de espesor; 5



- b) Tiene 18% o más de carbón orgánico si la fracción mineral es 50% o más de arcilla, o 12% o más de carbón orgánico si no hay arcilla, o contenidos de carbón orgánico proporcionales a contenidos intermedios de arcilla y tiene menos de 40 cm - pero más de 20 cm de espesor. Si el horizonte orgánico superficial tiene menos de 20 cm de grueso, es hístico, se hay suficiente materia orgánica para satisfacer el numeral 2 cuando los horizontes son mezclados hasta una profundidad de 20 cm.
2. Una capa de arado de 25 cm o más de grócor, que tenga 8% o más de carbón orgánico si no hay arcilla, o 16% o más de carbón orgánico si hay 50% de arcilla, o contenidos de carbón orgánico proporcionales a contenidos intermedios de arcilla.
  3. Una capa de materiales orgánicos de 20 cm o más de espesor pero que descansan debajo de una capa superficial de materiales minerales con menos de 40 cm de espesor.

Epipedón de "Plaggen" (Alemán: plaggen, césped)

Este es otro horizonte formado por acción del hombre. Tiene más de 50 cm de espesor y es el resultado de un abonamiento continuado. En los tiempos medievales se utilizó el césped, el tamo y otros materiales para - cama del ganado en los establos. Aún hoy, sucede esto en muchas partes del mundo. Estos residuos de los establos al ser dispuestos en los campos vecinos fueron poco a poco formando el epipedón en mención. Así, el horizonte contiene comúnmente artefactos tales como pedazos de ladrillo, piezas - de ollas y otras vasijas, o muestran señales de pala. Las áreas con este epipedón presentan polipedones rectangulares que ayudan a su identificación. Por otra parte, los polipedones con el epipedón de Plaggen son notoriamente más altos que los polipedones adyacentes que carecen de dicho horizonte.

Epipedón Ocrico (Gr. Ocros, pálido)

Un horizonte que es, o muy claro en color, muy alto en pureza (croma), muy bajo en materia orgánica, muy alto en el valor n, o muy delgado para - ser mólico, úmbrico, antrópico, de plaggen o hístico; el epipedón ocrico es masivo y duro a la vez cuando seco.

### Horizontes diagn6sticos Subsuperficiales

Los horizontes que se discutirán en esta sección se forman bajo la superficie del suelo, aunque en algunos lugares pueden encontrarse debajo de una capa de hojarasca u otra clase de materia orgánica no descompuesta o incipientemente descompuesta. También estos horizontes pueden quedar expuestos en la superficie por la erosión. Algunos de estos horizontes reúnen todos los requisitos de un horizonte B, pero en ciertos casos, pueden hacer parte del horizonte A.

#### Horizonte Argílico (Lat. Argilla, arcilla)

Este horizonte es de naturaleza iluvial o de enriquecimiento. En este caso ha ocurrido una translocación importante de arcilla desde los horizontes superiores. Esto claro está, no significa que parte de la arcilla presente en el horizonte se haya formado in situ o haya sido heredada del material parental.

Para explicar la formación del horizonte argílico se asume lo siguiente:

- a) La arcilla es transportada por el agua
- b) La arcilla en los horizontes argílicos migró principalmente como arcilla más que como productos de descomposición que posteriormente fueron sintentizados a arcilla.
- c) Los horizontes argílicos requieren ordinariamente unos pocos miles de años para formarse ya que no hay evidencias de translocación de arcilla en los paisajes más jóvenes.
- d) La vegetación tiene gran influencia en la formación del horizonte argílico por cuanto se han encontrado con mejor expresión bajo bosque que en suelo bajo pradera.
- e) El clima es importante. No se forma el horizonte argílico en suelos con clima perhúmedo. Se requiere que el suelo alcance sequedad, aunque sea parcial, en alguna época del año.

Se cree que el movimiento de la arcilla sucede en la siguiente forma:

El material parental debe contener arcillas muy finas o éstas pueden formarse por intemperismo.

Las partículas muy finas de arcilla tienen la misma carga negativa que la matriz del suelo y tienden a dispersarse a menos que algo esté presente para mantenerlas floculadas; este algo lo constituyen las sales (carbonatos, óxidos libres). El humedecimiento del suelo seco produce alteración de los coágulos y dispersión de la arcilla. Una vez dispersa, la arcilla se mueve con el agua percolante y se detiene donde ésta se detenga.

El agua percolante en los poros no capilares, comúnmente para, debido al recogimiento capilar que sufre dentro de la fábrica del suelo. En este momento la arcilla que estaba en suspensión se deposita en las paredes de los poros no capilares o en las caras de los pedos.

El mecanismo para explicar el movimiento de la arcilla y su deposición en el horizonte argílico requiere fundamentalmente de una estación seca por tres razones principales:

- a) El humedecimiento de un suelo seco favorece la dispersión de la arcilla.
- b) Durante el secamiento se forman grietas en las cuales tiene lugar la percolación del agua;
- c) La sustracción del agua percolante por recogimiento capilar se favorece por la tendencia que tiene un suelo a tomar la humedad.

En resumen, el horizonte argílico es un horizonte que contiene arcilla iluvial.

Este horizonte se forma debajo de un horizonte eluvial, pero puede estar en la superficie si el suelo ha sido truncado parcialmente por erosión. El horizonte argílico tiene las siguientes propiedades que pueden ser usadas para su identificación.

1. Si hay un horizonte eluvial y no hay discontinuidad litológica entre éste y el horizonte argílico, el horizonte argílico contiene más arcilla total y fina que el horizonte eluvial, así:
  - a) Si el horizonte eluvial tiene en cualquiera de sus partes menos de 15% de arcilla total en la tierra fina ( $< 2$  mm), el horizonte argílico debe contener, al menos, 3% más de arcilla (13% Vs 10% por ejemplo). y la relación de arcilla fina a arcilla total es generalmente más grande en el horizonte argílico que en el horizonte eluvial o en el horizonte subyacente.

