

Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)  
Instituto de Suelos y Agroecología

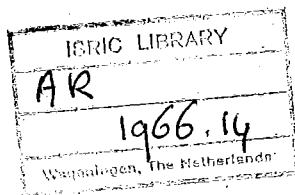
**NORMAS DE  
RECONOCIMIENTO DE SUELOS**

por

**Pieter L. Arens y Pedro H. Etchevehere**

Buenos Aires  
República Argentina  
1966

Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)  
Instituto de Suelos y Agrotecnia.



## NORMAS DE RECONOCIMIENTO DE SUELOS

por

Pieter L. Arens y Pedro H. Etchevehere

...ned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU  
...d Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe  
...sitory for endangered documents and to make the accrued  
...mation available for consultation, following Fair Use  
...elines. Every effort is taken to respect Copyright of the  
...rials within the archives where the identification of the  
...right holder is clear and, where feasible, to contact the  
...ators. For questions please contact [soil.isric@wur.nl](mailto:soil.isric@wur.nl)  
...ating the item reference number concerned.

Buenos Aires  
República Argentina

1966

ISBN 27156

## PALABRAS INICIALES

El reconocimiento de los suelos, que comprende la clasificación de los mismos y su representación cartográfica, requiere la adopción de ciertas normas que sirvan de patrón común a quienes actúen en tales tareas. La mayor parte de los países que poseen servicios especializados han redactado reglas para sus técnicos. La mayoría de ellas están basadas de un modo o de otro en el conocido Manual 18 de los Estados Unidos ("Soil Survey Manual") de 1951. Las normas de dicho libro han sido establecidas a lo largo de muchos años de experiencia y tentativas, y están dedicadas primordialmente al desarrollo de una metodología para levantamientos a escala detallada.

En nuestro país pocos antecedentes hay de trabajos a ese nivel; en cambio se ha dado comienzo a un programa de gran aliento de cartografía semidetallada de los suelos en la región pampeana. Las condiciones y características especiales de la misma han hecho elegir un método de trabajo que aproveche al máximo el moderno recurso de la fotointerpretación.

La incorporación a la especialidad de un buen número de técnicos de reciente formación, nos indujo a redactar las normas básicas que regirán en dicho programa, traduciendo o resumiendo en parte y adaptando en otros casos las reglas del Manual norteamericano, que por otra parte se siguen en casi toda América Latina, y desarrollando el método utilizado para un reconocimiento semidetallado mediante el uso intensivo de la interpretación de aerofotos.

Hemos incorporado los criterios más recientes en cuanto a nomenclatura de horizontes y hemos dado especial énfasis al concepto de suelo-paisaje en que basan su pensamiento los pedólogos modernos.

Con la publicación de estas normas no sólo unificamos la tarea de nuestros reconocedores de suelos, sino que contribuimos a divulgarlas entre todos cuantos trabajen o se incorporen a labores de la especialidad, ya que aspiramos a su adopción para trabajos similares.

Para llegar a buen término, además del Manual 18 hemos consultado diversos antecedentes similares que se señalan en la bibliografía; también pedimos sugerencias a experimentados profesionales en problemas específicos; así, para establecer las clases de pendientes adaptadas a las condiciones de nuestro llano paisaje, y los criterios para crear fases por erosión, consultamos la autorizada palabra de con

servacionistas del país,

Hemos tratado de eliminar incongruencias o contradicciones que suelen observarse en obras escritas a lo largo de varios años, y procuramos no extender excesivamente el libro, teniendo en cuenta que debe ser de permanente consulta. Por otra parte, proyectamos mantener actualizado este trabajo mediante la periódica edición de Adendas et Corrigendas que revisarán o complementarán estas normas.

Buenos Aires, octubre de 1966.

P.L.A.  
P.H.E.

PRIMERA PARTE: PRINCIPIOS GENERALES

	Pág.
I - <u>SUELO Y PAISAJE</u> . . . . .	3
El perfil edáfico y el concepto de individuo-suelo.	4
El suelo como un dinámico paisaje tridimensional. .	5
Métodos científicos . . . . .	7
II - <u>CARACTER Y FINES DE LOS MAPAS E INFORMES DE SUELOS</u>	8
La memoria o informe del mapa . . . . .	9
Tipos de mapas de suelos . . . . .	11
Propósitos de los levantamientos . . . . .	13
SEGUNDA PARTE: NORMAS PARA LA CARACTERIZACION DE SUELOS Y PAISAJES	
III - <u>LAS FORMAS DEL RELIEVE Y EL DRENAJE</u> . . . . .	19
Tipos de relieves . . . . .	20
La pendiente del suelo . . . . .	21
El drenaje del suelo . . . . .	23
Esgurrimiento . . . . .	23
Permeabilidad . . . . .	24
Peligro de anegamiento . . . . .	26
Clases de suelos por su drenaje natural . . . . .	26
IV - <u>IDENTIFICACION Y MEDICION DE LOS HORIZONTES DEL SUELO</u>	28
Profundidad espesor y límites de los horizontes . .	29
Tipos de límites . . . . .	29
Formas del límite . . . . .	29
V - <u>NOMENCLATURA DE LOS HORIZONTES Y CAPAS DEL SUELO</u> . .	30
Convenciones que rigen el uso de los símbolos . . .	30
Horizontes principales . . . . .	32
Símbolos que se usan para indicar diferenciaciones subordinadas . . . . .	35
Subdivisiones de los horizontes principales . . . .	38
Discontinuidades litológicas . . . . .	38
Nomenclatura de las capas de los suelos aluviales .	39
El solum . . . . .	39

	Pág.
<b>VI - <u>DETERMINACION Y DEFINICIONES DE LOS CARACTERES DIFERENCIALES DE LOS HORIZONTES</u></b> . . . . .	41
El color del suelo . . . . .	41
Determinación del color . . . . .	41
Color en seco y en húmedo . . . . .	43
Moteados . . . . .	43
La textura del suelo . . . . .	46
Las fracciones de hasta 2 mm . . . . .	46
Clases texturales y sus definiciones . . . . .	47
Fragmentos gruesos . . . . .	51
Pedregosidad y Rocosidad . . . . .	54
Grados de pedregosidad . . . . .	54
Grados de rocosidad . . . . .	56
La estructura del suelo . . . . .	58
Tipos, clases y grados de estructura . . . . .	58
La consistencia del suelo . . . . .	63
Grados de consistencia en seco . . . . .	63
Grados de consistencia en húmedo . . . . .	64
Consistencia en mojado . . . . .	65
Grados de adhesividad . . . . .	65
Grados de plasticidad . . . . .	65
Caracteres y formaciones especiales . . . . .	66
Concreciones . . . . .	66
Panes y cementaciones . . . . .	67
Grados de cementación . . . . .	68
Eflórescencias y pseudomicelios . . . . .	69
Krotovinas . . . . .	69
<b>VII - <u>LA REACCION DEL SUELO</u></b> . . . . .	70
El pH . . . . .	70
Carbonatos libres . . . . .	72
<b>VIII - <u>MATERIA ORGANICA Y BIOLOGIA DEL SUELO</u></b> . . . . .	73
<b>IX - <u>EL MATERIAL ORIGINARIO DE LOS SUELOS</u></b> . . . . .	75
Materiales transportados . . . . .	76
<b>X - <u>CARACTERIZACION Y CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS CON SALES O ALCALIS</u></b> . . . . .	78
Definiciones . . . . .	78
Origen y naturaleza de los suelos salinos y sódicos . . . . .	79
Grupos genéticos . . . . .	81
Determinación de sales . . . . .	82
Cartografía de suelos halomórficos . . . . .	83
Clases por salinidad y alcalinidad . . . . .	83

	Pág.
<b>XI - <u>LA EROSION DEL SUELO</u></b> . . . . .	86
La erosión hídrica . . . . .	87
La erosión eólica . . . . .	87
Clases por erosión . . . . .	87
Clases de erosión por agua . . . . .	89
Clases de erosión por viento . . . . .	91
Peligro de erosión o susceptibilidad . . . . .	92
Grados de susceptibilidad a la erosión hídrica . . . . .	93
Grados de susceptibilidad a la erosión eólica . . . . .	93
<b>XII - <u>LA VEGETACION NATURAL Y EL USO DEL SUELO</u></b> . . . . .	95
Uso de la tierra . . . . .	96
Símbolos para el mapa de uso actual de la tierra . . . . .	97
<b>TERCERA PARTE: METODOLOGIA PARA LEVANTAMIENTOS EN ESCALA SEMIDETALLADA</b>	
<b>XIII - <u>EL RECONOCIMIENTO SEMIDETALLADO DE SUELOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO INTENSIVO DE LA FOTOINTERPRETACION</u></b>	101
Materiales básicos para fotointerpretación de suelos . . . . .	103
Fotografías aéreas . . . . .	103
Foto-índices . . . . .	104
Mosaicos aerofotográficos . . . . .	105
Instrumental para la fotointerpretación . . . . .	106
Material cartográfico básico . . . . .	107
Elementos de juicio para el fotointerpretador . . . . .	107
Caracteres de observación directa en las aerofotos . . . . .	108
Elementos de observación directa . . . . .	110
Elementos vinculados a la topografía . . . . .	110
1-Pendientes . . . . .	110
2-Formas del paisaje . . . . .	111
3-Tipos de paisaje . . . . .	111
4-Estratigrafía y estructura geológica . . . . .	112
Elementos vinculados a erosión y drenaje . . . . .	112
1-Erosión . . . . .	113
2-Drenaje . . . . .	113
Elementos vinculados a la vegetación . . . . .	114
Elementos culturales de observación directa . . . . .	117
Parte deductiva o sintética de la fotointerpretación . . . . .	119
1-Naturaleza de los materiales originales . . . . .	119
2-Granulometría de los materiales superficiales . . . . .	120

	Pág.
3-Condicion de drenaje del suelo . . . . .	120
4-Edad de los paisajes y grado de desarrollo de los perfiles . . . . .	120
5-Clima y microclima del suelo . . . . .	121
<b>XIV - <u>ETAPAS DEL LEVANTAMIENTO SEMIDETALLADO</u></b> . . . . .	122
Trabajos preliminares . . . . .	122
Trabajos de fotointerpretación y reconocimiento de campo . . . . .	123
Trabajos de afinamiento y terminación del mapa . . . . .	127
<b>XV - <u>LAS UNIDADES DE CLASIFICACION Y DE CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS</u></b> . . . . .	129
Unidades taxonómicas y unidades cartográficas . . . . .	129
La serie de suelos . . . . .	131
Criterios para distinguir series . . . . .	131
Series de suelos aluviales . . . . .	134
Nombres y símbolos de las series . . . . .	134
La fase de suelos . . . . .	135
Fases por pendiente . . . . .	135
Fases por erosión . . . . .	136
Fases por pedregosidad y rocosidad . . . . .	136
Fases por profundidad del suelo . . . . .	137
Fases por espesor de horizontes . . . . .	138
Fases por drenaje . . . . .	139
Fases por anegabilidad . . . . .	140
Fases por salinidad o alcalinidad . . . . .	140
La variante . . . . .	140
Combinaciones de unidades . . . . .	141
Tierras misceláneas . . . . .	142
<b>XVI - <u>DESCRIPCION DE LOS SUELOS EN EL CAMPO</u></b> . . . . .	143
La leyenda inicial y sus símbolos . . . . .	143
Uso de la ficha edafológica . . . . .	145
Instrucciones generales para llenar la ficha . . . . .	149
1-Datos generales y de carácter externo . . . . .	149
2-Datos relativos a la descripción morfológica de los perfiles de suelo . . . . .	152
<b>XVII - <u>OBTENCION Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELOS</u></b> . . . . .	156
<b><u>REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA</u></b> . . . . .	165



PRIMERA PARTE  
PRINCIPIOS GENERALES

## I. SUELO Y PAISAJE

Antes de entrar en el tema específico del reconocimiento de los suelos, debemos recapitular brevemente algunos conceptos acerca del suelo, según los principios científicos sobre los cuales se basa este Manual. Estos principios fueron formulados en Estados Unidos después de muchos años de ensayos.

Quando comenzó a funcionar en ese país el Servicio de Reconocimiento de Suelos, no existía aún un cuerpo organizado de conocimientos que mereciera el nombre de ciencia. Aunque no pueda decirse que se ignorara qué era el suelo, puesto que la Química Agrícola estaba en pleno desarrollo, sin embargo faltaba experiencia sobre el papel que desempeñaba esa y otras ciencias como la Biología, en el estudio de los suelos. Esto no se aclaró hasta que se fueron unificando los conceptos en cuanto al suelo mismo.

El concepto de suelo fue evolucionando a través de las décadas; los trabajos más antiguos concebían al suelo como el producto de la meteorización de formaciones geológicas aflorantes, caracterizadas por una determinada forma de relieve y una determinada composición litológica.

Por distintos motivos, los primeros reconocedores de suelos fueron geólogos puros, desde que sólo se consideraba al suelo como una roca meteorizada, y porque sólo los geólogos habían desarrollado métodos de campo y de correlación.

Poco después de comenzados los trabajos de reconocimiento a campo, se vió que muchos de los caracteres importantes del suelo no estaban relacionados exclusivamente con el tipo de roca o por su posición en el relieve. Se notó entonces que eran distintos los suelos bien drenados de los de drenaje pobre, así como eran diferentes los suelos llanos de los suelos en pendiente. Suelos desarrollados sobre materiales similares en igual posición topográfica presentaban distinto aspecto, en razón de hallarse en zonas climática o bióticamente distintas.

Poco a poco se fueron desarrollando conceptos más útiles entre los técnicos norteamericanos, entre los que debemos citar a Hilgard y poco más tarde a Coffey, con su trabajo "Estudio de los suelos de Estados Unidos", publicado en 1912.

El perfil edáfico y el concepto de individuo-suelo. Un nuevo concepto del suelo se había ido desarrollando, a partir de 1870, entre los científicos rusos (Gedroiz, Dokuchaiev, Neustruev, Glinka). Estos conceptos llegaron a EE. UU. a través de traducciones de trabajos de Glinka, especialmente la versión inglesa de C.F. Marbut.

Reduciéndolo a lo esencial, el concepto ruso del suelo es el de cuerpo natural independiente, cada uno con una morfología propia que resulta de una acción combinada de clima, materia viva, roca original, relieve y edad. La morfología de cada suelo expresada en su perfil reflejaba para los autores rusos, los efectos combinados del grupo de factores genéticos responsables de su desarrollo.

Este concepto fue verdaderamente revolucionario para los hombres de ciencia que se ocupaban del suelo. Desde entonces el edafólogo no necesitó sacar conclusiones basándose exclusivamente en la naturaleza geológica de las rocas, ni tuvo que deducir nada del clima ni de ningún otro factor. Le bastó desde entonces con ir directamente a la observación del suelo mismo, para ver expresada simplemente en su morfología, la integración conjunta de todos los factores formadores del suelo.

Este concepto, que hizo necesario considerar todos los caracteres del suelo formando éste un cuerpo natural integral, permitió el desarrollo de la Edafología como una disciplina independiente.

Desgraciadamente el entusiasmo que despertó este nuevo concepto, y la independencia adquirida por esta especialidad fue tan grande, que muchos llegaron a pensar que las demás ciencias eran innecesarias para el estudio del suelo. Sin embargo, el propio desarrollo independiente de una disciplina como ésta, (') hizo aún más útil el auxilio de otras ciencias.

El nuevo concepto del suelo basado en el estudio morfológico del perfil, adquirió pronto su carta de ciudadanía en los EE.UU. bajo la dirección de Marbut y fue rápidamente difundido. Como es fácil darse cuenta, este concepto da énfasis al perfil individual del suelo, es decir, al estudio del suelo en un punto de la superficie terrestre.

Marbut insistió en que la clasificación del suelo se debía basar exclusivamente en su morfología, dado que las teorías de la génesis del suelo eran a la vez efímeras y dinámicas. Este autor cayó en cierto modo en esta exageración, debido a los errores que se habían cometido anteriormente al no habersele dado mayor valor al examen del

(') Acerca del nombre de esta ciencia mucho se ha escrito. En rigor, "Pedología", "Edafología" y "Ciencia del Suelo" son sinónimos. Algunos autores quieren reservar el primer nombre para los estudios teóricos o puros, y el segundo para la vinculación con la planta. Los autores de habla hispana han preferido el nombre de "Edafología" para designar en castellano a esta ciencia.

suelo, aunque no fuera más que para comprobar si éste era realmente como se presumía que fuese de acuerdo a las consideraciones de orden geológico o agroquímico.

Una extrema interpretación de Marbut podría conducir a creer que el clasificador de suelos puede hacer abstracción de los principios genéticos y sus relaciones. Tales extremos deben evitarse, porque un suelo no se conoce bien mientras no se comprenden su génesis y las razones de su variabilidad respecto de otros suelos; y hasta que se conocen su morfología y su génesis, no pueden investigarse nuevos sistemas de manejo del suelo o planearlos eficazmente.

Uno tal vez pueda concebir un sistema de clasificación que se base sólo en la morfología, pero en la práctica es dudoso que sus resultados sean completamente satisfactorios. Además de aclarar muchos aspectos de su morfología, la génesis es necesaria para guiar los trabajos y comprobar sus resultados. Ni la una ni la otra deben dejarse de lado, si bien es lógico que hasta comprender la génesis de ciertos suelos, debemos basar su clasificación momentáneamente en su morfología.

El suelo como un dinámico paisaje tridimensional. El concepto de suelo fue posteriormente ampliado y extendido. Esta nueva revisión no resultó, desde luego, tan espectacular como la ocurrida en época de Marbut. Hasta alrededor de 1930 el perfil había sido el centro de la atención en el estudio del suelo.

Ahora bien, mientras un perfil ocupa prácticamente un punto de la superficie terrestre, los suelos en realidad tienen forma y extensión superficial, tienen ancho y largo como también profundidad.

Así fue como los estudios morfológicos que se hacían sobre un simple perfil, es decir, en un punto, se fueron extendiendo a largas trincheras, o a una serie de pozos sobre toda un área.

Por lo tanto la morfología de un suelo se expresa ahora por un rango de perfiles a partir de un perfil modal y no por un solo perfil, aunque éste sea el más típico de ellos.

Quando se daba mayor énfasis a los perfiles genéticos, se podía llegar a pensar que un suelo Aluvial joven, que no tiene horizontes genéticos, no era un verdadero suelo; si bien se deben distinguir los fenómenos de meteorización de los de formación de suelo, hay que reconocer que ambos grupos de procesos se producen al mismo tiempo y en un mismo paisaje. Los suelos, por lo tanto, son dinámicos no solamente como perfiles, sino también como paisajes.

Una de las definiciones del suelo es la de "medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres", se hayan o no desarrollado horizontes de suelos. En este sentido el suelo cubre la tierra como un continuo, con pocas excepciones (afloramientos de rocas, playas sa-

lobres, regiones englazadas, o donde haya desaparecido la cubierta del suelo). Pero nosotros no podemos trabajar con el total de ese continuo; es necesario reconocer "individuos" ("individuos-suelo"). Además, para hacer uso de nuestra experiencia en el campo, se nos hace necesario clasificarlos, a fin de organizar nuestros conocimientos, recordarlos, relacionarlos entre sí, etc.

Como individuo perteneciente a un continuo, el suelo es, pues, una porción tridimensional y dinámica del paisaje, que soporta plantas. Posee una combinación de caracteres tanto internos como externos, que presentan cierta amplitud de variación. Cada suelo-individuo tiene un conjunto modal de caracteres, dentro de ciertos límites fijados por muestra lógica o nuestro criterio. Su límite superior es la superficie de la tierra; su límite inferior se ubica donde ya no actúan los procesos formadores de suelo, y sus límites laterales son los contactos con otros suelos; estos límites laterales se ubican donde se observen cambios importantes en algunas características diferenciales, relacionadas a su vez con uno o más factores edafogenéticos.

Existirán en el mundo, entonces, como es lógico, muchos miles de clases individuales de suelos, tantas como combinaciones significativas de factores existan. Las características de cada uno pueden comprenderse a través de la observación e investigación de campo y en el laboratorio. En estos caracteres, considerados en conjunto, están contenidos la historia misma del suelo y sus potencialidades. La influencia de una característica en el desenvolvimiento del suelo dependerá de las demás características que integran la combinación.

Un sistema general de clasificación de suelos, debe comprender todos los caracteres observables importantes del suelo.

Los suelos son paisajes tanto como perfiles. El técnico que hace mapas de suelos tiene que comprender esto al trazar sus límites. Por lo común estos límites están al pie de una escarpa, en el borde de una depresión lacustre o en cualquier límite neto entre paisajes o ambientes naturales. Los trazados más difíciles de establecer son los que deben ser localizados mediante repetidos exámenes de perfiles debido a que la variable genética es oscura; felizmente, el auxilio de la interpretación de aerofotos ayuda a encontrar tales límites.

Cuando se hacen mapas detallados de suelos, es imprescindible mayor número y densidad de observaciones y exámenes de perfiles para localizar ajustadamente los límites de suelos, por lo cual la utilidad de las aerofotos es menor; en cambio en levantamientos semi-detallados la fotointerpretación permite obviar la mayor parte de este lento trabajo.

Con este concepto de suelo como paisaje, la pendiente por ejemplo, es una característica importante del suelo mismo, y pertenece a él.

Los suelos, al igual que cualquier otro cuerpo natural, tienen forma. Antes se diría por ejemplo: "suelos en tierras inclinadas"; ahora diremos simplemente "suelos inclinados", porque la pendiente es parte del suelo mismo, pues éste es, por sí mismo, un trozo del paisa-

je. Como sucede con la pendiente, sucede con otros caracteres que no pueden "muestrearse", como la temperatura del suelo, la pedregosidad, el microrelieve, etc.

Por todo ello, no importará en qué medida sean valora**bles** o mensurables los datos que podamos obtener de las muestras de suelos en el laboratorio; la síntesis final en cuanto a predicciones, se puede hacer con mucha seguridad en base al estudio de todos los caracteres del paisaje-suelo.

**Métodos Científicos** Para comprender el significado de cualquier carácter particular del suelo, o de algún factor genético, se deben definir y comparar grupos de características. Este conjunto de caracteres constituyen las unidades en la clasificación de los suelos. Para ubicar un suelo desconocido dentro de un sistema de clasificación, o comprender las relaciones de dos suelos entre sí dentro del sistema, se comparan los grupos de caracteres de ellos. Debe entenderse que los aspectos del paisaje son parte de esos caracteres y por ende tanto los rasgos morfológicos cuanto los vinculados al paisaje serán la principal arma en el trabajo de correlación.

Debido a sus métodos y al campo de su investigación, la Ciencia del Suelo no es sólo una ciencia física, ni netamente biológica, ni encaja exclusivamente como Ciencia de la Tierra. Participa de los tres campos, pues usa métodos de todos ellos, además de otros que le son propios. Inclusive, -aunque no en el mismo grado que en otras ciencias- el método experimental puede ser incorporado en ciertos aspectos.

En cuanto a la cartografía de los suelos, es una ciencia aplicada y un arte a la vez. Ella aprovecha en mayor proporción el concepto de suelo-paisaje, ya que al delimitarse unidades fisiográficas se están separando automáticamente unidades de suelos diferentes o asociaciones distintas de ellos.



## II-CARACTER Y FINES DE LOS MAPAS E INFORMES DE SUELOS

Un mapa de suelos es el que se elabora con el fin de señalar la distribución geográfica de los distintos tipos de suelos, en relación con los rasgos físicos y culturales de la superficie terrestre. Las unidades se pueden señalar separadamente o asociadas, y se designan y definen en términos de unidades taxonómicas. Por ello quedan excluidos como mapas de suelos los que sólo señalen una sola de sus características, como podrían ser la textura, la profundidad, etc., o combinaciones arbitrarias de dos o más de aquéllas, o los mapas que muestran individualmente un sólo factor edafogénico. Un mapa de suelos debe mostrar la combinación de todos los rasgos observables que sean importantes para la naturaleza y la evolución del suelo, y que constituyen integralmente el fundamento de las unidades taxonómicas del sistema natural de clasificación.

Por otra parte, el mapa debe ser acompañado de un texto-guía para su interpretación. Sin él, sólo sería útil para los técnicos ya familiarizados con las unidades del lugar, de modo que es imprescindible una memoria o informe explicativo del mapa. En el texto se describen los rasgos naturales y culturales del área relevada, las características, capacidad de uso, exigencias de manejo, presunciones de promedios de cosechas, etc. para cada unidad de suelo, y los principales factores responsables de la formación de cada uno de ellos.

El primer paso a efectuar en un trabajo de reconocimiento es establecer la unidad de clasificación que se ha de usar en el levantamiento. Como es lógico, se debe seguir la nomenclatura de algún sistema de clasificación. En el caso de elegirse el sistema americano, por ejemplo, se prefiere como unidad la "serie" en la que se definen, como una combinación integral, los rasgos superficiales (unidad geomorfológica, pendiente, microrelieve, pedregosidad, etc.) y las características internas (textura, estructura, color, composición química, espesor, etc.).

Estas unidades se caracterizan mediante observaciones de campo, de gabinete y de laboratorio; las propiedades físicas, químicas, físico-químicas, biológicas y mineralógicas de los horizontes del suelo y la naturaleza del material madre, se estudian con exámenes de campo y de laboratorio; los rasgos de los paisajes, mediante la observación e interpretación de fotografías aéreas en pares estereoscópicos y sobre mosaicos. Por lo tanto, cada "serie" de suelos indicada en el mapa y descripta en la memoria, incluirá todas las características propias de naturaleza y del desenvolvimiento de ese suelo dentro del paisaje natural. Las diferen-

cias que no sean significativas dentro del paisaje, pero que lo sean para el uso del suelo en agricultura, forestación o pastoreos, sólo se reconocerán como subdivisiones de la unidad.

Una vez establecida la unidad de clasificación que se usará, se trazarán sus límites sobre fotos aéreas o mapas-base siguiendo los pasos o etapas que requiera el método que se adopte. La escala dependerá de los usos que se le vaya a dar a los mapas y a lo intrincado del patrón de los suelos. Una vez definidas las unidades y determinadas las relaciones entre ellas, la mayoría de los límites se pueden identificar en el paisaje, mediante la apreciación de los cambios que ocurren en uno o más de los factores genéticos. Los pozos de observación se necesitan principalmente para conocer cómo es el suelo correspondiente a cada ambiente, es decir que los límites entre suelos se trazan con mayor seguridad mediante la cuidadosa observación del paisaje. En algunos casos, sin embargo, hay rasgos que no se relacionan tan íntimamente con la geomorfología, como puede ser la profundidad del horizonte de acumulación de carbonatos libres, la aparición de rasgos de hidromorfismo, etc., que pueden ser variables, sin corresponderse a veces con determinada posición en el paisaje. En estas situaciones se impone verificar los límites mediante el examen a campo.

Los límites se deben dibujar con la máxima precisión posible. Muchos mapas de suelos son de pobre factura debido a la inseguridad de sus límites, -muchos de ellos supuestos, más que determinados- por lo que es de la mayor responsabilidad exigir honestidad en el reconocedor, pues es más engorroso verificar el trabajo de éste, que el de un laboratorista, y porque un mal trazado puede acarrear serios perjuicios al usuario del mapa.

#### LA MEMORIA O INFORME DEL MAPA.

La memoria final del reconocimiento debe llevar la mayor información posible acerca de los suelos del área a que se refiera. Muchas veces no se cuenta con igual cantidad de datos entre un área y otra, pero en general se debe tratar de obtener toda la información posible sobre los rasgos naturales y culturales, la descripción más completa de las unidades taxonómicas identificadas, clasificación por aptitud o capacidad de uso de las mismas, normas de manejo, datos sobre producción, presunciones sobre cosechas, factores genéticos, etc.

Muchos de estos datos los obtiene el reconocedor como resultado de la investigación y experimentación agrícolas, y otros muchos de la experiencia de los mismos productores.

Debe tratarse en lo posible que la información dada en la memoria sea de fácil interpretación para los usuarios del mapa, tanto sean estos técnicos extensionistas con o sin preparación pedológica, como agricultores o administradores rurales. Se debe tener en cuenta que, aún cuando la mayor parte de la gente que utilizará el mapa de



suelos sean profesionales, esto no debe disminuir la claridad de la memoria.

Se pueden incorporar comparaciones entre los suelos del área correspondiente a la memoria con suelos de áreas similares, pero la mayor parte del informe debe referirse primordialmente a los suelos de su propia área.

Cada memoria de un reconocimiento de suelos debe incluir por lo menos los siguientes datos:

- a) Un índice de fácil manejo.
- b) Una corta explicación sobre la forma cómo usar el mapa y el informe.
- c) Una descripción general del área cubierta por el mapa que acompaña. Se incluirán datos climáticos, fisiográficos, geológicos, económicos, de uso actual de la tierra, etc. Es útil agregar mapas auxiliares con estos datos.
- d) Una descripción detallada del paisaje, con la ubicación de las diversas asociaciones de suelos cartografiadas, respecto de la geomorfología o formas del relieve de la zona, y los nombres de las unidades taxonómicas ("series") vinculando cada una de ellas con su respectivo paisaje. Es muy conveniente la inclusión de block-diagramas y fotografías del paisaje.
- e) Descripciones completas de cada una de las series identificadas en el área, con tablas adicionales que ayuden a establecer las relaciones entre ellas, y la extensión en hectáreas y en porcentajes que cubre cada una dentro del área correspondiente a la memoria.
- f) Datos sobre la génesis y clasificación en "grandes grupos" o "subgrupos" de suelos del área. Es conveniente ensayar a este nivel más de un sistema.
- g) Clasificación de todas las unidades taxonómicas en clases, subclases y/o unidades de capacidad o aptitud de uso agrícola o la clasificación utilitaria que corresponda en suelos pasturiles o forestales. La memoria suele llevar un mapa derivado, donde se agrupan las unidades del mapa básico, según su clasificación utilitaria.
- h) Predicciones de rendimientos de los cultivos comunes del área, bajo diferentes conjuntos de prácticas, para todos los suelos estudiados.

- i) Referencias sobre los principales problemas de cada suelo, y sus probables soluciones mediante prácticas o normas de manejo adecuadas.
- j) Datos adicionales que se consideren de importancia para el uso y el comportamiento del suelo: análisis químicos y mineralógicos, estudios de las arcillas, propiedades de valor para la ingeniería (mecánica del suelo), glosarios de términos, bibliografía citada en el texto, etc.
- k) Una guía de los símbolos de las unidades de mapeo, y referencias de los signos cartográficos convencionales utilizados en los mapas.

La parte cartográfica del reconocimiento debe llevar una hoja índice para ubicar con facilidad cada plancha del mapa, y de ser posible, un mapa generalizado de los suelos de la región, donde se aprecie la correlación entre los diversos elementos fisiográficos y las series, grandes grupos o asociaciones del área.

Tipos de mapas de suelos. Los mapas de suelos se agrupan en tres tipos principales, según el detalle con que se trazan sus límites: 1°) mapas detallados, 2°) mapas semidetallados y 3°) mapas de reconocimiento.

Además de estas tres categorías, que son las empleadas en los trabajos de relevamiento de suelos, existen otros mapas de pequeña escala que muestran asociaciones de grandes unidades: son los "mapas generalizados", que se dibujan por simplificación de otros de mayor detalle para tener una idea general de la distribución geográfica de los suelos de una región, una provincia o un país; los "mapas esquemáticos", que son compilaciones de observaciones aisladas y datos tomados de mapas geológicos, climáticos, geomorfológicos, fitogeográficos, etc. Muchas veces mapas de este tipo sirven como etapa previa en el estudio de los suelos de una región, antes de encarar el reconocimiento de la misma.

### 1) Mapas detallados.

En un mapa detallado de suelos se cartografían las "series" de suelos y sus fases, con un detalle tal, que permite observar todos los límites entre las unidades, especialmente en las áreas de distinto valor potencial. Las unidades de clasificación se definen con precisión, debiendo ser genéticamente homogéneas, lo que permite, según los conocimientos disponibles, hacer estimaciones respecto de su comportamiento. La ubicación de los límites entre las unidades cartográficas se puede hacer sobre fotografías aéreas mediante la fotointerpretación, pero la verificación se debe realizar recorriendo el terreno.

La precisión en un mapa detallado de suelos no está determinada por un ajuste geodésico, sino por lo que podría llamarse "exactitud local", es decir, la precisión en la ubicación de ciertos límites de suelos se exige respecto de accidentes tales como límites políticos, caminos, casas, cursos de agua, alambrados, etc., que el usuario del mapa pueda identificar fácilmente sobre el terreno.

El grado de detalle del mapa y la escala del mismo dependen del propósito que se persiga, de la intensidad del uso de la tierra, y del material cartográfico disponible. Generalmente los mapas detallados exigen una escala no menor de 1: 20.000, salvo en aquellos casos en que el terreno sea muy uniforme. Cuando se planifica el desarrollo de una zona de regadío o si la producción es muy intensiva, se recomienda usar una escala mayor.

No existe regla general que permita establecer para este tipo de mapas el número de observaciones por unidad de superficie, ni los espaciamientos de las recorridas; sin embargo, pocas veces han de estar separadas por más de 500 metros, puesto que los límites entre suelos se buscan primordialmente en el campo, y ello exige recorrerlo paso a paso.

## 2) Mapas semidetallados.

Son mapas en los cuales se siguen casi las mismas especificaciones que en los mapas detallados, pero los límites entre las unidades edáficas se trazan sobre observaciones hechas a intervalos mayores que los requeridos en los trabajos de detalle. En rigor de verdad, se puede considerar mapas de reconocimiento, siendo, dentro de éstos, los más detallados. Se usan con propósitos de desarrollo de áreas, para planificar un uso más intensivo y racional de los suelos, o donde la relativa homogeneidad de la región lo aconseja.

La escala del levantamiento es más pequeña, y pocas unidades cartográficas corresponden a unidades taxonómicas (la serie, el gran grupo, por ej.); en la mayor parte de los casos se mapean "asociaciones". Gracias al relevamiento semidetallado, se pueden delimitar áreas susceptibles de requerir un trabajo de mayor detalle. Los mapeos semidetallados permiten avanzar más rápidamente y cubrir en menor tiempo regiones amplias para tener una distribución geográfica de los suelos con gastos relativamente menores.

Como unidad cartográfica se puede usar la "asociación de series" o de "familias" y aún de "grandes grupos". En el caso de asociar series en cada unidad cartografiada, se deben identificar y describir en la leyenda todas las series que se logren encontrar; a los fines de la escala de publicación (que puede ser 1: 50.000 a 1: 100.000) se trazan los límites de asociaciones, agrupando en ellas series vinculadas geográficamente a cada paisaje o a cada pequeña unidad ambiental; de este modo, comprendiendo la morfología y la evolución de cada forma del

relieve, es más fácil avanzar en el trabajo.

### 3) Mapas de reconocimiento.

En ellos los límites se controlan mediante observaciones hechas a grandes intervalos. Son mapas de asociaciones de unidades mayores, donde los perfiles estudiados pueden distar varios kilómetros uno de otro. La escala es más pequeña que en los anteriores, pudiendo llegar hasta 1: 500.000; se puede comenzar con una recopilación de los mapas existentes de la región en cuanto a su geología, vegetación, relieve, suelos, climas, etc., y se estudia previamente con mosaicos, para tener un panorama general del área.

Estos mapas adquieren mayor valor cuando ya existen áreas-muestras dentro de la región, que hayan sido cubiertas con levantamientos detallados; gracias a éstos, tendremos una idea general para establecer modalidades y rangos de variabilidad en el paisaje, y hacer alguna extrapolación o generalización a toda la región.

Propósitos de los levantamientos.

El reconocimiento de los suelos incluye las investigaciones necesarias para determinar las características importantes de los suelos, clasificarlos en "series" u otras unidades de clasificación, establecer y trazar sobre mapas o fotos aéreas los límites entre las diferentes clases de suelos, y correlacionar y predecir sus aptitudes para diferentes cultivos, forrajes o especies forestales, su desenvolvimiento y productividad bajo diferentes sistemas de manejo, y rendimientos de los cultivos bajo determinado conjunto de prácticas de manejo.

Uno de los propósitos fundamentales de los levantamientos de suelos, es poder hacer predicciones. Aunque el resultado del trabajo se puede aplicar a muchos problemas como construcción de caminos, aeropuertos, tuberías, etc., las mayores aplicaciones están en el campo de la agricultura, silvicultura y ganadería. Esta es la intención primordial del levantamiento.

La agricultura se va haciendo cada vez más eficiente gracias a los adelantos científicos modernos. En EE.UU. los progresos han sido realmente espectaculares durante los 60 años de levantamientos de suelos. Muchas plantas cultivadas y muchas prácticas de laboreo son tan sensibles a diferencias de suelos, que un reconocimiento adecuado a estas necesidades básicas equivale a servir muchos otros propósitos. Ningún mapa de grandes áreas terrestres se realiza con tanto detalle y envuelve tantos factores significativos como los mapas de suelos.

Para poder hacer no sólo predicciones, sino también recomendaciones acerca del uso de cada clase de suelo, se debe lograr el má-

ximo detalle en los levantamientos; para ello se requieren grandes recursos humanos y económicos. Los mapas detallados permiten indicar áreas de suelos significativas para un sistema de manejo al nivel de chacra.

El Manual de Reconocimiento de Suelos de EE.UU. dedica su mayor extensión a la metodología de levantamientos de detalle. La mayor parte de esas normas son de uso común cualquiera sea la escala elegida para el mapeo. Por ello en los próximos capítulos se dan las principales normas a seguir para identificar, describir y denominar los horizontes del suelo, adecuándolas a los tipos de levantamientos recomendables para nuestro país, teniendo presente sus especiales condiciones; por otra parte, se dará mayor extensión a los capítulos de aplicación directa a un levantamiento semidetallado de suelos.

Un trabajo de levantamiento de suelos incluye siempre las siguientes etapas:

- 1) Definición de la finalidad del mapa.
- 2) Preparación del trabajo, elección de escala y tipo de levantamiento. Estudio de antecedentes.
- 3) Confección de la leyenda de interpretación (que es, al mismo tiempo, la leyenda provisional de las unidades del suelo-paisaje), mediante análisis de mosaicos aéreos, planchas topográficas existentes, pares estereoscópicos y observaciones de campo.
- 4) Trazado provisional de límites de las unidades suelo-paisaje, mediante la foto-interpretación.
- 5) Verificación a campo de los límites, cuando corresponda hacerlo. Establecimiento provisional de las unidades taxonómicas del mapeo y del rango de amplitud de las mismas, mediante estudios de perfiles.
- 6) Descripciones completas de los horizontes de perfiles modales de cada una de las unidades taxonómicas y muestreo de los mismos para su estudio en el laboratorio.
- 7) Establecimiento del tipo de asociación que corresponda hacer, y comprobación final de los límites de las mismas. Tablas de correlación.
- 8) Apreciaciones de valor práctico con fines agropecuarios (clasificación por aptitud de uso, predicciones, etc.).
- 9) Elaboración de la memoria y publicación de la misma con los mapas respectivos.

Los siguientes capítulos presentan las normas a seguir para estudiar los suelos desde el punto de vista de su morfología, rasgos ex

teriores del mismo, grado de erosión, factores genéticos, nomenclatura propuesta para designar los horizontes y unidades de clasificación y de mapeo usados en los trabajos de cartografía de suelos, como así también la metodología de levantamientos semidetallados, desarrollados especialmente para nuestro país, en forma de cubrir todos los items presentados en el párrafo anterior.

**SEGUNDA PARTE**  
**NORMAS PARA LA CARACTERIZACION**  
**DE SUELOS Y PAISAJES**

### III-LAS FORMAS DEL RELIEVE

#### Y EL DRENAJE

Una parte esencial del suelo es su "forma de relieve". Cada suelo por lo general está asociado a un cierto tipo o forma de paisaje, y se vincula directamente a una forma de relieve, lo cual influye sobre su génesis. La forma del relieve será por lo tanto, uno de los rasgos propios de cada suelo.

Al igual que como sucede con los demás rasgos, la forma del relieve por sí sola, no siempre es una base suficiente para diferenciar unidades pero generalmente está asociada a otras características diferenciales. Sin embargo, diferencias importantes en el material originario y en el perfil, por lo general son consecuencia de diferentes posiciones en el relieve, o de diversas formas del paisaje general.

La mayoría de las series de suelos tienen un rango relativamente estrecho en cuanto a morfología superficial. Esto permite, identificando sobre las fotos aéreas las distintas formas, señalar las áreas cubiertas por cada serie, merced a la vinculación directa que tienen, con su correspondiente topografía.

Cada vez se le otorga mayor importancia a las formas del relieve en clasificación e interpretación de suelos. Aquéllas deben ser denominadas con la terminología aceptada por geomorfólogos y fisiógrafos en los textos más autorizados ('); en la ficha edafológica se lo indicará en el ítem "Unidad Geomorfológica". Allí se anotará el elemento geomorfológico, o forma de relieve, o tipo de paisaje donde se halle el suelo; cada paisaje tendrá además un símbolo que lo identificará (").

El término "relieve" implica altura relativa de un punto y se lo define como las elevaciones o irregularidades de un área considerada en conjunto.

Micro-relieve en cambio, se refiere a pequeñas diferencias de carácter local. En áreas de macro-relieve similar, la superficie pue-

---

(').- Se recomienda, entre los textos en castellano, el libro de William Thornbury "Principios de Geomorfología" traducción editada por ed. Kapelusz, Bs. Aires, 1960 -

(").- Más adelante se volverá con mayor detalle sobre el aspecto paisajes, al considerar los criterios para el mapeo sobre fotos aéreas; (ver capítulo XIII).



de ser casi uniforme o hallarse interrumpida por montículos, pantanos, cárcavas, etc.

Muchas veces en las descripciones se suelen utilizar los términos "fisiografía" y "topografía" como sinónimos de "forma de relieve", pero es más aconsejable preferir este último. En cuanto a los "tipos" y "formas" del paisaje general, sus definiciones se dan más adelante:

"Pendiente del suelo" se refiere a la inclinación de la superficie de ese suelo. En realidad es una parte integral del suelo mismo como cuerpo natural, y no algo ajeno a él.

La pendiente se define por su gradiente, forma y longitud. Del detalle del mapeo dependerá que las pendientes se definan como simples o complejas, o se usen como patrones para establecer "clases por pendiente". También estos puntos se desarrollan con mayor detalle en el capítulo XIII.

En relación con la génesis de los suelos, se pueden reconocer cuatro tipos principales de relieves que se definen a continuación:

#### TIPOS DE RELIEVES.

Relieve pronunciado o excesivo. Esta es la posición de colinas o sierrras, con escurrimiento muy rápido y más erosión que en las áreas en posición normal. En la simbología se suele indicar con P.

Relieve normal. Es el propio de las áreas altas con inclinación y escurrimiento medio. Símbolo: N. Es el que forma suelos normales, incluyendo los representantes modales de los grandes grupos zonales de suelos. Pueden establecerse subdivisiones para indicar un dominio de convexidades en el relieve general; este micro-relieve convexo se indicará con el subíndice v. Ej.: relieve normal, con micro-relieve predominantemente convexo: Nv.

Relieve subnormal. En esta posición estarían las áreas casi chatas con lento o muy lento escurrimiento. En materiales química y mecánicamente mixtos, generalmente se forman claypanes y duripanes si ha transcurrido el tiempo necesario para ello. Su símbolo será S. A menudo los suelos tienen aquí napas de agua fluctuantes o capas suspendidas parte del tiempo. Los Planosoles son suelos que típicamente se encuentran en este relieve subnormal.

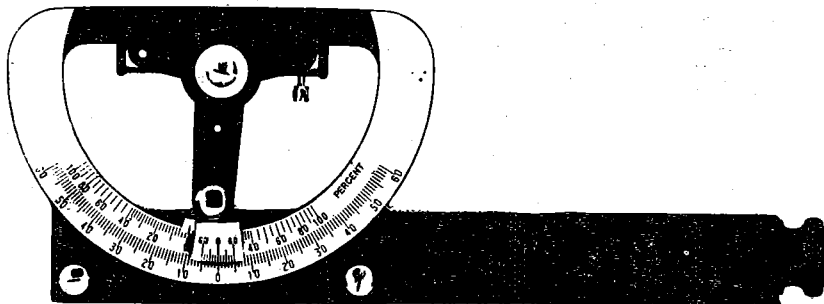
Relieve cóncavo. Propio de las áreas bajas, con escurrimiento nulo o muy lento; los suelos no presentan erosión, pero sí exceso de agua en la mayor parte del tiempo. Estas tierras retienen casi toda el agua de lluvia que cae, más una parte considerable que recibe de las tierras altas adyacentes. Los suelos intrazonales hidro y halomórficos se hallan en posiciones así. El símbolo a utilizarse será C.

Casos intermedios permitirán usar símbolos combinados;ej.:N/S.

En una zona puede encontrarse un grupo de varias series distintas entre sí, que constituyan una secuencia a través de distintos tipos de los relieves vistos, desarrolladas sobre similares materiales originarios. Esta sucesión constituye una "catena".

LA PENDIENTE DEL SUELO. Dado que en los reconocimientos detallados la pendiente merece una atención especial, se han establecido varias clases de acuerdo con los gradientes. Cuando sea necesario conocerlo, el gradiente se medirá con un simple clinómetro o con un nivel; expresa en porcentaje, el des nivel entre dos puntos distantes uno de otro 100 m en línea horizontal. Así, una pendiente de  $45^\circ$  tendrá un gradiente del 100%. El gradiente también se puede medir sobre las fotografías aéreas con empleo de las técnicas correspondientes.

Un sencillo instrumento para medir pendientes en el campo es el nivel de mano modelo Abney. Consiste en un pequeño anteojo al cual va acoplado un cuadrante graduado en porcentajes y en grados de inclinación. Una guía móvil dotada de un vernier sirve para establecer la medición. Esta se hace al lograr la coincidencia entre el retículo horizontal del anteojo con el centro de la burbuja de un nivel que es reflejada al interior del anteojo por medio de un espejo.



A continuación se definen las clases por pendiente, de acuerdo con su gradiente:

- Clase 0 - Son las áreas planas (relieve S o N/S) con escurrimiento muy lento a 0-0,5% lento. Gradientes: nunca más de medio por ciento. Para estas áreas no se requerirán prácticas especiales de conservación. El símbolo 0 de esta clase sólo será usado en las leyendas cuando la unidad se pueda separar con facilidad de otras clases. Dentro de suelos que normalmente tengan mayor escurrimiento, podrá señalarse una "fase llana" cuando sea posible y conveniente mapearla por separado.
- Clase 1 - Son áreas muy suavemente a suavemente onduladas (relieve N/S a N) que 0-1 % pueden incluir sectores planos de muy poca extensión. Escurrimiento muy lento a medio. Gradientes entre 0 y 1%. Cuando dominan gradientes de más de medio por ciento se recomendará un adecuado manejo de residuos, y el cultivo transversal a la pendiente general del campo para evitar la erosión.
- Clase 2 - Son áreas suave a moderadamente onduladas con escurrimiento medio a 1-3 % rápido. Gradientes: entre 1 y 3%. Estos suelos varían mucho en erodibilidad, lo cual depende de otros caracteres del suelo. Si bien puede operarse con cualquier tipo de maquinaria agrícola, siempre que haya peligro de erosión se ha de recomendar el cultivo en contorno o en franjas para evitarla.
- Clase 3 - Son áreas fuertemente onduladas o inclinadas con escurrimiento rápido. 3-10 % En las pendientes mayores dentro de esta clase, puede haber cierta dificultad en el uso de maquinaria de tipo grande. La erodibilidad depende de los demás caracteres del suelo y de las prácticas de manejo. Para suelos con estas pendientes se aconseja el cultivo en contorno o en terrazas, según las demás características del suelo. Los límites de gradientes de esta clase son 3 y 10%.
- Clase 4 - Está constituida por áreas fuertemente inclinadas o oclinadas con es 10-25 % currimiento muy rápido. La maquinaria común presenta cierta dificultad en su uso. Límites de gradientes: 10 y 25%. Estos suelos sólo se pueden cultivar en terrazas.
- Clase 5 - Son áreas escarpadas o muy colinadas. Sólo puede usarse maquinaria 25-45 % muy liviana. Si los suelos son muy fértiles y permeables, pueden soportar pastizales o cultivos frutícolas, con prácticas adecuadas de manejo. Límites: 25 y 45%.
- Clase 6 - Los suelos en estas áreas son ordinariamente litosólicos y se suelen >45 % incluir en los tipos "misceláneos" de tierras. Son los gradientes de más de 45%, propios de regiones muy escarpadas o montañosas.

Estas clases son una base para distinguir fases de suelos, y cada una de ellas requiere distintas recomendaciones de manejo y distintos requerimientos para la protección contra la erosión.

Además de la clase de pendiente, se recomienda anotar la elevación sobre el nivel del mar, dato que se correlaciona con las observaciones de geología, relieve y clima.

También se tendrán en cuenta las diferencias en cuanto a exposición al viento y al sol. En zonas límites en materia de temperatura, longitud del día, humedad, etc., se pueden encontrar suelos completamente diferentes en las pendientes que miran al norte, de los de exposición al sur, aún para similares materiales geológicos.

**EL DRENAJE DEL SUELO.** En un sentido general, el drenaje se refiere a la rapidez y facilidad con que el agua se elimina del suelo, tanto por escurrimiento o avenamiento, como por pasaje a través del suelo mismo hacia las capas subterráneas. La evaporación y la transpiración contribuyen también a la eliminación del agua. Por ejemplo, un suelo Sierozem con muy lento escurrimiento y poca percolación, puede ser bien drenado porque la evaporación y la transpiración no permiten que se reduzca demasiado el aire del suelo.

Considerado como una condición propia del suelo, el drenaje se refiere a la frecuencia y duración de los períodos durante los cuales el suelo se ve libre de saturación con agua. Esta condición se puede medir, pero en general se establece por estimación. El moteado del suelo, por ejemplo, es un carácter para inferirlo.

El concepto de drenaje del suelo es bastante amplio; es necesario definirlo de acuerdo al escurrimiento y a la permeabilidad y se refiere a condiciones generales del área y del suelo mismo, pero especialmente a las primeras. Al final de este mismo capítulo se dan las definiciones de las clases de drenaje que sirven para caracterizar las series desde el punto de vista del drenaje natural de cada suelo.

**ESCURRIMIENTO ("run-off").** También es llamado escurrimiento superficial, drenaje externo del suelo o esorrentía. Comprende el avenamiento debido a obras artificiales. Se establecen varios grados de escurrimiento según la facilidad con que se elimina el agua por derrame sobre la superficie del suelo:

Grado 0 - El agua de lluvia o la recibida de áreas vecinas más elevadas, no se elimina por escurrimiento superficial. Sólo puede desaparecer por evaporación o percolación. Es el propio de las áreas cóncavas (relieve C) ..... Suelo estancado o sin escurrimiento.

Grado 1 - El agua superficial fluye tan lentamente, que permanece sobre el suelo por largos períodos, si no penetra ..... Suelo de muy lento escurrimiento.

Grado 2 - El agua escurre lentamente, por lo que el suelo está cubierto con agua por ciertos períodos, si no penetra o se evapora ..... Suelos de lento escurrimiento.

Grado 3 - El agua escurre en cierto grado, de manera que el suelo sólo puede quedar cubierto de agua por lapsos cortos. La mayor parte de la precipitación es absorbida por el suelo, la usan las plantas para su crecimiento, se pierde por evaporación o alimenta las napas subterráneas. Con un escurrimiento de este tipo, la pérdida de agua no afecta seriamente su provisión para las plantas, y la erodibilidad puede ser poca a moderada en suelos bajo cultivos ..... Suelo de escurrimiento medio.

Grado 4 - Gran parte de la precipitación corre rápidamente sobre la superficie y una pequeña porción penetra en el suelo. Estos suelos tienen poca capacidad de infiltración, y la erodibilidad es por lo general moderada a alta..... Suelos de escurrimiento rápido.

Grado 5 - La mayor parte del agua escurre rápidamente y muy pequeña proporción penetra en el suelo. Son suelos inclinados y con poca capacidad de infiltración. La posibilidad de erosión es grande o muy grande ..... Suelos de escurrimiento muy rápido.

**PERMEABILIDAD.** La permeabilidad de un suelo es esa cualidad que le permite transmitir a través suyo agua o aire. Se puede medir cuantitativamente según la cantidad de agua que pasa a través de una sección de suelo saturado en la unidad de tiempo, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión hidrostática. Para ello se utilizan permeámetros de diversos modelos. (1).

En ausencia de medidas precisas, la permeabilidad de un suelo se puede apreciar mediante el estudio de la estructura, textura, porosidad

(1).- El modelo utilizado en el levantamiento de suelos de la región pampeana, es del tipo de cilindro, desarrollado por R. Flannery y D. Kirkham (Soil Science Vol. 97 N° 4, abril de 1964).

dad, agrietamiento, etc. de los horizontes del perfil. Sin embargo, es conveniente medirla cuantitativamente y sobre esa base se han establecido grados. No siempre la permeabilidad se correlaciona con la velocidad de infiltración, porque ésta puede ser influida de tiempo en tiempo por las prácticas de manejo, clases de cultivos, etc.

Cuando se estudia el suelo para establecer su respuesta al riego o al drenaje, es necesario determinar la permeabilidad de cada horizonte, estableciendo las relaciones entre las permeabilidades de los distintos horizontes o capas y respecto del perfil en conjunto. En los demás casos basta con apreciar la percolación según la permeabilidad del horizonte menos permeable del solum o del substratum inmediato a él. Conviene medir la permeabilidad horizontal y vertical, y los datos así obtenidos se señalarán en la ficha edafológica.

Se establecen siete grados de permeabilidad definidos como se vió, según la permeabilidad del horizonte menos permeable del suelo, y de acuerdo con la velocidad de percolación del agua, en centímetros por hora:

Grado 1 - Permeabilidad muy lenta a nula (suelo impermeable o muy poco permeable). En estos suelos el drenaje interno es nulo; casi no pasa agua a través de la masa del suelo. La velocidad de percolación es de menos de 0,125 cm por hora.

Grado 2 - Permeabilidad lenta (suelo poco permeable). El drenaje interno es muy lento para permitir el crecimiento de los cultivos más importantes. Estos suelos están saturados con agua por un lapso muy prolongado y aparecen manchados o moteados en casi todo el perfil. La velocidad de percolación está entre 0,125 - 0,5 cm por hora.

Grado 3 - Permeabilidad moderadamente lenta. El drenaje interno es lento y no permite un crecimiento óptimo para la mayoría de los cultivos. Estos suelos están saturados con agua por un lapso prolongado y presentan moteados en alguna parte del perfil. Velocidad de percolación: entre 0,5 y 2 cm por hora.

Grado 4 - Permeabilidad moderada (suelo moderadamente permeable). El drenaje interno es mediano y la saturación con agua se limita a pocos días, siendo por ello óptimo el crecimiento para la mayoría de los cultivos. La mayoría de los suelos están libres de moteados en el solum. La velocidad de percolación está entre 2 y 6,25 cm por hora.

Grado 5 - Permeabilidad moderadamente rápida. El drenaje interno de estos suelos es algo rápido para un crecimiento óptimo de algunos cultivos. No hay moteados; la capa de agua permanente está profunda. La velocidad de percolación está entre 6,25 y 12,5 cm por hora.

Grado 6 - Permeabilidad rápida (suelo muy permeable). El suelo presenta alta porosidad no capilar. Este drenaje es demasiado rápido para un crecimiento óptimo de los principales cultivos. No hay moteados; la capa de agua permanente está profunda. La velocidad de percolación está entre 12,5 y 25 cm. por hora.

Grado 7 - Permeabilidad muy rápida (suelo excesivamente permeable). El drenaje interno de estos suelos es muy rápido por la muy alta porosidad no capilar del material. La velocidad de percolación es más de 25 cm por hora.

De las combinaciones entre los datos de pendiente, escurrimiento, posición en el relieve y permeabilidad, se pueden deducir las condiciones de rapidez o lentitud con que se elimina el exceso de agua.

Las definiciones y los grados de drenaje del suelo, para establecer en ciertos casos fases por drenaje de las series de suelos, se dan en el capítulo IV.

**PELIGRO DE ANEGAMIENTO** De modo similar como se hace con el escurrimiento, se establecerán clases por peligro de inundación. Se tendrá en cuenta para ello la frecuencia y regularidad de las avenidas de agua:

Clase 1: Inundaciones frecuentes e irregulares, a veces de larga duración, de modo que el uso del suelo para cultivos se hace muy inseguro y casi impracticable.

Clase 2: Frecuentes inundaciones, pero que ocurren en forma regular en ciertos meses del año, por lo que el suelo puede usarse en determinada época.

Clase 3: Se pueden esperar algunas inundaciones ya sea en ciertos meses, o en cualquier período con condiciones meteorológicas excepcionales, que pueden destruir cultivos o impedir el uso del suelo en ciertos años.

Clase 4: Inundaciones raras, o en años muy excepcionales.

Clase 5: Sin ningún peligro de sufrir inundación o anegamiento.

#### CLASES DE SUELOS POR SU DRENAJE NATURAL

Sobre la base de las observaciones y deducciones logradas con el estudio de la permeabilidad, escurrimiento, peligro de anegamiento y también por consideraciones ambientales (evapotranspiración, microrrelieve, pendiente, etc.) se pueden establecer distintas condiciones de drenaje natural de cada suelo.

En base a ello se han establecido varias clases que son útiles para caracterizar cada serie de suelos desde el punto de vista del drenaje natural y establecer fases por drenaje según se verán en el capítulo XV.

Las clases a usarse serán las siguientes:

1 Suelo muy pobremente o mal drenado: Es el suelo en el cual el agua es eliminada tan lentamente que la capa freática permanece en la superficie la mayor parte del tiempo. Son los suelos de depresiones. Presentan claras evidencias de gleización en casi todo el perfil.

2 Suelo pobremente drenado: Es aquel del cual el agua sale tan lentamente que permanece mojado gran parte del tiempo. Esto puede ser debido a un nivel freático alto, y/o a un horizonte de permeabilidad por lo menos lenta. Por lo general el aprovechamiento de estos suelos requiere drenaje artificial. Suele haber ciertas evidencias de gleización por debajo del horizonte A. Algunos suelos "zonales" pueden caer aún dentro de esta clase, pero por lo general los suelos de esta clase son "intrazonales".

3 Suelo moderadamente bien drenado: Es el suelo del cual el agua se retira con cierta lentitud por lo que el perfil puede aparecer húmedo por cierto tiempo no muy prolongado. Son suelos "zonales" con algún horizonte de lenta a moderadamente lenta permeabilidad, o nivel freático relativamente alto en cierta época del año. Se pueden observar algunos moteados débiles en el B o C.

4 Suelo bien drenado: Es aquel suelo del cual el agua se retira con facilidad pero no con rapidez. Son los suelos de texturas medias, con escasos y/o débiles moteados en el C. Libres de síntomas de hidromorfismo en el solum. Después de las lluvias retienen humedad en cantidad óptima para el crecimiento de las plantas, por la presencia de algún horizonte de permeabilidad moderada.

5 Suelo algo excesivamente drenado: Es el suelo en el cual el agua se retira con rapidez. Por lo general son suelos arenosos o poco desarrollados, de permeabilidad moderadamente rápida y/o escurrimiento rápido.

6 Suelo excesivamente drenado: Es el suelo en el cual el agua se retira con mucha rapidez por la alta porosidad, o por ser escarpados. Este suelo prácticamente no retiene humedad.

Es necesario indicar en muchos casos si las condiciones naturales de drenaje han sido alteradas por drenaje artificial, riego, canalización, saneamiento, por relleno de depresiones u obras que modifiquen en cierto modo el peligro de anegamiento.

-----



#### IV-IDENTIFICACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

Describir un perfil de suelo consiste esencialmente en describir sus distintos horizontes. Un horizonte de suelo se puede definir como una capa aproximadamente paralela a la superficie del suelo, cuyas características han sido producidas por procesos edafógenos.

Por lo general un horizonte se diferencia de los adyacentes por caracteres que se pueden apreciar en el campo. Otras veces es necesario obtener datos de laboratorio para poder identificar y designar a los horizontes, como así también para su mejor caracterización. El perfil edáfico incluye tanto los horizontes genéticos, como las capas orgánicas naturales que a veces cubren la superficie, y el material originario u otras capas que estén debajo del solum y que influyan en la génesis o en el desarrollo del suelo.

Además de los horizontes genéticos, muchos suelos tienen capas heredadas de materiales estratificados. Al hacer el examen de un perfil, se debe ser objetivo, sin tratar de presumir inmediatamente su génesis o nomenclatura. La descripción objetiva de los horizontes y capas del perfil es la materia prima de toda buena clasificación del suelo. Nada hay que pueda sustituir a una buena y objetiva descripción. Sin ella no es siquiera posible una correcta y segura interpretación de los datos analíticos del laboratorio. Las características importantes que se deben describir se explican en párrafos aparte.

Los perfiles difieren en un número casi infinito de condiciones. El espesor varía mucho de uno a otro perfil, pero en términos generales la descripción se hace hasta encontrar algún manto de roca firme, o hasta unos 150 ó 200 centímetros de profundidad.

También es muy variable el grado de expresión de los horizontes. En formaciones geológicas frescas, como sucede en algunos suelos aluviales, en conos de deyección, playas arenosas o capas volcánicas recientes, suele no haber horizontes genéticos de suelo.

Al describirse un perfil, por lo general se localizan los límites entre horizontes, se miden sus profundidades y espesores, y se estudia el perfil en conjunto antes de describir y designar a cada uno de los horizontes por separado.

Profundidad, espesor y límites de los horizontes. La descripción del perfil debe incluir para cada horizonte o capa, su espesor en centímetros y la profundidad de sus límites superior e inferior a contar desde el techo del horizonte A1 o desde la superficie del suelo, como así también las características de dichos límites.

El pasaje de un horizonte al subyacente se denomina "Límite del horizonte"; el límite entre horizontes se caracteriza por dos rasgos: por el grado de distinción que se pueda establecer entre los horizontes que separa (tipo) y por la forma del plano que los separa (forma). Algunos límites son claros y bien definidos, otras veces son algo confusos. Estos límites poco claros exigen dedicar cierto tiempo a la comparación de pequeñas muestras hasta que se puedan localizar los puntos medios de cada horizonte. Una vez que se hayan determinado todos los horizontes, se hacen pequeñas marcas para proceder a las mediciones, descripciones y muestreos correspondientes. Es ventajoso comenzar el muestreo por el horizonte más inferior del perfil.

La distinción de horizontes depende del contraste que haya entre ellos y en parte también del ancho del límite mismo, es decir de la porción de perfil dentro de la cual se produce el tránsito de un horizonte hacia el siguiente. De acuerdo con esto, los tipos de límites entre horizontes reciben diversos nombres;

### Tipos de límites.

ABRUPTO (o BRUSCO), si el ancho del límite es de menos de 2,5 cm.

CLARO, si está entre 2,5 y 7,5 cm de ancho.

GRADUAL, si está entre 7,5 y 12,5 cm de ancho.

DIFUSO, si el ancho del límite es de más de 12,5 cm.

La forma del plano que constituye el límite entre horizontes varía tanto como la distinción que hay entre éstos. Hay que recordar sin embargo que los límites no son bandas o líneas horizontales, sino capas de tres dimensiones que pueden tener bases planas o irregulares. En este sentido los límites entre horizontes pueden describirse según su forma.

### Formas del límite.

SUAVE, si el límite es casi un plano horizontal.

ONDULADO, si presenta concavidades más anchas que profundas.

IRREGULAR, si las concavidades son más profundas que anchas.

QUEBRADO, si ciertas partes del límite están interrumpidas.

## V-NOMENCLATURA DE LOS HORIZONTES Y CAPAS DEL SUELO

No es absolutamente necesario dar nombres a los horizontes del suelo para tener una buena descripción del perfil. Con todo, la utilidad de las descripciones de perfiles se ve incrementada con el uso de las designaciones genéticas como A, B, C. Estas interpretaciones dan una idea apropiada de las relaciones genéticas entre los horizontes dentro del perfil, en tanto que el designar a los horizontes con simples números 1, 2, 3, 4, etc., nada nos dice como no sea una secuencia en el orden de profundidades. Además no se pueden comparar capas de diferentes suelos definidas arbitrariamente por sus profundidades como "30 a 60 cm", pero sí se puede hacer entre distintos "horizontes B".

Se ha de entender que cada nombre de horizonte o capa no es más que un símbolo que, a juicio de quien describe el suelo, indica la magnitud de diferenciación de dicho horizonte respecto del material a partir del cual se formó, incluyendo el grado O de diferenciación (como en las capas R y en algunos C). Ello implica una estimación y no un hecho probado, y supone reconstruir mentalmente el carácter del material madre. Los procesos que provocaron el cambio no necesitan ser conocidos. Como base de la comparación no se usa el horizonte C, sino el material madre del horizonte en cuestión. La morfología se interpreta en relación con este material presumido, y no en valores absolutos de las propiedades.

Convenciones que rigen el uso de los símbolos. 1º.- Los símbolos que se usan comprenden las siguientes letras mayúsculas: O, A, B, C y R. Señalan las diferencias principales respecto del material originario. Algunas de estas diferencias, pueden quedar señaladas simplemente con la letra mayúscula, pero se debe aclarar que estas diferencias caen dentro de ciertos límites bien definidos, que se dan más adelante en este capítulo.

2º.- Cuando al describir un perfil dado, se subdivide algún horizonte designado por O, A, ó B, las subdivisiones se indicarán colocando un número arábigo después de la letra mayúscula. Se obtendrán entonces símbolos como O1, O2, A1, A2, A3, B1, B2 y B3. Cada símbolo así formado constituye una unidad integral y cada unidad requerirá entonces su propia definición. Por eso el número arábigo tendrá distinto significado según esté combinado con una u otra letra mayúscula. Así,

los símbolos O1, O2, A1 y A2 indican tipos específicos de horizontes O y A. Los símbolos A3, B1 y B3 son horizontes de transición. (') Del mismo modo, el símbolo B2 designa a aquella parte del horizonte B de naturaleza no transicional ni hacia el A ni hacia el C; el B2 es la parte del horizonte B donde se hallan más evidentemente expresados los caracteres del B. Si faltaran el B1 y el B3, y el horizonte B de un perfil tuviera que ser subdividido, igualmente se utilizará el símbolo B2, y no B. Cada uno de los símbolos O, A y B, indica una unidad que de acuerdo con las necesidades puede tener o no subdivisiones. El símbolo C, empero, representa una unidad que no se subdivide a la manera de O, A o B. Cuando haya que subdividir algún horizonte, se procederá como se describe en el párrafo siguiente, y el número arábigo asignado no tendrá en este caso otro significado específico que no sea el de indicar una simple secuencia vertical dentro del horizonte.

3º.- La subdivisión vertical dentro de un horizonte se señalará mediante números arábigos secundariamente asignados en orden de arriba hacia abajo. Esos números no se usan con O, A o B sin un número arábigo primario. Así, los números secundarios se usan agregados a O1, O2, A1, A2, A3, B1, B2, B3 y C. Los números arábigos primarios se usan con C y con Ap. Por lo tanto diremos C1 y C2, Ap1 y Ap2, en cambio se dirá A11, A12, B21, B22 o B23 cada vez que sea necesario, sin otra importancia en el significado que no sea para dejar señalada una subdivisión. La causa que motivó la subdivisión se puede indicar en el texto descriptivo, o mediante un sufijo en forma de letra minúscula como subíndice.

4º.- Las letras minúsculas se usan como sufijos ya sea para indicar ciertas diferenciaciones subordinadas respecto del material originario o bien para indicar alguna importante distinción con respecto a la definición que se hubiera asignado a los símbolos O, A, B ó C. Esos sufijos se colocan después del número arábigo, en la combinación discutida en el párrafo 2º (ejemplo: A2g o B3ca), o pueden seguir a la letra mayúscula del horizonte principal en el caso que no se haya subdividido (Bt o Ap). Estos sufijos también van a continuación de los números arábigos que indican subdivisiones verticales (ya descriptas en el párrafo 3º), como por ej.: A2lg o Cloa, C2ca. Debe hacerse una excepción con la letra minúscula "p", la cual se usa solamente acompañando a la letra A (Ap).

5º.- Los números romanos son como prefijos antepuestos a las designaciones de horizontes o capas principales (O, A, B, C, R), para indicar las discontinuidades litológicas que aparecieran en el solum o por debajo de él ("). El primer material, es decir el más superior, no se indica, pues el número romano I se sobrentiende; el segundo ma-

(').- Los horizontes transicionales de menos de 5 cm de espesor no se describirán por separado ni será práctico muestrearlos, pero conviene indicarlos en las referencias que acompañan a las descripciones de perfiles.

(").- Se da mayor detalle en un párrafo especial, más adelante.

terial de discontinuidad lleva el número II, y los demás que se encuentren se numeran III, IV, y así sucesivamente. Una secuencia desde la superficie hacia abajo podría ser por ejemplo: A2, B1, IIB2, IIB3, IIC1, IIIC2.

Se considera discontinuidad litológica cualquier cambio significativo en la granulometría o en la mineralogía, que indiquen diferencia de materiales a partir de los cuales se formaron los horizontes. Un cambio en el contenido de arcilla, asociado a un horizonte argílico (horizonte B2t) no es una divergencia en material, pero la aparición de gravas o un cambio en la relación entre las varias fracciones de arena, por lo general indica alguna diferencia en el material. Se debe identificar estas discontinuidades para distinguir las diferencias normales entre los horizontes que resultan de pedogénesis de las debidas a causas estrictamente geológicas. En consecuencia, no se usará número romano para designar un suelo enterrado dentro de un grueso depósito de loess. La diferencia entre las propiedades del suelo enterrado y las del loess que lo cubre son probablemente resultado de la edafogénesis. Pero una capa de piedras generalmente indica la necesidad de otro número romano. Es de presumir que el material por encima de la capa de piedras, ha sido transportado. Si el transporte fue por viento o por agua ha de esperarse que durante el movimiento haya habido alguna suerte de acondicionamiento del material por sus tamaños.

## HORIZONTES PRINCIPALES. (')

Horizontes orgánicos (Horizonte O). Son los horizontes orgánicos de suelos minerales que se forman por encima de la superficie del suelo y dominados por materia orgánica fresca o parcialmente descompuesta.

O1 - Es el horizonte orgánico en el que es visible la mayor parte de la materia vegetal en su forma original. Lo constituyen hojas caídas, frescas, a veces decoloradas, y pueden hallarse restos de fauna del suelo y sus excrementos, con hifas de hongos. Este horizonte anteriormente era llamado Aoo.

O2 - Es el horizonte orgánico en el que ya no se puede reconocer la mayor parte de la materia vegetal o animal en su forma original. Con cierto aumento pueden identificarse esos restos; anteriormente se lo denominaba Ao.

---

(').- Para mayor información se recomienda leer el suplemento de mayo de 1962 del Handbook 18 ("Soil Survey Manual") que reemplaza a las páginas 173 a 188 de dicho Manual.

Horizontes minerales. Deben contener menos del 20% de materia orgánica para suelos con poca arcilla, o menos del 30% de materia orgánica en suelos arcillosos. Comprenden los horizontes A, B, C y R que constituyen el conjunto de so lum, material originario y roca madre del mismo o roca subyacente consolidada.

A - Son los horizontes minerales caracterizados por:

- a) una acumulación de materia orgánica formada (o formándose) en superficie;
- b) haber perdido arcilla, hierro o aluminio con el resultado de una concentración de cuarzo u otros minerales resistentes del tamaño de arena o limo;
- c) estar dominados por algunas de las dos características anteriores, pero transicional al B o C subyacentes.

Comprende los siguientes horizontes:

A1 - Con este símbolo se designa al horizonte mineral que se forma en superficie y en el cual el principal rasgo es una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente asociada a la fracción mineral. Este horizonte generalmente es más oscuro que los restantes horizontes.

A2 - Es el horizonte mineral en el cual el hecho destacable es cierta pérdida de arcilla, de materia orgánica, de hierro, o de aluminio, por separado y/o en combinación con lo cual se ve aumentada la proporción de cuarzo u otros minerales resistentes, del tamaño de limo o arena. Por lo general es más claro que el B, más pobre en materia orgánica que el A1, con menos arcilla que el B y puede aparecer en superficie. Suele tener estructura laminar. Es el horizonte donde el carácter eluvial del A está mejor expresado.

A3 - Horizonte de transición entre A y B, con dominancia de características propias del A1 o del A2, pero con ciertas propiedades subordinadas a las del B subyacente. Suele tener estructura en bloque o granular. Si existiera transición, pero resultara difícil separar un A3 de un B1 como horizontes individuales, se colocará el símbolo AB. Este horizonte combinado sólo debe ser descripto por separado cuando sea lo suficientemente espeso.

Si en lugar de haber transición de propiedades entre el A y el B, existiera un horizonte que posea características de A2, con inclusiones de B que constituyan menos del 50% del volumen, ese horizonte se señalará "A y B". Por lo general en estos horizontes el A2 parece invadir como lenguas al B subyacente.

AC - Horizonte de transición entre A y C con propiedades de ambos horizontes, pero sin dominio por parte de ninguno de ellos sobre el otro. Sólo se encuentra en suelos que no presentan horizonte B.

B - Son los horizontes en los cuales el rasgo o rasgos dominantes son uno o más de los siguientes:

- a) una concentración iluvial de arcilla mineral, hierro, aluminio o humus, solos o en combinación;
- b) una concentración residual de sesquióxidos o arcillas minerales, solos o mezclados, que se hayan formado por otros medios que la solución y remoción de carbonatos o sales más solubles;
- c) revestimientos de sesquióxidos como para dar colores netamente más oscuros, más intensos o más rojos que los de los horizontes supra y subyacentes pero sin aparente iluviación de hierro y no genéticamente relacionados a los B que reúnan las exigencias de a) y b);
- d) una alteración de las condiciones originales del material que borre la estructura original de la roca, que forme arcilla mineral, libere óxidos, y que forme estructura granular, en bloques o prismáticos si las texturas fueran tales que un cambio en la humedad se vea acompañado de cambios en el volumen.

Comprende los siguientes horizontes:

B1 - Horizonte de transición entre el B y el A1 o entre el B y el A2, con un dominio de características propias del B2 subyacente, pero con ciertas propiedades del A1 o del A2, superpuestas a los rasgos del B en toda su masa. En suelos vírgenes es esencial la presencia de A1 o A2 por encima, y B2 por debajo, para que haya un B1. Pero en ciertos casos puede reconocerse un B1 en superficie, por truncamiento debido a erosión.

Cualquier horizonte que se deba calificar como B por más de un 50% de su masa, pero que tenga inclusiones de un A2, se denominará "B y A".

B2 - Es la parte del B donde sus propiedades no manifiesten ningún carácter que puedan considerarse transicional con el A ni con el C. Esto no implica que el B2 deba siempre expresar uniformemente las propiedades diagnósticas del B, ni que deba estar confinado a la zona de máxima expresión en sentido absoluto.

En algunos perfiles el B2 puede estar débilmente expresado, pero igual se denominará B2, porque este símbolo no tiene un valor absoluto válido para todos los perfiles, sino un valor relativo respecto de los demás horizontes de un mismo perfil.

B3 - Horizonte de transición entre el B y el C (o entre el B y el estrato R), cuyas propiedades sean las del B2 pero asociadas a ca-

racteres propios de un C o un R.

Quando no haya B2, no se usará el símbolo B3. Si en el perfil no se encontrara el material originario del solum, se usará B3 sólo para indicar un horizonte de transición hacia el material que se supone ha existido y dió origen al solum, estimando las propiedades que pudo haber tenido antes de la edafización.

C - Horizonte o capa mineral más o menos similar al material a partir del cual podría presumirse tuvo origen el solum; está relativamente poco afectado por la pedogénesis y carece de las características propias del A o del B. Incluye los materiales afectados por meteorización fuera de la zona de mayor actividad biológica, o cementaciones, o acumulaciones de carbonatos o de sales más solubles. El C incluye todas las capas diferenciadas de materiales no consolidados que estén bajo el solum, y que se designaban en el Soil Survey Manual de 1951 como "D".

Por lo tanto, el C no se ha de considerar necesariamente "material originario" del solum; por otra parte nunca lo fue, aunque erróneamente así se lo ha considerado tradicionalmente. Se presumía que el C era parecido al material originario, pero aún esta presunción debe ahora descartarse.

Se puede subdividir en C1, C2, C3, etc., para indicar una simple secuencia vertical debida a ciertas diferenciaciones dentro del C.

R - Es todo manto rocoso consolidado subyacente, tal como un granito, una arenisca, una caliza, etc. Si se presume que por meteorización dió origen al horizonte que lo cubre, se usa R. Cuando el material sobrepuesto a él es diferente, se antepone a la letra R un número romano para denotar la discontinuidad litológica, tal como se indicó en el parágrafo correspondiente.

Símbolos que se usan para indicar diferenciaciones subordinadas.

Se deben utilizar los siguientes símbolos siguiendo las convenciones ya explicadas:

b - Horizonte enterrado; (del inglés buried).

Este símbolo se agrega para señalar la presencia de horizontes genéticos enterrados. En el material sobrepuesto pueden o no haberse formado horizontes de otro solum y ese material puede ser igual o distinto del que había originado el suelo enterrado.

ca - Acumulación de carbonatos de elementos alcalino-térreos, por lo general de calcio.

Este símbolo se aplica a los horizontes A, B o C e incluye los "horizontes cálcicos" de la 7a. aproximación americana. Las combinacio-



nes posibles son A1ca, A3ca, B1ca, B2ca y B3ca. Probablemente también es posible un A2ca cuando la acumulación ocurrió en un A2 formado en condiciones especiales, pero no es común. La sola presencia de carbonatos secundarios no es suficiente para justificar el uso del símbolo ca. Debe haber más carbonatos de lo que se supone que haya tenido el material originario.

cs - Acumulación de sulfato de calcio, (en inglés calcium sulphate).

Este símbolo se usa de modo similar a la del "ca". Las acumulaciones de sulfato de calcio se encuentran por lo general en el C, de bajo del "ca" en los suelos chernozémicos, pero puede aparecer también en otros horizontes. Para que se pueda utilizar el símbolo cs, el horizonte debe tener más sulfatos de lo que se presume que haya habido en el material originario.

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

Los nódulos indicados por el símbolo cn deben ser duros en seco, pero no es necesario que estén endurecidos. Los nódulos, concreciones o cristales, no se calificarán como cn cuando sean de dolomita o de sales más solubles, pero sí cuando sean de hierro, aluminio, manganeso o titanio.

f - Suelo congelado. ("Frozen soil").

El sufijo f sólo se usa para los suelos que se supone que se encuentran permanentemente congelados.

g - Fuerte gleización.

El sufijo g se emplea para designar a los horizontes que demuestren una intensa reducción de hierro durante el desarrollo del suelo, o condiciones de reducción debidas a agua estancada, lo que se evidencia por sus colores básicos cercanos al neutro, con o sin moteados. En el material con estructura, las caras de los agregados por lo general presentan chromas de 2 o menos en forma de fase continua, y comúnmente moteados escasos o poco evidentes. En el interior de los agregados puede haber motas destacadas y abundantes, pero por lo general hay una red de fibras o bandas de chroma bajo que rodea a las motas. En los suelos que no tienen agregación, un chroma básico de 1 o menos, con o sin moteados, es indicador de fuerte gleización. Los hues más azules que 10 Y también son indicadores de fuerte gleización en algunos suelos. A pesar de que el gleizado comúnmente está asociado con humedad, especialmente en presencia de materia orgánica, la humedad por sí misma no es un criterio de gleización. El símbolo g se agrega a cualquiera de los símbolos de horizontes principales y va a continuación de la designación de los mismos: A2g, A2lg, A3g, B1g, B2g, B3g y Cg. Se podrá usar Bg cuando el horizonte B no se pueda subdividir en B1, B2, B3. Los moteados se describirán de acuerdo con las nor

mas que se dan en el párrafo correspondiente, pero su presencia no es único criterio para usar el subíndice g.

h - Humus iluvial.

Se indican con h las acumulaciones de materia orgánica iluvial descompuesta, que aparezcan en forma de revestimientos oscuros sobre las partículas de arena o limo, o como municiones oscuras sueltas del tamaño de limo. Este sufijo sigue a la letra B o a alguna subdivisión de B como por ejemplo Bh o B2h.

ir - Hierro iluvial.

Son las acumulaciones de hierro iluvial en forma de revestimientos sobre las partículas de arena o de limo, o como municiones del tamaño de limo; en algunos horizontes los revestimientos cementan el horizonte.

m - Fuerte cementación, endurecimiento.

El símbolo m se aplica como un sufijo a las designaciones de horizontes para indicar una cementación irreversible. Son ejemplos: el "ortstein" de los Spodosoles, las capas cementadas con calcio, o el duripán. Este símbolo no se aplica a los mantos de roca firme; "m" no se usa para indicar consistencia, como la de los fragipanes, sino que se restringe a los horizontes endurecidos y esencialmente continuos (más del 90%), aunque puedan ser fracturados.

p - Arado u otra perturbación por laboreo. (Del inglés "plowing").

El símbolo p se usa como sufijo del A para indicar perturbación debida a cultivos o pastoreo. Aún cuando un suelo esté truncado, y su capa arable constituida por un antiguo horizonte B, igual se usará la designación Ap. Cuando Ap deba ser subdividido, los números arábigos irán después del símbolo Ap. Ejemplo: Apl, pues el Ap en ese sentido es equivalente al A1.

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

Este símbolo se puede agregar a la designación de cualquier horizonte y por el modo de usarlo es comparable a lo ya descrito para oa o os. El horizonte que lleve este sufijo debe tener más sales de lo que se suponga que tuvo el material originario.

si - Cementación con material silíceo soluble en álcali, como se define para los duripanes en la 7a. aproximación. Este símbolo se aplica solamente al horizonte C.

La cementación puede ser en nódulos o continua. En este último caso se utilizará el símbolo "sim".

t - Arcilla iluvial. (Del alemán "ton", arcilla).

Las acumulaciones de arcilla mineral translocada, se indican mediante el sufijo t. Se usa solamente con B, como en B2t, para indicar la naturaleza del B.

x - Carácter de fragipán.

El símbolo x se usa como sufijo para indicar ciertas propiedades que se hayan desarrollado genéticamente tales como dureza, fragilidad, alta densidad, y característica distribución de arcilla, que sirven de diagnóstico en los fragipanes. Estos pueden ser horizontes A2, B o C. A diferencia de otros símbolos suplementarios, el sufijo x se agrega a la letra B sin el número arábigo que normalmente acompaña al B. Los números arábigos que se usan con C para indicar simples sub divisiones verticales del horizonte, deben ir antes de la x; ej.: C1x, C2x.

Todos los símbolos de letras minúsculas, excepción hecha de p, siguen al último número arábigo; ej.: B3ca, A2g, A2lg. Si el horizonte no ha sido subdividido, el símbolo seguirá a la letra principal como en el caso de Cg, Bt. El sufijo p se usa sólo con la letra A, debido a la dificultad de poder determinar qué horizontes han sido mezclados por el arado.

Subdivisiones de los horizontes principales. A menudo es necesario subdividir los horizontes, a fin de que

los estudios detallados de morfología, muestreo y trabajos similares, puedan ser correctamente registrados. En unos casos esa subdivisión es arbitraria en relación con las diferencias que realmente se observan en el campo; en otros casos puede hacerse necesaria para establecer diferencias dentro de un horizonte sobre bases no proporcionadas por los símbolos del horizonte principal. En todos estos casos, las sub divisiones se enumeran correlativamente mediante números arábigos, deg de el techo del horizonte hacia abajo; ejemplo: B21, B22, B23. Cuando se utilicen los sufijos de letras minúsculas, los números arábigos pre cederán a todas las minúsculas excepto p; ejemplos: B21t, C1g, C2g, en cambio se dirá: Ap1, Ap2.