- b) Si el horizonte eluvial tiene más de 15% pero menos de 40% de arcilla total en la tierra fina, la relación de arcilla en el horizonte argílico a aquella del horizonte eluvial debe ser 1.2 o mayor, y la relación de arcilla fina o arcilla total es mayor en el horizonte argílico que en el horizonte eluvial.
  - c) Si el horizonte eluvial tiene más de 40% de arcilla total en la fracción tierra fina, el horizonte argílico debe contener al menos, 8% más de arcilla u 8% más arcilla fina si la arcilla total es superior al 60%, (el incremento de arcilla requerida en el numeral 1 debe alcanzarse dentro de una distancia vertical de 30 cm o menos).
2. Un horizonte argílico debe tener al menos un tercio (1/3) del grosor de la suma de todos los horizontes superiores a éste, o debe tener 15 cm o más de espesor si los horizontes eluvial o iluvial son más gruesos que 1.5 m. Si el horizonte argílico es arenoso o arenoso franco debe tener al menos 15 cm de espesor. Si es franco o arcilloso debe tener al menos 7.5 cm de espesor.
3. En suelos sin estructura el horizonte argílico debe tener arcillas orientadas uniendo granos de arena o recubriendo algunos poros.
4. Si los pedos están presentes, un horizonte argílico:
- a) Muestra películas de arcilla en algunas de las caras horizontales y verticales de los pedos y en los poros finos o
  - b) Muestra arcillas orientadas en 1% o más de la sección transversal, o
  - c) Llena los requerimientos 1 y 2 y tiene un límite superior irregular o interrumpido acompañado por algunas películas de arcilla en la parte inferior del horizonte; o
  - d) Si el horizonte es arcilloso con predominio de arcilla caolinitica y el horizonte superficial tiene más de 40% de arcilla, hay algunas películas de arcilla sobre los pedos y en los poros en la parte inferior de aquel horizonte que presenta estructura de bloques o prismática, o

- e) Si el horizonte iluvial es arcilloso con arcillas del tipo 2:1, las películas de arcilla pueden faltar siempre y cuando haya evidencias de presión causadas por expansión; las evidencias de presión pueden ser "Slickensides" o límites ondulados del horizonte iluvial, acompañados por granos de arena o limo libres de películas de arcilla en el horizonte superior; o la relación de arcilla fina a arcilla total es  $1/3$  o mayor en el argílico que en los horizontes superiores o inferiores.
5. Si un suelo muestra una discontinuidad litológica entre el horizonte eluvial y el horizonte argílico, o si sólo existe una capa arable sobre el horizonte argílico, éste necesita mostrar películas de arcilla solamente en algunas de sus partes bien sea en algunos poros finos, o si existen pedos en algunas de sus caras verticales y horizontales. Las secciones delgadas deberán indicar que el horizonte tiene en alguna de sus partes aproximadamente  $1\%$  o más de arcilla orientada, o la relación de arcilla fina a arcilla total deberá ser aproximadamente  $1/3$  mayor que en los horizontes suprayacentes y subyacentes.

#### Horizonte Agrico (Lat. Ager, campo)

Este es un horizonte iluvial formado bajo cultivo con cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial. Está inmediatamente debajo de la capa arable y contiene  $5\%$  o más en volumen, de acumulaciones de arcilla y humus (con intensidad de 4 ó menos y pureza de 2 ó menos en húmedo) en láminas o revestimientos en huecos de lombrices. Nótese que después de un largo período de cultivos, el contenido de materia orgánica es por rareza alto, pero la relación C/N en el horizonte agrícola es baja, generalmente menor que 8. El pH del horizonte agrícola está cercano a la neutralidad (6 a 6.5).

#### Horizonte Nátrico (Lat. Natrium, sodio)

Tiene todos los requisitos del horizonte argílico más:

1. a) Estructuras prismáticas, o más comúnmente estructura columnar que puede o no romperse en bloques, o

- b) Por rareza una estructura de bloques con lenguas de un horizonte eluvial con granos de arena y limo libres de revestimientos, que se extiende más de 2.5 cm dentro del horizonte; y.
- 2. a) Más de 15% de saturación con sodio intercambiable (SAR 13) en algún subhorizonte dentro de los 40 cm a partir del límite superior, o
- b) El magnesio más el sodio intercambiables es mayor que el calcio más la acidez intercambiable (a pH 8.2) en algún horizonte dentro de los 40 cm a partir del límite superior, si algún horizonte dentro de los 2 metros desde la superficie tiene más del 15% de saturación con sodio ( 13 SAR).

#### Horizonte Espódico (Gr. Spodos, ceniza de madera, Podzol)

Es un horizonte en el cual han precipitado materiales amorfos activos compuestos de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro. El término "activo" se utiliza aquí para describir materiales que presentan alta capacidad de intercambio, alta superficie específica y alta tensión de agua.

Desde un punto de vista de su génesis el horizonte espódico ocurre preferencialmente en ambientes húmedos y fríos aunque también se le ha encontrado en climas cálidos, pero nunca en ambientes áridos. En climas fríos, los horizontes espódicos ocurren en suelos que tienen o han tenido una vegetación de Erica y Calluna o de bosque, bien sea de hoja ancha o de coníferas. En climas cálidos este horizonte ocurre bajo sabana, palmas y bosques mezclados.

Otros requerimientos para la formación de este horizonte diagnóstico son: un material parental ácido y de textura gruesa, terrenos bien drenados o con nivel freático fluctuante pero no permanentemente saturados con agua.

Bajo condiciones óptimas los horizontes espódicos pueden formarse en unos pocos cientos de años pero se destruyen igualmente rápido por acción biológica.