Discontinuidades litológicas. Cuando sea necesario enumerar una se rie sucesiva de capas de diferentes materiales, se colocarán números ro manos delante de las correspondientes designaciones de horizontes, deg de la superficie hacia abajo. Un suelo que se haya desarrollado todo sobre un mismo material, se designa con el número I, pero éste se pue

de omitir, porque queda sobrentendido que todo el material es I. De modo similar en un perfil que tenga dos o más materiales contrastantes, el material más superior se designará I y el que le siga será II. También en este caso el número I del material superior se puede omitir del símbolo, porque se sobrentiende. La numeración arranca entonces de la segunda capa de material, que se designa con II, y cada material de contraste por debajo de esta segunda capa, se numera sucesivamente III, IV, y así hacia abajo en todas las designaciones de horizontes. Aunque un estrato por debajo del designado como II sea similar al material del estrato más superior denominado I, se le debe dar el número sucesivo que le corresponda en la secuencia. Cuando en una de las capas numeradas se desarrollaran dos o más horizontes, el número romano se aplicará a todos los horizontes de dicho material.

A continuación se da un ejemplo de secuencia de horizontes utilizando esta convención:

A1 - A2 - B1 - B21 - IIB22 - IIB3 - IIC1 - IIIG2 - IVR

En este ejemplo la primera capa de contraste está sin numerar.

El segundo estrato arranca en el B22 que se indica precedido del número romano II; el tercero, dentro del C, se señala con el símbolo IIIC. El manto rocoso subyacente no tiene relación litológica con el C, por lo cual se indica con IV.

Nomenclatura de las capas de los suelos aluviales. Debido a que los suelos Aluviales no presentan horizontes genéticos, sino capas superpuestas de diversos materiales, se adoptará para designarlos, el criterio de señalar cada capa con un número romano diferente en la secuencia vertical. Así, por ejemplo, la nomenclatura de un perfil aluvial de arriba hacia abajo será simplemente: I - II - III - IV - etc., etc. Se podrá agregar uno de los símbolos correspondientes para señalar alguna diferenciación especial que caracterice a la capa. Ej.: IISa, IIIg, etc., etc.

**EL SOLUM.** El solum ha sido considerado como el "suelo genético", que se desarrolla debido a los factores formadores. Nunca se ha dudado que el A y el B forman parte del solum, y para muchos, "solux" es equivalente de A más B. Hay sin embargo, otros horizontes, como varias clases de "panes" y acumulaciones de carbonatos o de sales más solubles, que son también genéticos, por lo que usaremos "solum" en el sentido de incluir el A y el B, y además los fragipanes y algunos duripanes. "Solum", por lo tanto, no es sinónimo de suelo, pues éste último debe incluir al material del C, e incluso puede consistir sólo de dicho material.

No se incluirán como solum las acumulaciones de carbonatos, sulfatos, o sales más solubles, ni las zonas de cementación causadas por sílice bajo condiciones fuertemente alcalinas, porque no tienen una posición uniforme en el suelo con relación a otros horizontes. Las acumulaciones de carbonatos, sulfatos y otras sales, pueden tener lugar en el A o en el B, o profundamente en el C.

-----

## VI-DETERMINACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS CARACTERES DIFERENCIALES DE LOS HORIZONTES

**EL COLOR DEL SUELO.** Casi todos los perfiles están formados por horizontes que se pueden distinguir por sus colores. El examen y la descripción de cada perfil, debe presentar un cuadro completo de los colores de todos sus horizontes: El color de un horizonte puede ser uniforme o presentarse rayado, manchado, abigarrado, o moteado en distintas formas. Las acumulaciones de calcáreo o materia orgánica suelen producir un aspecto manchado y el lavado de colóides, materia orgánica, o la segregación de compuestos de hierro pueden formar bandas, lunares, motas o lenguas de distinto color.

**Determinación del color.** La forma más conveniente de medir un color es mediante su comparación con una carta-patrón de colores. La que se usa generalmente para los suelos es un extracto de la carta de colores de Munsell e incluye alrededor de una quinta parte de ella; las láminas con los colores de suelos, separadas o montadas sobre tarjetas en un orden determinado y armadas en libretas, se pueden obtener en:

Munsell Color Co. Inc., 10 East Franklin St.  
Baltimore, 2; Maryland State; U.S.A.

(1)

La tabla de colores Munsell para suelos, consiste de 175 cuadros coloreados, sistemáticamente montados por "hue", "value" y "chroma" ("matiz", "luminosidad" e "intensidad"), las 3 variables simples que se combinan para dar todos los colores. El hue es el color dominante del espectro y está relacionado con la longitud de onda dominante de la luz. El value se refiere a la relativa iluminación del color y es función (aproximadamente la raíz cuadrada) de la cantidad total de luz, que refleja la muestra. El chroma (a veces llamado también "saturación") es la pureza relativa o intensidad del color del espectro y aumenta con la disminución del grisado.

En cada tarjeta de la tabla de Munsell se hallan agrupados todos los colores de un mismo hue, el cual se designa mediante un símbolo impreso en el ángulo superior derecho de la hoja correspondiente; este símbolo está formado, como veremos más adelante, por una combinación de un número y una o dos letras. Dentro de cada hoja los colores están dispuestos verticalmente según saltos visualmente iguales, y son sucesivamente más claros hacia arriba; su value aumenta en ese

(1).- Existe también edición en japonés.

sentido.

El chroma incrementa horizontalmente hacia la derecha; los colores son más grises hacia la izquierda.

La nomenclatura del color de un suelo consiste en el nombre del color y la correspondiente notación Munsell o símbolo del color.

El primero se usa para las publicaciones generales. En descripciones oficiales, correlaciones, comparaciones internacionales, etc., se debe usar la notación Munsell acompañada del nombre del color. Nombres extravagantes como "pardo herrumbre", "tostado", "gris ratón", "amarillo limón", "pardo chocolate", etc., no deben usarse jamás en descripciones de suelos.

La notación Munsell consiste en una combinación de números y letras que forman el símbolo del color. Se arma mediante la anotación del hue, seguida primero del value, y finalmente del chroma. El símbolo del hue es una abreviatura en inglés del color del espectro (R de "red", rojo; YR de "yellow-red", rojo amarillo; Y de "yellow", amarillo) precedido de un número entre 0 y 10. Dentro de cada rango el color es más amarillo y menos rojo a medida que el número crece. La mitad del rango es el 5; el 0 de un rango coincide con el 10 del hue más rojo que le siga, de modo que, por ejemplo, 5 YR está en el medio del hue amarillo-rojo, el cual se extiende desde 10 R (es decir 0 YR) hasta 10 YR (o sea 0 Y).

La notación del value consiste en un número desde 0 (para el negro absoluto) hasta 10 (para el blanco puro). Se indica como el numerador de un quebrado.

El chroma se anota como un denominador, es decir, después de la barra. Consiste en un número que comienza con 0 para los grises neutros y aumenta a intervalos regulares hasta alrededor de 20, aunque chromas tan altos no existen en suelos.

Los colores acromáticos absolutos (grises, blancos y negros puros) tienen chroma 0 y por lo tanto no tienen hue. Para estos se usará como símbolo inicial la letra N ("neutro"), en lugar de la combinación de número y letra que se ha visto antes para el hue.

La notación de un color se escribe correctamente comenzando con el símbolo del hue y luego, dejando un espacio, el value y el chroma separados por una barra de quebrado. Ej.: si el color tiene un hue de 5YR, un value de 5 y un chroma de 6, la notación del color será:

5YR 5/6

Para la notación de un color intermedio (entre el 5YR 3/4 y el 5YR 4/4, por ejemplo) se pueden usar decimales: 5YR 3,5/4.

La comparación del color del suelo con el de la tabla se hace

apoyando directamente una porción de muestra sobre el cuadradito que se compara. Aún cuando es difícil que la muestra sea absolutamente pareja con algún color de la tabla, con la práctica se llega a hallar rápidamente el color más cercano al de la muestra.

Color en seco y en húmedo. El color del suelo cambia con su contenido de humedad; a veces el cambio es bastante grande, en otros casos cambia poco. Por lo general los colores en húmedo son más oscuros, desde  $\frac{1}{2}$  hasta 3 unidades en "value" y pueden cambiar desde  $-\frac{1}{2}$  hasta 2 unidades en "chroma". Pocas veces difieren en "hue". Las mayores diferencias en el "value" se observan en los horizontes con contenidos moderados de materia orgánica.

Las apreciaciones del color deben hacerse en dos condiciones: con el suelo seco al aire y a la capacidad de campo. Para esta última se humedece la muestra y se lee el color en cuanto la película de humedad haya desaparecido.

En general se prefiere dar el color en húmedo, pero es conveniente, cada vez que sea posible, dar los colores en las dos condiciones citadas. El color en seco se tomará de superficies recién partidas de la muestra seca al aire.

Al darse la notación Munsell y el nombre del color correspondiente (que trae la misma tabla), pueden hacerse las abreviaturas que simplifiquen la exposición. Ej.: pardo rojizo (5YR 4/4; 3/4 en húmedo). En este ejemplo el suelo presenta el mismo hue tanto en seco como en húmedo; ha variado el value en una unidad, mientras que el chroma permaneció invariable.

Las descripciones hechas para uso técnico, o las de series de suelos, deben incluir los símbolos del color y los nombres respectivos, tanto en seco como en húmedo, especialmente cuando sean significativamente diferentes. En las fichas edafológicas basta con dar los símbolos de Munsell en ambas condiciones de humedad, pero nunca en otros estados (fresco o mojado).

**MOTEADOS.** "Horizonte moteado" significa "manchado con lunares o motas de color". Se pueden encontrar colores moteados o abigarrados debido a condiciones de drenaje impedido, o a materiales originarios no totalmente meteorizados. El moteado se describe anotando el color de la matriz y el de las motas principales, y el tipo de moteado que se observa.

El color de las motas (o color del "moteado") se puede dar, al igual que el de la matriz, mediante la notación de Munsell, pero en general es suficiente con emplear los términos lingüísticos corrientes,



para simplificar la descripción.

En cuanto al tipo de moteado, se describe correctamente con 3 notaciones: contraste, abundancia y tamaño de los moteados (1).

Contraste.- Puede ser: débil, preciso o sobresaliente.

- 1) débiles: son los moteados poco evidenciados y que sólo se hacen reconocibles con un riguroso examen. La matriz y los moteados presentan hues y chromas estrechamente relacionados. En la ficha edafológica se abrevia con "d".
- 2) precisos: los moteados no son muy llamativos, pero se los ve sin esfuerzo. El hue, value y chroma de la matriz se distinguen fácilmente de los moteados y pueden variar en uno o dos hues o en varias unidades de chroma o value. Se abre via con "p".
- 3) sobresalientes: los moteados son evidentes y constituyen un no de los rasgos destacados del horizonte. El hue, chroma y value de la matriz suelen estar distanciados en varias unidades respecto del color de los moteados. Se abrevia con "s".

Abundancia.- Se expresa por la porción de superficie moteada del horizonte expuesto. Según su abundancia los moteados pueden ser:

- a) escasos: ocupan menos del 2% de la superficie expuesta. Se abrevia con "e".
- b) comunes: ocupan del 2 al 20% de la superficie. Se abrevia con "c".
- c) abundantes: ocupan más del 20% de la superficie. Se abre via con "a".

Tamaño.- Se refiere a los diámetros de las motas o lunares individuales. Se reconocen tres tamaños:

- a) fino: el moteado tiene menos de 5 mm en su diámetro mayor. Se abrevia con "f".
- b) medio: el diámetro mayor de las motas fluctúa entre 5 y 15 mm. Se abrevia con "m".
- c) grueso: los moteados son de más de 15 mm de diámetro. Se abrevia con "g".

1).- Ver "Description of mottling in soils", de R.W. Simonson; Soil Science 7:187-192. 1951.

Cuando se quiere hacer una descripción menos detallada se puede decir "ligeramente moteado", "moteado" o "muy moteado" lo que da una idea general de la abundancia. Del mismo modo se puede proceder para indicar el contraste, especialmente cuando de la notación de los colores no se lo aprecia claramente: "débilmente moteado", "fuertemente moteado", etc. Sin embargo es preferible anotar en la ficha la máxima información, usando las abreviaturas citadas.

Finalmente ha de hacerse una advertencia especial si se observa alguna relación entre el color y la estructura o la porosidad del suelo, e indicar el color del interior de los agregados y el de los revestimientos o películas que los cubran.

-----

## LA TEXTURA DEL SUELO

La textura se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños, de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de la arcilla, del limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro.

La textura de un horizonte es quizás su característica más permanente. A veces la textura de la capa arable sufre cierta modificación, pero no por cambios en sí misma, sino por mezcla con materiales con algún horizonte más inferior de distinta textura o por incorporación de arena volada, o de limo depositado por el agua de riego. Los suelos que vuelan durante una sequía, pueden también cambiar su textura, por remoción de las partículas finas.

No se debe confundir el término "textura" con los de otros rasgos, como la consistencia o la estructura, aunque éstas son de propiedades relacionadas en cierta forma con la textura. Mientras la textura se debe referir exclusivamente a distribución de partículas, la estructura y la consistencia dependen en gran parte del tipo y condición de la arcilla y también de otros constituyentes del suelo, como ser su parte orgánica. Por esas razones deben ser apreciadas por separado.

Tampoco se debe correlacionar de modo fijo la fertilidad, productividad u otras cualidades supuestas en base de la textura, pues para poder hacer conjeturas de ese tipo se deben conocer muchas otras características importantes del suelo.

Debido a que muchas veces se deben comparar suelos de grupos genéticos muy diferentes, se comprende la necesidad de uniformar los nombres de las clases texturales, exclusivamente en términos de distribución de partículas.

### LAS FRACCIONES DE HASTA 2 mm.

"Fracciones" son las agrupaciones por tamaños de partículas minerales individuales. A veces se incluyen los fragmentos gruesos, pero en rigor sólo se deben tomar en cuenta como "fracciones" las partículas de menos de 2 mm de diámetro. Puesto que muchas de las reacciones químicas y físicas del suelo ocurren principalmente en la superficie de los granos, la parte fina del suelo ha de ser la más importante. Cuatro y medio kilos de arcilla seca de mm 0,001 presentan una superficie total de alrededor de una hectárea. Esa

superficie por unidad de peso desciende muy rápidamente al aumentar el diámetro, hasta que por encima de mm 0,005 las diferencias son pequeñas.

Han sido propuestas muchas escalas granulométricas, pero dos de ellas son las más usadas en Edafología: el sistema Internacional propuesto por Atterberg, y el esquema usado por el USDA que en parte es concordante con el primero, aunque establece más separaciones ('). Los análisis mecánicos de suelos del USDA se suelen dar en ambos sistemas. Para uso en nuestro país recomendamos el esquema americano; a los fines de la comparación conviene subdividir la fracción limo (silt) en limo fino (de 2 a 20 $\mu$ ) y limo grueso (20 a 50 $\mu$ ).

Clases texturales y sus definiciones. Rara vez una muestra de suelo estará constituida totalmente por una sola fracción.

Por ello, las clases de textura están basadas sobre distintas combinaciones de arenas, limo y arcilla. Dichas clases son doce: arenoso, areno-franco, franco-arenoso, franco, franco-limoso, limoso, franco-arcillo-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso, arcillo-arenoso, arcillo-limoso y arcilloso.

Las clases que llevan el término "areno" o "arenoso" se suelen modificar además con los términos "muy fino", "fino", "grueso" y "muy grueso".

Las clases texturales se definen según la distribución por tamaños, que se determina mediante el análisis mecánico en laboratorio (").

En el campo la textura se aprecia al tacto mediante el amasado del suelo húmedo; con cierta práctica se puede estimar con aceptable aproximación la clase textural correspondiente, que se anotará en la ficha edafológica.

Para observar gráficamente las doce clases texturales básicas, se utiliza el "triángulo de texturas" del USDA que se ilustra.

Las definiciones de las clases texturales son las siguientes:

Arenosos: Son los materiales que contienen 85% o más de arena; el porcentaje de limo, más  $1\frac{1}{2}$  veces el porcentaje de arcilla, no deberá ex-

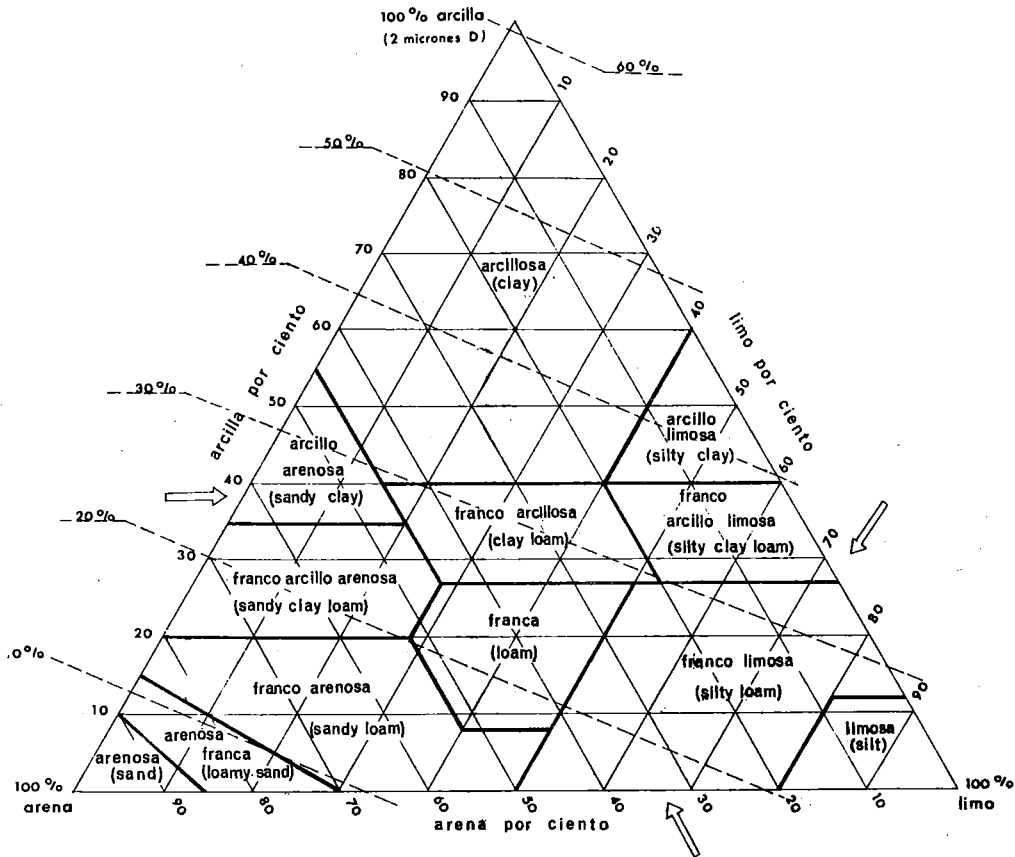
---

(').- En rigor de verdad la elección de una escala depende principalmente del fin para el cual se destina la investigación. Así, en Sedimentología está mucho más difundida la escala Wentworth. Para comparar las diferentes escalas existentes consúltese: "Rocas Sedimentarias" de F.J. Pettijohn, traducción al castellano de J. Turner. Edit. Eudeba, Bs.As. 1963.

(").- Ver "Methods of Making Mechanical Analysis of Soils" de Kilmer y Alexander; Soil Sci. 68: 15-24; 1949.

# TRIÁNGULO DE LAS CLASES TEXTURALES

Las líneas cortadas del gráfico representan la capacidad hídrica aproximada correspondiente a los diversos tipos texturales



ceder de 15.

arenoso grueso: con 25% o más de arena muy gruesa y gruesa, y menos del 50% de cualquier otro tamaño de arena.

arenoso: con 25% o más de arena muy gruesa, gruesa y media, y menos del 50% de arena fina o muy fina.

arenoso fino: con 50% o más de arena fina, menos del 25% de arena muy gruesa, gruesa y media y menos del 50% de arena muy fina.

arenoso muy fino: con 50% o más de arena muy fina.

Areno-francos: Son los materiales que contienen en su límite superior de 85 a 90% de arena, y el porcentaje de limo más  $1\frac{1}{2}$  veces el porcentaje de arcilla, no será menor de 15; en su límite inferior contienen no menos de 70 a 85% de arena y el porcentaje de limo más dos veces el porcentaje de arcilla, no excederá de 30.

areno-franco grueso: con 25% o más de arena muy gruesa y gruesa, y menos del 50% de cualquier otro tamaño de arenas.

areno-franco: con 25% o más de arena muy gruesa, gruesa y media, y menos del 50% de arena fina o muy fina.

areno-franco fino: con 50% o más de arena fina o menos del 25% de arena muy gruesa, gruesa y media, y menos del 50% de arena muy fina.

areno-franco muy fino: con 50% o más de arena muy fina.

Franco-arenosos: Son los materiales que contienen ya sea: 20% o menos de arcilla, y cuyo porcentaje del limo más dos veces el porcentaje de arcilla, exceda de 30, y 52% o más de arena; o bien, menos del 7% de arcilla, menos del 50% de limo, y entre 43 y 52% de arena.

franco-arenoso grueso: con 25% o más de arena muy gruesa y gruesa y menos del 50% de cualquier otro tamaño de arenas.

franco-arenoso: con 30% o más de arena muy gruesa, gruesa y media, pero con menos del 25% de muy gruesa, y menos del 30% de arena muy fina y fina.

franco-arenoso fino: con 30% o más de arena fina y menos del 30% de arena muy fina o entre 15 y 30% de arena muy gruesa, gruesa y media.

- 30 -

**franco-arenoso muy fino:** con 30% o más de arena muy fina o más del 40% de arena fina y muy fina, de la cual por lo menos la mitad deberá ser arena muy fina, y menos del 15% de arena muy gruesa, gruesa y media.

**Francos:** Son los materiales que contienen del 7 al 27% de arcilla, del 28 al 50% de limo, y menos del 52% de arenas.

**Franco-limosos:** Son los materiales que contienen 50% o más de limo y del 12 al 27% de arcilla, o del 50 al 80% de limo y menos del 12% de arcilla.

**Limosos:** Son los materiales que contienen 80% o más de limo y menos del 12% de arcilla.

**Franco-arcillo-arenosos:** Son los materiales que contienen del 20 al 35% de arcilla, menos del 28% de limo, y 45% o más de arenas.

**Franco-arcillosos:** Son los materiales que contienen del 27 al 40% de arcilla y del 20 al 45% de arenas.

**Franco-arcillo-limosos:** Son los materiales que contienen del 27 al 40% de arcilla y menos del 20% de arenas.

**Arcillo-arenosos:** Son los materiales que contienen 35% o más de arcilla y 45% o más de arenas.

**Arcillo-limosos:** Son los materiales que contienen 40% o más de arcilla y 40% o más de limo.

**Arcillosos:** Son los materiales que contienen 40% o más de arcilla, menos del 45% de arenas, y menos del 40% de limo.

Estas definiciones parecen algo complicadas. Además es algo difícil designar la clase textural para las mezclas de fracciones ubicadas en los límites entre 2 ó 3 clases. Sin embargo con ayuda del triángulo se puede designar con cierta seguridad.

Además de las clases texturales básicas y las modificaciones debidas a tamaños de las arenas, se pueden usar otros términos como modificadores. Por ejemplo, en los suelos orgánicos, se utilizan cieno ("muck"), cieno turboso ("peaty muck"), turba cenagosa ("mucky peat") y turba ("peat"), en reemplazo de las clases texturales. "Cieno" se usa para los materiales orgánicos bien descompuestos, "turba" para el material bruto sin descomponer, y "cieno turboso" y "turba cenagosa" para los materiales intermedios.

También se pueden modificar las clases texturales con los nombres de los fragmentos gruesos adjetivados. Así, un "franco-arenoso-gravilloso" es el que tiene 20% o más de gravillas en el total de la

masa del suelo. Pero el nombre de la clase textural básica siempre se debe determinar después de haberse eliminado por tamización los fragmentos de más de 2 mm de diámetro.

Los grados de pedregosidad y de rocosidad superficial, que se verán más adelante, no se usarán como parte del nombre de ninguna clase textural.

La necesidad de distinciones minuciosas en la textura de los horizontes ha producido el número de clases texturales que hemos visto. Sin embargo, a veces conviene hablar de las texturas en forma aproximada. En otros tiempos se usaban términos como "suelos pesados" o "suelos livianos", pero son confusos, ya que más bien se refieren a la energía necesaria para el laboreo, que no siempre coincide con la verdadera composición mecánica. En ciertos lugares llaman suelos "livianos" a los de baja productividad, incluyendo algunos que son de textura arcillosa.

Cuando se deba hacer referencias de carácter general respecto de la textura se pueden usar estos términos:

"Suelos arenosos" (o de textura gruesa), los pertenecientes a las siguientes clases texturales: arenoso, arenco-franco y franco-arenoso.

"Suelos francos" (o de textura media), los de las siguientes clases texturales: franco, franco-arcillo-arenoso, franco limoso, limoso y franco-arcillo-limoso.

"Suelos arcillosos" (o de textura fina), los de las clases texturales: franco arcilloso, arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilloso.

**FRAGMENTOS GRUESOS.** Los fragmentos más grandes que los de tamaño de arena muy gruesa, y de menos de 25 cm de diámetro, se consideran parte de la masa del suelo. El citado límite superior corresponde aproximadamente a 10 pulgadas (254 mm) de la escala americana, y es muy cercano al de la escala Wentworth que es de 256 mm. Estos fragmentos pueden tener importancia en el almacenamiento de humedad, en la infiltración y escurrimiento, en el crecimiento de las raíces, en la protección de la erosión, etc. y pueden ser removidos durante la labranza.

Sedimentólogos y edafólogos han propuesto muchos nombres y normas para estos fragmentos; de modo parecido a lo que sucede con las escalas granulométricas para las fracciones de menos de 2 mm, existen varias escalas de tamaños y formas de los fragmentos de más de 2 mm. (1).

(1).- Al respecto se recomienda consultar: F. González Bonorino y M. Teruggi "Léxico Sedimentológico" Public. de extensión cultural y didáctica N° 6; Museo Argentino de Ciencias Naturales. Buenos Aires, 1952.



La presencia de partículas más gruesas que la arena de 2 mm menores de 25 cm se indica modificando el nombre de la clase textural correspondiente, como ya se vió anteriormente (ejemplo: "franco arenoso graviloso"), y siempre que se hallen en una proporción de más de un 20% y menos de 90% en volumen. Cuando se trata de partículas mayores (cascajos, bloques, losas o afloramientos rocosos) se definen de acuerdo con la influencia que manifiestan en el uso del suelo. Por eso sobre la base de los grados de pedregosidad o rocosidad, se establecen "fases" de suelos. Ejemplo: "Serie Balcarce, fase pedregosa".

Las distinciones entre los grupos de tamaños de partículas son desde luego convencionales; las respectivas discusiones se presentan en tres párrafos separados: 1) los nombres de las clases texturales, basados sobre las proporciones de las fracciones arcilla, limo y arenas, fueron vistas en el párrafo anterior; 2) las definiciones de las agrupaciones de los fragmentos gruesos de menos de 25 cm de diámetro que, por formar parte de la masa del suelo, pueden modificar el nombre textural, se tratan en los próximos párrafos; 3) las definiciones de los grados de pedregosidad y rocosidad para los fragmentos y piedras de más de 25 cm de diámetro y para los afloramientos rocosos, que no se consideran ya parte de la masa del suelo, pero sirven para crear fases, se consideran en capítulo aparte.

El Manual de Reconocimientos de Suelos de los EE.UU. establece una nomenclatura determinada para los distintos tamaños, formas y composiciones petrográficas de los fragmentos que suelen encontrarse en los suelos de dicho país.

Para satisfacer la necesidad de contar con una terminología de fácil memorización que se adapte en general a las escalas ya existentes, en especial a la de los edafólogos norteamericanos, y tratando de usar en lo posible palabras de uso difundido entre nuestros técnicos, se propone la tabla para fragmentos gruesos que se ilustra; en ella se han preferido como límites, los de la escala de Wentworth (1922) que es geométrica, si bien, como ya se dijo, el límite superior de los fragmentos gruesos se puede dar como aproximado (25 cm).

En el cuadro adjunto se han indicado el nombre del fragmento, el que recibe el agregado suelto, (es decir el conjunto no consolidado de fragmentos), el mismo consolidado, y finalmente el adjetivo que se propone y recomienda usar cuando se deba modificar una clase textural por la presencia de más de 20% de fragmentos. La nomenclatura es distinta cuando se trata de fragmentos aplanados. También se dan los nombres de los fragmentos de más de 25 cm (pedregosidad) que se usarán de acuerdo a las normas dadas en el párrafo respectivo.

Los adjetivos a utilizarse son los siguientes:

Para fragmentos gruesos redondeados: GRAVILOSO, GUIJOSO, GUIJARROSO, GUIJONOSO.

Diámetros  
en mm.

Pedregosidad

Fragmentos gruesos

256

64

16

4

2

Nombre del individuo o fragmento	Nombre del agregado suelto	Nombre del agregado consolidado	Adjetivo propuesto	Nombre del fragmento de forma aplanada	Adjetivo propuesto
Bloques redondeados (Los fragmentos angulosos se denominan bloques angulosos o cascajos).	Aglomerados de bloques o de cascajos	Conglomerados o brechas de bloques	<u>Pedregoso</u>	Losas	<u>Enlosado</u>
Guijones o peñas (Los fragmentos angulosos se denominan peñas angulosas).	C R A V A S	C o n g l o m e r a d o s  (Si lo son de fragmentos angulosos se denominan brechas).	Conglomerado o brechas de guijones	<u>Guijonoso</u>	Lajas
Guijarros			Conglomerado o brechas de guijarros	<u>Guijarroso</u>	Placas
Guijas			Conglomerado o brechas de guijas	<u>Guijoso</u>	Astillas
Gránulos			Conglomerado de gránulos o conglomerado de gravillas.	<u>Gravilloso</u>	Escamas
	Gravilla				<u>Escamoso</u>

Longitud  
del eje  
mayor en  
mm.

256

64

16

4

2

para fragmentos gruesos aplanados: ESCAMOSO, PAVIMENTADO O EMBALDOSADO.

para pedregosidad (> 25 cm) de bloques o cascajos redondeados: PEDREGOSO.

para pedregosidad debida a losas aplanadas: ENLOSADO.

Cuando los fragmentos de cualquier tamaño provinieran de costras calcáreas ("toscas") conviene indicarlo especialmente, señalando si se trata de trozos angulosos o losas de tosca estratificada.

Finalmente, si el suelo presentara, sobre todo en el "solum", más de un 90% de fragmentos gruesos, no se deberá considerar "suelo"; si tal condición no se debiera a procesos dinámicos vinculados al paisaje natural, la tierra se clasificará entre los tipos "misceláneos".

**PEDREGOSIDAD Y ROCOSIDAD.** Las piedras de más de 25 cm de diámetro, así como los afloramientos rocosos, no se consideran parte de la masa del suelo a los fines del establecimiento de clases texturales. Sin embargo, tienen importancia en el uso del suelo, porque interfieren en las labores con maquinaria agrícola. La pedregosidad y la rocosidad son criterios que distinguen en muchos lugares los suelos arables de los no arables. Muchas veces se han cometido errores por no haberse establecido detalladamente este factor en los reconocimientos de suelos.

En este párrafo se dan sugerencias para distinguir piedras sueltas y piedras fijas, y se establecen los diferentes grados que los reconocimientos exigen. Estas sugerencias van dirigidas especialmente a los casos más complicados, donde existan piedras fijas y sueltas, en áreas apropiadas para uso agrícola intensivo. Las definiciones de dichos grados se basan en las diferentes condiciones que presentan los suelos con pedregosidad o rocosidad en cuanto a dificultades para la labranza.

**Grados de pedregosidad.** Pedregosidad es la proporción relativa de piedras de más de 25 cm de diámetro dentro del suelo o sobre él. La significación que pueda tener una determinada cantidad de piedras dependerá de las demás características del suelo; si un suelo no fuera apto para ser cultivado por diversas razones, la presencia de piedras no se tendrá en cuenta como para establecer una fase dentro de esa área.

Los límites entre los distintos grados de pedregosidad se definen en términos absolutos y en términos de uso del suelo, siempre que las demás características sean favorables para cultivos o mejoramiento de pasturas. Cuando no sean significativas, no valdrá la pena hacer distinciones en cuanto a pedregosidad.

Los grados de pedregosidad se usan en las definiciones de cualquier unidad de clasificación, y tanto pueden ser un criterio para establecer una serie, como para distinguir fases dentro de ella.

Se deben usar los grados de pedregosidad que aquí se bosquejan:

- Grado 0 - No existen piedras o son tan escasas que no pueden interferir en la labranza. Las piedras cubren menos del 0,01 % de la superficie.
- Grado 1 - Suficiente cantidad de piedras como para interferir la labranza, pero que no hagan impracticable el cultivo de escarda. (Cuando las piedras tienen unos 30 cm de diámetro y están distanciadas unos 10 a 30 m entre sí, ocupan alrededor de 0,01 a 0,1 % de la superficie y habrá alrededor de 0,3 a 3 m<sup>3</sup> de piedras por hectárea en los primeros 30 cm de suelo).
- Grado 2 - Suficiente cantidad de piedras como para hacer impracticables las labores y los cultivos de escarda, pero el suelo se puede trabajar en cultivo de forrajes o en pasturas mejoradas, siempre que las demás características del suelo sean favorables. (Cuando las piedras tienen unos 30 cm de diámetro y están distanciadas de 2 a 10 m entre sí, ocupan alrededor del 0,1 a 3 % de la superficie y habrá alrededor de 3 a 90 m<sup>3</sup> de piedras por hectárea en los primeros 30 cm de suelo).
- Grado 3 - Suficiente cantidad de piedras como para hacer impracticable todo uso de maquinaria, excepto la maquinaria muy liviana o instrumentos manuales, y mientras las demás características del suelo sean especialmente favorables para pasturas mejoradas. Los suelos con este grado de pedregosidad pueden tener algún uso en pasturas naturales o bosques, dependiendo ello de las demás características del suelo. (Cuando las piedras son de 30 cm de diámetro y están distanciadas de 1 a 2 m entre sí, ocupan alrededor del 3 al 15 % de la superficie y habrá entre unos 90 y 450 m<sup>3</sup> de piedras por hectárea en los primeros 30 cm de suelo).
- Grado 4 - Suficiente cantidad de piedras como para hacer impracticable el uso de cualquier tipo de maquinaria agrícola; la tierra sólo puede tener algún valor para pasturas pobres o para forestación. (Cuando las piedras tienen 30 cm de diámetro y están distanciadas en menos de 1 m entre sí, ocuparán del 15 al 90 % de la superficie y habrá más de 450 m<sup>3</sup> de piedras por hectárea en los primeros 30 cm de suelo).
- Grado 5 - Tierras prácticamente pavimentadas con piedras que ocupan más del 90 % de la superficie expuesta.

Hay que hacer notar que estos grados son de aplicación general en las descripciones de suelos, pero una unidad de mapeo se puede definir por la combinación de varios grados de pedregosidad.

Conviene que las descripciones de series incluyan el grado de pedregosidad que posean, especialmente en los casos de los grados 0, 1, 2 y 3.

**Grados de rocosidad.** Por rocosidad se entiende el porcentaje de manto rocoso, expuesto, tanto en lo que se refiere a afloramientos de roca firme, cuanto a manchones de suelo somero, con roca demasiado cerca de la superficie para poder aprovecharlo. En general se usa "rocoso" para suelos que po sean roca firme, y "pedregoso" para los que tienen grandes fragmentos sueltos de roca desprendida.

En áreas de manchones con afloramientos, el suelo que está entre estos últimos puede tener profundidad muy variable; cuando un área se considere como perteneciente a un mismo grado de rocosidad, las distinciones en cuanto a las distintas profundidades del suelo se harán al definir las series. Al igual que con la pedregosidad, la rocosidad se usa como criterio para establecer series y puede ser un criterio para distinguir fases. En una misma unidad cartográfica se pueden combinar dos o más grados de rocosidad.

En las leyendas descriptivas y en los informes de reconocimiento, dentro de cada serie se deben definir específicamente las fases rocosas.

Los grados de rocosidad son los siguientes:

Grado 0 - No hay afloramientos del estrato rocoso, o es tan escaso que no puede interferir la labranza. Menos del 2 % de la superficie del suelo está constituido por roca firme.

Grado 1 - La roca firme está tan expuesta que puede interferir la labranza, pero no hace impracticables los cultivos de escarda. Los afloramientos están distanciados aproximadamente entre 30 y 100 m entre sí y cubren del 2 al 10 % de la superficie, lo que depende de cómo se vea afectado el cultivo, por la forma de presentarse el afloramiento.

Grado 2 - La roca firme aflora de una manera que hace impracticables los cultivos de escarda, pero el suelo puede trabajarse para forrajes o

con pasturas mejoradas, siempre que las demás características del suelo sean favorables. Los afloramientos están distanciados entre sí de 10 a 30 m aproximadamente y cubren alrededor del 10 al 25 % de la superficie, dependiendo ello de la forma como se presenten.

Grado 3 - Afloramientos de roca firme suficientes como para hacer impracticable todo uso de maquinaria, excepto la maquinaria liviana, y siempre que las demás características del suelo sean especialmente favorables para pasturas mejoradas. Pueden tener cierto uso para pasturas naturales o bosques, dependiendo ello de las demás características. Las rocas, (o los manchones de suelo somero sobre rocas), están distanciados aproximadamente entre 3 y 10 m y cubren alrededor del 25 al 50 % de la superficie, dependiendo ello de la forma como se presenten.

Grado 4 - Afloramientos de roca firme (o suelos muy someros sobre roca) en tal proporción que hacen impracticable el uso de cualquier tipo de maquinaria. La tierra puede tener algún valor sólo para pasturas pobres o forestación. Los afloramientos rocosos se hallan a distancias de sólo 3 m o menos uno de otro y cubren del 50 al 90 % del área.

Grado 5 - Tierras en las cuales más del 90 % de la superficie está constituida por afloramientos de roca firme.

---

## LA ESTRUCTURA DEL SUELO

La estructura del suelo se refiere a la agregación de las partículas primarias en partículas compuestas, o en agrupamientos de partículas primarias, que se hallan separadas de los agregados vecinos por ciertos planos de mayor fragilidad. Los exteriores de algunos agregados son películas superficiales delgadas y a menudo de colores oscuros, que posiblemente contribuyen a mantenerlos separados. Otros agregados tienen sus superficies y sus interiores de colores similares, y las fuerzas que mantienen unidos a los agregados parecen ser completamente internas.

Cada uno de estos individuos naturales se denomina "agregado" ("ped") que se debe saber distinguir de los "terrones", que son causados por perturbaciones debidas al arado o a la azada; los "fragmentos", causados por rupturas de la masa del suelo a través de superficies naturales de fragilidad; o las "concreciones", que son causadas por concentraciones locales de ciertos componentes que cementan irreversiblemente los granos del suelo.

No es necesario recalcar la importancia de la estructura en la clasificación de un suelo y en la influencia que tiene sobre la productividad. La capacidad de un suelo para permitir el crecimiento de las plantas y su respuesta al manejo, dependen tanto de su estructura como de su fertilidad. Por lo general los suelos con agregados esferoidales, presentan abundantes poros y son de más rápida permeabilidad y más productivos que los suelos de similar fertilidad que posean estructura masiva, en bloques o en prismas.

Otros suelos, como algunos Latosoles de los trópicos, tienen estructuras excesivamente granuladas, y su capacidad de retención de humedad es baja.

### TIPOS, CLASES Y GRADOS DE ESTRUCTURA.

Al describir la estructura se tendrá en cuenta:

- a) la forma y ordenamiento de los agregados;
- b) el tamaño de los mismos;
- c) la distinción y grado de resistencia de los agregados visibles.

La terminología de campo en cuanto a estructura, consiste en establecer por separado las designaciones de cada una de estas tres cualidades, las cuales combinadas, dan el nombre de la estructura correspondiente.

La forma y disposición u ordenamiento de los agregados constituyen el "tipo de estructura"; el tamaño de los agregados es la "clase de estructura" y su resistencia es el "grado de estructura".

La estructura de un horizonte incluye además la forma y el tamaño de los poros (').

Existen cuatro tipos primarios de estructura de los horizontes:

- 1) LAMINAR, con partículas dispuestas en un plano generalmente horizontal. También se suele llamar "platiforme".
- 2) Con aspecto de prismas, con sus partículas dispuestas alrededor de un eje vertical y limitadas por superficies verticales más o menos planas.
- 3) Con aspecto de poliedros regulares, cuyas partículas están dispuestas alrededor de un punto; las caras o superficies planas que limitan los agregados aparecen como modeladas por las caras de los agregados vecinos.
- 4) De forma esferoidal, con partículas dispuestas alrededor de un punto, y limitadas por superficies curvas o muy irregulares que no están acomodadas a la forma de los agregados vecinos.

Cada uno de los tres últimos tipos se subdivide en dos subtipos:

En el tipo de estructura en forma de prismas, se distingue la estructura PRISMÁTICA, en la cual los agregados tienen su base superior plana o no redondeada, y COLUMNAR, cuyas bases superiores o "cabezas" son redondeadas.

Los subtipos en la estructura de poliedros regulares son: BLOQUES ANGULARES, en la cual los agregados están limitados por planos que se interceptan según aristas relativamente agudas; y BLOQUES SUBANGULARES con caras mixtas, redondeadas y planas y vértices principalmente redondeados. Cuando se use el término "bloques" sin otra aclaración, se sobrentenderá que se trata de bloques angulares.

---

(') - C.C. Nikiforoff, "Morphological classification of Soil Structure"; Soil Science 52: 193-212, 1941.



**T I P O** (Forma y disposición de los agregados)

C L A S E (Tamaño de los agregados)	En forma de láminas, con su dimensión vertical limitada y visiblemente menor que las otras dos; partículas ordenadas alrededor de un plano horizontal. Caras principalmente horizontales.		En forma de prismas, con sus dos dimensiones horizontales limitadas y considerablemente menores que la vertical. Partículas ordenadas alrededor de un eje vertical. Caras verticales bien definidas. Vértices angulosos.		En forma de poliedros regulares o esferoides, con sus tres dimensiones de tamaños similares. Disposición alrededor de un punto.			
		Base superior no redondeada	Cabeza redondeada	Caras aplanadas; la mayoría de los vértices en ángulos agudos.	Caras mixtas, redondeadas y planas con muchos vértices redondeados.	Agregados relativamente no porosos.	Agregados porosos.	
	LAMINAR (o PLATIFORME)	PRISMÁTICA	COLUMNAR	BLOQUES ANGULARES	BLOQUES SUB-ANGULARES	GRANULAR	MIGAJOSA	
MUY FINA	Laminar muy fina < 1 mm	Prismas muy finos < 10 mm	Columnas muy finas < 10 mm	Bloques angulares muy finos < 5 mm	Bloques sub-angulares muy finos < 5 mm	Granular muy fina < 1 mm	Migajosa muy fina < 1 mm	
FINA	Laminar fina 1-2 mm	Prismas finos 10-20 mm	Columnas finas 10-20 mm	Bloques angulares finos 5-10 mm	Bloques sub-angulares finos 5-10 mm	Granular fina 1-2 mm	Migajosa fina 1-2 mm	
MEDIA	Laminar media 2-5 mm	Prismas medios 20-50 mm	Columnas medias 20-50 mm	Bloques angulares medios 10-20 mm	Bloques sub-angulares medios 10-20 mm	Granular media 2-5 mm	Migajosa media 2-5 mm	
GRUESA	Laminar gruesa 5-10 mm	Prismas gruesos 50-100 mm	Columnas gruesas 50-100 mm	Bloques angulares gruesos 20-50 mm	Bloques sub-angulares gruesos 20-50 mm	Granular gruesa 5-10 mm	Migajosa gruesa 5-10 mm	
MUY GRUESA	Laminar muy gruesa > 10 mm	Prismas muy gruesos > 100 mm	Columnas muy gruesas > 100 mm	Bloques angulares muy gruesos > 50 mm	Bloques sub-angulares muy gruesos > 50 mm	Granular muy gruesa > 10 mm	Migajosa muy gruesa > 10 mm	

La estructura con formas esferoidales se subdivide en GRANULAR cuando casi no tiene poros, y MIGAJOSA cuando se presenta muy porosa.

Cuando resulte necesario, se podrán hacer aclaraciones suplementarias sobre la forma de los agregados.

Los nombres que se han subrayado en los párrafos anteriores son los que más se usan al describir horizontes. Estos tipos de estructura sólo hacen referencia a la forma y disposición de los agregados, y no especifican sus tamaños.

Cuando en un horizonte no se observe ninguna agregación ni disposición ordenada de planos naturales de fragilidad del material, se dirá que el horizonte es "sin estructura". Si la masa del suelo fuera, sin embargo, coherente, se dirá "MASIVO"; si no lo fuera, se anotará "GRANO SIMPLE".

En cada uno de los tipos que se han definido, se reconocen cinco "clases" por sus tamaños, cuyos respectivos nombres y límites se presentan en el cuadro correspondiente que se acompaña. Para facilitar la apreciación de dichos tamaños existen gráficos con las formas ideales y sus dimensiones, para comparar los agregados con los respectivos dibujos. Conviene llevar estos gráficos en la libreta de campo.

El "grado de estructura" expresa la cohesión dentro del agregado y la adhesión de los agregados entre sí, o sea la resistencia que ofrece el agregado a ser deshecho por presión.

En la práctica de campo el grado de estructura se determina principalmente mediante la apreciación de la resistencia o permanencia de los agregados, y la proporción entre material agregado y desagregado que resulta cuando los agregados son dislocados o comprimidos débilmente. El grado de estructura varía con la humedad del suelo; se debe tratar de describirla cuando el suelo está seco o casi seco. No obstante, se debe especificar en lo posible el estado de humedad en el momento de la descripción, y las diferencias importantes que se hayan observado en la estructura bajo distintas condiciones de humedad.

Los términos que se usan para expresar el "grado" de estructura, son los siguientes:

- 1.- Débil - Agregados poco definidos, pobremente formados, apenas observables "in situ". Cuando se lo perturba, el material se rompe en una mezcla de unos pocos agregados enteros, muchos rotos, y una gran parte de material sin agregación.
- 2.- Moderada - Agregados precisos y bien formados, moderadamente durables y evidentes, aunque no muy claros, en el suelo no desplazado. Cuando se lo

perturba, se rompe en una mezcla de muchos agregados enteros bien netos y precisos, algunos rotos, y un poco de material desagregado.

- 3.- Fuerte - Agregados muy durables y evidentes en el suelo sin perturbar, que se adhieren débilmente a los demás agregados, soportan el desplazamiento y quedan separados cuando el suelo es desplazado. Cuando se remueve el material del perfil, consiste casi en su totalidad de agregados enteros, e incluye unos pocos agregados rotos y poco o nada de material desagregado.

Para formar el nombre completo de la estructura, se debe seguir este orden: tipo, clase y grado. Así, por ejemplo, para expresar una estructura en la cual los agregados estén empaquetados con flojedad, y sean redondeados pero no muy porosos, predominando los de tamaño entre 1 y 2 mm de diámetro, bien precisos, se dirá "Estructura granular fina débil".

Muchos horizontes tienen una estructura compuesta por agregados de más de un tipo; en esos casos se escribirá, verbi gracia: "Estructura prismática muy gruesa moderada y granular media moderada". Así mismo hay suelos que presentan una estructura cuando están en su sitio y toman otra distinta cuando se los remueve. Los agregados mayores pueden entonces romperse en otros más chicos que constituyen la estructura secundaria; así, un prisma grueso puede romperse en bloques medios. En estos casos se anotan las dos estructuras, haciendo la indicación correspondiente. Ejemplo: "Estructura en prismas gruesos moderados, que rompen a bloques medios moderados".

Si la perturbación es exagerada, cualquier agregado puede romperse en partículas menores. Estos pueden o no ser "agregados"; por lo tanto se cuidará de no confundir simples fragmentos de suelo sin ningún ordenamiento estructural, con los agregados de estructura secundaria. Los horizontes con estructura "masiva" de ningún modo pueden romperse en seco dando agregados.

-----

## LA CONSISTENCIA DEL SUELO

Por "consistencia del suelo" se entienden ciertas cualidades del material que se expresan por su grado de cohesión y adherencia, o por la resistencia a la deformación o ruptura. Todo material tiene una determinada consistencia que es independiente del tamaño de la masa, o que ésta se halle en condiciones naturales o perturbada, que tenga o no agregación, o que esté húmeda o seca. Aún cuando la consistencia está en cierto modo relacionada con la estructura, ésta última trata de la forma, tamaño y definición de los agregados naturales que resultan de las variaciones en las fuerzas de atracción dentro de una masa de suelo, mientras que la consistencia se ocupa de la intensidad y naturaleza de esas fuerzas.

La terminología usada para definir la consistencia incluye diferentes palabras para su descripción, en tres diferentes contenidos de humedad (seco, húmedo y mojado). Siempre se indicará en qué contenido de humedad se da la consistencia, aunque por razones de definición, "friable" necesariamente lo será en húmedo, "duro" siempre lo es en seco, "plástico" sólo puede referirse al suelo mojado. No se debe señalar la consistencia en otras condiciones de humedad distintas a las establecidas.

No siempre es necesario describir la consistencia en las tres situaciones. La más significativa lo es en húmedo, y difícilmente puede considerarse completa una definición que la omita. La consistencia en seco puede ser innecesaria al describir materiales que nunca se encuentren en ese estado.

Si al remover el material, la consistencia sufriera algún cambio importante para una misma condición de humedad, se requerirán descripciones por separado de la consistencia antes y después de la perturbación, como en el caso de algunas capas compactadas.

No se dan definiciones para términos de significado familiar como "quebradizo", "desmoronable", "denso", "elástico", "maleable", "esponjoso", "rígido", "tenaz", "compactado", etc. Ellos han sido utilizados a menudo en descripciones de suelos, y dado que a veces expresan condiciones poco usuales que podrían no quedar bien indicadas con los términos standards, se admite usarlos sólo en descripciones no técnicas, donde se puede sacrificar cierta precisión en bien del entendimiento del lector lego.

Los términos que se usarán en las descripciones técnicas son los que siguen :

I - Grados de consistencia en seco. La consistencia de los materiales en seco se caracteriza por la rigidez, fragilidad, máxima resistencia a la presión, mayor o menor tendencia a molerse en polvo o

en fragmentos de aristas más bien agudas, e incapacidad del material roto para recuperar su coherencia cuando se lo vuelve a juntar comprimido. Para evaluar la consistencia en seco, se elige una masa seca al aire y se la aprieta con la mano.

Grado 0 - Suelto : no coherente.

Grado 1 - Blando : la masa del suelo es muy débilmente coherente y frágil; se muele o desmenuza en forma de polvo o en granos individuales bajo muy débil presión.

Grado 2 - Ligeramente duro : débilmente resistente a la presión; fácilmente rompible entre pulgar e índice.

Grado 3 - Duro : moderadamente resistente a la presión; puede romperse con las manos sin dificultad, pero apenas puede partirse entre pulgar e índice.

Grado 4 - Muy duro : muy resistente a la presión; sólo con dificultad se consigue romperlo con las manos; irrompible entre los dedos.

Grado 5 - Extremadamente duro : resistente en extremo a la presión; no se puede romper con las manos.

I - Grados de consistencia en húmedo. Se determina con un contenido intermedio de humedad entre "seco al aire" y "a la capacidad de campo". En esa condición, casi todos los materiales se caracterizan por tener una tendencia a romperse en porciones más pequeñas en lugar de pulverizarse; por sufrir una cierta deformación antes de romperse; por carecer de fragilidad y por la capacidad del material después de la perturbación, para hacerse nuevamente coherente cuando se lo comprime. La resistencia varía con el contenido de humedad, y por eso la seguridad en la descripción de la consistencia en húmedo, se ve limitada por la dificultad en estimar dicho contenido.

Para evaluar la consistencia en húmedo se elige una masa que parezca ligeramente húmeda, y se intenta romperla en la mano.

Grado 0 - Suelto : no coherente.

Grado 1 - Muy friable : el material se rompe bajo muy débil presión, pero recupera su cohesión cuando se lo comprime.

Grado 2 - Friable : el material se rompe fácilmente bajo débil a moderada presión entre pulgar e índice y recupera su cohesión al ser comprimido.

Grado 3 - Firme : el material se rompe bajo moderada presión entre pulgar e índice, pero la resistencia es notoriamente evidente.

Grado 4 - Muy firme : el material se rompe bajo fuerte presión; poco rompible entre pulgar e índice.

Grado 5 - Extremadamente firme : el material sólo se rompe bajo muy fuerte presión; no se puede romper entre pulgar e índice y se debe partir poco a poco.

El término "compacto" denota una combinación de consistencia firme e íntimo empaquetamiento o disposición de las partículas y sólo se debe usar en este sentido. Se pueden establecer los grados de "muy compacto" y "extremadamente compacto". Este dato puede ser anotado en tre las "observaciones" de la ficha edafológica.

### III - Consistencia en mojado.

Se determina a la capacidad de campo, o un poco por encima de ella. Comprende "adhesividad" y "plasticidad".

#### Grados de adhesividad.

Es la cualidad de pegarse o adherirse a otros objetos. Para su evaluación en el campo, el material se presiona entre el pulgar y el índice y se observa su adherencia a los dedos. Los grados de adhesividad se describen como sigue :

Grado 0 - No adhesivo : al soltar la presión, el material prácticamente no se adhiere al pulgar ni al índice.

Grado 1 - Ligeramente adhesivo : después de la presión, el material se adhiere al pulgar y al índice. pero al separar los dedos, quedan limpios.

Grado 2 - Adhesivo : después de la presión, el material se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse algo y romperse en dos porciones , más bien que a desprejarse de algún dedo.

Grado 3 - Muy adhesivo : después de la presión el material se adhiere fuertemente a ambos dedos y cuando se los separa, se estira decididamente.

#### Grados de plasticidad.

Es la propiedad de cambiar de forma cuando se aplica una cierta presión, y mantener la forma impresa cuando se deja de presionar. En el campo se determina haciendo rodar el material entre el pulgar y el índice y observando si se pueden o no formar hilos o bastoncillos delgados.

Los grados de resistencia a la deformación, a la capacidad de campo o un poco por encima de ella, se expresan como sigue :

Grado 0 - No plástico : no se pueden formar hilos.

Grado 1 - Ligeramente plástico : se pueden formar hilos, pero la masa es fácilmente deformable.

Grado 2 - Plástico : se pueden formar hilos y se requiere moderada presión para deformar la masa del suelo.

Grado 3 - Muy plástico : se pueden formar hilos y se requiere mucha presión para deformar la masa del suelo.

## CARACTERES Y FORMACIONES ESPECIALES

Llamamos formaciones especiales en el suelo a ciertos rasgos importantes por la influencia que pueden tener en el uso, o porque indican ciertas cualidades del suelo no siempre observables directamente. Entre las principales formaciones podemos citar:

**CONCRECIONES.** Son concentraciones de ciertas sustancias químicas en endurecidas en forma de granos o nódulos de diverso color, tamaño y forma.

Las concreciones indican fenómenos de disolución y precipitación en el suelo, debidos a repetidos humedecimientos y movimientos de agua en los perfiles, seguidos por desecación. Es más común encontrar concreciones en los suelos hidromórficos que en suelos perfectamente drenados, con excepción de las de calcáreo, que se pueden encontrar tanto en los bien drenados, como en los imperfectamente drenados.

Concreciones de carbonato de calcio existen con formas redondeadas o con aspecto ramificado. Sus tamaños pueden variar de pocos milímetros hasta más de diez centímetros. El loess suele tener cierta abundancia de estas concreciones, llamadas a veces muñequitas de loess (Lösskindl) o "tosquitas". Estas concreciones no son exclusivamente de carbonato de calcio, puesto que también contienen una cantidad variable de carbonato de magnesio, junto con otros materiales del suelo. Su color varía de blanco hasta rojizo o grisáceo, dependiendo de las condiciones de precipitación y de los procesos edafogénéticos. A lo largo del tiempo estas concreciones pueden aumentar o disminuir de tamaño, dependiendo también de los procesos de evolución de los suelos.

La presencia de concreciones de calcáreo se comprueba con ácido clorhídrico diluido. Una efervescencia en la concreción indica que está formada de carbonatos.

Otras concreciones del suelo son de hierro o de hierro-manganeso. Semejan municiones, y a veces han sido llamadas "pisolitas". Parecen desarrollarse bajo alternadas condiciones de reducción y oxidación y se hallan presentes aún en suelos moderadamente drenados.

Las concreciones de hierro férrico pueden comprobarse con unas gotas de sulfocianuro de potasio (KSCN) en medio ácido; un color rojo intenso las denota.

La presencia de concreciones negras de manganeso se comprueba con agua oxigenada al 5%. Una efervescencia fuerte y violenta indica presencia de bióxido de manganeso en las concreciones, por la acción catalítica de la pirolusita ( $MnO_2$ ) sobre la descomposición del agua oxigenada. Una leve efervescencia en la parte negra indica materia orgánica, que no se debe confundir con las concreciones negras de bióxido de manganeso.

También suelen existir concreciones formadas por la adhesión de partículas del suelo con cemento silíceo, y otras debidas a aluminio o titanio. En ciertos suelos tropicales hidromórficos la plintita puede concentrarse en agregados irregulares muy duros al desecarse el suelo.

El horizonte que presente una notable acumulación de concreciones de carbonato de calcio se indica con el sufijo "ca" en el símbolo lo respectivo; ejemplo: B<sub>3</sub>ca.

El horizonte que presente una notable acumulación de concreciones o nódulos de sesquióxidos de hierro o aluminio o de manganeso o titanio, llevará el sufijo "cn" en el símbolo respectivo. Si el hierro es iluvial y reviste a las partículas de arena y limo o forma manichiones pequeñas, se indica con "ir".

**PANES Y CEMENTACIONES.** Los panes son horizontes o capas compactadas, a veces endurecidas o cementadas. Pueden ser genéticas, es decir formadas durante el actual ciclo de meteorización y edafización, o ser relictos de ciclos anteriores. Su presencia adquiere gran significación para el uso de muchos suelos. Entre ellos se incluyen los "duripanes", los "fragipanes" y los "claypanes" que se definen más adelante. Algunos "panes" presentan un grado mayor o menor de cementación, propiedad que se discute a continuación.

Cuando se habla de cementación del material del suelo, se está haciendo referencia a una consistencia dura y quebradiza conferida por ciertas sustancias cementantes, como carbonato de calcio, yeso, sílice, sales u óxidos de hierro y aluminio o una combinación de dos o más de estos componentes. Entre los panes cementados con calcáreo o sílice y calcáreo se hallan las capas llamadas "toscas", tosca en planchas, o "caliche".

La cementación puede o no alterarse con el humedecimiento. Cuando la capa persiste inalterablemente dura, aún con prolongadas mojaduras, la cementación es irreversible y se habla de un duripán. Cuando la cementación, por el contrario, se altera notablemente con el humedecimiento, se habla de un fragipán.

En algunos suelos se encuentran cementos semi-reversibles que por lo general resisten el humedecimiento pero se ablandan algo con prolongadas mojaduras. Algunas capas cementadas con calcáreo se ablandan



algo cuando se mojan. Si la cementación se alterara mucho o poco con el humedecimiento, habrá que dejarlo específicamente señalado. Dentro de un determinado horizonte, la cementación puede ser continua o discontinua.

Quando se describen panes, siempre se debe indicar el estado de humedad del horizonte cementado.

A continuación se definen los grados de cementación:

Grado 1 - Débilmente cementado: la masa cementada es frágil y dura, pero se puede romper con las manos.

Grado 2 - Fuertemente cementado: la masa cementada es frágil y muy dura, por lo cual no puede partirse con las manos, pero se la rompe fácilmente con un martillo.

Grado 3 - Endurecido: muy fuertemente cementado; frágil, no se ablanda con prolongadas mojaduras, y es tan extremadamente duro que para partirlo se requiere un violento golpe con el martillo; éste por lo general produce un tañido como resultado del golpe.

En la ficha se anotará el grado de cementación en la columna de "formaciones especiales". El símbolo del horizonte respectivo llevará el sufijo "m".

Otro tipo de panes son los formados por gran enriquecimiento de arcillas y se hallan separados de los otros horizontes por límites claros; éstos son denominados "claypanes". Reciben este nombre los horizontes B suficientemente enriquecidos de arcilla iluvial; el símbolo del horizonte llevará entonces el subíndice "t". Ejemplo: B<sub>2</sub>t (').

"Fragipán" como ya se indicó, es el nombre que se reserva para ciertos panes de textura franca, pobres en materia orgánica, aparentemente cementados cuando seco, y de consistencia dura. Cuando se humedecen se hacen moderadamente frágiles, es decir que son panes endurecidos reversiblemente. Generalmente son moteados, lentamente permeables y con límites abruptos. Se hallan en suelos desarrollados sobre materiales originarios tanto residuales como transportados. Su génesis es aún oscura. Para señalar que un horizonte tiene el carácter de fragipán se usa el sufijo "x" agregado al símbolo del horizonte respectivo; ejemplo: Bx.

---

(').- Si cumple las exigencias dadas en la "7a. aproximación", recibirá el nombre de horizonte argílico. Vulgarmente ha sido denominado "horizonte B textural".

Cuando el endurecimiento es irreversible, se habla de "duripanes". Estas capas, tal como las definí la "7a. aproximación", están cementadas en parte por un agente soluble en álcali concentrado, que se presume puede ser sílice o un silicato de aluminio. Cuando esto sucede en el horizonte C, llevará el símbolo Csi. Si hay cementación continua de este tipo, se indicará con "sim".

A menudo los duripanes contienen otros agentes cementantes, como por ejemplo carbonato de calcio, pero sólo pueden ser ablandados, después de eliminar el calcáreo, con hidróxido de sodio concentrado. Por lo general son masivos o laminares y poco porosos; además suelen tener una costra muy dura sobre la superficie.

Otra clase de duripanes están libres de carbonatos y sólo pueden ser destruidos por tratamiento alternado de ácidos y álcalis (').

**EFLORESCENCIAS Y PSEUDOMICELIOS.** Se refiere a la existencia de formas cristalizadas de sales, formando costras, revestimientos, etc. Son comunes las eflorescencias de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y sodio. La presencia de sales dentro del suelo se discute más extensamente en capítulo aparte.

Se pueden encontrar sales sobre la superficie del suelo, como películas sobre las paredes de las grietas o partículas, como pseudomicelios, manchas, etc. Se encuentran, como es lógico, más comúnmente, en los suelos de áreas secas. Cuando el enriquecimiento con yeso sea notable respecto del que se presume haya tenido el material de origen, el símbolo del horizonte respectivo llevará el sufijo "cs".

**KROTOVINAS.** Son marcas tubulares irregulares de material de un horizonte, transportado adentro de otro horizonte. Son causadas por el rellenado de túneles cavados por animales que viven en el suelo. En el perfil aparecen como marcas redondeadas o elípticas de distinto tamaño.

Otros caracteres que pueden señalarse son las manchas de materia orgánica, lenguas, grietas, poros, vesículas, etc. debidas a diversos procesos.

---

(').- Para mayor información sobre panes, se recomienda leer el párrafo correspondiente de la "7a. aproximación".

## VII-LA REACCIÓN DEL SUELO

La reacción recibe una atención especial en clasificación de suelos, no sólo por su propia importancia, sino principalmente por las demás cualidades del suelo que pueden conjeturarse a partir de ella. Para determinarla se puede usar papel de tornasol y fenolftaleína, a fin de distinguir suelos ácidos de suelos alcalinos. Sin embargo existen métodos mejores para establecer la reacción con más precisión.

**EL pH.** La intensidad de la acidez o alcalinidad se expresa en pH, que es el logaritmo de la recíproca de la concentración del ión hidrógeno. Según esta notación el pH 7 es neutro; valores más bajos indican acidez y valores más altos demuestran alcalinidad. Los suelos pueden tener valores de pH desde algo debajo de 3,5 hasta poco más de 9,5.

Se pueden dar los siguientes rangos del pH de los suelos:

Extremadamente ácido: menos de 4,5.

Muy fuertemente ácido: de 4,5 a 5,0.

Fuertemente ácido: de 5,1 a 5,5.

Medianamente ácido: de 5,6 a 6,0.

Débilmente ácido: de 6,1 a 6,5.

Neutro: de 6,6 a 7,3 (que puede subdividirse en "muy débilmente ácido": de 6,6 a 6,9 y "muy ligeramente alcalino": de 7,1 a 7,3).

Ligeramente alcalino: de 7,4 a 7,8.

Moderadamente alcalino: de 7,9 a 8,4.

Fuertemente alcalino: de 8,5 a 9,0.

Muy fuertemente alcalino: de 9,1 a más.

Por lo general el pH refleja el estado de saturación con bases del suelo. Por ejemplo, los suelos ácidos tienen valores altos en hidrógeno intercambiable.

El estado de saturación con bases en los horizontes, considerado junto a las demás características, dice mucho acerca del

grado de meteorización, composición del material originario, grado de lavado, influencia de la vegetación, etc.

Los métodos para determinar el pH del suelo pueden ser electrométricos o colorimétricos. Los primeros son los métodos que se usan preferentemente en el laboratorio; el más común es el potenciómetro, o medidor del pH con electrodo de vidrio. (Mayores referencias en pág. 158)

Los métodos basados en los cambios de color se utilizan preferentemente en campo. Hay indicadores de diversos tipos, y requieren cuidado para evitar resultados equivocados por contaminación debida a cenizas, respiración, polvo, sustancias químicas, etc.

Un Indicador Universal usado en campaña que puede recomendarse es el que a continuación se detalla:

Se utilizan  $\frac{1}{2}$  gramo de Verde de Bromo-cresol,  $\frac{1}{2}$  gramo de Púrpura de Bromo-cresol y  $\frac{1}{2}$  gramo de Rojo de cresol.

Estas drogas se mezclan íntimamente en un mortero con 5 ml de agua destilada y 1 ml de solución de hidróxido de sodio 1 N. La solución obtenida se diluye en 1 litro de agua destilada.

Para proceder a apreciar el pH de un suelo se toma una pequeña porción del mismo y se lo tritura con una varilla de vidrio en una placa de porcelana. Se agregan algunas gotas de agua destilada para mojar el suelo, y finalmente de 4 a 8 gotas de la solución con el indicador. Para favorecer la apreciación del color obtenido conviene espolvorear un poco de polvo inerte de Sulfato de Bario ( $Ba SO_4$ ) para arrastrar la suspensión de suelo. Se compara a continuación el color de la solución según el siguiente detalle:

<u>Color de la solución</u>	<u>pH</u>	<u>Color de la solución</u>	<u>pH</u>
Púrpura	8,0	Verde amarillento oscuro	5,5
Azul violáceo	7,0	Verde oliva	5,0
Azul grisáceo	6,5	Amarillo verdoso claro	4,5
Verde grisáceo	6,0	Amarillo claro	4,0

En ciertos reconocimientos puede ocurrir que se separen dos unidades cartográficas merced a diferencias en el pH de algunos horizontes; por ello es conveniente de tiempo en tiempo hacer determinaciones rápidas de pH en el campo. Aún puede suceder que un mismo horizonte tenga un pH en una parte y otro distinto en otra parte, como sucede en horizontes B con estructura columnar. Dentro del agregado puede haber un pH 7,5 y entre las columnas puede ser menor que 7,0.

En suelos con pH mayor de 8,0 es conveniente tener un reactivo que permita distinguir la reacción debida al carbonato de calcio (pH 8,4) de la provocada por la presencia de  $Na^+$  adsorbido. En ese caso se usará Azul de Timol, cuya gama de colores varía desde 8,0 (color amarillo) hasta 9,6 (azul púrpura) y que permite apreciaciones de 2 décimas de valores pH. Dicha apreciación se realiza por comparación con una escala patrón, que el reconocedor llevará consigo.

## CARBONATOS LIBRES

La presencia de carbonatos libres en el suelo se puede comprobar con ácido clorhídrico al 10 %, y el grado de reacción, que se manifiesta por un burbujeo o efervescencia, sirve como indicio de la cantidad de carbonatos presentes. Se indica como débil, moderada o fuerte.

Hay que observar si la efervescencia se debe a trocitos de calcáreo que pueden provenir de la roca madre, a concreciones formadas por procesos secundarios, o a calcáreo distribuido en toda la masa.

Es importante establecer los límites exactos de la efervescencia en relación con los agregados estructurales y la profundidad. La presencia o ausencia de carbonatos es un criterio útil para el establecimiento de series. Un enriquecimiento de carbonatos de calcio o magnesio respecto del material originario, exigirá el sufijo "ca" en el símbolo del horizonte.

## VIII-MATERIA ORGANICA Y BIOLOGIA DEL SUELO

En la descripción de perfiles se debe anotar el contenido de materia orgánica, la presencia de raíces y otras evidencias de vida vegetal o animal en el suelo.

La naturaleza y cantidad de materia orgánica son características importantes, puesto que influyen en cierto sentido sobre algunas otras propiedades del suelo. Por ejemplo, los productos de descomposición de restos de plantas y animales acelera la meteorización de los minerales; la distribución vertical de diferentes clases de materia orgánica a menudo tienen marcada influencia en la diferenciación de horizontes.

El contenido de materia orgánica varía mucho entre unos suelos y otros; mientras en unas regiones puede ser menor del 1% en el horizonte superficial, en otras condiciones este horizonte puede consistir casi totalmente de materiales de origen orgánico.

La cantidad y distribución de materia orgánica en los distintos horizontes son criterios usados para la clasificación de los suelos. Por lo general el horizonte superficial (sobre todo el horizonte A<sub>1</sub>) es el más rico en materia orgánica, y su caracterización se debe a rasgos adquiridos por la presencia de dicha sustancia; su clasificación se basa en el grado de mezcla del material de origen orgánico con sustancia mineral, y en el grado de descomposición de aquél. En algunos suelos, especialmente bajo bosque, existen horizontes O<sub>1</sub> y O<sub>2</sub> formados por materia orgánica sin humificar.

Existen diferentes nombres para caracterizar el tipo de materia orgánica transformada (o humus) del suelo: "mull", "mor", "moder", etc. El tipo de humus se puede inferir de los datos de pH, color y otros rasgos del horizonte superficial.

En laboratorio se realizará el análisis del contenido de materia orgánica, midiendo el porcentaje de carbono orgánico. También se determina el contenido de nitrógeno, para calcular la relación C/N que da una idea del grado de humificación. Se debe señalar hasta qué profundidad se nota una cantidad apreciable de materia orgánica, y si existen revestimientos de materia orgánica iluviada sobre las partículas minerales del horizonte B. En este caso se indicará Bh.

En cuanto a la cantidad de raíces que mueren dentro del suelo, es variable también. Ciertos cultivos dejan muy pocas raíces en el suelo, mientras los pastizales naturales tienen muchas más raíces. Se debe indicar siempre la presencia de raíces en los horizontes del suelo, la profundidad hasta donde llegan, etc.

Las raíces tienen una importante relación con la estructura del suelo. Cuando aquellas mueren, sirven de alimento a bacterias y otros microorganismos que son importantes para el mantenimiento de la estructura granular.

Las raíces de ciertas plantas contribuyen a mantener una determinada estructura, aún en los horizontes sub-superficiales. Un cambio en la vegetación, como suele ocurrir al reemplazar la flora nativa por plantas cultivadas, puede producir en poco tiempo una alteración en la estructura de esos horizontes, y en consecuencia se modificarán las condiciones físicas del suelo.

Otro dato que se agrega a la descripción del perfil es la presencia de animales en el suelo: insectos, lombrices, gusanos, larvas y animales mayores, especialmente los cavadores. La mesofauna contribuye en gran parte a la descomposición de los restos de plantas; muchas veces provocan la mezcla de horizontes produciendo una homogeneización de los perfiles y hasta se han visto casos donde colonias de animales cavadores han causado un determinado microrelieve en ciertas áreas.

-----

## IX-EL MATERIAL ORIGINARIO DE LOS SUELOS

Se denomina material originario a la masa no consolidada a partir de la cual se ha desarrollado el "solum". El material no consolidado que yace directamente por debajo del solum, y que presenta escasos procesos pedogenéticos se denomina horizonte C.

Se reserva el nombre de "roca madre" para la roca de la cual se formó, por meteorización, el material originario del solum.

En muchos suelos se encuentra poco o nada del material meteorizado entre el solum y la roca madre. Dicho de otro modo, la edafogénesis ha marchado al mismo ritmo que la meteorización de la roca.

Si existiera dentro del perfil del suelo algún estrato geológico no consolidado que no sea material originario, también se lo describirá. Este estrato, que anteriormente se denominaba "Capa D" o "estrato subyacente", se incluye ahora dentro del horizonte C, puesto que como ya se ha dicho, "horizonte C" no es necesariamente sinónimo de material originario del suelo.

Cualquier manto o capa de roca consolidada subyacente al suelo (granito, arenisca, caliza, etc.) se señala con R cuando se presume que de él se formó el horizonte de suelo que lo cubre. Si no fuese así, se señala II R anteponiéndole el número romano que denota la discontinuidad litológica (ver al respecto el párrafo correspondiente).

Por lo general los materiales originarios comprenden cuatro clases:

- 1) Los formados por desintegración y descomposición "in situ" de una roca firme.
- 2) Los formados "in situ" a partir de rocas blandas o no consolidadas (sedimentitas clásticas).
- 3) Los que han sido transportados desde el lugar de su origen y redepositados antes de sufrir modificaciones importantes en su composición, o durante tales procesos.
- 4) Los depósitos orgánicos.



Para la clasificación de las rocas y materiales y de las formaciones geológicas se seguirá la nomenclatura aceptada en la bibliografía especializada.

A medida que vaya progresando el trabajo de reconocimiento de suelos, se irán observando cada vez más correlaciones entre la composición de determinadas formaciones geológicas y el contenido en nutrientes minerales de los materiales y de los suelos.

Tal como se hace con los horizontes del solum, se debe describir la textura, el color, la consistencia, etc. del horizonte C y/o material originario, indicando si deriva de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. En cuanto a los materiales producidos a partir de rocas blandas, (entre los que incluimos los miembros no consolidados de las rocas sedimentarias como margas, arenas, limos, arcillas, gravas, etc.) se pueden considerar como intermedios entre el grupo de materiales derivados de rocas firmes por meteorización "in situ" y el grupo proveniente de materiales que sufrieron transporte.

Materiales transportados. Como materiales originarios de los suelos, éstos son quizás, los más importantes. Los tipos principales de estos materiales se designan por lo general de acuerdo con la fuerza responsable del transporte o de la redeposición. A veces esto es fácil de determinar, pero otras veces se presentan dudas. Es de mucha importancia observar y describir las características del material, especialmente para distinguir si se trata de aluviones, depósitos de loess, o el resultado de una meteorización residual.

Entre los materiales removidos y redepositados por agua los más importantes son los aluviones, que son sedimentos depositados por cursos de agua actuales o antiguos.

Con el nombre de coluvios se distinguen aquellos materiales removidos principalmente por gravitación, especialmente en fuertes pendientes, y que se acumulan al pie de las mismas. Por lo general la remoción se produce por la acción de arrastre de aguas locales.

Los materiales depositados por las tranquilas aguas de lagos o lagunas se considerarán bajo el nombre general de "depósitos lacustres". Cuando se trate de antiguas cuencas de lagos más o menos salobres, se podrá hablar de "playas salitrosas".

Si los sedimentos hubieran sido retrabajados por el mar y posteriormente expuestos por diversos motivos, se habla de "sedimentos marinos", que generalmente son de composición litológica y mecánica muy variable. A veces recuerdan a los depósitos lacustres.

Otros materiales son los depósitos de playa, (generalmente gravillosos o arenosos que marcan las antiguas líneas de costa, y viejos ni

veles de mares o de lagos), los albardones costaneros, etc.

Entre los materiales removidos y redepositados por el viento tenemos principalmente dos grupos de acuerdo con su textura: el loess, generalmente limoso, y las arenas eólicas, que no siempre forman médanos.

El loess es típicamente un depósito limoso con algo de arena muy fina y escasa proporción de arcilla. Por lo general el material es calcáreo; su color suele ser pardo a pardo pálido y generalmente masivo. Muchos depósitos de limos eólicos han sufrido lavado y meteorización, lo que los hace ácidos y ricos en arcilla. Pero los depósitos más jóvenes de arena muy fina limosa transportados por el viento, que llamamos "loess", son bastante pobres en arcilla.

Las dunas arenosas consisten principalmente de arena fina y media, rica en cuarzo y pobre en minerales formadores de arcilla. De seg de luego que existen todas las transiciones entre los materiales eólicos limosos del tipo de loess y los materiales muy arenosos. En las áreas desérticas las arenas medanosas pueden contener gran cantidad de carbonatos y de minerales meteorizables que podrían dar arcillas bajo condiciones más húmedas.

Aún puede hablarse de arenas medanosas en un sentido exclusivamente textural, para sedimentos que consistan casi enteramente de carbonato de calcio o yeso.

Para abreviar, digamos que otros materiales transportados son los depósitos glaciales, las tilitas, los depósitos de origen glacifluvial como los sedimentos de "outwash", sedimentos glacilacustres, etc.

Especialmente importante es la dureza, la composición litológica y la permeabilidad del material que yace inmediatamente debajo del solum.

Se debe tener muy en cuenta toda evidencia de estratificación. A veces sólo el análisis químico, físico y mineralógico de los horizontes puede delatarla.

En ciertos casos la caída de material eólico acompaña la lenta formación de suelo, por lo que es difícil distinguir estratificación, especialmente en la caída lenta de finas cenizas volcánicas depositadas por el viento.

Se deben anotar cuidadosamente los materiales contrastantes y sobre todo cuando haya rocas firmes cerca de la superficie, pues ello es un criterio importante para distinguir series o fases de suelos, según se verá más adelante.

X

## X-CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS CON SALES O ALCALIS

Los suelos fuertemente alcalinos y los que contienen cantidades nocivas de sales, deben ser distinguidos en el mapa y separados de los demás suelos. Por lo general los suelos halomórficos se presentan con mayor asiduidad en áreas áridas o desérticas donde la evaporación supera a la infiltración, e interfieren en el crecimiento de las plantas cultivadas; sin embargo, también se los encuentra en regiones húmedas, especialmente las desarrolladas sobre sedimentos marinos o en áreas donde haya infiltraciones de aguas salobres.

Estos suelos requieren prácticas especiales de manejo y serias medidas para su recuperación. La presencia de sales en el suelo, tanto actual como en el pasado, se ve reflejada de diverso modo en la morfología del perfil, pero no de modo tan claro como para poder deducir su cantidad, o la adaptabilidad del suelo para determinados cultivos. Esto es especialmente cierto en los depósitos aluviales jóvenes. Muchos suelos salinos son aptos para cultivarlos si se eliminan las sales y se impide que se acumulen de nuevo, y siempre que las demás características del suelo sean favorables. En las áreas de riego una parte importante de los suelos pueden tener sales o álcalis en cantidades depresivas para los cultivos, y es común que deban ser abandonados debido a las sales que se han acumulado durante el riego. Uno de los propósitos de los mapeos de suelos en áreas irrigadas es precisamente identificar los suelos que no deben regarse, discutir los problemas y métodos de recuperación y sugerir el destino para el cual son aptos.

Durante la clasificación se debe observar y evaluar la cantidad de sales solubles del suelo y su grado de alcalinidad, así como sus otras muchas características que provoquen acumulación o movimiento de sales.

### DEFINICIONES.

Suelo Salino es el que contiene un tenor de sales distribuidas en el perfil que interfiera el crecimiento de la mayoría de las plantas cultivadas o que altere desfavorablemente su productividad. Para clasificar a un suelo como salino, el contenido de sales debe ser mayor del 1,5 o/oo, o la conductividad de la pasta saturada debe ser de 4 mmhos/cm como mínimo, a 25° C.

Suelo Sódico es el que tiene tal grado de alcalinidad ( pH 8,5 o más) o un porcentaje tan alto de Na<sup>+</sup> intercambiable (el 15% del valor T por lo menos) o ambas cosas, que el crecimiento de las plantas cultivadas se ve afectado. Más del 15% de sodio de cambio en el complejo intercambiable se considera nocivo para el crecimiento de la mayoría de las plantas cultivadas.

Como grupo de suelos, los Sódicos tendrán por lo tanto una amplia variabilidad en cuanto a  $\text{Na}^+$  intercambiable y pH. Efectivamente, algunos suelos con más del 15% de  $\text{Na}^+$  de intercambio, tienen valores de pH por debajo de 8,5 cuando en los demás cationes predomina el  $\text{H}^+$ . La alcalinidad fuerte se puede medir con fenolftaleína. Una coloración rosada fuerte a roja es indicadora de pH mayor que 8,5. Otro indicador útil para pH altos es el Azul de Timol, que vira desde 8.0 (amarillo) a 9.6 (azul púrpura).

Suelo Salino-sódico es el que tiene cantidades nocivas de sales y además alcalinidad y/o alta cantidad de  $\text{Na}^+$  de intercambio distribuidas en el perfil, que el crecimiento de la mayoría de los cultivos se vea por ello afectado. Según lo ya visto, tendrán una conductividad de 4 mmhos/cm a 25°C y 15% de  $\text{Na}^+$  de cambio como mínimo.

Finalmente cabe agregar que hay suelos sódicos, (con pH de más de 8,5 y  $\text{Na}^+$  de intercambio en un porcentaje de más del 15% del valor T) que pueden tener menos del 0,15% de sales solubles, y una conductividad de menos de 4 mmhos/cm. Son llamados "sódicos no salinos" y constituyen una clase especial.

No es recomendable usar otros nombres distintos a éstos en la caracterización de suelos con tales problemas. Palabras como "alcali negro", "alcali blanco", "salitre negro", etc., se deben usar sólo en informes de divulgación, pero no en memorias técnicas.

#### ORIGEN Y NATURALEZA DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS.

Las sales solubles suelen provenir de depósitos dejados por la alteración de minerales primarios, por descomposición de rocas sedimentarias, por infiltración de aguas salobres subterráneas, por alguna ingesión marina, o llevados por el viento desde el mar o desde salinas. En su mayor parte son transportados en forma de solución en agua y depositados en el suelo por evaporación de ésta, por eso es más común el fenómeno en regiones secas o con fuerte evaporación, y también en zonas bajas con capas de aguas permanentes cerca de la superficie. Estas capas cercanas, o una "napa" suspendida, se hallan por lo general encima de algún estrato u horizonte impermeable; a veces son originadas o elevadas por el riego excesivo, o por la infiltración proveniente de cursos de agua o canales de distribución, o drenes.

Es casi siempre mayor la cantidad de sales provenientes de las aguas de riego, que las dejadas por la meteorización de rocas. Algunas rocas sedimentarias contienen grandes cantidades de yeso y de otras sales, pero sólo pueden permanecer en el suelo en regiones áridas.

Los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales. Son comunes los cloruros y los sulfatos de sodio, calcio, magnesio, que son sales neutras o casi neutras. Estas sales no hacen alcalino al suelo, en cambio la presencia de carbonato y bicarbonato de sodio, causa una reacción fuertemente alcalina.