De acuerdo a las teorías más recientes, la translocación de elemen-

tos del horizonte E hasta el horizonte B espódico se explica por la formación de una asociación entre la materia orgánica, el hierro y el aluminio por quelatación y enlaces electrostáticos. Tales compuestos son solubles si la concentración de sesquióxidos es baja y se precipitan cuando la concentración de sesquióxidos alcanza un nivel crítico. Sucede, pues, que los compuestos orgánicos solubles cuando se mueven a través del suelo recogen sesquióxidos de los minerales primarios y de algunas partes del horizonte espódico, hasta que la concentración de sesquióxidos es tal que precipitan en cualquier parte del horizonte en cuestión. Tal movimiento de sustancias puede ser hacia abajo debido a la gravedad o puede ser lateral. También ocurre movimiento hacia arriba por fuerzas capilares. La inmovilización de los sesquióxidos puede ser también el resultado de la hidrólisis del complejo organo - metálico inducida por cambio en el pH o por destrucción biológica de los enlaces.

El horizonte espódico es normalmente un horizonte subsuperficial que descanza debajo de un H, Ah ó E. Este horizonte puede, sin embargo, llenar los requerimientos de un epipedón ótrico ó úmbrico. El horizonte espódico debe presentar las características físico-químicas enumeradas en seguida y los matices y pureza del color necesitan permanecer constantes con la profundidad, o el sub-horizonte con el matiz más rojo o la pureza más alta está cerca del límite superior del horizonte, con matices que se tornan más amarillos con la profundidad o pureza que llega a ser más baja, o ambos, dentro de los 50 cm a partir del límite superior del horizonte.

El horizonte espódico debe ser suficientemente grueso para llenar uno o más de los siguientes requerimientos debajo de una profundidad de 12.5 cm o debajo de cualquier Ap que esté presente si el régimen de temperatura del suelo es frígido o más cálido. Si el régimen de temperatura del suelo es crítico o pergélido no hay requerimientos para espesor.

En adición el horizonte espódico debe llenar uno o más de los siguientes requisitos:

1. Debe tener un sub-horizonte que presente más de 2.5 cm de espesor y que esté continuamente cementado por alguna combinación de materia orgánica con hierro o aluminio, o ambos.
2. Una distribución de partículas por tamaño que sea arenosa o franco gruesa y los granos de arena estén cubiertos con películas --

agrietadas o haya concreciones oscuras y distintas del tamaño del limo grueso, o ambos.

3. Uno o más sub-horizontes en los cuales:

- a) La relación de hierro más aluminio elemental extraído con pirofosfato (a pH 10) a porcentaje de arcilla, es mayor que 0.2

$$\frac{\% \text{ Fe} + \text{ Al}}{\% \text{ arcilla}} \geq 0.2$$

- b) La suma de hierro más aluminio extractable con pirofosfato es más que 50% de la suma de hierro más aluminio extractable con Ditionito-citrato

$$\frac{\% \text{ Fe} + \text{ Al (pirofosfato)}}{\% \text{ Fe} + \text{ Al (ditionito)}} \geq 0.5$$

- c) Pierde 25% o más de su capacidad de intercambio a pH 8.2 - después de agitar toda la noche una muestra de suelo del horizonte en una solución de Ditionito-citrato
- d) Debe ser suficientemente grueso y desarrollado para que el índice de acumulación de material amorfo (I) en los horizontes que llenan los anteriores requerimientos sea mayor que 90.

$$I = (\text{CIC, pH 8.2}) - 1 (\% \text{ arcilla}) \times E$$

CIC = Capacidad de intercambio de cationes

E = Espesor en centímetros

**Horizonte Plácico**

(Gr. plax = Piedra plana connotando un pan cementado, delgado)

Este horizonte es un pan delgado negro a rojizo oscuro, cementado - por hierro, hierro y manganeso o un complejo de hierro y materia orgánica. El espesor es de 2 mm o cuando más de 20 a 40 mm en algunas partes. El horizonte espódico puede estar, aunque no necesariamente, asociado -- con estratificación del material parental. Se presenta en el solum como



una sola capa ondulada o irregular, más o menos paralela a la superficie y por lo general, dentro de los primeros 50 cm de profundidad del suelo mineral. Es impermeable o lentamente permeable al agua y constituye una barrera para las raíces.

**Horizonte Cámbico ( Lat. Cambiare, alterar)**

El horizonte cámbico corresponde al B de alteración definido actualmente como B<sub>1</sub>, aunque se debe anotar que no en todos los casos un horizonte B<sub>2</sub> cumple los requerimientos exigidos para ser cámbico.

Lo más importante en la definición del horizonte cámbico lo constituye la evidencia de alteración y la ausencia de iluviación, por lo menos en grado significativo. La alteración física del horizonte mencionado es el resultado de:

- a) Movimiento de las partículas del suelo por las raíces de las plantas, los animales y otros fenómenos hasta producir la destrucción de la estructura original de la roca o material del origen del suelo, incluyendo la estratificación fina del limo, la arcilla y la arena en depósitos aluviales o lacustres y
- b) Agregación de las partículas del suelo en peds. En adición, el horizonte sufre alteración química por:
  - a) Hidrólisis de algunos minerales primarios para formar arcillas y liberar sesquióxidos;
  - b) Solución y redistribución o remoción de algunos carbonatos;
  - c) Reducción y segregación o remoción de óxidos de hierro libres, acompañado por descomposición biológica de la materia orgánica.

Los límites de variación del horizonte cámbico son muy amplios pues se extienden desde el estado en el cual el suelo comienza a mostrar un horizonte B incipiente (límite entre material parental y horizonte cámbico), hasta el estado en el cual el desarrollo del suelo ha avanzado hasta el punto de presentar acumulación de sesquióxidos y desaparición casi total de minerales fácilmente alterables por intemperismo extremo (Límite de los horizontes cámbico y óxico).

Es importante anotar que por incipiente que sea el desarrollo del horizonte cámbico, éste es considerado un B<sub>1</sub>, pero en ningún caso es un horizonte transicional hacia el C. Así, la posición que ocupa el horizonte y la alteración sin iluviación significativa son características importantes del horizonte cámbico.

El horizonte cámbico, en resumen, es un horizonte de alteración que no satisface los requisitos para ninguno de los otros horizontes (ni epipedones) diagnósticos. Este horizonte presenta además las siguientes características:

1. La textura es arenosa franca muy fina o más fina en la tierra fina (menor de 2 mm).
2. Estructura de suelo, o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen.
3. Cantidades significativas de minerales intemperizables:
  - a) Suficientes arcillas amorfas o de tipo 2:1 para dar una capacidad de intercambio de cationes (por el método del  $\text{NH}_4\text{-OAc}$ ) de más de 16 meq por 100 gr de arcilla.
  - b) Más de 3% de minerales intemperizables diferentes a la muscovita, o
  - c) Más de 6% de muscovita
4. Evidencias de alteración en una de las siguientes formas:
  - a) Debe tener colores dominantes (en húmedo) en las caras de los pedos, si éstos están presentes, o en la matriz si los pedos están ausentes así:
    - a.1) Si hay moteado la pureza (croma) es 2 o menos
    - 1.2) Si hay moteado y las intensidades (values) son menores que 4 la pureza es menor que 1; si las intensidades son 4 o más, la pureza es 1 o menos.
    - a,3) Los matices no son más azules que 10Y si el matiz cambia cuando se expone al aire (matices más azules que 10Y y que no cambian al exponerlos al aire no son diagnósticos). Estos colores deben ir acompañados por una o más de las siguientes características:

1. Un decrecimiento regular en carbono orgánico con la profundidad y niveles de menos de 0.2% de carbono orgánico, a una profundidad de 1.25 m debajo de la superficie o inmediatamente sobre un substrato arenoso-esquelético que se encuentra más superficial que 1.25 m.
2. Grietas que se cierran y se abren en la mayoría de los años con una amplitud de 1 cm o más en una profundidad de 50 cm debajo de la superficie.
3. Permafrost en alguna profundidad
4. Un epipedón hístico, mólico o úmbrico.
  - b) Pureza (croma) más fuerte o matices más rojos o contenidos - de arcilla más altos que los horizontes subyacentes.
  - c) Evidencia de remoción de carbonatos
5. Muy poca evidencia de iluvación para que llene los requerimientos de un horizonte argílico o espódico.
6. No debe presentar cementación o endurecimiento lo mismo que con sistencia quebradiza cuando húmedo.
7. Espesor suficiente como para que la profundidad del límite inferior sea 25 cm o más, a menos que el régimen de temperatura del suelo sea cálido o perigélico.

Horizonte Sómbrico (Lat. Umbra, oscuro)

El horizonte sómbrico es un horizonte subsuperficial de los suelos minerales formados en condiciones de drenaje libre. Contiene humus iluvial el cual no está asociado con aluminio como ocurre con el humus en el horizonte espódico no se dispersa con sodio como es común para el horizonte nátrico. En consecuencia el horizonte sómbrico no tiene la alta capacidad de intercambio de cationes de un horizonte espódico en relación a la arcilla, ni tiene la alta saturación de bases (en el sómbrico es menor del 50%) del horizonte nátrico. El horizonte sómbrico no se encuentra de bajo de un horizonte álbico.

Se cree que el horizonte sómbrico está restringido a los suelos húmedos y fríos de las mesetas y de las montañas altas en las regiones tropicales y subtropicales.

El horizonte sómbrico tiene una intensidad (value) del color y una pureza (croma) más bajas que las del horizonte suprayacente y comúnmente, pero no necesariamente, contiene más materia orgánica que el horizonte de encima.

Puede haberse formado en un horizonte argílico, en un cámbico o posiblemente, en un óxico. Si hay pedos en el horizonte, los colores oscuros son mucho más pronunciados en la superficie de los pedos.

Un horizonte sómbrico es fácilmente confundido en el campo con un horizonte Ah sepultado. En este caso se puede distinguir por un rastreo lateral. En sección delgada la materia orgánica de un horizonte sómbrico aparece más concentrada en los pedos y en los poros que dispersa uniformemente a través de la matriz del suelo.

#### Horizonte Oxico (Fr. Oxyde, Óxido)

Es un horizonte de acumulación de minerales resistentes y productos de intemperismo que no satisface los requisitos para los horizontes argílicos o nátricos. Este horizonte se estableció para caracterizar horizontes minerales subsuperficiales en un estado avanzado de intemperismo.

Los horizontes óxicos están confinados a las regiones tropicales y subtropicales y aún en estas fajas latitudinales aparecen principalmente en áreas cuya altitud sobre el nivel del mar es inferior a los 1500 a 2000 metros. Dentro de esta zona, sin embargo, su distribución es muy independiente de la precipitación actual lo que indica que algunos de estos horizontes se formaron bajo condiciones de precipitación mucho más alta de la que actualmente reciben.

Los suelos con horizonte óxico se encuentran, por lo general, en superficies planas o de pendientes suaves. La posición geomorfológica es aquella en la cual se pudieron depositar sedimentos intemperizados y en la que no se reciben aportes de sedimentos nuevos. La edad de los horizontes óxicos es tal que los minerales fácilmente intemperizables están ausentes, o presentes sólo en trazas. La edad avanzada de estos horizontes ha permitido una intensa mezcla de los materiales edáficos por animales y -- plantas hasta el punto de que no quedan ni vestigios de estructura de roca en la tierra fina.

El horizonte óxico presenta las siguientes características:

1. Espesor de 30 cm o más
2. Fracción de tierra fina (menor de 2 mm) que retiene 10 me<sub>q</sub> o menos de iones amonio por 100 gr de arcilla, de una solución IN de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

$$\frac{\text{me}_q \text{ bases retenidas} \times 100}{\% \text{ arcilla}} \leq 10$$

o presenta menos de 10 me de bases extractables con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  y aluminio extractable con IN KCl, por 100 gr de arcilla.