Los cationes intercambiables de un suelo influyen poderosamente en sus propiedades. En agua destilada, por ejemplo, las arcillas sódicas son dispersadas con relativa facilidad, las cálcicas lo son menos, en cambio las arcillas magnésicas se dispersan fácilmente. Mientras haya una alta concentración de sales en el suelo, los coloides estarán floculados. Esta floculación sin embargo, no es necesariamente

igual a la debida al efecto de la materia orgánica; la floculación y la granulacion dependen no sólo del tipo de arcilla mineral, sino también de las cantidades de materia orgánica y humus, de las raíces, y de la microflora y microfauna del suelo. Por esta razón muchas arcillas ácidas y alcalinas tienen buena agregación y un grado de estructura quizás más fuerte que las saturadas con calcio. Por eso mismo no basta con procurar el reemplazo del sodio por calcio en la arcilla para obtener buena granulacion del suelo, sin otros tratamientos como alternados secos y humedecimientos, incorporación de materia orgánica, etc., etc.

Si a un suelo con mal drenaje y un alto tenor de sales se le mejora su avenamiento, y el exceso de sales es eliminado, la arcilla sódica se hace cada vez más fuertemente alcalina y se dispersa con facilidad en agua, haciéndose adhesiva o pegajosa al mojarse, y dura cuando se seca.

La proporción de los distintos cationes adsorbidos por los coloides del suelo depende del tenor y composición de las sales solubles. En presencia de una gran proporción de sales, el sodio puede llegar a dominar el complejo de intercambio. El anhídrido carbónico del aire se puede combinar con el sodio en solución para formar carbonato de sodio. En la mayor parte de los casos, el carbonato de sodio se forma en el suelo por este proceso, salvo cuando es recogido por lavado desde posiciones más altas del relieve.

La alcalinidad de los suelos sódicos se expresa por pH, porcentaje de sodio de intercambio (o de  $\text{Na}^+$  más  $\text{K}^+$ ) o por combinación de ambos datos. Los suelos con reacción alcalina debida únicamente al carbonato de calcio, se denominan "calcáreos" y rara vez pueden tener valores de pH mayores de 8,5; un pH más alcalino que ese valor, es, debido por lo general a altos porcentajes de sodio de intercambio y se considerará como suelo "sódico" (1).

Los suelos salinos y los suelos sódicos presentan diferencias morfológicas. Los primeros suelen ser friables y a menudo presentan costras o eflorescencias salinas en superficie, o en capas, bandas o puntas dentro del perfil. La estructura de la mayoría de los suelos salinos es favorable para el movimiento del agua y el aire.

Los salino-sódicos son morfológicamente similares a los salinos mientras haya exceso de sales y las arcillas no se hinchen o lleven a dispersarse. Al disminuir la concentración de sales las arcillas pueden dispersarse como en los suelos sódicos. En general los suelos sódicos desarrollan horizontes B prismáticos o columnares. (2).

En superficie la estructura de muchos suelos salino-sódicos es masiva con aspecto muy particular, extremadamente débil y pulverulento en seco. Cuando este suelo se seca queda cubierto por un colchón de

(1) Para mayor información sobre suelos salinos y sódicos consulte "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils" U.S. Regional Salinity Laboratory. (Handbook 60) del USDA. Existe traducción del mismo: "Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos" Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. En esta obra se explican con todo detalle los métodos analíticos, determinaciones, manejo, caracterización, etc. de estos suelos.

(2) Un horizonte argílico que llene las exigencias de la "7ª. Aproximación" se denominará "nátrico".

polvo que puede removerse con el pie y encontrarse humedad a pocos centímetros de profundidad. La distribución de la humedad en perfiles de suelos salinos y salino-sódicos en general es "no uniforme". Algunas sales sódicas, cálcicas y magnésicas se destacan por su higroscopicidad (carbonato de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio) y provocan una distribución irregular de la humedad en los perfiles.

Los suelos sódicos pueden llegar a formar un horizonte negro de un espesor variado, a pocos centímetros de la superficie. El origen de este horizonte genético es la dispersión de la materia orgánica del horizonte A causado por el pH muy alcalino ( $> 9.5$ ) debido al  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , y por la alta proporción de sodio en el complejo de cambio. Anteriormente a este horizonte se lo llamaba "álcali negro". Es la forma más nociva del suelo sódico. En el terreno se presenta como manchones completamente desprovistos de vegetación.

Los suelos sódicos que se han formado por acción del hombre a consecuencia del riego y lavado de las sales, y que tenían alta proporción de sodio de cambio, se hacen masivos, duros en seco, poco permeables, sin estructura, como no sea el de un aspecto cenagoso en superficie, que se contrae y raja al secarse.

Los suelos salinos y sódicos son muy variables tanto vertical como horizontalmente. Las sales pueden localizarse en superficie o en algún horizonte dentro del suelo, o pueden estar repartidas uniformemente en todo el perfil. Pequeñas diferencias en la textura pueden resultar en movimientos diferenciales del agua salina, o en apreciables diferencias en la acumulación de las sales. Algunos arbustos toman grandes cantidades de sales y las "bombean" desde abajo hasta la superficie, otros no. Con ello, el contenido en sales, y el pH o ambas cosas, suelen variar mucho en unos pocos decímetros, lo que puede depender tanto de la vegetación, como del relieve o la estratigrafía. En una pequeña área, se pueden encontrar suelos de características muy diferentes y en un punto los tenores de sales fluctuar con las estaciones, las condiciones del tiempo y el manejo del agua de riego.

En el terreno y en las fotografías aéreas, las áreas con suelos salinos, sódicos y salino-sódicos se destacan por la gran desuniformidad de la vegetación o de los cultivos. Los suelos salinos muestran en general tonos más claros que los sódicos; sin embargo, las áreas de suelos salinos cuyas sales se compongan principalmente de  $\text{Ca Cl}_2$  y/o  $\text{Mg Cl}_2$ , que son higroscópicas, suelen presentar tonos más bien oscuros en las aerofotos.

**GRUPOS GENETICOS.** En la bibliografía se encuentran en uso, para los suelos con sales o álcalis, nombres diferentes a los que ya hemos definido. Esos términos, que están basados en la morfología y la génesis de los suelos, no se deben considerar absolutamente sinónimos de los que se han visto en el párrafo anterior. Los nombres a que nos referimos son "Solonchak", "Solonetz" y "Solod".

El suelo Solonchak es un suelo salino de colores claros, floco lado, con estructura granular fina y débil. Carece de estructura prismática o en bloques. Según la posición de las acumulaciones salinas dentro del suelo, puede haber varias formas de Solonchak. Cuando el Solonchak presenta  $\text{Na}^+$  en el complejo adsorbente y sus sales solubles son lavadas, se produce una dispersión de la arcilla sódica, el suelo se hace fuertemente alcalino, parte de la materia orgánica es disuelta y forma

revestimientos alrededor de los granos o agregados. Algunos iones  $\text{Na}^+$  del coloide formarán carbonato de sodio. Como los coloides son fácilmente dispersados, muchos de ellos comienzan a ser arrastrados hacia abajo y se acumulan a cierta profundidad formando un horizonte B arcilloso, con estructura columnar. Este suelo es un típico "Solonetz", y el proceso que lo formó, "solonetzización". Es pues, característico de los Solonetz, una específica estructura en el perfil.

Si el lavado continúa por largo tiempo, este suelo puede hacerse ácido en superficie, con una capa gris profunda sobre un horizonte B ácido con estructura en bloques. Estos suelos son llamados "Solod" y el proceso que los forma se denomina "solodización". La morfología de estos suelos se parece a grandes rasgos a los Planosoles. Más comunes que los Solod son los suelos "Solonetz solodizados", que tienen perfiles estructural y texturalmente bien desarrollados, con un horizonte A lixiviado y ácido como en los Solod, y un B columnar no ácido, como los Solonetz.

Determinación de sales. El contenido y el grado de salinidad en las muestras de suelos se determinan mediante el uso de un aparato basado en el puente Wheatstone.

Con este aparato, llamado comúnmente salímetro o halómetro, se mide la resistencia eléctrica de una muestra preparada, que se coloca en un vaso del aparato; los suelos tienen determinada conductividad eléctrica, que depende de las sales solubles presentes. Los resultados de la determinación de la resistencia pueden expresarse como porcentaje de sales totales en el suelo seco al aire, o en términos de conductividad en milimhos, en el extracto del suelo a saturación. La resistencia eléctrica es afectada por el grado de disociación de las sales, el contenido de humedad, los cationes de intercambio que haya, la temperatura, y por supuesto la concentración de sales. El tenor de sales o grado de salinidad aproximado, se determina mediante curvas o con tablas compiladas sobre situaciones medias y proporciones relativas de diferentes clases de sales, o con el uso de nomogramas construidos al efecto.

Las muestras se deben elegir cuidadosamente, tratando de presentar condiciones promedio sobre áreas de una extensión y uniformidad que permitan mostrarlas claramente en el mapa, sobre todo cuando se busca mapear la distribución de la salinidad en una región.

Si bien el contenido en sales se puede tomar con el halómetro en el campo, es preferible hacerlo en laboratorio. Es conveniente correlacionar estos suelos con la vegetación, el drenaje, el relieve y otros factores relacionados, lo que permite trazar los límites en las fotos con mayor seguridad.

## CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS HALOMORFICOS.

La mayor parte de las condiciones debidas a la presencia de sales o álcalis en el suelo se pueden describir adecuadamente al establecer series.

En algunos casos bastará con señalar dicha presencia con símbolos.

Como se sabe, las diferentes sales y sus diversas combinaciones tienen distinto efecto sobre los cultivos, por lo cual se tendrán en cuenta éstos al calificar los suelos por su contenido salino.

En las áreas de secano las sales no se pueden remover fácilmente, a diferencia de las zonas con riego. Por ello es distinto el problema del mapeo entre las primeras y las que se librarán a la irrigación.

En áreas de secano las sales que se hallen algo profundas, no son de importancia para cultivos de raíces cortas. En las áreas de riego actual o futuro, el problema es más difícil, pues con la incorporación del agua, las sales profundas pueden ascender al solum. Por esta razón en áreas de riego o de futuro riego, se precisan mapas de suelos más detallados que en áreas de secano.

Para reconocer suelos halomórficos y sus límites, es útil el estudio de la vegetación y el paisaje; a veces conviene establecer las diferentes concentraciones de sales para crear unidades distintas. No todas las plantas tienen la misma tolerancia, por eso no todas sirven como buenas indicadoras. La morfología del suelo también se puede usar para correlacionar series con contenidos de sales o álcalis. En áreas de secano es más útil indicar a qué profundidad aparecen las sales y el grado de alcalinidad. En cambio, en suelos Aluviales que van a regarse, se debe medir la salinidad de todas sus capas desde la superficie hasta bastante más de dos metros, y señalar los posibles estratos salinos del substratum, o la presencia de lentes arcillosos, capas impermeables, etc.

Según el grado de salinidad de un suelo, se establecen clases que se indicarán en la ficha; es obvio que en estos casos, el muestreo para analizar sales en el laboratorio es de imperiosa necesidad.

### Clases por salinidad y alcalinidad.

En los mapas, los suelos con cantidades nocivas de sales solubles, o con alto grado de alcalinidad, deben quedar separados de los suelos sin halomorfismo. Cada unidad llevará entonces, además de su definición y descripción, las predicciones de su desenvolvimiento y las recomendaciones para su tratamiento. Si fuera muy intrincado el patrón de los suelos salinos por las diferentes concentraciones de sales dentro de una misma área, se harán



asociaciones o complejos de significación agronómica. En trabajos semi detallados se estudiarán cuidadosamente esas variaciones al crear las unidades de suelos salinos o sódicos, especialmente en las áreas-tipo que se elijan para el mapeo. En mapeos a escala 1: 50.000, los suelos afectados con distintos grados de salinidad se cartografiarán separados siempre que cubran por lo menos 16 hectáreas. Si el patrón halomórfico fuera intrincado, se mapeará una asociación indicando los distintos grados o tenores de sales y álcalis de los diferentes suelos halomórficos que formen asociación (o complejo), si ello fuese factible, y/o los distintos grados de densidad o porcentos de cada clase salina o sódica que compongan la asociación. A veces será necesario asociar suelos salinos con otros no afectados; en estos casos se señalará aproximadamente el porcentaje de cada uno.

Clase 0 - "Suelo no salino". Suelo libre de sales y/o de álcalis. Prácticamente ningún cultivo se ve afectado o inhibido por el problema de halomorfismo. Para el caso de sales neutras, el suelo tendrá menos de 0,15% de sales y una conductividad eléctrica del extracto a saturación de menos de 4 milimhos por centímetro en algunos de sus horizontes. En el mapa, dentro de esta unidad, sólo pueden aparecer suelos sódicos en muy escasos manchones, insignificantes para ser señalados.

Clase 1 - "Suelo débilmente salino". Suelos poco afectados por sales y/o álcalis. Puede ser perjudicado el crecimiento de los cultivos sensibles, pero no el de plantas tolerantes a las sales. El tenor de sales solubles está entre 0,15 y 0,35% y su conductividad será de 4 a 8 mmhos/cm. Al mapear una unidad débilmente salina, hasta un máximo de 5% del área puede presentar suelos sódicos, inadecuados para la mayoría de los cultivos.

Clase 2 - "Suelo moderadamente salino". Suelos moderadamente afectados por sales y/o álcalis. Todas las plantas cultivadas ven inhibido su crecimiento, y los rendimientos se ven seriamente disminuidos; ningún cultivo anda bien. El tenor de sales solubles está entre 0,35 y 0,65% con una conductividad entre 8 y 15 mmhos/cm. El área mapeada como "moderadamente salina", puede tener entre el 5 y el 35% con suelos sódicos.

Clase 3 - "Suelo fuertemente salino". Suelos fuertemente afectados por sales y/o álcalis. Sólo unas pocas plantas sobreviven. Los suelos de esta clase tienen más del 0,65% de sales y una conductividad de más de 15 mmhos/cm. Más del 35% del área mapeada puede tener suelos sódicos, lo que las hace improductivas.

Clase 4 - "Suelo sódico". Suelos fuertemente afectados por álcalis y en menor grado, por sales solubles. Son suelos que tienen más del 15% del complejo de cambio saturado con sodio, pero que pueden tener menos del 0,15% de sales solubles. Suelos sódicos no salinos de esta clase, se destacan por un pH arriba de 8,5 pero tienen una conductividad eléctrica del extracto a saturación de menos de 4 mmhos/cm. Al mapear suelos de esta clase, se admite hasta un máximo de 5% del área con suelos salino-sódicos asociados a los sódicos.

La clase de salinidad y/o alcalinidad, y el tipo de halomorfo dominante se anotará en la ficha edafológica en la casilla correspondiente.

Si un horizonte tuviera un contenido de sales solubles que fuera mayor de lo que se suponga haya tenido el material originario, el horizonte llevará en su símbolo el sufijo "sa", de acuerdo a las reglas de nomenclatura respectivas (ver página 37).

Para establecer estas clases conviene seguir las siguientes reglas generales:

- 1) Suelos cultivados de secano, en regiones áridas o semiáridas, con balance hídrico negativo (calculado sobre diferencias entre evapotranspiración y precipitaciones):
  - a) Se tendrá en cuenta la presencia de sales sobre el suelo y especialmente hasta la máxima profundidad de las raíces de las plantas cultivadas, en suelos que no se vayan a librar al riego.
  - b) Suelos con posibilidades de ser irrigados: se tomará cuidadosamente el contenido en sales de todos los horizontes o capas hasta bastante más abajo que los 2 metros, y la presencia de capas impermeables dentro de esas profundidades. Analizar cuali y cuantitativamente el agua a utilizarse para el riego.
- 2) Suelos de cultivos en áreas húmedas o sub-húmedas: se anotará la existencia de sales sobre y dentro del suelo, vinculando su presencia con la topografía o la forma de relieve y señalando la amplitud de variación en el tenor de sales y la profundidad donde se observe máxima acumulación.

Puede usarse como límite entre las zonas 1) y 2) el establecido por el Instituto de Suelos y Agrotecnia para la separación de la región semiárida pampeana ("Regiones Agropecuarias naturales", I.S.A. 1956).

Como regla general, se tomará como base para ubicar en clases de salinidad, la presencia de sales en forma de eflorescencias o el promedio dentro del perfil, hasta 180 ó 200 cms.

Además se debe tener en cuenta que para mapear suelos halomórficos no es requisito indispensable el análisis de todos los suelos de un área donde puede esperarse aquél problema. El estudio sobre las fotos aéreas de los ambientes o paisajes, y las características morfológicas de los suelos, ayudan a hallar y separar los suelos salinos y/o sódicos, principalmente en forma de asociaciones.

Cuando dentro de una serie conocida, sea necesario separar "fases" o "variantes" por un grado distinto de salinidad o alcalinidad, aquéllas recibirán los nombres y símbolos que se dan en el capítulo XV.

## XI-LA EROSIÓN DEL SUELO

La erosión es un fenómeno natural debido a causas puramente geológicas. Es el principal agente responsable de los ciclos topográficos naturales. La erosión desgasta las partes elevadas del relieve, construye planicies aluviales, rellena valles. En áreas con mucha pendiente mantiene a los suelos en formación incipiente; en zonas muy planas la erosión es tan lenta que los materiales lavados se acumulan en la superficie, desarrollando duripanes o claypanes, hasta el punto que esos suelos suelen llegar a hacerse improductivos.

La erosión natural en un paisaje puede ser gradual o adquirir contornos catastróficos. Una vez iniciado un nuevo ciclo erosivo (que puede comenzar por un levantamiento del terreno, cambios climáticos, caídas de cenizas volcánicas que maten la vegetación, grandes incendios, etc.) una gran parte del suelo preexistente puede resultar rápidamente removido. Con la estabilización del nuevo paisaje, comenzará la reconstrucción y la formación de un nuevo suelo.

Por estas causas se pueden hallar suelos enterrados que indican procesos edafógenos distintos de los que generan los suelos en la actualidad. Otras veces se encuentran sólo restos truncados, que demuestran una remoción catastrófica de algún suelo primitivo.

Por lo tanto, existen paisajes que han sufrido una erosión gradual durante largos períodos, y otros donde ha habido etapas de relativa estabilidad y escasa erosión, separados por períodos de erosión grave o catastrófica.

Empero en Edafología y en Agricultura se entiende en general la erosión en un sentido restringido, esto es, como un fenómeno acelerado por causas debidas al hombre, para distinguirlo de la erosión natural o normal que sucede en un paisaje no perturbado.

La erosión acelerada es resultado de la exposición del suelo a la acción del agua o del viento. Esta acción suele tener origen en quemas, exceso de pastoreo, talas de bosques, laboreo o cualquier otra causa que destruya la cobertura vegetal. De ese modo el suelo puede erosionarse muy rápidamente si no se siguen las normas de manejo adecuadas a sus exigencias o a sus limitaciones.

La distinción entre erosión natural y erosión acelerada es importante en los trabajos de reconocimiento. La primera es un proceso importante en el desarrollo de los suelos. Sus efectos se reflejan en

las unidades taxonómicas de clasificación. Por otra parte, la erosión acelerada trunca los perfiles formados en el paisaje natural. Los raggos debidos a ese fenómeno, se señalan en el mapa de suelos mediante "fases" por erosión, pero los criterios para establecerlas se han de encontrar en el suelo mismo, y se eligen con vistas a señalar diferencias importantes en el uso y el manejo del suelo.

Los procesos erosivos se pueden dividir en dos formas: erosión por agua y erosión por viento (o erosión hídrica y erosión eólica) de acuerdo con el agente causante.

**La erosión hídrica.** La erosión hídrica resulta del arrastre y abrasión provocados por el escurrimiento del agua sobre el suelo, cuando la vegetación no sea suficiente para evitar el impacto directo del agua y la consecuente separación de las partículas del suelo.

Comprende la erosión laminar o mantiforme, la erosión digital o en surcos y la erosión en zanjas o en cárcavas. La primera puede resultar seria para suelos no protegidos, en pendientes de sólo 1 ó 2%, o en suelos Planosoles con claypanes casi impermeables, aunque en la mayoría de los casos afecta suelos con pendientes mayores a las citadas.

En la erosión digital la remoción del suelo se realiza según pequeños canales que a menudo quedan borrados por el laboreo, pero aún así el suelo aparece truncado. Cuando las labores borran los signos de este tipo, al mapear los suelos se incluirá como erosión mantiforme.

La más espectacular de las formas erosivas es la erosión en zanjas o en cárcavas. La remoción del suelo conduce a la formación de grandes zanjones o canales cavados por el escurrimiento fuerte. Estos canales ("cárcavas") tienen perfiles en V o en U según la consistencia o coherencia de los materiales.

**La erosión eólica.** No es importante en las áreas húmedas, pero en regiones de escasas lluvias, la erosión por viento es un fenómeno difundido y serio en suelos bajo cultivo, especialmente en la época seca y con vientos fuertes y desecantes. Esto se agudiza por la destrucción de la vegetación por el sobrepastoreo o por otras causas que dejen el suelo desnudo.

**CLASES POR EROSION.** Se han establecido clases por erosión hídrica y eólica, según la intensidad del fenómeno. En rigor debería hablarse de "clases de suelos por

sus grados de erosión". Estas clases se utilizan para el establecimiento de "fases".

En el caso de suelos con horizontes bien desarrollados y definidos, se pueden establecer clases de suelos por su grado de erosión, teniendo en cuenta la mayor o menor exposición de los horizontes B o C debida al truncamiento o desaparición del A. Más difícil de establecer es el grado de erosión para suelos con poco desarrollo de horizontes.

Puede parecer ilógico establecer una clasificación basada en algo que ya no está a nuestra vista, como es el caso de la parte perdida de suelo. No obstante, de la observación del paisaje se deduce si ha habido o no erosión en la región, y el estudio de las fotografías aéreas ayuda mucho en ese sentido, para establecer en qué áreas se manifiesta el fenómeno.

No se deben confundir las clases por erosión a que nos estamos refiriendo, que muestran condiciones actuales y presentes de un suelo, con la susceptibilidad a la erosión. Varios suelos diferentes pueden ser agrupados en el mapa mediante una posterior interpretación cartográfica, teniendo en cuenta la susceptibilidad a la erosión que presenten. Esta última se puede establecer, verbi-gracia, sobre unidades creadas por razones de pendiente ("fases por pendiente"), pero las "clases por erosión" deben señalar exclusivamente el grado de erosión ya sufrida por el suelo, y que sea significativa para las prácticas de manejo, en relación con las que se aconsejarían para ese mismo suelo sin erosionar.

En los mapeos detallados, una de las responsabilidades del reconocedor ha de ser también la de determinar la susceptibilidad de cada suelo a la erosión, bajo diferentes sistemas de uso y manejo alternados, sobre la base de evidencias y experimentaciones hechas aún fuera de su área de trabajo.

Dado que las clases por erosión se establecen en mérito a su importancia en el uso y manejo del suelo, y puesto que un determinado grado de erosión tiene distinto significado para suelos de diferentes regiones, no es posible definir las clases en términos aplicables a todos los suelos del país. Por lo tanto se han de reconocer de acuerdo con el fin de cada reconocimiento, con la importancia del proceso erosivo en el área que se esté estudiando, con la escala y tipo del levantamiento, con la clase de cobertura vegetal propia de la zona, etc.

Al evaluar los efectos de la erosión dentro de una determinada serie de suelo con el fin de crear alguna "fase erosionada", no hay que olvidar que el fenómeno en sí generalmente va acompañado de otros factores de agotamiento del suelo, y que la erosión puede ser causa sólo parcial de la pobreza de un campo.

Si bien es relativamente fácil comprobar la existencia del fe

nómeno erosivo, no lo es tanto poder medir su intensidad y sus efectos; de ahí la necesidad de adoptar escalas basadas en estimaciones de valor simplemente comparativo. El principal problema estriba en la identificación de los suelos que han sufrido alteración o desagregación debida a erosión, frente a aquellos suelos que, por haber evolucionado sobre materiales muy arenosos, aparezcan insuficientemente evolucionados y con escasa agregación. El estado de agregación de las partículas es el índice que mejor informa sobre el desgaste sufrido por un suelo erosionado por viento. Para las áreas con problemas erosivos debidos a la acción eólica, se han estimado generalmente cuatro grados, con los que pueden establecerse cuatro clases de suelos por su erosión.

En cuanto a la erosión por agua, la estimación de la magnitud del proceso se puede llevar a cabo mediante la comparación entre perfiles, para apreciar el grado de truncamiento del suelo erosionado respecto de un perfil normal. Se debe entender que esta comparación se hará entre perfiles del mismo suelo (de una misma "serie"), o entre el suelo problema y el espesor promedio del horizonte superficial de los perfiles considerados normales para la correspondiente serie. De lo contrario, se pueden cometer errores de apreciación, al comparar perfiles de suelos diferentes, como suelen ser los ubicados en posiciones extremas de un relieve ondulado, que casi con seguridad pertenecerán a distintas series.

Conviene prestar atención a la presencia de signos de erosión hídrica, especialmente donde la topografía facilite el proceso, y se observará ante todo el pie de las lomas, a fin de apreciar la posible acumulación sobre los suelos de ese lugar, de materiales arrastrados desde las partes altas. Estos indicios servirán para formarse una idea de la presencia de algún grado de erosión en los suelos estudiados. Por otra parte, en las fotografías aéreas en escalas de 1:20.000 o mayores, los fenómenos de erosión siempre se destacan con claridad, lo que facilita enormemente la identificación de las fases por erosión.

Clases de erosión por agua. Para establecer el grado alcanzado por un suelo en cuanto a la intensidad del proceso erosivo causado por el agua, se hace una comparación entre varios perfiles, para apreciar la reducción sufrida por el perfil alterado respecto del normal. El truncamiento se calcula aproximadamente sobre los 20 ó 25 cm superiores del suelo no erosionado. Las clases que se pueden utilizar en la región pampeana son las siguientes:

Clase 0 - Sin erosión hídrica: el suelo no manifiesta haber perdido nada de su capa superior.

Clase H1 - Erosión hídrica ligera: el suelo ha sufrido una pérdida de menos de 5 cm (o menos del 25%) de su capa superior. Sólo se observan muy es casos síntomas de arrastre, como canaliculos formados por el fenómeno; la estabilidad en agua de los agregados del horizonte superficial del suelo es favorable.

Si se estableciera una fase se dirá "fase ligeramente erosionada por agua". Muy pocas veces se han de requerir prácticas de manejo distintas a las normales en suelos no afectados de la región.

Clase H2 - Erosión hídrica moderada: el suelo superficial ha sufrido una pérdida de 5 a 10 cm (o del 25 al 50%) de su capa superior. Se observan canaliculos o pequeñas vías de agua; por lo general la capa arable está constituida por parte del horizonte A, con mezcla de horizontes subyacentes.

Si se estableciera una fase según este grado de erosión, se de nominará "fase moderadamente erosionada por agua". Estos suelos han sido alterados de un modo tal, que requieren prácticas de manejo distintas de las recomendadas para los suelos normales. Hay que distinguir las prácticas para usar este suelo, de las necesarias para prevenir la erosión del suelo no afectado. A veces esta fase se aplica a suelos de las clases 2 y 3 combinadas, especialmente en suelos li-  
tosólicos.

Clase H3 - Erosión hídrica severa: el suelo ha perdido de 10 a 20 cm (o más del 50%) de sus horizontes superficiales. Se observan canales excavados por el agua, algunas pequeñas cárcavas, y pocas de mayor tamaño; la capa arable consiste esencialmente de material de los horizontes subyacentes al A.

Si se estableciera una fase se dirá "fase severamente erosionada por agua". En ella la erosión ha alterado tanto el suelo que tiene distinta capacidad de uso (como ser para pasturas en vez de cultivos, o forestación en lugar de pasturas o cultivos). Requiere drásticos tratamientos, como mejoras, fertilización, cultivos en contorno o en terrazas, relleno de cárcavas, etc. para poder mantenerlo en el mismo grupo de uso que el suelo no erosionado de la zona.

A veces esta fase se usa para suelo con clases de erosión hídrica 2 ó 4, aunque rara vez se dan estos casos.

Clase H4 - Erosión hídrica grave: el suelo ha sido erosionado hasta tal extremo que se halla truncado en su mayor parte. La tierra presenta muchas cárcavas profundas, con el subsuelo expuesto.

El perfil puede aparecer casi totalmente destruido o decapitado; las cavernas, zanjas u hondonadas presentes hacen prácticamente inutilizables los campos en la situación presente. Sólo se puede volver a recuperarlos para la producción si se controla la erosión y siempre que las demás características del suelo sean favorables para ello. No se establecen fases con este grado de erosión. Se indicará su presencia mediante un símbolo en el mapa.

Clase H5 - Erosión hídrica muy grave: presenta un paisaje totalmente cortado por zanjás y cárcavas profundas, que hace imposible trabajar con cualquier tipo de maquinaria agrícola. Son áreas que se indicarán en el mapa mediante un símbolo, con su nombre correspondiente ("badlands", "hondonadas", "cárcavas", etc.).

La erosión hídrica se señala en la ficha edafológica marcando la letra H dentro de la casilla de la clase que corresponda.

Clase X. En ciertos casos donde hay intenso truncamiento de los suelos por erosión, pueden aparecer sectores, al pie de las ondulaciones del terreno, donde se ha producido el enterramiento del suelo por deposición de material proveniente de la denudación. Para estos casos se indica una clase especial que denominaremos "X". En esta clase se colocarán las áreas cuyos suelos han sufrido deposición o acumulación de materiales provenientes de la erosión. A veces estos depósitos pueden cambiar totalmente los suelos, sobre todo cuando son muy arenosos. Se calificará como de "clase X" el suelo que haya sufrido una deposición de por lo menos 10 cm.

Con esta clase especial se puede crear una "fase engrosada" cuya definición se da en el capítulo correspondiente.

Clases de erosión por viento. Para expresar el grado de erosión eólica se tiene en cuenta la alteración sufrida por la estructura original del suelo. Como es natural, en campaña no pueden efectuarse determinaciones precisas, por lo que la apreciación de la intensidad del proceso desagregante queda librada en su mayor parte a la experiencia regional del técnico reconocedor, y especialmente a la capacidad del fotointérprete.

A continuación se dan las definiciones de las clases comúnmente usadas para distinguir los suelos afectados por el viento, según los distintos grados del proceso erosivo:

Clase 0 - Sin erosión eólica: el suelo no manifiesta haber sufrido desagregación.

Clase E1- Erosión eólica ligera: el suelo apenas presenta alteración en su estructura. No se observan signos de erosión en el área. No corresponde establecer fases por erosión.

Clase E2- Erosión eólica moderada: el suelo presenta acentuada alteración de la estructura de su horizonte superficial. El viento ha removido gran parte de los elementos finos del horizonte A<sub>1</sub> (a menos que los suelos de la región sean normalmente arenosos). Hay presencia de algu-



nos montículos aislados. Si se estableciese una fase según este grado se dirá "fase moderadamente erosionada por viento". En estos suelos se requieren prácticas de manejo significativamente diferentes de las usadas en el suelo normal no erosionado.

Clase E3 - Erosión eólica severa: el horizonte superficial del suelo presenta pronunciada alteración en su estructura. El viento ha removido prácticamente la mayor parte del material fino del horizonte A<sub>1</sub> y aún parte del subyacente. Hay muchos montículos y presencia de algunos médanos activos aislados. Para establecer una fase se la denominará "fase severamente erosionada por viento". Estos suelos generalmente sólo son aptos para pasturas permanentes o forestaciones.

Clase E4 - Erosión eólica grave: el viento ha removido prácticamente todo el suelo. Hay abundancia de médanos activos y hoyas medanosas. No se establecerán fases. Se debe indicar con un símbolo en el mapa.

Clase E5 - Erosión eólica muy grave: el paisaje está formado casi exclusivamente por médanos o dunas vivas y hoyas medanosas. Son áreas que se señalarán con un símbolo en el mapa y con su nombre correspondiente.

La erosión eólica se señala en la ficha marcando la letra E en la casilla de la clase que corresponda.

#### PELIGRO DE EROSION O SUSCEPTIBILIDAD.

En los reconocimientos a menudo es conveniente señalar para cada grupo de suelos su erodibilidad o la susceptibilidad al fenómeno erosivo, bajo determinado conjunto de prácticas. De acuerdo con esto, los suelos se pueden agrupar en tres o en cinco grados de peligrosidad dependiendo ello del tipo de erosión que fuera de esperar según la región de que se trate.

El dato se indicará acompañado de las recomendaciones de manejo y sistemas de labranza adecuados.

Para establecer los grados de peligro o susceptibilidad al fenómeno de erosión hídrica, se deben tener especialmente en cuenta los siguientes criterios:

Porcentaje y longitud de las pendientes; textura del horizonte superior (o capacidad de campo del mismo); existencia de un horizonte B de escasa permeabilidad (o presencia de algún horizonte impermeable en el solum); intensidad de las precipitaciones en el lugar, especialmente el valor máximo de lluvias en 24 horas en cierta época del año; profundidad del horizonte impermeable y espesor del superficial. También puede ser útil para buscar dónde se pueden dar las condiciones para que el fenómeno se produzca, el tipo de explotación o unidades de subdivisión de la tierra, lo cual es especialmente útil en la región pampeana.

Grados de susceptibilidad a la erosión hídrica.

La erosión hídrica del suelo está vinculada al fenómeno

de la soliflucción, que se produce cuando la precipitación es tan intensa que supera la capacidad del suelo de eliminar rápidamente el agua de exceso. Si las lluvias hacen superar la capacidad de campo del horizonte A y la escasa permeabilidad del B no permite la eliminación del exceso de agua por infiltración, el suelo se satura. En caso que las pendientes sean suficientes para ello, comienza a deslizarse el material del A sobre el B (erosión mantiforme). Cuando el suelo es muy permeable, o la profundidad del horizonte A es grande, rara vez se alcanza a saturar todo el suelo superficial. En esos casos hay escaso peligro de erosión, aún en pendientes de clase 4a. ó 5a. En cambio, si existe un horizonte B arcilloso con un A arenoso de menos de 50 cm de espesor, puede éste saturarse de humedad con una lluvia intensa, que produce el deslizamiento del suelo superficial, aún en pendientes de clases 2a. ó 3a. Si la lluvia es torrencial se produce la erosión en zanjas o cárcavas, dependiendo ello de la irregularidad del terreno.

Como se ve, se deben hacer jugar varios factores para estimar la erodibilidad del suelo. Según estas consideraciones se establecen 5 grados de peligro de erosión por agua:

- 0 - Sin peligro de erosión hídrica.
- 1 - Muy leve peligro de erosión mantiforme.
- 2 - Leve peligro de erosión mantiforme y de formación de canchales.
- 3 - Moderado peligro de erosión. El suelo puede sufrir erosión en zanjas.
- 4 - Grave peligro de erosión. Se pueden formar cárcavas.

Grados de susceptibilidad a la erosión eólica.

El fenómeno está vinculado a un factor de manera decididamente climática:

la falta de lluvias en época de vientos secos. Los criterios para establecer la susceptibilidad a este tipo de erosión debe tener en cuenta, pues, las precipitaciones, la distribución de las mismas y el manejo del suelo, que puede aumentar el peligro de deflación por pulverización del suelo o exposición del mismo a los vientos desecantes. Se establecen 3 grados de peligro de erosión eólica, definidos sobre la base de la textura superficial y sobre todo del grado de estructura del mismo, estado de saturación con calcio de la fracción coloidal, además del criterio climático ya visto. Los tres grados son los siguientes:

- 0 - Sin peligro de erosión eólica (suelo no susceptible).

1 - Leve peligro de erosión (suelo susceptible).

2 - Grave peligro de erosión (suelo muy susceptible).

Los datos sobre peligro de erosión se anotan en la ficha especial dedicada a referencias de carácter utilitario, o en la página de "Anotaciones" de la ficha edafológica. Los grados de susceptibilidad no son aptos para establecer subdivisiones en el mapa en forma de "fases".

-----

## XII-LA VEGETACIÓN NATURAL Y EL USO DEL SUELO

La vegetación natural se debe registrar en la descripción del suelo siempre que sea posible. La correlación entre la vegetación y las unidades de suelos se hace con tres propósitos importantes: a) para comprender la edafogénesis, dado que la vegetación es uno de los más importantes factores dinámicos de formación de los suelos; b) para ayudar a reconocer los límites de suelos; c) para hacer predicciones acerca del tipo de vegetación natural y su cobertura a partir de los mapas de suelos.

Quando se hagan exámenes de suelos se enumerarán las especies dominantes y asociadas en el orden de su importancia. En áreas forestales, por ejemplo, se tratarán por separado, cuando sea posible, los distintos estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo).

Al resumir las descripciones individuales en una más general, se usarán los nombres de las asociaciones vegetales, como ser pastizales, estepa arbustiva, estepa gramínea, bosque de caldenes, selva, sabana, palmar, etc., etc.

Se pueden usar los nombres vulgares de las plantas, pero en los informes de reconocimiento se incluirán tanto los nombres vulgares como los científicos. Si fuera necesario se recurrirá a los servicios de un botánico taxonomista.

Por lo general existe íntima relación entre la vegetación natural y las unidades de suelos, aunque hay importantes excepciones especialmente entre los suelos azonales e intrazonales. Estas relaciones suelen hacerse algo confusas debido al uso, tala, pastoreo, quemadas, manejo, etc. Por ello no se puede elaborar el mapa de suelos estudiando solamente la vegetación, ni siquiera como rasgo principal del paisaje. Muchos tienen tendencia a cometer ese error, debido a que es más fácil observar la vegetación que el suelo mismo. Sólo correctas observaciones de ambos, suelo y vegetación, permite buenas correlaciones. Sin embargo, los patrones de la vegetación natural en las fotografías aéreas es un gran recurso para el clasificador y reconocedor de suelos, pero el uso de dichos patrones sin exámenes cuidadosos del suelo, conduce a la dificultad mayor para el edafólogo; el tener un mapa de suelos sin valor para establecer predicciones. Al clasificar el suelo y hacer las correspondientes predicciones en las unidades mapeadas, se debe tomar debida cuenta de cómo sus características influyen en la respuesta al manejo, y cómo aquéllas ejercen influencia sobre la vegetación en condiciones naturales, recordando que las plantas cultivadas tienen gene-

ralmente más exigencias en nutrientes que las plantas silvestres.

En el caso de vegetación herbácea se indicará el porcentaje aproximado de cobertura del tapiz, estimándolo por apreciación a ojo desnudo, pero sólo para los casos de asociaciones vegetales naturales. La ficha edafológica tiene una casilla dedicada a ese dato.

Cabe agregar que la vegetación natural, así como el uso actual de la tierra está entre los elementos de observación directa para el fotointérprete, tópicos al que este Manual le dedica un párrafo especial más adelante. (Véase pág. 114).

**USO DE LA TIERRA.** El patrón de uso de la tierra en el lugar de cada observación debe ser registrado junto con la descripción del suelo. No obstante, esas anotaciones no son adecuadas para establecer las predicciones de rendimiento y manejo. Se requieren para ello otras investigaciones, y éstas se desarrollan según normas distintas. Aquí sólo tratamos brevemente de las observaciones hechas en el campo en el momento de examinar y cartografiar los suelos.

Al realizar el mapeo se anotarán, además de los cultivos y manejos en el lugar de la observación, los tipos de cultivos y prácticas de manejo de las diversas unidades cartográficas de sitios representativos. Se requieren bastantes observaciones para describir el uso y el manejo de cada unidad, y ello suele ser objeto de un trabajo especial durante el reconocimiento.

En regiones donde predomina la agricultura se toma nota de:

- 1.- cultivos principales (clases, variedades, rotaciones).
- 2.- manejo usual (prácticas de laboreo, uso del barbecho limpio o sucio, cultivos en contorno o franjas o uso de terrazas u otras medidas de conservación del suelo, uso del encalado, fertilizantes, o estiércol; también si se quema o no el rastrojo, incorporación de materias verdes, etc.).
- 3.- estimación de los rendimientos, si fuese posible bajo distintos sistemas de manejo.

En regiones donde predomina la ganadería se toma nota de:

- 1.- pasturas naturales o sembradas (estado de las pasturas, mezclas de semillas usadas, rotación con cultivos o no).
- 2.- tipo de ganado y densidad de pastoreo (expresada en unidad de animales por hectárea; una unidad equivale a un vacuno o cinco ovinos).

En regiones de bosques se anota:

- 1.- el tipo de bosque (natural o implantado; especies forestales).
- 2.- el manejo usual del bosque.

Se pueden estimar rendimientos y receptividad después de medir parcelas y campos. Conversaciones con los productores ofrecen la oportunidad de anotar cifras de rendimiento y resultados del aterrazamiento, encañado, fertilización, etc., aunque tales anotaciones suelen estar sujetas a errores debidos a registros equivocados o fallas de la memoria. El examen detallado de los registros y de las prácticas agrícolas se hará como un estudio separado del examen de los perfiles y del mapeo, pero el buen observador saca muchas conclusiones sobre el uso de la tierra, mientras recorre el área de su trabajo. Los datos de valor utilitario se vuelcan en una ficha especial, como resultado de encuestas agronómicas especialmente levantadas.

En muchos reconocimientos se han presentado mapas auxiliares del uso actual de la tierra. Tales mapas son en general transitorios. No se deben dibujar sobre la misma hoja del mapa de suelos, pues no siempre coinciden en sus límites; además suelen elevar mucho los costos. Dado que el uso actual se puede deducir de la interpretación de los fotogramas, su mapeo especial no se justifica. La comparación de este mapa auxiliar, con el de clasificación por aptitud de tierras, (que siempre acompaña como mapa interpretativo al de las unidades de suelos) puede dar un valioso indicio de uso inadecuado en ciertas tierras.