3. Capacidad de intercambio de cationes de menos de 16 me<sub>q</sub> por 100 gr de arcilla (método de  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) a menos que haya un contenido apreciable de clorita con aluminio interlaminar,

$$\frac{\text{CIC} \times 100}{\% \text{ arcilla}} \leq 16$$

4. Contenido de silicatos intemperizables como feldespatos, vidrios volcánicos y minerales ferromagnesianos, en la fracción entre 20 y 200 micrones, menor del 3% y contenidos de moscovita menor del 6%.
5. Textura franco arenosa o más fina y más de 15% de arcilla.
6. Los límites entre los subhorizontes son generalmente graduales o difusos.
7. Presenta menos de 5% de su volumen con estructura de roca (saprolita).

Duripán (Lat. Durus, duro, connotando un pan endurecido)

Es un horizonte subsuperficial cementado por sílice hasta el punto que los fragmentos del horizonte, secos al aire, no se desmoronan por su inmersión prolongada en agua o en HCl. Los duripanes varían en el grado de cementación por sílice y en adición contienen, generalmente, materiales cementantes accesorios, principalmente óxidos de hierro y carbonato de calcio.

Otras características de este horizonte son las siguientes:

1. Tiene revestimientos o depósitos de sílice, soluble en álcali con centrado pero, no soluble en ácido.
2. Un tratamiento con ácido puede destruir la cementación (debida a carbonatos) hasta la mitad del volumen, <sup>pero</sup> no más.
3. Un tratamiento con álcali o alternado de álcali y ácido puede - destruir la cementación completamente.

Fragipán (Lat. Fragilis, quebradizo)

Es un horizonte subsuperficial que parece ser cementado en seco pero se diluye en agua. En húmedo, este pan es débil a moderadamente quebradizo (tendencia de los pedos o terrones a romperse cuando se aplica una presión sin sufrir deformación lenta). Tiene densidad aparente alta en relación con los horizontes suprayacentes. La permeabilidad es baja y las raíces son escasas. Hay fracturas verticales que forman prismas grandes de plano poligonal. Las texturas son generalmente de tipo franco, es decir, franco limosas, francas o franco arenosas. No hay carbonatos.

Horizonte Albico (Lat. Albus, blanco)

Un horizonte álbico es un horizonte de remoción de óxido de hierro y arcilla situado encima de un horizonte argílico, horizonte espódico, fragipán o de una capa relativamente impermeable. Por la ausencia de cutanes, el color del horizonte es el mismo de los granos de limo y arena. Por lo general, resulta un contraste con cualquier horizonte argílico o espódico subyacente.

La intensidad (value) del color en húmedo de un horizonte álbico, es 4 o más, la intensidad (value) en seco, es 5 o más, o ambos.

Si la intensidad (value) en seco, es 7 o más, o la intensidad (value) en húmedo, es 6 o más, la pureza (croma) es 3 o menos.

Si la intensidad (value) en seco, es 5 o 6, o la intensidad (value) en húmedo, es 4 o 5, la pureza (croma), es más cercana a 2 que a 3.

Si el material parental tiene un matiz 5YR o más rojo, se permite una pureza (croma) en húmedo de 3 en el horizonte álbico, si la pureza se debe al color de los granos de arena y limo libres de recubrimientos.

Horizonte Cálcico

El horizonte cálcico es un horizonte de acumulación de carbonatos de calcio o de carbonato de calcio y magnesio. La acumulación puede estar en el horizonte C, pero también puede hallarse en otros horizontes tales como el epipedón mólico, el horizonte argílico o el nátrico, o en un duripán.

El horizonte cálcico tiene dos formas:

1. El material subyacente tiene menos carbonatos que el horizonte cálcico. Esta forma de horizonte cálcico incluye horizontes de enriquecimiento secundario de carbonato con 15 cm o más de espesor, con 15% o más de equivalentes de carbonato de calcio que en el horizonte C.
2. El horizonte cálcico tiene 15 cm o más de espesor, 15% o más de equivalente de carbonato de calcio y 5% o más (por volumen) de carbonatos secundarios como formas colgantes en piedras, concreciones o formas polvorientas blandas. Si este horizonte descansa sobre calizas, margas u otro material muy calcáreo ( 40% de equivalente de  $\text{CaCO}_3$ ) el porcentaje de carbonatos no tiene que decrecer con la profundidad.

Si la clase textural es arenosa, arenosa esquelética, franco gruesa, franco esquelética, con menos del 18% de arcilla, el requerimiento de 15% de equivalente de carbonato de calcio no se tiene en cuenta.

#### Horizonte Petrocálcico

El Horizonte Petrocálcico es un horizonte cálcico continuo y endurecido, cementado por carbonatos. No puede penetrarse con barreno o pala en seco. Los fragmentos secos no se desmigajan en agua. Se incluye un horizonte laminar en contacto con roca dura subyacente de espesor de 2.5 cm o más y con un producto del espesor por el equivalente de  $\text{CaCO}_3$  de 200 o más.

#### Horizonte Gípsico (Lat. Gypsum, yeso)

El horizonte gípsico es un horizonte de acumulación de yeso. Tiene espesor mayor de 15 cm; un excedente con respecto al horizonte C u otra capa subyacente, de 5% o más de yeso, y un producto del espesor por el contenido de yeso de 150 o más.

### Horizonte Petrogípsico

El horizonte petrogípsico es un horizonte gípsico endurecido al punto que sus fragmentos secos no se desmigajan en agua y las raíces no pueden penetrarlo.

### Horizonte Sáfico

Es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso. - Tiene espesor mayor de 15 cm, contenido de sales de 2% o más y un producto del espesor por el contenido, de 60 o más.

### Horizonte Sulfúrico (Lat. Sulfur. azufre)

Es un horizonte compuesto de materiales de suelo minerales u orgánicos que tienen :

1. Un pH menor de 3.5 (agua 1:1)
2. Moteados de jarosita ( $KFe_3(SO_4)_2(OH)_2$ ); este mineral presenta un color de paja fresca con matices de 2.5 Y o más amarillos y pureza (croma) de 6 o más.

El horizonte sulfúrico se forma como resultado de drenaje artificial y oxidación de materiales minerales u orgánicos ricos en sulfuro. Esta - clase de horizontes son altamente tóxicos para las plantas y están virtualmente libres de raíces vivas.

### Otras características diagnósticas

#### Materiales Sulfurosos

Son materiales saturados con agua con contenido de S, la mayor parte en forma de sulfuros, de 0.75% o más. Potencialmente pueden formar el horizonte sulfúrico. Con la oxidación los sulfuros cambian a sulfatos y el pH baja.

#### Material Fibrico

Es un material orgánico en el cual: 1. las fibras de tejidos vegetales, constituyen más de 2/3 del volumen de materia orgánica y después de frotamiento constituyen más de 4/10 del volumen, y 2, que cede un extracto con pirofosfato de sodio de color (absorbido en papel cromatográfico) de intensidad y pureza de 7/1, 7/2, 8/1, 8/2 u 8/3.



#### Material Hémico

Es un material orgánico intermedio entre los materiales fibroso y sápico.

#### Material Sápico

Es un material orgánico en el cual: 1. las fibras constituyen menos de 1/3 del volumen o después de frotación, constituyen menos de 1/10 del volumen, y 2. que cede un extracto con pirofosfato de sodio de color (absorbido en papel cromatográfico), de intensidad menor o pureza mayor de - 5/1, 6/2 o 7/3.

#### Material Humilgúvico

Constituye la mitad o más de un horizonte de espesor de 2 cm o más. Es material orgánico iluvial, es decir, trasladado por lixiviación de las partes superiores del perfil. Tiene una edad medida, por radiocarbón, menor que los materiales suprayacentes. Se encuentra en algunos suelos cultivados ácidos con drenaje artificial.

#### Cambio Textural Abrupto

Es un cambio que tiene lugar entre un epipedón ócrico o un horizonte álbico y un horizonte argílico. Hay en la zona de contacto un incremento muy apreciable de arcilla en una distancia muy corta.

Si el contenido de arcilla del epipedón ócrico o del horizonte álbico es menor de 20%, el contenido de arcilla debe doblarse en una distancia de 7.5 cm o menos. Si el contenido de arcilla es mayor del 20%, el incremento en el contenido de arcilla deberá ser al menos del 20% de la tierra fina, por ejemplo de 22% a 42% en una distancia igual o inferior a 7.5 cm y el contenido de arcilla en alguna parte del horizonte argílico debe ser el doble con relación a aquel del horizonte de encima.

#### Dominancia del Material Amorfo en el Complejo de Intercambio

El término material amorfo se refiere a la materia coloidal que incluye alofana y tiene todas o la mayoría de las propiedades de la alofana. El material generalmente es amorfo a rayos-x.

Si el material amorfo domina el complejo de intercambio, se cumplen las siguientes condiciones:

1. La capacidad de intercambio de arcilla a pH 8.2 es mayor de 150 me/100. El valor es en parte, el resultado de la dispersión pobre.
2. Si hay suficiente arcilla para tener un contenido de agua retenida a 15 bars de 20% o más, el pH de una suspensión de 1 gr de suelo en 50 ml de NaF 1N es mayor de 9.4 después de dos minutos.
3. La relación, contenido de agua retenida a 15 bars a arcilla medida es mayor que 1.0
4. La cantidad de carbón orgánico es superior a 0.6%
5. El análisis térmico diferencial muestra una endoterma a baja temperatura.
6. La densidad aparente de la tierra fina es menor que 0.85 gr/cc, medida a una tensión de 1/3 de bar.

#### Coefficiente de Extensibilidad Lateral, COLE

Este coeficiente es la relación de la diferencia entre la longitud de un terrón húmedo y la longitud del mismo terrón seco, a su longitud en seco.

$$\frac{l_h - l_s}{l_s}$$

donde  $l_h$  es la longitud a 1/3 de bar y  $l_s$  es la longitud cuando seco.

Puede ser calculada también a partir de la diferencia de densidades aparentes de un terrón cuando húmedo y cuando seco. El COLE puede ser estimado observando el encogimiento de una muestra que ha sido colocada en un molde con humedad a la capacidad de campo y se deja secar.

#### Extensibilidad Lineal Potencial

Esta propiedad es la suma de los productos para cada horizonte; del grosor del horizonte en cm y el COLE del horizonte.

Durínodos (Lat. Durus, duro, nodus, nuez)

Los durínodos son nódulos que presentan endurecimiento que va desde débil hasta fuerte. El agente cementante es sílice. Se rompen al remo--

jarlos en KOH caliente luego de un tratamiento con HCl para remover carbonatos, pero no se disgregan en agua.

#### Gilgai

Es el microrelieve típico de los suelos vertisoles. El microrelieve consiste de una sucesión de microbasinas y microlomas en áreas casi planas. La altura de las ondulaciones generalmente oscila desde unos pocos cm hasta un metro.

#### Contacto Lítico

Un contacto lítico es un límite entre el suelo y un material subyacente coherente y continuo. El material subyacente debe ser continuo dentro de los límites de un pedón, excepto por las grietas producidas in situ. Las grietas deben ser pocas y su espaciamiento promedio horizontal - debe ser de 10 cm o más. El material subyacente debe ser suficientemente coherente cuando húmedo para impedir cavar con la pala aunque este puede desmenuzarse. Si se trata de un solo mineral, éste debe tener una dureza de 3 o más en la escala de Mohs.

Si no se trata de un solo mineral, se puede romper en pedazos del tamaño de la grava pero éstos no dispersan por agitación en agua o en una solución de hexametáfosfato de sodio, durante 15 horas.

#### Contacto Litoide

Es el límite entre el suelo y un material subyacente continuo y coherente. Se diferencia del contacto lítico en que el material subyacente, si está formado por un solo mineral, tiene una dureza menor de 3 en la escala de Mohs, y si no se trata de un solo mineral, se pueden obtener pedazos del tamaño de la grava que dispersan más o menos bien en agua o en solución de hexametáfosfato de sodio agitado durante 15 horas. Cuando húmedo, se puede cavar con la pala en el material pero con dificultad.