Símbolos para el mapa de uso actual de la tierra. Cuando se decida hacer algún bosquejo del uso actual de la tierra, se utilizarán símbolos especiales, tales como por ejemplo, los siguientes, que se emplean en el levantamiento de la región pampeana:

- A - Tierras dedicadas en la actualidad exclusivamente a la agricultura, cultivos intensivos, áreas de chacras.
- AP - Tierras dedicadas en la actualidad a la explotación agropecuaria extensiva, con preponderancia de la agricultura sobre la ganadería.
- P - Tierras dedicadas en la actualidad exclusivamente a la explotación ganadera extensiva.
- PA - Tierras dedicadas en la actualidad a la explotación agropecuaria extensiva, con preponderancia de la ganadería sobre la agricultura.

- Pt - Zona ganadera predominantemente tambera.
  - Pi - Zona ganadera predominantemente de invernada.
  - Pc - Zona ganadera predominantemente de cría.
  - Pm - Zona ganadera predominantemente mixta (cría e invernada).
  - F - Tierras dedicadas en la actualidad a montes frutales.
  - H - Tierras dedicadas en la actualidad a horticultura y/o granja.
  - FH - Tierras dedicadas a fruticultura y horticultura.
  - B - Tierras bajo bosque natural.
  - BB - Tierras bajo matorral.
  - S - Tierras dedicadas a producción silvícola.
  - X - Tierras improductivas, incultas o vírgenes.
  - M - Areas misceláneas.
  - MI - Areas misceláneas ocupadas por industrias.
-

TERCERA PARTE

METODOLOGIA PARA LEVANTAMIENTOS  
EN ESCALA SEMIDETALLADA



### XIII-EL RECONOCIMIENTO SEMIDETALLADO DE SUELOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO INTENSIVO DE LA FOTOINTERPRETACIÓN

El levantamiento de suelos mediante el uso de la fotointerpretación como herramienta básica de trabajo, implica una técnica relativamente nueva que se encuentra en pleno desarrollo en varias partes del mundo. Se basa en el hecho de que los límites de suelos en general, se ven reflejados en las fotografías aéreas verticales. Por definición, los suelos se caracterizan por sus perfiles y por los paisajes naturales o artificiales en que han evolucionado. Al clasificar suelos, el técnico admite, para cada unidad, un cierto rango de propiedades, tanto en sus perfiles como en sus paisajes. Este rango admisible difiere según la escala y las finalidades del mapa. El hecho de que el suelo sea una entidad o un trozo de paisaje, permite en la mayor parte de los casos su delimitación en las fotografías aéreas, pues son justamente los tipos y las formas del paisaje lo que se destaca en las aerofotos mucho mejor que con inspecciones del terreno. Delimitando entonces esas entidades correctamente, se logrará trazar el mapa de las unidades de suelo sobre las aerofotos, con bastante seguridad.

En los mapas semidetallados, -o sea en aquellos de escalas al rededor de 1: 50.000-, se da mayor énfasis a la caracterización de los suelos como partes del paisaje. Cuando los fotogramas han sido tomados en escala suficientemente grande (1: 20.000 o mayor) con cámara y material fotográfico adecuado y bajo condiciones propicias, el detalle que un fotointérprete experimentado logra ver en los fotogramas le permite deducir muchas de las condiciones de los suelos que existen en distintos lugares. El trabajo de fotointerpretación consistirá en identificar, reconocer, relacionar y combinar los rasgos y las características de los paisajes.

Sobre la base de estas observaciones directas se realiza la delimitación de las unidades de suelos y la comparación con suelos similares; en otras palabras, la fotointerpretación facilita el trazado de los límites de suelos. Los perfiles mismos, por supuesto, no se ven en los fotogramas, aunque de la observación directa de estos últimos se pueden deducir ciertas propiedades tales como condiciones de drenaje, permeabilidad, pendiente, erosión y a veces textura; de modo que para la clasificación de los suelos de una región, el estudio de los perfiles en el campo seguirá siendo imprescindible.

La identificación, descripción, clasificación, muestreo y correlación de los perfiles para componer las unidades de mapeo es una tarea de campo invariablemente necesaria y no puede ser sustituida por la fotointerpretación. La fotointerpretación sustituye sí al trabajo

de búsqueda de los límites de suelos. Se estima que en levantamientos semidetallados esa búsqueda insume alrededor del 70 al 80% del trabajo de campo cuando se utilizan los métodos clásicos con plancheta. Emplean do intensivamente la fotointerpretación esto se logra simplificar mediante tareas casi exclusivas de gabinete, que se terminan en un lapso ínfimo con una precisión y una prolijidad muy superior al levantamiento a plancheta.

El ahorro de tiempo y gastos para levantar una superficie dada utilizando fotoanálisis y fotointerpretación, dependen principalmente de los siguientes factores: 1) La naturaleza del terreno por levantar. 2) La adecuación de las fotografías aéreas. 3) La escala elegida para el levantamiento. 4) La habilidad de los técnicos.

1) Como regla general, la fotointerpretación para fines edafológicos se efectúa con más facilidad en terrenos abiertos y desarrollados en materiales sedimentarios, que en las zonas cubiertas con vegetación selvática o desarrolladas sobre rocas ígneas o metamórficas. Además los límites de suelos en las regiones sedimentarias, en general son más netos y más claros que en las originadas a partir de rocas ígneas y metamórficas. Asimismo, las superficies cubiertas por vegetación arborea ocultan más los límites de suelos que las áreas abiertas, sin vegetación, o las tapizadas por vegetación herbácea. También la accesibilidad es una característica del terreno; en áreas remotas e inaccesibles la fotointerpretación muestra una indudable supremacía sobre los levantamientos clásicos a plancheta.

2) Con respecto a la adecuación de los fotogramas como factor de ahorro de tiempo y gastos en levantamientos de suelos, se da por sobre entendido que la mayor nitidez y definición de la imagen fotográfica facilita la fotointerpretación.

Las condiciones del tiempo, el tipo de película, el tipo de papel de reproducción, y la cámara y los filtros usados, todo ello influye significativamente en la calidad de las fotografías. Además hay exigencias fotogramétricas que determinan el valor de los fotogramas; sólo cuando los fotogramas han sido tomados con un cubrimiento longitudinal y lateral adecuado (55 a 65% en el sentido del vuelo y 15 a 30% en el sentido de ambos linderos) es factible la inspección estereoscópica de toda la región volada. Aparte de las exigencias de cubrimiento del área, también el material aerofotográfico deberá cubrir ciertos requerimientos con respecto a otras condiciones de vuelo, como escala de toma, deriva "cangrejo", ángulo de giro e inclinación máxima permitida del avión durante la toma. Todos estos factores influyen en la adecuación del material fotográfico y en conjunto determinan su valor como herramienta para el levantamiento de suelos.

3) El ahorro de tiempo y gastos totales del relevamiento está muy influenciado por la escala exigida. Como dato orientativo se puede decir que en levantamientos semidetallados, es decir, en escalas entre 1: 50.000 y 1: 100.000 el ahorro de tiempo y gastos utilizando la fotointerpretación sistemática es relativamente mayor. En levantamientos

detallados o muy detallados (de una escala de 1: 10.000 a 1: 5.000 o mayores) el ahorro de tiempo y gastos utilizando la fotointerpretación es menor, lo cual es debido al hecho de que en todos los levantamientos muy detallados siempre se ha de requerir un número relativamente grande de observaciones de campo.

4) La habilidad como fotointérprete del técnico reconocedor, es un factor difícilmente ponderable en cuanto a ahorro de tiempo y gastos para levantar suelos, pero baste decir que fotointérpretes y reconocedores experimentados y bien entrenados, pueden realizar el trabajo mucho más eficientemente que los fotointerpretadores con poca experiencia en suelos. La experiencia del fotointérprete, si bien es un factor imponderable, juega un rol muy importante, y puede determinar el éxito o el fracaso de la técnica empleada.

#### **MATERIALES BASICOS PARA FOTOINTERPRETACION DE SUELOS.**

Para reconocimientos basados en foto-

interpretación se requieren los mismos elementos que son esenciales en todo levantamiento de suelos y además el instrumental y los materiales específicos para el uso de fotografías aéreas.

El material aerofotográfico requerido incluye fotografías aéreas, foto-índices y mosaicos aerofotográficos.

#### **FOTOGRAFIAS AEREAS.**

Deben ser tomadas en una escala adecuada para las finalidades del mapeo. Para levantamientos semidetallados de suelos (escala alrededor de 1: 50.000) la escala de los fotogramas conviene que no sea menor de 1: 20.000. Para los reconocimientos de suelos a escalas entre 1: 100.000 y 1: 250.000 es aconsejable tener fotogramas en 1: 40.000. Por otra parte, los levantamientos detallados (escalas entre 1: 5.000 y 1: 15.000) en áreas de riego o de cultivos intensivos, precisan fotogramas de una escala mayor. Nunca es aconsejable utilizar fotogramas de una escala más chica que la escala del levantamiento de suelos. El uso de ampliaciones para los trabajos rutinarios de fotointerpretación no es aconsejable y sólo se puede justificar en casos especiales.

Las fotografías aéreas deben obedecer a ciertas especificaciones que hagan posible su uso exhaustivo. En general estas especificaciones abarcan los siguientes puntos:

- a) La escala de los fotogramas: Se admite por lo general una tolerancia en la variación de la escala especificada, de un máximo de 2,5% por arriba o por debajo.
- b) Cubrimiento longitudinal: Para tener visión estereoscópica

en todo un fotograma, el cubrimiento longitudinal mínimo debe ser del 50%. En general se exige un cubrimiento longitudinal entre 55 y 65% para tener una buena estereoscopia y sin la necesidad de revisar un número exagerado de fotografías.

- c) Cubrimiento lateral: Para un buen cubrimiento lateral de toda el área bajo investigación se necesita una superposición de los fotogramas entre 15 y 30% de su superficie.
- d) Inclinación máxima de la cámara durante las tomas: Son preferibles las fotografías verticales, pero se admite una inclinación de la cámara hasta un máximo de 3°. En fotografías perfectamente verticales el punto principal coincidirá con el nadir de la fotografía.
- e) Angulo de giro: El ángulo de giro permitido entre dos fotogramas consecutivos no ha de exceder los 5° y para todo el recorrido no pasará de 10°.
- f) Deriva ("Drifting" y "Crabbing"): La deriva máxima permitida entre dos fotogramas consecutivos no excederá el 5% de la medida del fotograma. Para fotografías de 23 x 23 cm esto significa que entre dos fotos consecutivas, la deriva máxima admisible será de 11,5 mm. Otras especificaciones se refieren a condiciones de nubosidad, niebla y sombra de nubes. Para levantamientos de suelos, no se debe admitir ningún grado de nubosidad durante la toma, pues las nubes y sus sombras ocultan la imagen del terreno dificultando la fotointerpretación. El uso de película hipersensibilizada al rojo disminuye el deterioro de la imagen debida a niebla, pero a pesar de ello no es aconsejable tomar fotografías en condiciones de niebla terrestre.
- g) Tipos de película y de cámara, filtros y tamaño de las copias de contacto: deben ser especificados debidamente antes de la toma. En trabajos de suelos, la película Pancromática Plus X, con filtro ultravioleta se recomienda para fines generales. En ciertos casos son aconsejables tanto la infrarroja como la película en colores, pero se debe tener en cuenta que el precio de esas películas y/o sus reproducciones son por lo general, prohibitivas para su uso en gran escala. Un tamaño de 9 x 9" (23 x 23 cm) para trabajos generales es lo más práctico en levantamientos de suelos, aunque también suelen usarse otros tamaños.

FOTO-INDICES. Los foto-índices representan la compaginación de fotogramas individuales que componen un cierto número de recorridos aéreos. Hay dos tipos de foto índices:

- 1º) El gráfico de los vuelos. Se obtiene al volcar la ubicación de los recorridos aéreos en un mapa de la región volada.
- 2º) El foto-índice fotográfico. Este se obtiene por yuxtaposición de las fotografías individuales de cierto número de recorridos, de tal manera que la posición de ellos esté en una fiel relación con la verdadera ubicación en el terreno.

Ambos tipos de foto-índices se usan para localizar rápidamente los recorridos y las fotografías individuales. Cuando las fotos individuales estén a escala 1: 20.000, el foto-índice será hecho preferiblemente en escalas entre 1: 100.000 y 1: 200.000.

En los trabajos de levantamientos de suelos son preferibles los foto-índices fotográficos, en lugar de los gráficos de vuelos.

**MOSAICOS AEROFOTOGRAFICOS.** Un mosaico aéreo (o "foto-mosaico") es una composición de fotografías aéreas cuyos esquineros se han hecho coincidir, para formar una representación fotográfica continua de una porción de la superficie terrestre.

Hay tres tipos de mosaicos aéreos: 1º) el mosaico "no controlado" o "no apoyado"; 2º) el mosaico "semi-controlado" o "semi apoyado"; 3º) el mosaico "controlado" o "apoyado".

Un mosaico no controlado se confecciona yuxtaponiendo fotografías aéreas sin restitución o sin enderezamiento ninguno, haciendo coincidir lo mejor posible los detalles fotográficos de foto a foto sin ningún apoyo terrestre.

Un mosaico semi-controlado se construye de la misma manera, pero con la ubicación de las fotografías ya apoyadas sobre la base de un mapa topográfico o de un documento similar.

Un mosaico controlado o apoyado, se elabora por yuxtaposición de fotografías aéreas restituidas y enderezadas, en base a un control topográfico terrestre.

Un mosaico controlado es el más fiel, pero su confección es en general de costo elevado, porque se debe hacer la restitución y el enderezamiento de un buen número de fotografías.

Para el mapeo de suelos se prefieren los mosaicos semi-controlados; estos no cuestan sensiblemente más que los no controlados, y representan una reproducción suficientemente fiel de una parte de la

superficie terrestre.

Los mosaicos se componen de copias fotográficas por contacto, es decir, que la escala del mosaico original es la misma que la escala de las fotografías individuales.

Para la reproducción de estos mosaicos, se elige una escala cercana a la requerida por el levantamiento de suelos. Cuando se ha elegido una escala de, por ejemplo, 1: 50.000 para un levantamiento semi-detallado, la escala de las reproducciones de mosaicos será también cercana a 1: 50.000, o sea, la escala de publicación del mapa.

Para reconocimientos menos detallados, las reproducciones de los mosaicos pueden ser de una escala menor a la requerida por el mapeo.

#### INSTRUMENTAL PARA LA FOTOINTERPRETACION.

El instrumental para la fotointerpretación es relativamente simple y consistente esencialmente de un estereoscopio.

te esencialmente de un estereoscopio.

El estereoscopio es un aparato óptico binocular (1) que sirve para observar fotografías aéreas en pares, adecuadamente orientadas, con el fin de obtener una imagen tridimensional del área fotografiada. Hay dos tipos de estereoscopios en uso: el estereoscopio de bolsillo, que sirve para observaciones y averiguaciones rápidas en campaña y en gabinete y el estereoscopio de mesa, que es el aparato fundamental para las observaciones y estudios de gabinete.

Con el estereoscopio de mesa, que permite observar tranquilamente un amplio campo sin mover las fotografías, se hacen casi exclusivamente los trabajos rutinarios de gabinete de fotointerpretación y el trazado de los límites de suelos en los pares estereoscópicos.

En líneas generales el estereoscopio de mesa está provisto de aumentos oculares que agrandan o aumentan la imagen de los detalles fotográficos para ayudar a la identificación correcta de los objetos fotografiados.

Además el estereoscopio de mesa suele estar equipado con una "barra de paralaje". Este es un instrumento para medir diferencias de paralaje en los pares estereoscópicos, que es la base de las mediciones de desniveles.

El estereoscopio de bolsillo no se utiliza para trabajos rutinarios de fotointerpretación ni para el trazado de límites en los pares. Es más bien un aparato auxiliar, que sirve para observaciones rá-

(1).- Varios modelos se hallan en uso: de espejos, de lente o de prismas. Los modelos de mesa más modernos combinan estos recursos.

pidas en condiciones que no permitan el montaje de un estereoscopio de mesa.

El instrumental rutinario de fotointerpretación incluye además varios útiles auxiliares para hacer mediciones en los fotogramas. Tales son, por ejemplo, las retículas transparentes para medir áreas o densidad de copas de árboles, para calcular paralajes y pendientes, etc.

Los cálculos principales que se necesitan en fotointerpretación de suelos son los siguientes: medición de áreas y superficies, medición de distancias y cálculo de pendientes mediante la medición de diferencias de paralaje. Hacer mediciones exactas sobre fotografías aéreas es el objeto de estudio de la fotogrametría. Un fotointérprete siempre necesita una buena base fotogramétrica para hacer estas mediciones con éxito.

**MATERIAL CARTOGRAFICO BASICO.** Antes de empezar un levantamiento de suelos se reúne todo el material topográfico existente de la región que servirá como base de orientación. Los mapas topográficos provistos de cotas altimétricas son los que se prefieren, pero existen muchos lugares en el mundo que carecen todavía de cartografía fidedigna o que sólo están provistos de cartografía aproximativa o a escalas muy pequeñas.

De todos modos, al empezar su trabajo, el reconocedor de suelos debe asegurarse de contar con todo el material topográfico disponible. La mayor parte de la región pampeana está provista de muy buena cartografía a escala 1: 50.000, 1: 100.000 y/o 1: 500.000. Las hojas 1: 50.000 tienen cotas altimétricas con equidistancias de 1,25 m. Tal cartografía es ideal para levantamientos de suelos cuando se completan con los foto-mosaicos y con las fotografías aéreas individuales de la región.

Otra cartografía básica que se consulta en los levantamientos de suelos son las cartas geológicas (a cualquier escala), los mapas hidrográficos e hidrogeológicos, los bosquejos fitogeográficos, los mapas geomorfológicos, los atlas climáticos de diversos tipos y, por supuesto, los antecedentes cartográficos que existan con información edafológica, tales como los mapas esquemáticos de "grandes grupos" de suelos.

Todo este material sirve como base y punto de partida para el relevamiento cartográfico de los suelos.

**ELEMENTOS DE JUICIO PARA EL FOTO-INTERPRETADOR.**

abarca dos aspectos:

La interpretación sistemática de fotografías aéreas a-

- a) todo lo que los fotogramas revelan a la observación directa, con o sin ayuda del estereoscopio y con o sin aumento. Este aspecto constituye la parte analítica de la fotointerpretación y empieza con la identificación de los objetos (bosques, montes, árboles, caminos, casas, vías férreas, etc., etc.), el análisis de los elementos naturales (topografía, paisajes, condiciones de erosión y drenaje, vegetación y otros aspectos observables) y el reconocimiento de los rasgos culturales causados por la intervención del hombre en la naturaleza (uso de la tierra, parcelación, riego, desagüe, urbanizaciones, erosión acelerada, etc., etc.).
- b) todo lo que se puede deducir de las observaciones directas, por combinación o por razonamiento, sobre condiciones invisibles por sí mismas. Este aspecto es la parte deductiva o sintética de la fotointerpretación, y es la fotointerpretación propiamente dicha. Interpretación, según una de sus definiciones (Colwell), es la predicción de condiciones que por sí mismas son invisibles. Sin perderse en fantasías, un buen fotointérprete debe ser imaginativo y ha de estar provisto de un razonamiento sobrio, para que las interpretaciones tengan buen sentido. En materia de suelos la parte deductiva de la fotointerpretación nos puede revelar datos acerca de los materiales originarios, la permeabilidad, ciertos aspectos del clima, influencia del hombre en la evolución de los suelos y a veces algo sobre la edad relativa de los mismos.

El conjunto de observaciones directas y deducciones que de ellas se hagan, nos da los elementos de juicio para aproximarnos a las condiciones del suelo que sean de importancia en un levantamiento semi-detallado.

#### CARACTERES DE OBSERVACION DIRECTA EN LAS AEROFOTOS.

Son rasgos o características directamente visi-

bles en los fotogramas, y se refieren en primer lugar a "tono", "textura" y "patrones o diseños".

TONO es una medida relativa de la luz reflejada por los objetos fotografiados. En fotogramas en blanco y negro, los tonos representan todas las variaciones del gris, desde el negro hasta el blanco. Del tipo de película y de los filtros usados durante la toma dependen los tonos que muestran los colores de los objetos fotografiados. En la película Pancromática Plus X que es hipersensibilizada para el rojo, los objetos de este color aparecen con tono más claro que los de color azul o verde.

El tono, además de depender del color natural de los objetos, depende del grado de reflexión de los mismos y en consecuencia, de su posición en la fotografía y de la hora de la toma. Los cuerpos de agua que reflejan directamente la luz del sol en la cámara, muestran un tono muy claro (blanco), pero cuando no reflejan el sol, el tono es oscuro o



muy oscuro (negro). Asimismo, en la película Plus X hipersensibilizada, distintos grados de humedad en el suelo son reflejados con distintas tonalidades. Un suelo húmedo muestra un tono más oscuro que un suelo seco. En algunos casos -aunque ello no se debe generalizar-, distintos tonos en la misma foto representan suelos de distinto grado de retención de agua, y eso está vinculado con la clase textural del suelo.

En tales casos los suelos arenosos muestran tonalidades más claras que los suelos arcillosos. Distintos tipos de vegetación también se destacan por diferencias de tono y aún la misma vegetación en distintas épocas de toma muestra un tono diferente. Un campo de trigo en macollo se verá con un tono más oscuro que durante la espigazón; durante la maduración el tono se pone muy claro, y llega a ser casi blanco en el estado de madurez. El tono, aunque es un elemento de juicio fundamental, es causado por un conjunto de factores (color, absorción de ciertas gamas del espectro, grado de reflexión, posición relativa en la foto, etc.), que en muchos casos requieren otras evidencias para su explicación correcta.

TEXTURA (de las fotografías aéreas) se refiere a la frecuencia en los cambios de tono en las imágenes, según definición de Colwell. La textura se produce por un conjunto de elementos que son, por sí mismos demasiado pequeños para ser distinguidos con claridad en las fotografías.

La textura es un carácter de conjunto, y puede compararse con el conjunto de las hojas de un árbol, así cada una de las hojas es demasiado pequeña para poder ser distinguida, pero en conjunto forman una "textura" que es típica para cada especie de árbol.

La textura de las fotografías es un elemento de juicio más firme que el tono, pues texturas similares pueden ya indicar condiciones similares.

PATRÓN O DISEÑO en las fotografías aéreas es el ordenamiento especial de fenómenos naturales o culturales. El conjunto de texturas fotográficas pueden formar un diseño o patrón. Los patrones son elementos de juicio sumamente valiosos en fotointerpretación, porque patrones idénticos o similares en distintas fotos por lo general indican condiciones idénticas o similares. En interpretación para suelos siempre hay que buscar los patrones de topografía, relieve y micro-relieve, patrones de estratigrafía, de erosión, de drenaje, de vegetación, de uso de la tierra, patrones urbanos, etc., etc. Merced a estas observaciones, los patrones de suelos se descubren con más claridad. Por el grado de similitud de los patrones o diseños y de las texturas fotográficas, se puede deducir el grado de semejanza en suelos de lugares separados. El concepto de patrón o diseño será desarrollado más adelante con detalle, al discutir los elementos naturales que se deben estudiar en las fotografías.

El tono, la textura y el patrón de las aerofotos se hallan vinculados según la escala de las mismas. En fotografías de pequeña escala

aparece como tono lo que en escala más grande ya es observable como textura y en escala aún mayor como patrón o diseño. Los distintos elementos naturales, que se considerarán a continuación, nos son revelados a través del tono, textura o patrón, lo cual dependerá del tamaño de los objetos o fenómenos y de la escala de la fotografía.

#### ELEMENTOS DE OBSERVACION DIRECTA.

Los elementos de observación directa se pueden subdividir en elementos naturales y elementos o rasgos culturales. Los primeros muestran un conjunto de características que los distinguen de los elementos culturales (influencia de la naturaleza versus influencia del hombre). Siempre conviene decidir primero si un fenómeno es debido a causas naturales o artificiales antes de entrar en más detalle.

Los elementos naturales de importancia para conocer los suelos comprende tres aspectos, vinculados a Topografía, a Erosión y drenaje y a Vegetación. Los aspectos vinculados a elementos culturales comprenden uso y parcelación de tierras, canales, vías de comunicación, obras de riego, etc., etc.

#### Elementos vinculados a la topografía.

1. Pendientes. La pendiente es el elemento básico de la topografía. Se debe diferenciar por su gradiente, su forma, su longitud, su dirección y su regularidad.

De acuerdo con el GRADIENTE las pendientes han sido subdivididas en siete clases (véase página 22). Estas clases, que son la base para la subdivisión de series de suelos en "fases por pendiente", se pueden distinguir en las fotografías aéreas mediante mediciones con la barra de paralaje o utilizando una retícula de comparación de pendientes. Los gradientes observados en las fotos aéreas se ven exagerados en el sentido vertical y para leer el gradiente real debe hacerse una corrección.

La FORMA de la pendiente puede ser la de plano inclinado, cóncavo, convexo, convexo-cóncavo, irregular o complejo. Los conos de deposición se caracterizan por pendientes-cóncavas, las pendientes que se forman en terrazas aluviales son convexo-cóncavas (terrazas altas, antiguas) o cóncavas (terrazas bajas, recientes).

Con respecto a LONGITUD de la pendiente conviene distinguir arbitrariamente pendientes cortas, medianamente largas y muy largas. Por ejemplo, para la pampa ondulada pendientes cortas, son las de menos de 50 m de longitud, medianas las de 50 a 500 m, pendientes largas de 500 a unos 2000 m. Las pendientes de más de 2 kilómetros se consideraran como muy largas.

La DIRECCION de la pendiente es una característica que influ-

ye en el microclima del lugar. En el hemisferio sur las pendientes con dirección norte tienen un microclima más oálido que las pendientes con exposición al sur. En el hemisferio norte ocurre lo contrario.

En áreas de cultivos sensibles como la vid y ciertos frutales, la dirección de la pendiente puede influir mucho en la capacidad productiva de los suelos.

La REGULARIDAD de las pendientes es una característica que causa regularidad en los paisajes. Pendientes quebradas y cortadas por cárcavas de erosión dan al paisaje un aspecto distinto al que presenta pendientes suaves y normales.

2. Formas del paisaje. La forma del paisaje (dentro de un espacio limitado), está dada por el patrón de pendientes. O dicho de otro modo: las pendientes en conjunto dan forma al paisaje. Las distintas formas de paisajes se distinguen por su aspecto, grado de desarrollo, dimensión y regularidad.

Con referencia al ASPECTO, las formas del paisaje no son sino "pequeñas unidades geomorfológicas" que componen un tipo de paisaje, por ejemplo lomas redondeadas, lomas extendidas, lomas con tosca, médanos, dunas, planicies de inundación, terrazas intermedias, terrazas altas, largas pendientes de loma, barros blancos, etc., etc.

El GRADO DE DESARROLLO de un paisaje es un criterio importante de observación directa y da indicaciones sobre la madurez y el grado de desarrollo de los suelos.

Paisajes de formación reciente han de mostrar suelos de escaso desarrollo de perfil genético; por el contrario, paisajes más antiguos o seniles se caracterizan por perfiles genéticos maduros en parte erosionados. Entre una forma de paisaje incipiente y una forma senil, se puede observar todo un rango de grados de desarrollo que corren paralelos con los grados de desarrollo de los perfiles de suelos. Los grados de desarrollo de perfiles pueden ser un criterio para caracterizar series, como más adelante se verá.

La DIMENSION de la forma del paisaje siempre juega un papel importante en levantamientos cartográficos. De la escala del levantamiento dependerá que se puedan representar o no, todas las formas que componen la totalidad de un tipo de paisaje.

La REGULARIDAD en la forma del paisaje es otro recurso en la observación directa. Formas regulares, que se repitan con el mismo aspecto en distintos lugares, pueden indicar condiciones de suelos similares.

3. Tipos de paisaje. El tipo de paisaje es un complejo de formas de paisaje, que siguen por lo general un determinado patrón.

En lo que respecta al tipo de paisaje, -que se puede observar directamente en las fotografías, y mejor aún en los mosaicos aéreos-, se deben contemplar los siguientes aspectos: su grado de desarrollo, su aspecto general, su dimensión, su regularidad.

El tipo de paisaje tal como lo consideramos aquí, es idéntico al concepto de "gran unidad geomorfológica" que se utiliza en el levantamiento de la región pampeana. Dentro de la pampá hay un número bastante grande de unidades geomorfológicas, como por ejemplo la pampa ondulada, la pampa deprimida, la pampa arenosa, la pampa serrana, la pampa interserrana, etc. Estos constituyen diversos tipos de paisajes, que requerirán estudio por separado.

Los diversos tipos de paisaje se distinguen pues por sus distintos patrones de formas y dentro de cada tipo hay diferencias en el grado de desarrollo, aspecto general, dimensión relativa y regularidad.

Con respecto a su grado de desarrollo, como en el caso anterior, se deben distinguir los tipos de paisajes recientes, los evolucionados y los tipos más antiguos o seniles. El grado de desarrollo de los suelos, también aquí, va paralelamente con el grado de desarrollo de los tipos de paisaje.

El aspecto general de un tipo de paisaje, también es factor importante de observación directa. Este aspecto se aprecia mejor en los fotomosaicos que en las fotografías separadas.

Además del aspecto, se observarán la dimensión y la regularidad de los tipos que se puedan distinguir en la región a levantar.

En relación con los tipos y formas del paisaje, se han de consultar los manuales de Geomorfología, ya citados en un capítulo anterior, o cualquier otro de asidua figuración en las bibliografías especializadas. Compárense las condiciones del paisaje, con las "formas del relieve" y "micro-relieve" citadas oportunamente (ver capítulo III).

4. Estratigrafía y estructura geológica. La estratigrafía y la estructura geológica, en muchos casos, son elementos de observación directa en las fotografías aéreas. Lo que interesa al fotointérprete en cuanto a las condiciones de los suelos, es la presencia de fallas o de fracturas, la existencia de capas en pendiente o con cierto buzamiento, su tipo, tamaño y la regularidad de los fenómenos.

Elementos vinculados a erosión y drenaje.

La erosión y el drenaje de los distintos ambientes son aspectos importantes que tocan directamente a la naturaleza de los suelos. Aspectos de erosión se pueden observar en casi todas las fotografías tomadas en una escala de alrededor de 1: 20.000 o en mayor escala.

1. Erosión. En materia de erosión es posible distinguir en las fotografías de escala 1: 20.000, el tipo (erosión hídrica o eólica), la forma (erosión hídrica en zanjas y cárcavas; erosión laminar o mantiforme; deflación), la dimensión o extensión del área afectada, la densidad de las zanjas y cárcavas y la regularidad o irregularidad observable de los fenómenos erosivos.

Además, en áreas de erosión activa, se pueden distinguir los lugares en que ha habido acumulación de material erosionado de otros sectores, en forma de depósitos coluviales, aluviales, eólicos, etc.

El conjunto de estas observaciones directas nos indica el patrón de erosión de la región estudiada y dice mucho acerca de la dimensión, la intensidad y la gravedad del fenómeno en distintos sitios. Patrones de erosión similares en distintos sectores indican similitud de problemas y pueden señalar una relativa semejanza entre los suelos afectados.

El alcance de los fenómenos erosivos en cada una de las unidades de mapeo sirve de base para la adjudicación del grado de erosión correspondiente, y por ende para delimitar fases por erosión cuando la extensión del fenómeno y la escala del mapa permitan su representación cartográfica diferenciada de la unidad normal. Sobre el establecimiento de fases por erosión en las unidades de mapeo, se tratará en el capítulo XV. La delimitación de estas fases por erosión o por acumulación de material coluvial, es factible mediante foto-interpretación.

2. Drenaje. Los aspectos de drenaje igualmente son visibles en los fotogramas de escala 1: 20.000. El análisis respectivo debe ser realizado a distintas escalas.

El diseño o patrón de drenaje de una región se estudia sobre fotomosaicos y planchetas topográficas de escalas entre 1: 50.000 y 1: 500.000. Su textura (densidad relativa de las vías y cuerpos de agua temporarias y permanentes) su tipo (dendrítico, pinado, enrejado, rectangular, paralelo, anárquico, radial, lacunar, etc., etc.) el tamaño o extensión que abarca y su regularidad, son los caracteres más importantes para tener en cuenta. El diseño de drenaje de una región se debe observar de preferencia abarcando un área de no menos de 1500 Km<sup>2</sup> a la vez. Para el estudio analítico es conveniente reproducir la red de drenaje completa del área, en un transparente a una escala entre 1: 100.000 y 1: 250.000.

Del diseño de drenaje, especialmente del tipo y textura, se puede deducir una información bastante completa sobre la estructura geológica de una región y sobre la naturaleza y características de los materiales originarios de los suelos y su distribución. También es posible evaluar la influencia de la capa freática sobre los suelos. Las áreas con suelos hidromórficos y semi-hidromórficos se distinguen por lo general notablemente de las que presentan suelos moderadamente bien drenados y éstos a su vez de las que tienen suelos algo excesivamente drenados. Así, por ejemplo, las áreas con un drenaje anárquico o divagan-

te tienen por lo general suelos hidromórficos (gleizados), mientras que las áreas con un tipo rectangular se distinguen por sus suelos bien drenados. Áreas sin red de drenaje, en zonas climáticas húmedas o sub-húmedas indican suelos excesivamente drenados. Áreas planas o relativamente planas, con abundantes charcas y manchones de encharcamiento indican suelos pobremente drenados, mientras que la ausencia de estas charcas revela buenas condiciones de drenaje.

El análisis exhaustivo del diseño de drenaje en todos sus aspectos es un paso indispensable para entender las características de los suelos de una región. Para cada cuenca imbrífera se determina el tipo de drenaje, su textura, regularidad y extensión, para luego proceder al estudio de las condiciones de drenaje y desagüe local.

El análisis del drenaje y desagüe local se hace bajo estereos copio en fotogramas de escala 1: 20.000 o similares. Las condiciones locales de drenaje se determinan por la permeabilidad del suelo, el grado de estancamiento o escurrimiento que permite la topografía, el relieve (microrrelieve) y el nivel y fluctuaciones de la capa freática. Estos tres aspectos pueden ser leídos o deducidos en fotogramas de buena calidad. En su conjunto estas condiciones de drenaje dan la base para la adjudicación de una clase de drenaje a las unidades de mapeo. Así también, la delimitación de fases por drenaje en el mapa de suelos se efectúa a base de estas observaciones, después de su investigación en el campo.

Parte del análisis del drenaje y el desagüe de una región es también la observación de las características de los ríos, arroyos, cañadas, lagunas, bañados, esteros y charcas. El aspecto, el tipo, forma y tamaño, la regularidad y la densidad de cada uno de estos cuerpos de agua son objeto de observación en los fotogramas, los mosaicos y las planchetas.

Estas observaciones, -entre otras el trecho erosivo y el trecho sedimentario de cada río o arroyo-, permiten delimitar las áreas con saldo negativo y con saldo positivo en el balance de los materiales del suelo.

Las áreas costeras y las áreas bajo influencia de las mareas se caracterizan por un drenaje y desagüe especial, que se destacan bien en las fotografías aéreas. La forma, el aspecto, la densidad, el tamaño y la regularidad de las caletas, tanto las recientes y sub-recientes como las más antiguas (en planos costeros levantados) revelan condiciones de drenaje y enseñan mucho sobre la naturaleza de los materiales de los suelos de tales lugares.

#### Elementos vinculados a la vegetación.

En las fotografías aéreas la vegetación se refleja en gran parte a través del tono, la textura y el patrón observable. Ya en fotogramas de una escala 1: 20.000 es posible distinguir entre vegetación na-

tural herbácea y vegetación arbustiva y forestal (utilizando el aumento del estereoscopio). Esta diferenciación por tamaño de los objetos observados se hace después de determinar si la vegetación es natural o artificial (campo cultivado) o si se trata de un re-establecimiento de vegetación natural después del cultivo.

Observando la distribución de tono, textura y patrón en los fotogramas se tienen, por lo común, suficientes elementos de juicio para determinar si la vegetación es natural o cultivada. Las áreas donde se esté re-estableciendo una vegetación natural después de uno o más años de cultivos se reconoce bien por los restos de patrones de labranza, regularidades en la parcelación o por otros rasgos que revelan el uso anterior de la tierra.

Quando una vegetación es realmente natural, ha de seguir en su distribución por lo general las condiciones del suelo. Las comunidades vegetales naturales responden en su composición a las condiciones ecológicas del lugar, de cuyo complejo el suelo forma parte.

Las comunidades vegetales se distinguen en los fotogramas por diferencias de tono, textura y/o patrón, pero hay que recordar que éstas suelen evolucionar y cambiar según la estación climática y durante el transcurso del año.

Quando todas las fotografías de un área han sido tomadas durante la misma estación climática y en un tiempo limitado, la semejanza de patrones de vegetación natural de distintos sitios nos indica un grado de semejanza entre esas comunidades. Si estas comunidades son específicas, y responden a condiciones específicas del suelo, se puede deducir el grado de semejanza del suelo.

Hay muchos ejemplos de comunidades de vegetación natural específica, que reflejan en forma directa las condiciones edáficas. Suelos salinos, suelos alcalinos, suelos muy ácidos, suelos mal drenados, suelos de drenaje estancado, suelos de drenaje excesivo, suelos arcillosos, etc., etc., se destacan bajo una vegetación natural por los patrones de vegetación que sostienen. Asimismo se destacan los cambios en las texturas (granulometría) de los suelos.

En una región de vegetación natural o semi-natural, el reconocedor de suelos siempre debe estar atento para descubrir los patrones de las comunidades vegetales específicas o de especies determinadas.

Con respecto a la vegetación natural específica se presentan dos casos:

- a) Vegetación específica positiva, que indica la presencia de ciertas condiciones del suelo.
- b) Vegetación específica negativa, que indica la ausencia de ciertas condiciones del suelo.

Ejemplos del primer caso son las comunidades edáficas alcalinas (*Distichlis spicata* o pelo de chanco, *Frankenia grandiflora*, *Sporobolus airoides* o "tussock"), salinas (*Salicornia* sp, *Statice* sp, *Atriplex* sp, etc.), con drenaje estancado (comunidades de juncáceas), con la napa freática cerca de la superficie (*Artemisia* sp, y también *Distichlis stricta* o cola de chanco, cuando el suelo es además alcalino). Otros ejemplos de plantas indicadoras positivas son las comunidades florísticas de suelos con calcáreo y/o yeso.

La relativa abundancia de ciertos elementos químicos en el suelo también puede reflejarse en la presencia de ciertas especies; bien conocido es el caso de *Viola calaminaria* et *zinci*, cuya presencia indica con seguridad un alto contenido de zinc en el suelo, o *Melandrina dioecum* y *Viscaria alpina* que revelan presencia de cobre.

Ejemplos de plantas indicadoras negativas son entre otras las comunidades calcifugas, que señalan suelos muy pobres en calcio; estos suelos son por lo general ácidos, con alta proporción de aluminio intercambiable. Especies de esta característica son las Theáceas (*Cameia*, *Azalea*), Dipterocarpaceas, Ternstroemiae y Symplocos, entre otras. Todas las especies de plantas acumuladoras de aluminio son calcifugas, pero el caso contrario no se cumple.

De las plantas indicadoras hay que distinguir las acumuladoras. Las plantas acumuladoras no son específicas, pero su abundancia y su presencia masiva en la vegetación natural indica una cierta cantidad del elemento que acumulan preferentemente. Algunos ejemplos de acumuladoras son:

Acumuladoras de sodio:	Crucíferas.
de potasio:	muchas Solanáceas.
de silicio:	Monocotiledóneas en general.
de aluminio:	Cousáreas, Psychotrias, Carpodinus.
de boro:	<i>Euphorbia helioscopia</i> y algunas <u>Papaveráceas</u> .
de molibdeno:	<i>Trifolium pratense</i> .
de selenio:	<i>Astragalus</i> sp, <i>Atriplex canescens</i> , <i>Stanlea spinnata</i> .
de zinc:	muchas Coníferas, <i>Thlaspi calaminata</i> .
de oro:	<i>Equisetum arvense</i> , <i>E. palustre</i> .
de mercurio:	<i>Holosteum umbellatum</i> .

Hay que hacer notar que las plantas acumuladoras dentro de una vegetación natural sólo tienen valor indicativo cuando están presentes en gran abundancia o constituyendo una comunidad monofítica. Las plantas acumuladoras no son indicadoras específicas, sólo acumulan bastante más de lo normal de ciertos elementos determinados. En cambio las plantas indicadoras específicas, ellas sí indican distintas condiciones del suelo.

Cuando ciertas especies o comunidades vegetales se hallan pre



sentos en gran abundancia, su presencia se delata en las fotografías aéreas de escala 1: 20.000. Durante los chequeos de campo se debe averiguar la composición de tales comunidades para relacionar entonces la imagen fotográfica con las observaciones de campo, siempre teniendo en cuenta la fecha y estación del año de la toma de las fotografías.

El aspecto general de la cobertura vegetal, el por ciento de dicha cobertura, su tono, la textura y el patrón que muestra, su densidad, regularidad y distribución en el área (relacionadas con la topografía y el microrrelieve, cuando existe relación), como así también su extensión (o magnitud del fenómeno), todos éstos son elementos de observación directa en lo que respecta a la vegetación. Una vez averiguada y relacionada la imagen aerofotográfica con los datos de campo, se describen los patrones de vegetación del área y se averigua la significación edafológica que tienen. De tal modo se descubren con facilidad, por ejemplo, todos los manchones de suelos alcalinos, o salinos, o salino-alcalinos del área a levantar.

No se deben confundir los patrones de malezas, visibles en los fotogramas, con condiciones del suelo. Los patrones de malezas (cardos, por ejemplo) se muestran en forma de manchones de tono oscuro nítidos y bien delimitados, dentro de una matriz de tono más claro. En cambio las condiciones de suelo se reflejan por lo general según manchones con bordes difusos o poco nítidos.

### Elementos culturales de observación directa.

Los elementos culturales de observación directa se refieren a aquellos rasgos introducidos en la naturaleza por la acción del hombre, sean de carácter histórico o prehistórico.