El material sobre el que descansa un contacto litoide es normalmente una roca sedimentaria parcialmente consolidada como por ejemplo arenisca, limolita, marga o lutita, cuya densidad aparente o grado de consolidación es tal que las raíces no pueden penetrar.

Puede haber grietas en la roca pero el espaciamiento horizontal entre estas debe ser de 10 cm o más.

### Moteados con Cromas de 2 ó menos

Se refiere a los colores en un horizonte en el cual hay partes que tienen pureza (croma) de 2 o menos en húmedo e intensidades (value) en húmedo, de 4 ó más. Sea o no, esta parte dominante en volumen o sea o no una fase continua que rodea manchas de purezas más altas.

Si la menor o la mayor parte de un horizonte tiene pureza de 1 o 2 y la intensidad en húmedo es 4 o más, y hay manchas de pureza más alta. La parte que tenga la pureza más baja se incluye en el significado de "moteados que tengan pureza de 2 o menos". La parte es excluida del significado si todo el horizonte tiene pureza de 2 o menos o si no hay una parte del horizonte que tenga una pureza del color tan bajo como 2.

La frase también significa que el horizonte que tenga tales moteados está saturado con agua en algún período del año, o el suelo está drenado artificialmente.

### Valor n

El valor n se refiere a la relación entre el porcentaje de agua en las condiciones de campo y los porcentajes de arcilla y humus.

$$n = \frac{A - 0.2 R}{L + 3 \cdot H}$$

A= Porcentaje de agua en el suelo en condiciones de campo, calculado en base a suelo seco

R= Porcentaje de limo más arena

L= Porcentaje de arcilla

H= Porcentaje de materia orgánica (C x 1.724)

En el sistema Taxonómica Americano, el valor n se utiliza para caracterizar suelos minerales.

0.7 es el valor n crítico y puede valorarse en el campo por una prueba simple que consiste en exprimir el suelo con la mano. Si el suelo fluye con dificultad entre los dedos, el valor n está entre 0.7 y 1.0

Si el suelo fluye fácilmente entre los dedos, el valor n es 1.0 o más.

Valores n altos son característicos de suelos pantanosos, permanentemente inundados, cuyos sedimentos no han estado jamás sobre el nivel freático, aún en los ciclos secos.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas pueden en algún caso mostrar valores n altos, especialmente cuando están ubicados en climas perhúmedos. Estos suelos son tixotrópicos y la prueba de campo es más aconsejable y real que la fórmula para estimar su capacidad de soporte.

#### Permafrost

Es una capa en la cual la temperatura está permanentemente por debajo de 0°C así su consistencia sea muy dura o suelta. Los llamados permafrost secos tienen consistencia suelta.

#### Contacto Petroférico (Gr. Petro, Piedra, Lat. Ferrum, hierro)

Es el límite entre el suelo y una capa continua de material endurecido en el cual el hierro es un cementante importante; la materia orgánica - está ausente o está presente sólo en trazas. La capa endurecida debe ser continua dentro de los límites de un pedón pero puede estar fracturado si la distancia promedio lateral entre las fracturas es igual o mayor a 10 cm.

La capa endurecida se distingue de un horizonte plúvico o de un espódico endurecido (ortstein) porque contiene poco o nada de materia orgánica.

#### Plintita (Gr. Plinthos, ladrillo)

Es una mezcla de arcilla y cuarzo y otros diluyentes, rica en hierro y pobre en humus. Ocurre generalmente en forma de moteados rojos oscuros los cuales se distribuyen comúnmente en patrones laminares, poligonales o reticulares.

La plintita cambia irreversiblemente a un pan endurecido de hierro - a agregados irregulares, cuando se expone a humedecimiento y secado repetidos, particularmente si se exponen en forma directa al calor del sol.

El límite inferior de una zona en la cual ocurre la plintita es usualmente difuso o gradual pero puede ser abrupto en una discontinuidad litológica.

La plintita puede ocurrir como un constituyente de varios horizontes, por ejemplo de un epipedón, un horizonte cámbico, un horizonte argílico, un horizonte óxico o de un horizonte C.

## f) Características generales de los ordenes

### Entisoles:

Primordialmente son suelos primarios que carecen de horizontes diagnósticos que no sean el epipedón ócrico o antrópico o un horizonte álbico o ágrico. Pueden tener además, con ciertas condiciones, horizontes sálico, cálcico, o gipsico y aún plintita.

Lo principal de estos suelos es que se encuentran en cualquier clima sobre superficies geomórficas muy recientes, sea en pendientes escarpadas que están sufriendo erosión continua o en conos de deyección y llanuras de inundación en donde se han depositado materiales recientemente extraídos por la erosión. Pueden estar también en superficies geomórficas antiguas y haber sido transformados por el hombre. Más que decir que son suelos jóvenes parece mejor anotar que carecen de horizontes bien desarrollados.

Tienen especial importancia dentro de este orden ciertos suelos cultivados y esta es una de las diferencias con las otras clasificaciones.

Los subórdenes de los entisoles son los siguientes: Acuent, Arent, Fluvent, Ortent, Psament.

### Vertisoles:

Es un orden creado para reunir los suelos que contienen arcillas que se dilatan y contraen produciendo grietas que son más grandes y profundas en los periodos de humedad deficiente. Muchas de sus propiedades están sujetas a su textura fina. Son plásticos pegajosos, tienen capacidad de intercambio de cationes moderadamente alta a alta y gran capacidad de expansión, y contracción, lo que los hace peligrosos para la construcción e instalación de líneas telefónicas o eléctricas, cercas, etc. Consecuencia de esto es el relieve típico de "gilgai" y la presencia de "slickensides".

Pueden tener horizontes diagnósticos o no (son comunes el epipedón mólico o úmbrico). Algunos tienen horizontes cálc-

cico y unos pocos argílicos o álbico, pero estos son muy delgados y la primera labranza los destruye. Hay vertisoles con "self mulching" y otros presentan costras (crusty).

Los subórdenes son: Torrert, Udert, Ustert y Xerert.

#### Inceptisoles:

Son suelos que muestran un poco más de desarrollo que los Entisoles y así a más del epipedón ócrico y horizonte álico de éstos, presentan otros horizontes diagnósticos. Carecen de horizonte iluvial, a menos que éste se presente en un sequum profundo y son ante todo suelos eluviales, es decir sujetos a lixiviación, pero aún no han formado muy notablemente sus horizontes.

Los subórdenes de los inceptisoles son: Adept, Acuept, Ocrept, Plagget, Troppet, y Umbrept.

#### Aridisoles:

Son los suelos de las regiones secas. Tienen epipedón ócrico suave cuando seco o con estructura clara. Pueden tener horizonte argílico, nátrico, cámbico, cálcico, gípsico o sálico, o un duripán. Las arenas sin vegetación o con vegetación escasa no son aridisoles sino entisoles (Psamments).

Los subórdenes son: Argid y Ortid.

#### Mollisoles:

Son suelos en los cuales parece que hubo descomposición de cantidades relativamente grandes de materia orgánica, en presencia de calcio, lo que produjo formas de humus ricas en calcio. Esta descomposición se hace dentro del suelo y no sobre él (esto los diferencia de los inceptisoles). Los molisoles tienen saturación en bases altas y están restringidas a regiones sin exceso de humedad, con lixiviación lenta y con vegetación. Se da énfasis a la naturaleza del suelo y no a la clase de vegetación, porque ésta puede ser herbácea o arbórea.

Todos los molisoles de este orden son: Albol, Acuol, Bol, Rendol, Udol, Ustol, Xerol.

### **Espodosoles:**

Este orden se originó con el concepto europeo occidental de los Podzoles (presencia de humus bruto, horizonte álbico y horizonte espódico). Este concepto es distinto del de los rusos. En Estados Unidos se lo ha tomado considerando la importancia de los procesos de iluviación o mejor dicho de los materiales fluviales.

No se toma en cuenta el horizonte álbico porque puede ser delgado y con la labranza etc. ser añadido a otros horizontes para formar un Ap. En segundo lugar el horizonte álbico está relacionado con la ausencia de revestimiento de hierro, pero esto, aunque puede deberse a eluviación puede ser también causado por las condiciones del material parental.

Las acumulaciones de hierro libre se presentan también en otros suelos.

Los Espodosoles rompen la tradición entonces, por cuanto no se basan en el horizonte álbico y no dan tanta importancia al movimiento de hierro. Se da énfasis en cambio, a la presencia de material iluvial amorfo.

Los subordenes son: Acuod, Ferrod, Humod, Ortod.

### **Alfisolés:**

El concepto de éstos, es el de un grupo de suelos que son generalmente húmedos, tienen epipedón ócrico y horizonte argílico con saturación en bases media a alta, aunque pueden pertenecer al orden otros suelos que no tienen todas estas características.

Generalmente tienen un periodo en que la evapotranspiración es mayor que la precipitación y uno o más horizontes llegan al punto de marchitez. Son las condiciones apropiadas para el desarrollo del horizonte argílico. La eluviación y la iluviación son mayores que la erosión y, la lixiviación ha sido bastante activa como para extraer los carbonatos, pero no las bases que saturan el suelo, de manera que la proporción de liberación de bases por la meteorización o la adición de bases por el viento



o el agua se acercan a la capacidad de la lixiviación para extraer las bases. Si no fuera así la saturación en bases sería muy pequeña.

Lo anterior sucede también en los mollisoles, pero estos tienen un epipedón mólico. Otras características de estos suelos se presentan también en otros órdenes pero van acompañadas de características que no sirven para el diagnóstico de los A1 fisoles.

BIBLIOGRAFIA

Baldwin M., C. Kellog, J. Thorp. 1938. Soil Classification in Soils and Men. Year book of Agriculture. U.S. Gov. Print. Office. Washington. pp 979 1001. U.S.A.

Buol, S. W., F.D. Mole. R. J. McCracken, 1973. Soil Genesis and Classification. Iowa State University Press. U.S.A.

Marbut C.F. 1927. A. Scheme for Soil Classification Proc. and Papers Washington, Ist. Intern. Congr. Soil. Sci. 4:1-31. U.S.A.

Marbut, C. F. 1922. Soil Classification. Life and Work of C. F. Marbut. Arteraf Press. Columbia, Missouri. p. 85-94 U.S.A.

Marbut, C. F. 1935. Soils of the United States. Atlas of American Agriculture. U.S. Dpt. Agriculture, U. S. Dpt. Agriculture Washington. D.C.

Smith, G. D. 1963. Objectives and basic Assumption of the New Classification System. Soil Sci. 96:6-16

Smith G. D. 1968. Soil Classification in the United States. In Approaches to Soil Classification. World Soil Resources Reports No. 32 FAO. Rome.

Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual U.S. Dept. Agr. Handbook 18 U.S. Govt. Printing Office. Washington.

Soil Survey Staff 1960. Soil Classification, a comprehensive system 7th approximation. U. S. Dept. Agr. U.S. Govt. Printing Office. Washington.

Soil Survey Staff. 1962. Supplement to USDA Handbook 18., Soil Survey manual (págs. 173-88). U.S. Dept. Agr. U.S. Govt. Printing Office. Washington.

Soil Survey Staff 1967. Supplement to Soil Classification a comprehensive system 7th approximation U. S. Dept. Agr. U.S. Govt. Printing Office. Washington.

Soil Survey Staff 1970. Soil Taxonomy of the National Cooperative Soil Survey U.S.D.A. Washington D.C.

Tiurin I.V. 1965. The system of soil classification in the URSS. Pedologie No. Spec. 3 pág. 7-80 Symposium International Classification des sols. Soc. Belga de Pedologia. Gent.

Thorp. J., y G. D. Smith. 1949. Higher categories of soil classification order, Suborder and great soil group. Soil Sci. 67:117-26.