Como elemento de juicio los aspectos culturales pueden aportar valiosa información al foto-intérprete. De observación directa son los aspectos siguientes:

1. Uso de la tierra. La intensidad del uso, el tipo o tipos de explotación, las dimensiones o extensiones de los tipos de explotación, las regularidades en su distribución y los patrones de uso son los objetos de observación. Varios tipos de uso responden a condiciones del suelo. En las áreas de drenaje impedido la mayoría de los cultivos no pueden desarrollarse; en estas regiones se encuentra ganadería más o menos extensiva. Las explotaciones de frutales por lo general se encuentran sobre suelos bien drenados, como también otros cultivos perennes.

2. Parcelación. La parcelación está vinculada a muchos usos de la tierra. La forma de las parcelas, su tipo, su tamaño y sus regularidades son los objetos de observación directa. Dentro de las parcelas el tipo de labranza, si la hubo, es observable, como también la intensidad de su explotación y el nivel de manejo (malezas, labranzas inadecuadas, etc.) Las parcelas des cuidadas y abandonadas se distinguen de las bien mantenidas y maneja-

das con cuidado. Dentro de las parcelas con praderas o pastoreos se puede abrir juicio sobre la intensidad del uso y un eventual sobrepastoreo. La distribución de las aguadas y bebederos, y la presencia de barro pelados en sus alrededores, nos indica el nivel de manejo de estas parcelas.

La erosión hídrica o eólica, inducida por el uso, es otro detalle observable en las distintas parcelas.

3. Desagües, drenajes y canales. Su tipo, tamaño, distribución y alcance o esfera de influencia, revelan la intensidad y la extensión de eventuales problemas de drenaje. También pueden revelar el grado de éxito que ha tenido el hombre en la modificación de la naturaleza. El estado de mantenimiento da un elemento de juicio para apreciar el nivel de manejo y la eficiencia del hombre.

En áreas de riego los canales primarios, secundarios y terciarios merecen observación cuidadosa. Infiltraciones a través de un subsuelo poroso se destacan y diferencian de otras en los fotogramas. También se puede detectar la eficiencia del riego en los distintos sectores, no solamente en parcelas individuales, sino también en áreas más extensas (casos de robo de agua, sobre-irrigación en ciertos sitios, falta de agua en otros, etc.). Así se puede también notar la necesidad de drenaje artificial o su relativa eficiencia.

4. Caminos y ferrocarriles. De interés especial para los suelos son la presencia y la ubicación de terraplenes. En muchas zonas el efecto de éstos sobre el estancamiento del agua es evidente, creando así artificialmente áreas con mal drenaje. La falta de drenes debajo de los terraplenes se destaca en los fotogramas y se pueden entonces delimitar las extensiones afectadas por mal drenaje artificial.

5. Diques y otras obras de arte. Su presencia revela el peligro de anegamiento. Eventuales infiltraciones a través de un subsuelo permeable pueden ser notadas en las fotografías.

6. Áreas de riego artificial. Estas áreas tienen sus problemas especiales, vinculados con la distinta naturaleza de los suelos y la intensidad de explotación. En general se necesitan fotogramas a escalas entre 1: 5.000 y 1: 15.000 para estudiar exhaustivamente las áreas de riego o áreas de probable irrigación. En las áreas de riego por lo general se precisa un mapa de suelos detallado o super detallado y, forzosamente, tanto los chequeos de campo como el muestreo tienen que ser mucho más intensivos que en las áreas levantadas en semi-detalle. Con respecto a la foto-interpretación se siguen las mismas líneas generales, pero contando con fotografías de mayores escalas. Lo que se muestra como textura en los fotogramas 1: 20.000 se puede manifestar como patrón en una escala 1: 5.000 y lo que se muestra como tono, pasa a

ser textura.

En buenos fotogramas de mayor escala las áreas de distinta composición granulométrica, distinto contenido en sales solubles, distinta alcalinidad y distintas clases de drenaje, se destacan con gran claridad. También se puede señalar la eficiencia del riego en los distintos sectores, y la eficiencia del drenaje natural o artificial.

7. Urbanizaciones y vivienda rural. Se puede observar el tipo, tamaño, dimensiones, regularidad y distribución de las viviendas. La calidad de la vivienda rural en muchas instancias tiene una relación directa con la calidad de los suelos y revela el cariño del hombre hacia su tierra. La forma de tenencia de la tierra influye también en la vivienda rural.

8. Restos arqueológicos. En muchas partes del mundo los restos arqueológicos son discernibles en los fotogramas. No solamente los restos de urbanizaciones prehistóricas, cementerios y fortalezas son visibles, sino también las áreas de cultivos y, en un buen número de casos, hasta la parcelación prehistórica. También muchas antiguas vías de comunicación se destacan en las fotografías. La fotointerpretación permite muchas veces establecer las causas del deterioro de antiguas culturas, como pudieron ser la erosión hídrica, erosión eólica, deposición de arenas medanosas, salinización de áreas de riego sin drenaje, deposición fluvial, desviación natural de ríos, inundaciones u otras catástrofes por el estilo.

PARTE DEDUCTIVA O SINTETICA DE LA FOTO-INTERPRETACION. Todas las observaciones directas referidas a los fenómenos naturales y culturales cubren simplemente uno a uno los diversos aspectos de los suelos de una región. Todos estos elementos de juicio se deben combinar para formarse una imagen lo más completa posible de los suelos y sus características. Sólo después de este trabajo de síntesis es posible sacar conclusiones definitivas respecto de los suelos de una región. Constituye en rigor el verdadero trabajo de interpretación de los fotogramas.

Los resultados de estas deducciones pueden abarcar entre otros, los aspectos siguientes:

1. Naturaleza de los materiales originarios. Las deducciones que resultan posibles en un buen número de casos, se refieren a la litología de los materiales originarios y a su granulometría. Con un buen material aerofotográfico se pueden distinguir las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, así como diferenciar entre sí las diversas rocas sedimentarias.

Los sedimentos de granulometría fina, intermedia y gruesa se diferencian en las aerofotos por el patrón (diseño) de drenaje que muestran, por la textura del drenaje, por el patrón de erosión y a veces también por el tono.

2. Granulometría de los materiales superficiales. En cierto número de casos es posi-

ble deducir la granulometría de los materiales superficiales mediante observaciones sobre el tipo y patrón de erosión y densidad de las zanjas o cárcavas superficiales. En ciertas áreas desnudas también los tonos pueden reflejar la granulometría superficial; así los tonos claros indicarán suelos arenosos y los tonos más oscuros suelos más arcillosos. Estas diferencias de tono van paralelas con diferencias en la capacidad de retención de agua en el suelo.

En regiones aluviales las diferencias granulométricas se ven en general con bastante claridad, sobre todo en áreas desprovistas o escasas de vegetación, o con vegetación herbácea.

3. Condiciones de drenaje del suelo. Las observaciones sobre topografía, relieve y micro-relieve, sobre diseño

y densidad del drenaje superficial, sobre densidad y distribución de charcas, barro blancos, u otros manchones de encharcamiento, así como sobre el uso (e intensidad del mismo), forman en conjunto valiosos elementos de juicio acerca del estado de drenaje de los suelos. En una región donde se conozca el balance hídrico (precipitación, evapotranspiración y su distribución dentro del año), estos elementos de juicio por lo general son suficientes para un buen diagnóstico de las condiciones de drenaje de los suelos. Durante los chequeos de campo se completará la información en cuanto a fluctuaciones de la capa freática, lo cual se verá reflejado sin duda, en el moteado de los perfiles.

4. Edad de los paisajes y grado de desarrollo de los perfiles. El conjunto de observaciones sobre topografía, erosión geológica y erosión acelerada,

patrón de drenaje y desagüe de una región, permite concluir deducciones sobre la edad relativa de los paisajes y aún sobre el grado de desarrollo de los suelos.<sup>(\*)</sup> Áreas homogéneas con topografía madura y con un patrón de drenaje y desagüe bien definido, por lo general reflejan la presencia de suelos bien desarrollados de carácter zonal. Por el contrario, las áreas que muestran en su textura y patrón claros fenómenos de deposición aluvial (fluvial, marina o lacustre) reflejan suelos poco desarrollados. Toda una gama intermedia puede discernirse en buen número de casos, en las fotografías. Las áreas con aguas estancadas durante un tiempo más o menos apreciable, presentan perfiles menos desarrollados que las áreas con un drenaje bueno a moderadamente bueno. Del mismo modo, las terrazas altas de los ríos tienen suelos más desarrollados que las terrazas inferiores.

(\*) Véase al respecto pág. 133.

5. Clima y microclima del suelo.

Las observaciones sobre vegetación (sobre todo la vegetación natural), patrón de drenaje y erosión regional, uso de la tierra y presencia de manchones de suelos salinos, permiten en conjunto deducir conclusiones acerca de las condiciones climáticas y microclimáticas de una región. Una vegetación densa, selvática, de varios estratos, indica clima húmedo a través de todo el año, o durante la mayor parte de él. En el otro extremo, las regiones desérticas se revelan desprovistas de vegetación y con patrones de erosión y deposición eólica bien típica. Entre estos dos extremos en muchos casos los elementos de juicio son suficientes como para deducir el tipo de clima y microclima presente, tomando en cuenta además la fecha de toma de los fotogramas.

Para el reconocimiento de los suelos, es factible a veces realizar cierto número de otras deducciones, lo que dependerá de la calidad y escala de los fotogramas y también de la habilidad del foto-intérprete. Así por ejemplo, en algunas regiones es posible establecer también las clases y subclases de capacidad o aptitud de uso, interpretando correctamente las limitaciones impuestas por la topografía del terreno (pendiente), por el tipo de erosión, por la clase de drenaje, por ciertas condiciones del suelo y por el clima. Mucho depende de la pericia y habilidad con que el foto-intérprete sepa y logre combinar el conjunto de sus observaciones analíticas, y deducir correctamente.

La foto-interpretación es una técnica. Una técnica que, como todas, tiene que ser aprendida sistemáticamente, practicada con frecuencia y aplicada hasta los límites que permite. Es como la técnica de la microscopía: hay personas que han descubierto mucho trabajando con el microscopio, otros lo han utilizado pero no han logrado ver nada. De la misma manera es necesario aprender la técnica de la interpretación de fotografías aéreas, pero siempre encontraremos personas que no han con seguido ver nada.

-----

#### XIV-ETAPAS DEL LEVANTAMIENTO SEMIDETALLADO

Las tareas inherentes a un levantamiento semidetallado de su-  
los, se suelen cumplir en diversas etapas, según el método adoptado.  
Cuando se hace intenso uso de la aerofoto-interpretación, como en el  
caso del reconocimiento de la región pampeana, estas etapas comprenden:  
a) trabajos preliminares; b) trabajos de fotointerpretación y reconoci-  
mientos en el campo; c) trabajos de afinamiento y terminación del ma-  
pa.

**Trabajos preliminares.** Los trabajos preliminares consisten  
primordialmente en la confección del  
material de trabajo, de las fotogra-  
fías aéreas a la escala deseada, de los mosaicos semicontrolados a la  
escala de publicación y de los foto-índices que se refieren a los re-  
corridos aéreos para el levantamiento. El primer paso sobre la base de  
este material y de observaciones en el campo, consiste en delimitar,  
cuando sea posible, las grandes unidades geomorfológicas de la región  
a levantar. Las grandes unidades geomorfológicas son regiones natura-  
les donde cada una presenta su propio rango de suelos y de paisajes, sus  
propios patrones de drenaje y sus propias características naturales y  
culturales. Constituyen los llamados "tipos de paisaje".(1).

La delimitación de estas grandes unidades geomorfológicas se  
hace preferiblemente en los foto-mosaicos, es decir, a una escala bas-  
tante chica. Cada unidad geomorfológica se delimita, se describe y se  
define; este trabajo forma parte del "foto-análisis". La delimitación  
de estas grandes regiones naturales es necesaria, dado que la regulari-  
dad del patrón de los suelos se repite dentro de cada unidad geomorfo-  
lógica, pero no necesariamente fuera de ella. La regularidad de los  
suelos que se encuentran en los paisajes naturales está restringida en-  
tre los límites de cada gran unidad geomorfológica. Durante un levan-  
tamiento en base a fotografías aéreas estas grandes unidades se es-  
tudian una por una para un mayor aprovechamiento del trabajo de fotoin-  
terpretación y para un mejor entendimiento del conjunto de los suelos  
de cada unidad. Esta delimitación de los tipos de paisajes naturales es  
un trabajo esencial que se debe hacer con bastante prolijidad y preci-  
sión, para obtener el máximo provecho de las fotografías aéreas y de  
la fotointerpretación.

Las relaciones que existen entre la topografía y los suelos  
pueden diferir mucho de una región fisiográfica a otra. Pero dentro de  
una misma región fisiográfica, la relación entre topografía y suelos es  
generalmente muy estrecha. El foto-análisis procura los elementos para

(1).- Cada tipo de paisaje, como ya se dijo, está constituido en general por un si-  
milar patrón de formas de paisaje ("land-forms") o pequeñas unidades geomor-  
fológicas.

diferenciar las grandes unidades geomorfológicas o fisiográficas de una región. Los elementos de juicio se basan principalmente en la estructura geológica de la región, la cual se ve expresada en la morfología de los paisajes. Siempre se recomienda el estudio previo de la morfología y de la fisiografía de una región a levantar, por ser una base firme del trabajo de foto-análisis.

En la región pampeana por ejemplo, se pueden distinguir alrededor de 30 grandes unidades fisiográficas. En el levantamiento de los suelos estas unidades deben ser atacadas una por una.

El segundo paso previo a la fotointerpretación comprende los trabajos de preparación del material fotográfico; esto incluye principalmente: 1º) El trazado de las "líneas de coincidencia" en las fotografías. 2º) El trazado de la red de drenaje de la región. 3º) La separación de las "misceláneas" dentro de la región, ya sean áreas urbanas, cementerios, establecimientos industriales, etc.

El trazado de las "líneas de coincidencia" se suele hacer a lápiz o con tinta verde y se realiza tanto dentro de un recorrido en el sentido longitudinal, como en el sentido lateral respecto de los vientos linderos. Las líneas de coincidencia se dibujan para ahorrar más adelante trabajo durante el trazado de los límites de suelos. Estos sólo se dibujarán dentro del cuadro formado por las líneas de coincidencia de cada foto.

El trazado de la red de drenaje de una región es un trabajo muy necesario para hacer una buena fotointerpretación. En general la red de drenaje se traza con tinta azul para diferenciarla de los caminos y de las líneas de coincidencia. En la red de drenaje los ríos y los arroyos permanentes se trazan con una línea llena, mientras que los cursos temporarios se dibujan con línea punteada.

Las áreas misceláneas y las urbanizaciones, donde no se van a mapear suelos, se delimitan con tinta roja, quedando así separadas del mapa.

Terminados estos trabajos previos, la fotointerpretación propiamente dicha puede comenzar.

Trabajos de fotointerpretación y reconocimientos de campo. La interpretación de las fotografías aéreas se basa en los elementos de juicio que ya se han descripto. El trazado de los límites de las pequeñas unidades fisiográficas se hace con lápiz borrable, en general con un lápiz blando para no estropear las fotografías. Dentro de cada una de las grandes unidades fisiográficas se separan las llamadas "pequeñas unidades fisiográficas" o "pequeñas unidades geomorfológicas" (') que componen un paisaje. Por lo tanto, lo que se ha de delimitar en las fotografías

---

(').- Constituyen, como se vió, las distintas "formas del paisaje".

aéreas son entonces los distintos tipos y sobre todo las distintas formas del paisaje. El trazado de estos límites se suele hacer después de un reconocimiento general de campo, pero muchas regiones naturales permiten el trazado de los límites de estas unidades sin haber inspeccionado antes la región. Sobre la base de los elementos de juicio, donde los más importantes son las distintas formas del paisaje, los diferentes diseños de drenaje y de erosión, los patrones de vegetación y culturales y en general, el tono y la textura de las fotografías, se procede a interpretar cada uno de los recorridos aéreos que componen una región. En algunos casos este trazado delimita directamente condiciones de suelos que se pueden prever o predecir. En otros casos, las condiciones aludidas dentro de cada una de las pequeñas unidades delimitadas no son tan claras y necesitan una verificación de campo para su diagnóstico más exacto.

Quando ya ha sido interpretado y controlado un buen número de fotografías, se pasan los límites a un mosaico semicontrolado del área cubierta por esos vuelos. El pasar la información de las fotografías al mosaico requiere una atención especial para no alterar en el mosaico la superficie abarcada por cada una de las unidades.

El trabajo de fotointerpretación, requiere una "leyenda" fisiográfica de la región. Esta es una lista de referencia donde se describen cada una de las pequeñas unidades geomorfológicas o cada una de las formas del paisaje y también lleva una combinación de símbolos que más adelante se explicará. Al comenzar el trabajo esta leyenda será hecha tentativamente (1), pero después de la verificación a campo, dicha leyenda debe ser ya definitiva, y será de aplicación a toda la región fisiográfica bajo estudio; para entonces ya puede incluir descripciones tentativas o iniciales, de las unidades taxonómicas de suelos hallados.

Una vez que cierto número de vuelos ha sido terminado, el técnico puede comenzar con el estudio sistemático de campo. La primera verificación (2) sirve principalmente para establecer las relaciones que existen entre los suelos y cada una de las pequeñas unidades fisiográficas que se han delimitado en las fotografías. El técnico reconocedor debe investigar los suelos de cada una de esas pequeñas unidades, mediante cierto número de perforaciones y/o pozos de observación y controlar la exactitud de los símbolos aplicados.

Durante el trabajo de foto-análisis el fotointérprete o algún supervisor puede delimitar áreas-muestras para ser estudiadas en detalle durante el primer "chequeo" de campo. La elección de estas áreas-muestras se hará en base a la información del fotointérprete y ha de ser responsabilidad del coordinador del levantamiento. En estas áreas

---

(1).- Puede ser llamada "leyenda preliminar" o "leyenda de interpretación". Toda vez que el coordinador suponga condiciones distintas en el paisaje, establecerá, previo reconocimiento del campo, una nueva leyenda aplicable a la nueva situación.

(2).- Vulgarmente se le dice "primer chequeo".



-que deben ser fieles muestras de todas las condiciones existentes en la gran unidad fisiográfica- los suelos se describirán y clasificarán de acuerdo con el sistema de clasificación que se haya adoptado para el levantamiento. Las áreas-muestras sumadas suelen abarcar dentro de cada gran unidad, alrededor del 10% de la superficie a levantar. Se elegirán de modo que no sólo estén ubicadas en el centro de cada una de las unidades fisiográficas, sino también en sus periferias y en las áreas transicionales.

Durante el primer "chequeo" de campo, se establece el rango de perfiles para cada una de estas unidades, dentro de las áreas muestras de la región. Establecer las relaciones entre los perfiles de suelos y las pequeñas unidades fisiográficas, es lo que permite hallar la clave de los suelos en base a la fotointerpretación de una región. El primer "chequeo" servirá entonces, para el establecimiento de estas relaciones.

En cada pequeña unidad fisiográfica el reconocedor inspeccionará unas 15 ó 20 calicatas o barrenadas de una profundidad que alcance hasta por lo menos el horizonte C o el material originario de los suelos. Acerca de los datos que se deben anotar, véase el capítulo XVI.

Cuatro posibilidades pueden presentarse entonces:

Primera posibilidad: que el reconocedor encuentre que una pequeña unidad fisiográfica esencialmente esté representada por un único perfil modal, en un cierto rango que admita establecer una sola "serie" de suelos.

Segunda posibilidad: que una pequeña unidad fisiográfica esté representada por dos o más distintos perfiles modales, suficientemente diferentes como para separarlos al nivel de "serie". Suponiendo el caso de que cada una de estas series distintas tuviera una superficie suficientemente extensa como para ser representada a la escala del mapeo, entonces el reconocedor deberá reconsiderar la fotointerpretación y si es necesario proceder a un ajuste de la misma para subdividir la unidad, o en el peor de los casos, buscar tales subdivisiones en el campo.

Tercera posibilidad: es un caso similar al segundo, pero las superficies de cada uno de los suelos hallados pueden no ser suficientemente grandes (') como para ser representadas en la escala del mapeo. En este caso la pequeña unidad geomorfológica forzosamente representará una asociación de suelos, que puede ser una asociación de series y aún una asociación de grandes grupos de suelos.

Cuarta posibilidad: se presenta cuando dos o más pequeñas unidades fisiográficas aparezcan representadas esencialmente por un mismo

---

(').- O el patrón de suelos ser muy intrincado o complejo.

perfil modal dentro de un rango admisible, como para ser integrado en una sola serie; en este caso se justifica borrar los límites entre las pequeñas unidades que hubieran sido separadas, asimilando esas pequeñas unidades fisiográficas en una misma serie de suelos. Este cuarto caso también requerirá un ajuste de la fotointerpretación para obtener un mapa de suelos con sentido realista.

La tarea principal durante el primer chequeo de campo es pues, establecer las "series" u otras unidades taxonómicas provisionales.

Como ya se ha dicho, después de este primer chequeo de campo se puede confeccionar la leyenda provisional de los suelos ('). Esto requiere contar por lo menos con 15 o 20 observaciones de suelos para cada unidad a fin de establecer con cierta certeza el rango admisible de las series y para lograr la precisión de la fotointerpretación regional.

Después del primer chequeo se reúnen todos los datos y fichas de los perfiles inspeccionados, sean calicatas, pozos o barrenadas y se procede a un ajuste de la fotointerpretación en gabinete. Este trabajo de ajuste es una etapa de interpolación y extrapolación de la información obtenida durante el chequeo de las áreas-muestras. La interpolación se hace entre las distintas áreas-muestras que se hayan elegido. La extrapolación se hará cuando las áreas-muestras sean representativas de una región y cuando, a consecuencia del foto-análisis, se haya establecido una relación estrecha entre los suelos y la topografía de la región.

Después del trabajo de interpolación y extrapolación se procederá otra vez a realizar una investigación de campo. Es el "segundo chequeo", que es esencialmente una verificación del primero, y una comprobación de la interpolación y extrapolación sobre los suelos de la región. En este chequeo conviene cubrir todas las unidades mapeadas, con 2 ó 3 observaciones por lo menos. Como resultado de este segundo chequeo, podrá quedar elaborada una leyenda definitiva de los suelos. Esta leyenda descriptiva final sólo puede confeccionarse cuando todas las series de la gran unidad fisiográfica levantada han quedado establecidas, caracterizadas y correlacionadas (").

Durante o después del segundo chequeo de campo, se hará un muestreo de los perfiles modales. De cada una de las series que se han

---

(').- Se puede denominar "leyenda inicial de suelos" o "leyenda descriptiva de los suelos" (tentativa). Esta leyenda no es independiente, sino que se agrega a la leyenda de interpretación, o dicho de otro modo: la leyenda descriptiva incluirá a la de interpretación, incorporándole símbolos correspondientes a las series o asociaciones establecidas.

(").- El correlacionador regional es un técnico encargado de elaborar esta leyenda final previo acuerdo con los supervisores; por ello se la puede denominar "leyenda de correlación". Es también función del correlacionador, cuidar que no se den distintos nombres a series iguales o, viceversa, que se aplique un mismo nombre a suelos diferentes o de regiones distantes.

distinguido durante el levantamiento se muestreará por lo menos un perfil modal, aunque de las series importantes se recomienda muestrear por lo menos dos o tres perfiles. La elección de los sitios de muestreo debe ser cuidadosamente hecha, y por ello debe ser supervisada por un coordinador.

Las muestras de cada uno de los horizontes y sub-horizontes serán cuidadosamente embaladas, identificadas y despachadas al laboratorio para su análisis posterior. (Véase al respecto el capítulo XVII).

Después del segundo chequeo ya se puede proceder al trazado provisional del mapa de suelos. En una escala semidetallada se representan las series y las asociaciones de series de suelos. Algunas series ya estarán definitivamente establecidas, ciertas asociaciones necesitarán todavía aclaraciones, en otras unidades se podrán separar áreas por motivos prácticos en forma de "fases". Todas estas correcciones serán revisadas y los límites y símbolos se establecerán definitivamente al nivel de la correlación de los suelos.

Trabajos de afinamiento y terminación del mapa. La última revisión y verificación

de campo sirve para aclarar las dudas que todavía puedan existir en ciertas unidades de suelos, sean asociaciones o series y fases semi-definitivas. Este trabajo de revisión o control final en campo es una etapa de afinamiento. Una vez aclarados los últimos puntos dudosos, y revisadas las correcciones necesarias, el técnico reconocedor puede proceder a la terminación del mapa básico, esto es, al trazado final de los límites de unidades de suelos; si fuera necesario se muestreará otro número de perfiles durante este último chequeo. Inmediatamente después, se empieza a elaborar la "Memoria explicativa del mapa de suelos" sobre cuyo contenido ya se hizo referencia en el capítulo correspondiente.

A fin de contar con la mayor cantidad de información para la elaboración de esta Memoria, es conveniente que se vaya recopilando ordenadamente en forma de carpetas, los datos y materiales que hubieren obtenido los reconocedores durante su trabajo para cada mosaico levantado. Entre estos datos se contará por ejemplo, la red de drenaje, el borrador del mapa de uso actual de la tierra, los borradores ajustados y empalmados del mapa de suelos, planillas-resúmenes de las observaciones efectuadas, encuestas agronómicas, y eventualmente un breve informe sobre la geología, clima, vegetación, geomorfología, etc., etc. del área abarcada por cada equipo de reconocimiento.

Trazados los límites finales del mapa básico de suelos, se puede proceder también a la confección de mapas derivados. De éstos los más útiles para los usuarios del mapa básico son los de "capacidad o aptitud de uso", de drenaje, de erosión y/o mapas del valor de las tierras.

Estos mapas son interpretativos y se realizan con fines utilitarios, generalmente por re-agrupamiento de unidades a escalas menores

que el mapa básico, y permiten sentar prácticas de uso y manejo para cada agrupación.

Sólo resta agregar que la publicación del mapa básico de sue los, y los mapas auxiliares o derivados que acompañarán a la memoria o informe explicativo, se adecuarán en lo que atañe a elementos y sig- nos cartográficos convencionales, al reglamento oficial de uso obliga torio en la República Argentina.

-----

## XV-LAS UNIDADES DE CLASIFICACIÓN Y DE CARTOGRAFÍA DE LOS SUELOS

Un reconocimiento de suelos basado en fotointerpretación y chequeos de campo requiere, de acuerdo con lo visto, los siguientes pasos: 1) Trabajos de foto-análisis y fotointerpretación en los mosaicos aéreos y en las fotografías aéreas del área, utilizando los elementos de juicio de observación directa y las deducciones acerca de las condiciones de los suelos. 2) Trabajos de campo de examen de perfiles en cada una de las unidades de suelo-paisaje ya delimitadas y establecimiento de la leyenda de los suelos, durante los distintos chequeos ya explicados, en forma progresiva. 3) Trabajos de terminación del mapa y de su informe correspondiente, trabajos de interpretación del mapa de suelos (como mapa de capacidad de uso, etc.).

Durante las dos etapas primeras se dan las bases para ubicar los suelos en unidades taxonómicas y cartográficas. Cada unidad cartográfica se identifica en las fotografías aéreas y en el mapa de suelos mediante un símbolo; éste preferiblemente será un símbolo compuesto, donde se combina toda la información lograda durante los exámenes de campo y todas las observaciones obtenidas durante el trabajo de fotointerpretación. Cada unidad de suelo debe tener también un nombre que la identifique. Respecto de estos símbolos y nombres consultense los parágrafos correspondientes. Las unidades cartográficas (o unidades de "mapeo") se designan de acuerdo con unidades del sistema de clasificación taxonómica de suelos que se prefiera.

### UNIDADES TAXONOMICAS Y UNIDADES CARTOGRAFICAS

Las unidades taxonómicas son creadas para facilitar la comprensión de un número muy grande de objetos que sería imposible de lograr si se los considerara individualmente. Con este fin el hombre ubica en clases esos objetos, agrupándolos por sus similitudes o por los rasgos comunes que se aprecien entre ellos. El agrupamiento científico de los suelos, es decir su "clasificación", sigue criterios ajustados a este concepto. Cada unidad taxonómica de suelos consiste de:

1) un concepto central representado por un "perfil modal" en una parte representativa de su ambiente, perfil que muestra las condiciones más usuales para cada una de las propiedades de los suelos de su respectiva clase.

2) otros perfiles relacionados con el perfil modal y que varían, respecto del concepto central, dentro de ciertos límites admisibles. Por ejemplo, en todos los perfiles de una determinada clase o agrupación deben estar presentes los mismos horizontes o tipos de hori

zontes con la misma secuencia. Las propiedades de esos horizontes tales como espesor, textura, estructura, color, consistencia, pH, etc., pueden variar dentro de ciertos límites expresamente definidos y aceptados. Esto es lo que se llama "rango" o "gama de variabilidad" de la unidad taxonómica.

Una unidad cartográfica de suelos consiste en individuos pertenecientes a la unidad taxonómica mapeada, y también algunas inclusiones de otros suelos que pueden quedar incluidos dentro de ella por razones de escala. La unidad cartográfica de suelos se caracteriza no sólo por un grupo de perfiles similares, sino también por una determinada forma de paisaje a la cual pertenece. ("Los suelos son paisajes tanto como perfiles"). En otras palabras, todo nombre de suelo representa una unidad en el sistema taxonómico de clasificación, pero aplicado a una unidad del mapeo significa aquella misma unidad taxonómica definida, más una cantidad menor de inclusiones de otros suelos que no pueden ser excluidos por razones prácticas de escala, y todos ellos vinculados y guardando directa relación con una determinada situación en el medio geográfico.

A veces una unidad cartográfica puede estar formada por dos o más unidades taxonómicas que pueden o no estar asociadas geográficamente. Estas agrupaciones se llaman "asociaciones de suelos", "complejos de suelos" o "grupos indiferenciados" según los casos, y serán definidos en un parágrafo especial.

Según cual sea la escala del levantamiento será la unidad cartográfica que se deba elegir. Así, en los reconocimientos detallados (escalas de 1: 10.000 o mayores) se recomendaba hasta hace poco el "tipo" de suelos y se mapeaban "tipos" y "fases de tipos" (1).

Para escalas más pequeñas (1: 20.000 o menores) se puede utilizar la "serie" y a veces el "gran grupo" como unidad de mapeo. Todas las unidades cartográficas que se indiquen en las referencias o leyendas del mapa, deben ser claramente mapeables a la escala adoptada. En un reconocimiento detallado la clasificación ha de permitir separar los suelos que se distingan por características de significación en su génesis o en su desarrollo.

En cuanto a la escala elegida, ésta ha de depender de la heterogeneidad de la región, de la posibilidad que el área se libre al riego, del peligro de la acción del movimiento de agua en el suelo, de la posible salinización de algunos suelos, etc., etc.

En regiones de agricultura intensiva o de horticultura, o en áreas afectadas por problemas de drenaje, erosión, etc., se prefieren

---

(1).- Desde 1960 aproximadamente, el "tipo" de suelos ha dejado de ser una categoría en el sistema americano de clasificación. La menor unidad taxonómica pasó a ser así la "serie". El "tipo" era una subdivisión de la serie basada en la textura del horizonte superficial.

mapas de mayor escala. En regiones de agricultura extensiva de secano, o en regiones ganaderas, los mapas de menor escala pueden servir muy bien las necesidades comunes.

En los mapas semidetallados las unidades de mapeo suelen ser en la mayoría de los casos la "asociación de series", con algunos "complejos" y muchas series individuales o "series puras".

**LA SERIE DE SUELOS.** La "serie" es una unidad de suelo desarrollada sobre un mismo material originario, definida por la semejanza de ciertas características de sus horizontes y por la disposición o secuencia de dichos horizontes dentro del perfil. Los suelos que pertenecen a una serie también se asemejan en cuanto a los aspectos del paisaje donde se han desarrollado. Los suelos que forman una serie son por lo tanto esencialmente homogéneos en sus rasgos o caracteres más importantes, tanto los correspondientes al perfil como los del paisaje en que se encuentran. A su vez las series se diferencian entre sí sobre la base de los materiales originarios, de la variación de paisajes y/o de variaciones importantes en la morfología del perfil. Diferencias significativas en algunas de estas propiedades pueden justificar la distinción de una serie respecto de otra; es raro que una sola de estas características hagan merecer tal separación. Las propiedades en conjunto están siempre genéticamente relacionadas entre sí y por eso cuando cambia una de ellas varían por lo general correlativamente algunas otras.

Es difícil encontrar dos suelos que sean absolutamente idénticos; por esta razón se debe admitir en la serie cierto rango de variación de sus perfiles así como algún rango en el paisaje, de lo contrario cada perfil y cada punto del paisaje constituiría una serie.

**Criterios para distinguir series.** No resulta fácil sentar un criterio fijo para ser empleado en la distinción de series. Un criterio podría ser el elegir diferencias importantes para el crecimiento de las plantas, pero a medida que la Edafología se fue desarrollando muchas otras disciplinas comenzaron a usar los mapas de suelos, por lo que no resulta conveniente ceñirse al criterio agronómico para crear series. Una guía general podría ser separar series teniendo en cuenta todas y cada una de las diferencias del perfil, pero a menudo es difícil distinguir las sin grandes esfuerzos y gastos; además los rasgos del perfil son consecuencia de los factores genéticos del suelo y de algún modo los rasgos externos han de aparecer reflejados en el interior del suelo. Por ello se suele decir que desde un punto de vista práctico una separación no se justificaría sino cuando factores externos aparecieran de algún modo reflejados en las características internas del perfil.

Muchas veces las diferencias entre suelos ubicados sobre dis-

tintas formas de paisaje no se muestran evidentes al reconecedor y surge la duda de si se debe a falta de información más íntima de los perfiles estudiados. De modo que, si juntáramos estos suelos exclusivamente en base a la macromorfología de sus perfiles, correríamos el riesgo de estar agrupando suelos distintos por no ser suficientemente conocidos por nosotros.

También se presenta un problema importante al hacer divisiones a nivel de serie, cuando las diferencias halladas sólo se pueden volcar en el mapa con grandes dificultades. Ciertos rasgos pueden resultar tan difíciles de cartografiar que se elevaría enormemente el costo y el tiempo del levantamiento.

Por lo que se ha dicho, se ve que no es posible establecer reglas fijas que determinen cuáles rasgos del suelo se deben apreciar para establecer y distinguir series. Como criterio general se puede decir que hay que tener en cuenta de modo integral, todas las propiedades naturales y permanentes fácilmente observables, que sean mapeables sin grandes dificultades, y que tengan (o se suponga que tienen) relación con la génesis del suelo, con el crecimiento de las plantas, con el paisaje donde evolucionan, o con problemas de la ingeniería ('). Algunas consideraciones especiales se discutirán en seguida, pero el éxito de la correcta distinción de series dependerá mucho de la experiencia y formación de los edafólogos y de los adelantos de la ciencia del suelo.

Excepción hecha de los suelos Aluviales, todos los miembros de una serie se tienen que haber desarrollado a partir de un material originario similar. Las diferencias en materiales originarios siempre son una base sólida para separar series de suelos. Lo que importa cuando se habla de material originario del suelo, no es tanto la roca madre que dió origen a éste, sino el carácter mismo del material que formó el solum, aunque a veces ya no sea posible observarlo y sus características sólo se puedan suponer. No es imprescindible tampoco que la roca sea absolutamente uniforme ni que la forma de acumulación del material no consolidado sea idéntica en toda la serie, lo que importa principalmente es la composición mineralógica, la porosidad, la permeabilidad, la textura, etc., del material originario.

Con respecto a la textura del material -que en el campo es quizás el carácter más simplemente observable-, no se deben admitir en una serie rangos demasiado amplios aunque, por otra parte, cambios muy grandes en la granulometría del material produce en general variaciones en otros caracteres del suelo. Si bien no puede darse una regla que determine el número de series que corresponda crear basándose en la textura del material, se cree suficiente crear tres series, cuando aquel

---

(').- Significaciones respecto del uso y/o manejo del suelo sólo se tendrán en cuenta para establecer "fases" en el mapeo.



varíe desde arcilloso a arenoso y siempre que la composición mineralógica y el drenaje entre esos suelos sean similares.

Más sencilla resulta la distinción de series en base a las formas del paisaje o a distintas posiciones en el relieve. Si bien es tos rasgos externos del suelo no deben ser el único criterio para separar series, casi siempre los suelos ubicados en una misma forma de paisaje presentan en sus perfiles características similares debidas a la topografía, al ambiente en general, al grado de desarrollo del paisaje, o a la presencia de materiales similares. La presencia del mismo suelo en formas de paisaje diferentes pueden en cambio observarse especialmente, en regiones homogéneas, aunque quizás existan algunas diferencias no bien apreciables que hagan al comportamiento del suelo y que puedan deberse a factores inexplicables al nivel actual de nuestros conocimientos de cada suelo. Esa es otra razón para que la separación por el criterio de suelo-paisaje sea de recomendable aplicación en el establecimiento de series; por otra parte desde este punto de vista, las asociaciones hechas sobre bases geomorfológicas serán más reales y naturales, además de útiles y fácilmente comprensibles para el usuario.

En cuanto al criterio basado en el grado de desarrollo del paisaje, ya se ha dicho en otro capítulo que esto está por lo general muy vinculado al grado de desarrollo del perfil. Se pueden establecer al respecto cuatro grados, que se pueden usar para diferenciar series:

**Grado 0:** Suelos sin ningún desarrollo de perfil genético. No existen horizontes genéticos sino sólo capas o materiales estratificados. Es propio de los suelos Aluviales recientes, regosoles, litosoles, o en general suelos muy incipientes (Entisoles).

**Grado 1:** Suelos con un incipiente desarrollo de ciertos horizontes genéticos. Existe desarrollo de horizonte  $A_1$ . El C se encuentra a poca profundidad debida a la escasa edafización. No presentan iluviación significativa ni meteorización extrema. Ejemplos son los Brunizem sin horizonte Bt, y en general los Inceptisoles.

**Grado 2:** Suelos con moderado desarrollo de sus horizontes característicos. Ejemplos: Brunizem con Bt incipiente o poco evolucionado, pero con evidente iluviación.

**Grado 3:** Suelos bien desarrollados (o suelos "maduros"). Presentan horizontes iluviales bien desarrollados, y a veces claros horizontes eluviados. Meteorización e iluviación intensas. Ejemplo son los suelos Brunizem con Bt bien manifiesto, los Planosoles y en general todos los suelos genéticos de clara madurez.

Estos grados pueden ser añadidos a los símbolos del mapeo cuando el desarrollo del perfil sea criterio de valor para diferenciar series genéticas en un área, lo que suele presentarse a menudo en regiones de materiales arenosos más o menos recientes.

**Series de suelos aluviales.** En áreas dentro de terrazas bajas, planicies de inundación, deltas, planos aluviales, conos de deyección, valles, etc., los suelos por lo general no presentan horizontes genéticos, sino capas estratificadas de variada composición debida a los procesos de sedimentación. En esta situación se requiere establecer un criterio diferente para establecer series. La regla general es que las series aluviales se deben distinguir por la morfología del paisaje aluvional. En un paisaje de este tipo, las agrupaciones naturales de suelos se hallan vinculadas estrechamente con los procesos de sedimentación y erosión de los cursos de agua. En primer lugar, es común que el paisaje se encuentre formando "terrazas pares". Los suelos de las terrazas intermedias, por lo general son menos maduros que los de terrazas anteriores, y por su posición topográfica pueden sufrir a veces de drenaje impedido. Los suelos de la terraza baja son los más jóvenes, los más recientes y en general muestran todavía claramente los fenómenos de sedimentación (estratificación).

Se encuentran cuatro tipos principales de suelos aluviales, conforme a la morfología del paisaje: 1) Suelos de cauces abandonados, en general de textura muy gruesa (graviloso, guijarroso o pedregoso). 2) Suelos de los albardones, en general arenosos, rápidamente permeables, de buen drenaje. 3) Suelos de desborde, en general de textura mediana, de permeabilidad moderada a rápida, de drenaje lento a medio. 4) Suelos de los planos de inundación, de textura fina, franco arcilloso a arcilloso, de drenaje impedido y de permeabilidad lenta.

La superposición de estos suelos es un fenómeno muy común en las regiones aluviales. Así se pueden encontrar suelos de cauce sobre suelos de planos de inundación, cuando durante un gran desborde el río ha tomado un curso distinto a su cauce anterior. También hay otros tipos de superposición, como suelos de desborde sobre suelos de antiguos cauces, suelos de planos de inundación sobre suelos de antiguos cauces, etc. El criterio de la separación o agrupación de series en áreas aluvionales se basará dentro de lo posible sobre los tipos citados, que presentan por lo general distintos aspectos de drenaje, permeabilidad y textura.

### Nombres y símbolos de las series.

El nombre de una serie se suele tomar de algún lugar o localidad ubicada en el área donde el respectivo suelo haya sido primordialmente definido. Ejemplos: serie Pellegrini, serie La Julia, serie Villa Lía. El nombre de la serie pasa primeramente por una etapa tentativa ("series tentativas"), nombre que se convierte en definitivo al hacerse la correlación entre todos los suelos reconocidos de una región natural, y una vez elegido y descripto un perfil modal que ejemplifique el concepto central de la serie.

Como símbolo para la serie se suele usar un par de letras elegidas en forma que no permita confusiones. Se tratará de no repetir-

las en una misma gran-unidad geomorfológica. No conviene usar: As (que suele significar "Asociación"), ni f (que puede confundirse con "fase"), ni sa (que se usa para indicar salinidad); en ciertos casos puede ser necesario recurrir a números, como complemento de las letras. El símbolo de la serie se agrega al de la leyenda de interpretación, y forman así un conjunto que identificará a la unidad en el mapa. Ejemplos de símbolos de series: VL (Villa Lía); Gw (Gowland); Ty (Tuyuti); RT (Río Tala). Las asociaciones se abreviarán así: As RA: Asociación del Río Areco; As (Mc + Gw): Asociación de series Mercedes y Gowland.

Se debe cuidar que el nombre de una serie no sea repetido en otra serie distinta dentro del país; esto es un trabajo de correlación que debe prevenir este peligro, sobre todo teniendo en cuenta la cantidad de localidades homónimas que suelen existir.

En la memoria explicativa que siempre acompaña al mapa de suelos, se señalarán las bases usadas para separar las series, la amplitud que se ha permitido en las propiedades de cada una, y las relaciones conceptuales y geográficas de unas series con otras vecinas.

**LA FASE DE SUELOS.**

La "fase" es la unidad cartográfica más intensamente utilizada en los levantamientos detallados. Se usa como subdivisión de cualquier categoría

del sistema natural de clasificación porque no es una categoría taxonómica por sí misma. Tanto el "gran grupo" como la "familia" o la "serie" pueden ser subdivididos en un mapa de suelos en "fases", según los criterios que más adelante se establecen; su uso es más común cuando se mapean series. La base para este criterio puede ser cualquier característica potencialmente importante para el uso o el manejo del suelo. Por lo tanto, a diferencia de la serie, que se establece sobre criterios naturales, la fase se mapea sobre bases prácticas vinculadas a problemas de utilización de las tierras.

Los rasgos que con más frecuencia se tienen en cuenta para distinguir fases dentro de una serie de suelo son: variación en las pendientes, grado de erosión, profundidad de la roca firme, pedregosidad, salinidad, peligro de anegamiento, drenaje, etc.

Las fases sólo se señalarán en el mapa de suelos cuando sea posible por razones de escala, y resulte conveniente por motivos prácticos.

**Fases por pendiente.**

Las características debidas a la topografía ya fueron explicadas en el capítulo "Las formas del relieve y el drenaje", donde se dieron las

definiciones de las clases por pendiente.

Las "fases por pendiente" se crearán siguiendo esos mismos nombres, y aún combinando dos de ellos. Ejemplo: "fase llana a suavemente ondulada". Al designar una fase de series según este criterio, siempre se pone la palabra "fase" a continuación del nombre de la serie, para no perder claridad. Ejemplo: "Villa Lía, fase llana".

También es posible indicar la fase por pendiente, mediante los límites de gradientes que la caracterizan; ejemplo: Romero 0,1%; Romero 1-3%. Los símbolos a usarse en estas fases son: fp0 - fp1 - fp2 -etc.

En ciertas regiones, diferencias de más de una clase en las pendientes puede ser criterio apto para crear otra serie.

Fases por erosión (o fases de suelos erosionados). Condiciones de un suelo que sean causadas por erosión natural, y que lo caractericen, no son fases, pero se indicarán en la definición de dicha unidad de suelo; tampoco se deben establecer fases por erosión para indicar susceptibilidad o peligro de erosión. Ya se ha explicado en el capítulo correspondiente la definición de cada clase de suelo por su erosión presente (ver "Clases de erosión por viento" y "Clases de erosión por agua", capítulo XI). Aquí sólo recordaremos los nombres a utilizarse cuando corresponda mapear fases según el criterio de la erosión actual y los símbolos que se agregarán al de la serie o asociación respectiva:

- Fase ligeramente erosionada por agua (fH1)
- Fase moderadamente erosionada por agua (fH2)
- Fase severamente erosionada por agua (fH3)
- Fase moderadamente erosionada por viento (fE2)
- Fase severamente erosionada por viento (fE3)

Quando en lugar de pérdida de suelo haya engrosamiento debido a una "Clase X" por acumulación, se hará una "fase engrosada" cuya definición se da más adelante. Al símbolo de la serie se le adicionará "fX".

Fases por pedregosidad y rocosidad.

En el capítulo "La textura del suelo" se hizo referencia a los nombres de los fragmentos gruesos, y a los grados de pedregosidad y de rocosidad. Los fragmentos gruesos forman parte del nombre del suelo como modificadores de la clase textural, en cambio la pedregosidad y la rocosidad, por su importancia para el manejo, son criterios para distinguir fases.

Fase pedregosa: Suficiente cantidad de piedras (bloques, cascajos o losas) que interfieran el laboreo, pero que no lleguen a hacer impracticable los cultivos de escarda. Corresponde al grado 1 de pedregosidad. Símbolo fP1.

Fase muy pedregosa: Suficiente cantidad de piedras que hagan impracticable el laboreo en cultivos de escarda, pero no el requerido para cultivar forrajes (heno) o pasturas mejoradas, siempre que las demás características del suelo sean favorables. Corresponde al grado 2 de pedregosidad. Símbolo fP2.

Fase extremadamente pedregosa: Suficiente cantidad de piedras como para hacer impracticable el uso de cualquier tipo de maquinaria, salvo la muy liviana y siempre que los demás caracteres del suelo sean especialmente favorables para pasturas mejoradas. Corresponde al grado 3 de pedregosidad; si las demás características del suelo fueran desfavorables, puede incluirse dentro del grado 4. Símbolos: fP3 ó fP4.

Si las características del suelo fueran completamente desfavorables para cultivar, no habrá motivo para establecer fases por pedregosidad.

Igual criterio se seguirá para crear fases por rocosidad a partir de los grados de rocosidad ya vistos:

Fase rocosa: corresponde al grado 1 de rocosidad. (fR1).

Fase muy rocosa: corresponde al grado 2. (fR2).

Fase extremadamente rocosa: corresponde al grado 3. (fR3).

Si las demás características del suelo no fueran favorables ni para pasturas mejoradas, la tierra no se incluirá en el área mapeable.

Pequeños afloramientos aislados de roca firme se señalarán con un símbolo especial y se definirán expresamente en cada reconocimiento.

#### Fases por profundidad del suelo.

Se definen por variaciones apreciables en la profundidad total del perfil, incluyendo al horizonte C, teniendo en cuenta aquellas variaciones que sean significativas para el uso y manejo del suelo. La profundidad se considerará respecto de un manto de roca firme o de otro material rocoso muy contrastante, como puede serlo una tosca calcárea, pero se debe tener en cuenta que la fase por profundidad se establece con un criterio relativo al perfil modal de la serie a que pertenezca, y no en términos absolutos; así, dentro de una serie normalmente somera, puede haber una fase que se considere "profunda", no obstante ser ésta más somera en valor absoluto que otra serie de perfiles normalmente profundos.

Existe una tabla de límites absolutos de profundidades del suelo, pero las clases así establecidas sólo se usarán para caracterizar se

ries, y no para separar fases. Las clases citadas son las siguientes:

<u>Clases por profundidad</u>	<u>Límites</u>
Suelo muy somero .....	de 0 a 25 cm.
Suelo somero .....	de 25 a 50 cm.
Suelo moderadamente profundo ....	de 50 a 100 cm.
Suelo profundo .....	de 100 a 150 cm.
Suelo muy profundo .....	más de 150 cm.

Estos valores tanto pueden usarse para series genéticas como para series de suelos Aluviales. Las fases se harán pues, con referencia a los valores correspondientes al perfil modal de la serie, cuando por razones prácticas convenga señalar apreciables diferencias en dichos valores absolutos.

Fases por espesor de horizontes. Algunas veces se presenta la conveniencia -por razones de uso y manejo- de señalar en el mapa diferencias apreciables en el espesor del A<sub>1</sub> o del solum respecto del perfil modal. En esos casos se pueden establecer fases según esta guía:

Fase de parte superficial gruesa: Será la parte de la unidad mapeada cuyo horizonte A sea significativamente más grueso que el del suelo típico de la unidad. (Por lo general este fenómeno se debe a acumulación, lo cual no debe ser confundido).

Fase de parte superficial delgada: La parte de la unidad mapeada cuyo horizonte A sea significativamente más delgada que el suelo típico de la unidad. (Esto suele ser debido a decapitación o truncamiento por erosión; se debe cuidar no confundir los fenómenos).

Fase de solum grueso: La parte de la unidad mapeada que tenga un solum significativamente más grueso que el del perfil típico de la unidad.

Fase de solum delgado: La parte de la unidad mapeada que tenga un solum significativamente más delgado que el del perfil típico de la unidad.

Fase engrosada: Cuando dentro de un paisaje exista un sector con suelos de "clase X" por deposición de material proveniente de la denudación o erosión de terrenos cercanos más altos, (ver su definición en el capítulo sobre "La erosión del suelo") se podrá crear una "fase engrosada" para el suelo que haya sufrido el sepultamiento o acumulación; ésta deberá ser de por lo menos 10 cm para ser considerada dentro de este caso especial. El símbolo que se agregará al de la serie será fX.

Además de las fases ya vistas, en ciertos casos se pueden separar fases basadas en grados distintos en materia de drenaje, anegabi

lidad y/o salinidad, respecto a lo que se tiene por normal en la serie.

Por ejemplo, si una serie es normalmente bien drenada, se puede admitir señalar para cierto sector una fase con drenaje mediano; en una serie ligeramente salina, se podría mapear una fase moderada a fuertemente salina. Del mismo modo respecto al peligro de anegamiento.

Las escalas a usarse en estos casos son las siguientes:

#### Fases por drenaje:

Fase mal drenada. Son suelos sin escurrimiento o con escurrimiento muy lento y/o permeabilidad nula a muy lenta. Se establecerá esta fase cuando se necesite señalar en el mapa, dentro de un suelo imperfectamente drenado, alguna área donde el suelo retiene excesiva humedad la mayor parte del año, o se encharca más a menudo que lo normal para la serie. Al símbolo de la serie se le agregará fd1.

Fase imperfectamente drenada. En estas áreas el suelo mantiene el agua por ciertos lapsos, pero no la mayor parte del año. Son de permeabilidad lenta a muy lenta y/o con escurrimiento lento a muy lento. Al símbolo de la serie se le agregará fd2.

Fase medianamente drenada. Áreas de suelos bien drenados ("Zonales"), donde se manifiesta cierta lentitud en la eliminación del exceso de agua; el escurrimiento puede ser lento a medio y la permeabilidad lenta o moderadamente lenta. Al símbolo de la serie se le agregará fd3.

Fase bien drenada. Áreas de suelos donde el agua se elimina con facilidad pero no demasiado rápidamente. Suelen ser suelos de texturas medias, con permeabilidad moderada y escurrimiento medio. Los suelos bien drenados son los representantes modales de los grandes grupos de suelos zonales. Al símbolo de la serie se le agregará fd4.

Fase algo excesivamente drenada. Suelos donde el agua es eliminada demasiado rápidamente, ya sea por tener escurrimiento rápido, o permeabilidad moderadamente rápida o ambas cosas. Al símbolo de la serie se le agregará fd5.

Fase excesivamente drenada. Áreas donde el suelo prácticamente no retiene el agua en ningún momento. Son suelos de pobre aprovechamiento, con escurrimiento muy rápido y permeabilidad rápida o muy rápida. Si se decidiera una fase, se agregará el símbolo fd6.

Por lo general diferencias en el drenaje de más de una clase suelen quedar separadas al nivel de serie. Las clases de drenaje natural fueron vistas en el capítulo correspondiente.

Fases por anegabilidad.

Puede seguirse un criterio similar; de acuerdo con las cinco clases por peligro de anegamiento definidas en el capítulo III, se pueden separar áreas donde se manifiestan condiciones distintas a las de la serie correspondiente y siempre que el problema se refleje de algún modo en el perfil. Se cuidará que no se reúnan dentro de la misma unidad, suelos con más de uno (o como máximo dos) grados de diferencia. Dentro de lo posible se preferirán las fases por drenaje, que incluyen especificaciones que se refieren también a la inseguridad para el uso del suelo, y donde se resumen los valores de pendiente, escurrimiento, permeabilidad y en cierto modo riesgo de inundación.

Fases por salinidad o alcalinidad.

Dentro de suelos normalmente salinos, se pueden distinguir áreas con grados de salinidad o alcalinidad distintos al perfil modal de la serie:

Fase ligeramente salina (o débilmente salina): áreas de suelos con salinidad de clase 1. Al símbolo de la unidad se le agregará fsal.

Fase moderadamente salina: áreas de clase 2. Se agregará el símbolo fsa2.

Fase fuertemente salina: áreas afectadas como clase 3. Se agregará el símbolo fsa3.

Fase sódica (o salino-sódica): áreas afectadas por álcalis, según definición de la clase 4. Se agregará el símbolo fsa4.

Si por otras distintas razones un suelo fuera inutilizable para ser cultivado o usado para pasturas, no habrá razón para separar fases por la presencia de sales.

LA VARIANTE. La "variante" es una unidad íntimamente vinculada con otra, por lo general la serie, de la cual se diferencia por alguna característica. Su nombre es el de la serie correspondiente, con un agregado que señale el rasgo diferencial. No debe ser confundida con la fase; la variante permite mantener provisionalmente dentro de una serie, a perfiles que difieren de los modales, y que pueden llegar a convertirse en una serie aparte, cuando se compruebe que cubren una extensión amplia, mapeable y caracterizable por separado.

Ejemplos de variantes: Olavarría, variante calcárea; Mercedes, variante imperfectamente drenada; Villa Lía, variante ligeramente salina.

Los rasgos más comunes usados para crear variantes suelen ser los debidos a escasa variación en las clases de drenaje, permeabilidad,



salinidad, etc. respecto de la serie conocida.

**COMBINACIONES DE UNIDADES.** No siempre todas las unidades taxonómicas se pueden señalar por separado en los mapas de suelos y, por lo general, menos aún en los mapas de reconocimiento, esquemáticos, etc. En casos tales se usan unidades combinadas.

Muchas veces por razones de escala o por lo propósitos del mapeo, es necesario dar un patrón cartografiable de unidades geográficamente asociadas.

Esos agrupamientos se llaman "Asociaciones de suelos" cuando reúnen unidades cuya distribución se conoce y que puedan separarse en mapas de mayor detalle. Al hacerse un mapa en menor escala, se reúnen determinadas unidades por su relación geográfica, constituyendo "asociaciones".

Quando en un trabajo de detalle ciertas unidades se presentan geográficamente asociadas, pero sus miembros no puedan cartografiarse separados dada la complejidad de sus trazados o lo intrincado del patrón, se establecerán "Complejos de suelos". Tanto en los "complejos" como en las "asociaciones", se deben citar los nombres de las unidades que se reúnen, a pesar que no puedan mapearse separadamente. En la memoria del mapa se describirán con detalle las unidades que compongan cada complejo o asociación mapeada.

A veces corresponde cartografiar en un área dos o más unidades taxonómicas similares, que no están geográficamente mezcladas en forma regular; en tales casos se establece un "grupo indiferenciado". Esta es una unidad de mapeo que se designa con los nombres de las respectivas unidades combinadas, vinculándolos con la conjunción "y".

La "asociación de suelos" es la unidad de mapeo más utilizada en todas las escalas. En las escalas mayores se darán no sólo los nombres, sino también las proporciones y definiciones de las series reunidas en la asociación. En las escalas menores se definirán los grandes grupos, o familias, o subdivisiones de grandes grupos. Los niveles de agrupamiento y los rangos de homogeneidad de las asociaciones mapeadas dependerán del propósito del trabajo.

La "catena" de suelos, ya citada en capítulos anteriores, y que reúne suelos que difieren por razones debidas a distintas posiciones en el relieve, -pero vinculados por su mismo material originario, es en este sentido una "asociación". En este caso se trata de una "asociación catenaria".

**TIERRAS MISCELÁNEAS.**

Se aplica este nombre a las áreas cartografiadas que tienen poco o nada de suelo, o que por ser inaccesibles no es posible clasificarlas.

Si ocupan poca extensión se indican con un simple símbolo. Si pueden separarse, se marcarán preferiblemente con tinta roja. Se suele dar como ejemplos de tierras misceláneas: los depósitos aluvionales estratificados recientes, "bad-lands" o malpaís (huayquerías), playas costaneras, peladales, coluvios recientes, cangrejales, conchales, cárcavas, médanos, dunas, afloramientos rocosos, pedregales, roquerías, manglares, escoriales, escarpas, etc.

Sin embargo los ambientes naturales citados no son en rigor misceláneos. El término se debería restringir a los rasgos no naturales observables en las fotos aéreas: áreas urbanas, establecimientos industriales, cementerios, préstamos o excavaciones, basurales, playas de descarga de residuos de minas y canteras, etc., etc., todos ellos sectores de "no suelo" contruidos artificialmente por la acción humana.

## XVI-DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS EN EL CAMPO

Todo trabajo de reconocimiento de suelos, cualquiera sea el método adoptado, requiere un elemento esencial de investigación de campo: la descripción completa de las unidades de suelos y el establecimiento de la amplitud de variación de las mismas.

Decidida la realización del reconocimiento de un área, se prepara un plan de trabajo donde además de la escala de mapeo, se establecen los métodos generales a utilizar, la nómina de técnicos encargados de su realización, disposiciones presupuestarias y de carácter administrativo sobre medios, vehículos, materiales, elementos, instrumental, material cartográfico y aerofotográfico, etc., finalidades o usos que se podrían dar a los resultados de campo si es que pueden anticiparse, y antecedentes que se posean sobre los suelos, vegetación, geología, etc. Se deben establecer también las relaciones con otros organismos que cooperen en el plan.

### La leyenda inicial y sus símbolos.

Al comenzar el levantamiento en sí, se debe anticipar y entregar a cada miembro de los equipos

de reconocimiento la leyenda inicial tan completa como sea posible, donde se incluyan todas las distinciones posibles entre unidades que deban aparecer en el mapa, con sus símbolos respectivos. Por lo tanto la primera labor del supervisor de un equipo de levantamiento de suelos, será la revisión general de su área y la preparación de dicha leyenda; si es posible se hará una descripción provisoria de las unidades de mapeo. Esta leyenda se irá perfeccionando a medida que el trabajo vaya progresando.

Para ello el supervisor recorrerá su área para formarse una idea sobre los suelos, las distintas formas del paisaje, geología, vegetación, uso de la tierra, etc., preferiblemente acompañado de los técnicos que harán el reconocimiento y la fotointerpretación. Siempre se tendrá en cuenta el objetivo del trabajo para que al determinar las unidades no se dé excesivo detalle al mapeo, ni se lo simplifique más de lo debido.

La leyenda inicial de interpretación, incluirá las definiciones correspondientes a cada unidad de mapeo con sus respectivos símbolos.

Estos símbolos se crean convencionalmente; generalmente suelen ser una combinación de letras y números que identifican diversas condiciones de suelos y de paisajes, algunas de ellas de observación directa en los fotogramas y otras deducidas o estimadas indirectamente. El coordinador elaborará la correspondiente lista y combinación de símbolos más adecuada a cada área, para que el fotointérprete pueda aplicarlos en las unidades trazadas durante la interpretación previa.

En el reconocimiento de la región pampeana, los datos que se utilizan para la simbología son, entre otros: forma de paisaje o pequeña unidad fisiográfica (cuyas definiciones, lo más completas posibles, se darán en la leyenda); clase de pendiente; relieve y/o microrelieve; grado de escurrimiento y permeabilidad; tipo y clase de erosión presente; peligro de anegamiento; clase de salinidad y alcalinidad; grado de desarrollo del perfil; profundidad del suelo; clase de drenaje; grado de pedregosidad o rocosidad; etc., etc.

Hay distintas formas de armar el símbolo compuesto. Preferiblemente la estructura del mismo se dispondrá como un quebrado; en el numerador irán los símbolos de rasgos o elementos vinculados a la topografía, prefiriéndose colocar como denominador los que indiquen condiciones edáficas que por lo general se deberán verificar en el campo; algunos de ellos requerirán mediciones más ajustadas, como es la permeabilidad o el grado de salinidad.

Una vez concluida la etapa de correlación, estos símbolos se pueden simplificar o abreviar a efectos de facilitar la publicación. Una forma de hacerlo puede ser la de dejar indicado en el símbolo los datos del numerador, al que se habrá agregado el correspondiente a la serie, fase o asociación pertinente, según lo visto en el capítulo anterior. Las letras o números del denominador, por ser condiciones propias del suelo, ya quedan involucradas en cierto modo en la definición de la unidad edáfica mapeada, por lo que pueden ser obviadas en la mayoría de los casos.

Un ejemplo usado en el levantamiento de la región pampeana, puede aclarar mejor esta explicación:

Símbolo de la leyenda  
de interpretación:

$$\frac{I - 11 - 2 - N}{4 - 4 - H3 - 5}$$

Símbolo de la serie,  
agregado en la leyenda  
descriptiva:

$$\frac{I - 11 - 2 - N - Ar}{4 - 4 - H3 - 5}$$

Símbolo de correlación  
(para la publicación):

$$11 - 2 - N - Ar$$

En el primer símbolo, I indica la subregión dentro de la gran unidad geomorfológica (pampa ondulada) y puede ser eliminado cuando se sobrentienda; 11 es el símbolo de la forma del paisaje correspondiente a la unidad (la leyenda incluye la definición correspondiente); 2 es la clase de pendiente (o sea en este caso, de 1 a 3%); N indica relieve normal. En el denominador, 4 significa escurrimiento rápido; 4: permeabilidad moderada; H3 erosión hídrica presente en grado severo; 5 es la clase de anegamiento (sin ningún peligro). A este símbolo compuesto se ha agregado al nivel de correlación, "Ar" (símbolo de la serie Arreifes).

Cada subregión puede requerir una combinación distinta de símbolos, por lo cual junto con la leyenda de interpretación se dará la clave correspondiente a cada región que se ataque, para que los técnicos conozcan cómo estarán estructurados sus símbolos.

Hecha la foto-interpretación, los reconocedores de suelos podrán iniciar los chequeos a campo durante los cuales verificarán si los símbolos usados han sido correctamente puestos y los límites pueden mantenerse como han sido dibujados y, primordialmente, investigarán los suelos mediante correctas y cuidadosas descripciones.

Esta labor de campo es irremplazable, cualquiera sea el método de trabajo elegido.

#### USO DE LA FICHA EDAFOLOGICA.

Los datos obtenidos a campo, tanto de los elementos del paisaje (y otros aspectos externos del suelo), como los referentes a la morfología de los perfiles de cada unidad estudiada, sirven como se ha dicho para caracterizar y clasificar los suelos y establecer los rangos de variación o amplitud que corresponda dar a cada unidad. En cuanto a la distribución geográfica de estas unidades, ella se apreciará mejor sobre las fotos aéreas, mediante el análisis de las mismas y su interpretación en gabinete.

Para documentar el trabajo de campo, se vuelcan todos los datos de los perfiles estudiados en fichas edafológicas, con lo cual se tiene un archivo de todas las observaciones efectuadas, con todos los datos tabulados ordenadamente.

Los diversos ítems que comprende la ficha edafológica sirven no sólo para clasificar cada suelo, sino también para establecer comparaciones entre situaciones similares, que permitan ubicar los suelos en una misma serie o determinar diferencias que hagan necesario separarlos como series distintas. Del estudio de estas fichas, y del estudio de las fotos o mosaicos, se puede hallar además el lugar más representativo de cada unidad y elegir un "standard" que se tomará como suelotipo de dicha serie, aunque no sea precisamente el perfil modal, ni siquiera el más representativo.

Esa ficha, que se reproduce aparte, comprende varios datos que deben ser cuidadosamente volcados por el reconocedor. Se recomienda llenar la ficha de acuerdo con las definiciones de términos propuestos y según las instrucciones generales que se dan en este manual. Un resumen de tales instrucciones tendrá el reconocedor en su libreta de campaña.

En la carátula de la ficha se harán las anotaciones que convenga documentar y que no quedaran señaladas en los respectivos ítems, y especialmente los datos de valor utilitario como cultivos, manejo, labores, prácticas conservacionistas, estado de las pasturas, densidad de ganado, tipos y manejo de bosques, etc., etc., como así también estimaciones de rendimiento, receptividad, susceptibilidad a la erosión, etc., que conviniera anotar. Sin embargo muchos de estos datos de valor utilitario se suelen recopilar en una ficha especial que se llenará al final de los chequeos de campo. Se contará así con una buena documentación de carácter práctico de cada unidad mapeada, a fin de que, al redactar la memoria final, se puedan hacer las consideraciones agronómicas necesarias para la mayor utilidad del mapa básico de suelos.

Al pie de la primera página inscribirá su nombre el reconocedor y dejará señalado el número de muestras y de fotos obtenidas del perfil y/o del paisaje.

En la página interior se anotarán los datos referentes a la descripción externa y los datos morfológicos descriptivos de cada uno de los horizontes y subhorizontes hallados en el perfil.

En cuanto a los datos de carácter externo, ellos pueden variar según la región bajo estudio; así, en zonas montañosas es imprescindible anotar la altitud sobre el nivel del mar, en regiones de latitudes altas es conveniente indicar la exposición hacia donde el suelo se orienta (sur o norte), etc., etc. La ficha que aquí se presenta como ejemplo, es la utilizada en el levantamiento de suelos de la región pampeana y es susceptible de adaptaciones regionales.

-----

MOSAICO:	RECORRIDO:	AEROFOTO:	FECHA:	OBSERV. N°
SERIE:		FASE:		
SIMBOLO:		GRAN GRUPO:		
CLASIFICACION PARA EL USO AGRICOLA:		PASTURIL:		FORESTAL:
UBICACION:				
PAISAJE: tipo:		forma:		simbolos:
MATERIAL ORIGINARIO:				
VEGETACION NATURAL o CULTIVOS:		DRENAJE (clases)		
RELIEVE: PRONUNCIADO NORMAL SUBNORMAL CONCAVO		PELIGRO DE ANEGAMIENTO: clase 1 2 3 4 5		
POSICION: Loma Media loma alta Medio loma Media loma baja Pie de loma Bajo		DISTRIBUCION de la HUMEDAD: seco - fresco - húmedo - mojado - uniforme - no uniforme		
PENDIENTE: Clases % 0 1% 2 3 4 5 6		COBERTURA VEGETAL % PROFUNDIDAD de la NAPA:		
ESCURRIMIENTO (Grados): 0 1 2 3 4 5		SALES o ALCALIS: clase 0 1 2 3 4		
PERMEABILIDAD (Grados): 1 muy lento 2 lento 3 moder. lento 4 media rade 5 moder. rápida 6 rápida 7 muy rápida		PEDREGOSIDAD o ROCOSIDAD: grado 0 1 2 3 4 5		
EROSION: (clases) X O H 1 E H 2 E H 3 E H 4 E H 5 E		USO DE LA TIERRA: A P F H B S M X		

HORIZONTE	PROFUND cm	LIMITE tipo forma	COLOR S en seco H en húmedo	TEXTURA	ESTRUCTURA a tipo b clase c grado	CONSISTENCIA				pH	CO <sub>3</sub>	SIBERE.	SABORES presene color	MOTEAOS	RAUCES	FORMACIONES ESPECIALES (eflorescencias, lombrices, etc)
						S	N	M	plast. pches.							
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											
		S			a											
		H			b											

OBSERVACIONES:

DATOS ANALITICOS

SERIE:

OBSERV N°

N° REGISTRO																					
HORIZONTE																					
PROFUNDIDAD																					
MATERIA ORGANICA	C %																				
	N %																				
	C/N																				
TEXTURA	Arcilla < 2µ																				
	Limo 2-20µ																				
	Limo 2-50µ																				
	Arena <100 muy fina																				
	Arena 100 fina 250																				
	Arena 250 media 500																				
	Arena 500 gruesa 1000																				
	Arena 1-2mm muy gruesa																				
	Ca CO <sub>3</sub> %																				
	Equiv. de humedad %																				
Humedad higroscop. %																					
Agua útil %																					
pH en H <sub>2</sub> O (1:2.5)																					
pH en HCL (1:2.5)																					
pH en Pasta																					
Conductiv. de la Pasta																					
Conductiv. (mmhos/cm)																					
Bases intercambiables (m e./100 g)	Ca ++																				
	Mg ++																				
	K +																				
	Na +																				
Valor S																					
H <sup>+</sup> de cambio																					
valor T																					
% saturación (S+M)																					
% saturación (Sobre T)																					
Porosidad espec. apar.																					

MUESTRAS EXTRAIDAS: \_\_\_\_\_

FOTOS TOMADAS: \_\_\_\_\_ DEL PAISAJE: \_\_\_\_\_

DEL PERFIL: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del Reconocedor: \_\_\_\_\_



## INSTRUCCIONES GENERALES PARA

### LLENAR LA FICHA

#### 1-Datos generales y de carácter externo

**MOSAICO-RECORRIDO-AEROFOTO:** Se anotarán los números que corresponda. **FECHA:** La del día en que se describió el perfil. **OBSERVACION N°:** Se inscribirá el número correlativo de cada observación, según el orden establecido para cada equipo de reconocimiento.

**SERIE:** Se anotará el nombre de la serie correspondiente; si se tratara de un nombre tentativo, se lo indicará expresamente. Ejemplo: Villa Lía (tentativa).

**FASE:** En caso de crearse esta unidad de mapeo, se anotará su nombre. Ejemplo: "ligeramente erosionada por agua".

**SIMBOLO:** Se señalará el símbolo adoptado para la serie y/o fase, de acuerdo con la respectiva leyenda. Ejemplo: VL-fHL.

**GRAN GRUPO:** Si se conociera a qué Gran Grupo pertenece la Serie, se lo indicará. Ejemplo: Brunizem.

**CLASIFICACION PARA EL USO:** En esta casilla se anotará el símbolo correspondiente a la clase, subclase y unidad de capacidad de uso de la clasificación utilitaria que se adopte en el trabajo, señalándola en aquél destino para el cual se considere más apto el suelo (agrícola, pasturil o forestal). Se consultará al respecto el sistema elegido para cada región.

**UBICACION:** Indicar con la mayor precisión posible el lugar de la observación, con referencia a puntos geográficos conocidos, especialmente localidades y estaciones de ferrocarril, o a coordenadas de fácil identificación sobre planchetas o mosaicos.

**PAISAJE (tipo y forma):** Se refiere a la unidad geomorfológica (gran unidad y pequeña unidad) en la cual se haya hecho la observación. Para ello se debe seguir la terminología aceptada por fisiógrafos o geomorfólogos y propuesta en la leyenda respectiva. Una pequeña unidad geomorfológica con que se conoce el aspecto de cada forma de paisaje (land forms) puede constituir una sola serie o una asociación o complejo de suelos. Ejemplo: "área pantanosa de cauce fluvial", "terrazza intermedia del río Salado", "lomas arenosas onduladas", etc. (Ver pág. 111).

**Símbolo:** Se señalará el símbolo de la unidad correspondiente completo y de acuerdo con la respectiva leyenda. Ejemplo: I-11-1-N

2-3-0-5

**MATERIAL ORIGINARIO:** Anotar el tipo de roca de que se trate, con las características sobresalientes que fuera conveniente señalar, de acuerdo a los términos petrográficos o sedimentológicos más difundidos. Ejemplo: "sedimento loessico no consolidado", "aluviones de com posición variada", "sedimento lacustre con abundante yeso", etc. Si se conoce, se indicará también el nombre de la formación geológica respectiva. Ejemplo: limo Ensenadense.

**VEGETACION NATURAL O CULTIVOS:** Se indicará el tipo de asociación vegetal nativa (bosque, selva, sabana, palmar, estepa arbustiva, estepa herbácea, pradera inducida, pajonal, etc., etc.) y si fuera posible los nombres científicos y vulgares de las especies dominantes. Si se tratara de plantas cultivadas, se anotará: trigo, avena, alfalfa, viejo, rastrojo de maíz, monte de citrus, plantación de álamos, etc.

**RELIEVE:** Señalar el tipo de relieve donde se realizó la observación, marcando el término que corresponda según las definiciones dadas en este Manual: Pronunciado-Normal-Subnormal-Cóncavo, o sus combinaciones. Ver página 20.

**POSICION:** Para relieves normales o pronunciados (ondulados, colinados, etc.) se indicará en qué posición dentro de ese relieve se ha hecho la observación: loma, media loma alta, media loma, media loma baja, pie de loma, bajo.

**PENDIENTE:** Se indicará la clase de pendiente del lugar de la observación, marcando la casilla correspondiente de acuerdo con las definiciones dadas en la pág. 22. Preferiblemente se medirá con clinómetro.

**ESCURRIMIENTO:** Se marcará el grado correspondiente al lugar de la observación. Ver definiciones en pág. 23.

**PERMEABILIDAD:** Se calificará el grado de permeabilidad del suelo según la del horizonte menos permeable, siguiendo la terminología dada en la pág. 24. El dato puede estimarse, pero si fuera posible se usará un permeámetro.

**EROSION:** Se debe indicar el tipo de erosión (hídrica o eólica) que se observe en la unidad mapeada, y la clase de erosión según las definiciones dadas en las páginas 89 a 92. Para suelos engrosados por deposición proveniente de áreas más altas, se anotará como "clase X" (ver pág. 91).

**DRENAJE:** Se indicará la clase de drenaje natural que caracteriza al suelo estudiado, siguiendo las definiciones dadas en la página 26.

**PELIGRO DE ANEGAMIENTO:** Se estimará la clase correspondiente y se la señalará según las definiciones de la pág. 26.

**DISTRIBUCION DE HUMEDAD:** Se indicará si la humedad está distribuida en el perfil uniformemente o no, y el estado de humedad de los horizontes principales (seco, fresco, húmedo, mojado).

**COBERTURA VEGETAL:** Se calculará el porcentaje de suelo cubierto por vegetación herbácea natural en el lugar de la observación y sus inmediaciones.

**PROFUNDIDAD DE LA NAPA:** Si se conoce el dato, se anotará la profundidad en metros, tanto de la freática como del acuífero subterráneo. En general, es suficiente anotar "profunda".

**SALES O ALCALIS:** Se marcará la presencia de uno de ellos o de ambos y la clase de salinidad y/o alcalinidad que corresponda, según las definiciones de la pág. 83.

**PEDREGOSIDAD O ROCOSIDAD:** Se señalará cuál de estos dos rasgos existen, y los grados correspondientes, siguiendo las definiciones dadas en las páginas 55 y 56. En el caso de tratarse de trozos de tosca calcárea, conviene indicarlo en las observaciones, del mismo modo que la profundidad a que se la encuentre.

**USO DE LA TIERRA:** Se marcará el símbolo correspondiente al uso actual del suelo, según lo que se ha definido en la pág. 97 de este Manual.

-----

2-Datos relativos a la descripción morfológica  
de los perfiles de suelo

En la segunda página interior de la ficha se describe el perfil, horizonte por horizonte, según estas instrucciones:

**HORIZONTE:** Símbolo del horizonte o capa del suelo, respetando la nomenclatura adoptada en este Manual, con los sub-índices respectivos (ver pág. 32). Ejemplos: Ap, A2, B2t, B3loa, IICg, etc.

**PROFUNDIDAD:** Se anotarán las profundidades del techo y del límite inferior del horizonte, medidas desde la superficie del suelo, de acuerdo a lo determinado en la pág. 29, siempre en centímetros. Ejemplo: 12-25.

**LÍMITE:** Se refiere al límite inferior de cada horizonte. Se debe anotar: a) tipo de límite (abrupto, claro, gradual, difuso) de acuerdo con las definiciones que se dan en la pág. 29 y b) la forma del mismo (suave, ondulado, irregular, quebrado).

**COLOR:** Se determinará mediante la tabla de Munsell, en seco y en húmedo y se anotará con el símbolo respectivo, siguiendo las reglas dadas en el capítulo correspondiente. (Ver pág. 41).

**TEXTURA:** Anotar la clase textural apreciada al tacto, mediante abreviaturas y siguiendo las definiciones dadas en el capítulo respectivo. Se recomienda usar las siguientes abreviaturas y sus combinaciones:

Franco: Fr.  
Arenoso: Ar.

Arcilloso: arc.  
Limoso: lim.

Recuérdese que los fragmentos gruesos (entre 2 mm y 25 cm) pueden usarse como modificadores de la clase textural (graviloso, guijoso, guijarroso, guijonoso, escamoso, pavimentado o embaldosado). Ver cuadro de la pág. 53.

**ESTRUCTURA:** Se estudiará preferiblemente en seco y se indicará: a) el tipo de estructura (laminar, prismática, columnar, bloques angulares, bloques subangulares, granular, migajosa), de acuerdo con las definiciones dadas en la pág. 59 de este Manual; b) la clase de estructura, es decir el tamaño de los agregados: muy fina, fina, media, gruesa, muy gruesa, siguiendo las normas del cuadro de la página 60; c) el grado de estructura, o sea la resistencia a la desagregación por presión entre los dedos: débil, moderada, fuerte, según las definiciones de la pág. 61.

Si el horizonte no tuviera estructura, se llenará el espacio con los términos "masivo" o "grano simple" según corresponda. Cuando sea posible, se indicará la estructura secundaria, abreviando los términos. Ejemplo:

- a - prismática
- b - media                      rompe a
- c - moderada                    Bl.finos

**CONSISTENCIA:** Se llenarán las casillas correspondientes, siguiendo las definiciones y los términos propuestos en el capítulo respectivo. En la casilla correspondiente a la consistencia en mojado se señalará la plasticidad y la adhesividad correspondiente, una en la casilla superior y otra en la inferior.

**pH:** Se anotará el dato que se obtenga a campo, mediante el uso del indicador universal adoptado (ver pág. 71). Si el pH fuera mayor de 8.0, conviene utilizar Azul de Timol, con la gama de Lamotte correspondiente.

**CO<sub>3</sub>** (carbonatos libres): Se indicará el grado de efervescencia apreciado en la masa del horizonte, al ser tratado con unas gotas de ácido clorhídrico diluido. Si la reacción se observara en pequeños puntos o concreciones, se dejará indicado en la columna respectiva. Se recomienda usar esta simbología:

- sin reacción en la masa: 0
- reacción débil (poca cantidad de CO<sub>3</sub>): +
- reacción moderada: ++
- reacción fuerte o violenta: +++

**CONCRECIONES:** Se señalará su presencia, abundancia relativa y composición de las mismas mediante un símbolo fácil de entender o mediante abreviaturas.

- Concreciones calcáreas (CaCO<sub>3</sub>): ca
- ídem de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): fe
- ídem de manganeso (MnO<sub>2</sub>): mn
- ídem de sílice (SiO<sub>2</sub>): si
- No se observan: 0
- escasas: +
- abundantes: ++

Las concreciones calcáreas se descubren por una efervescencia al tratarlo con HCl diluido, las de sesquióxido de hierro, con sulfocianuro (rodenato) de potasio (K SCN); previamente el suelo se acidulará con HCl diluido. Un color rojizo indica la presencia de hierro férrico. Las concreciones de bióxido de manganeso (MnO<sub>2</sub>) se comprueban con agua oxigenada a 20 volúmenes; un fuerte burbujeo denota su presencia. La abundancia relativa se estima aproximadamente.

**BARNICES:** En esta casilla se anotan abreviadamente la presen

cia y abundancia relativa de barnices coloidales, revestimientos de arcilla iluvial (clayskins), planos de fricción (slickensides), barnizados de materia orgánica, etc. Si fuera conveniente, se tomará el color de los barnices y el estado o condición de humedad en que se tomó el color. Un ejemplo: abundantes clayskins de color 10YR 2/2 en húmedo, se abreviará:

++ clsk  
10YR 2/2 h

**MOTEADOS:** Se procederá de modo similar, anotando el color por Munsell y el tipo de moteado (abundancia, contraste y tamaño de los mismos) empleando la terminología propuesta en la pág. 43 y con las siguientes abreviaturas:

escasos: e	débiles: d	finos: f
comunes: c	precisos: p	medios: m
abundantes: a	sobresalientes: s	gruesos: g

Ejemplo: a p f  
5YR 4/4

**RAICES:** Indicar para cada horizonte su presencia y cantidad relativa: R: escasas raíces; RR: raíces comunes; RRR: abundantes raíces.

**FORMACIONES ESPECIALES:** En esta casilla se anotan con abreviaturas todos los demás rasgos que valiera la pena señalar: fauna del suelo y sus deyecciones, sales (eflorescencias, manchas, pseudomicelios, etc.) micro-cristales de yeso, krotovinas, lenguas, poros, grietas, vesículas, grado de cementación, etc.

Se señalará aquí si el horizonte constituye un pan (claypan, duripán o fragipán). El fragipán se indicará además con el símbolo subordinado correspondiente, agregado al nombre del horizonte (Ejemplo Bx), según la nomenclatura adoptada en la pág. 38.

Si el horizonte estuviera cementado, se lo hará notar en esta casilla o en "Observaciones". Cuando la cementación o el duripán fuera de calcáreo puro se anotará: "tosca", u "horizonte petrocálcico"

"Observaciones": al pie de la ficha, se anotará cualquier característica sobresaliente no señalada en los ítems anteriores, como la presencia de horizontes transicionales de menos de 5 cm de espesor, horizontes muy compactados; esponjoso; turboso, cementado pero que se ablanda al mojarlo, etc., etc.

Se suele agregar también una página para anotar los datos analíticos obtenidos en el laboratorio, en caso que se hayan obtenido muestras del perfil. En este último caso, a estas muestras se les da un número de registro en el laboratorio, se reserva una parte en su estado natural para el archivo, y el resto se destina a los análisis requeridos por el coordinador. (Ver capítulo XVII).

199

Se recomienda muy especialmente llenar del modo más completo posible la ficha edafológica. Se debe tener en cuenta que los datos que ella aporta es el documento más hábil para establecer similitudes y diferencias entre suelos, a efectos de la creación de series o fases, o para decidir sobre la clasificación del suelo en cualquier etapa del levantamiento. El trabajo de correlación no puede hacerse sin grandes dificultades cuando no se cuenta con un buen número de observaciones completas relevadas por el reconocedor durante los chequeos de campo.

La responsabilidad que asume el técnico al llenar esta ficha cuidadosamente debe ser perfectamente comprendida, para que el reconocimiento y la clasificación sean hechos con la eficiencia que exige este tipo de trabajos.

El éxito de un programa de levantamiento usando la metodología que se desarrolló en este Manual, depende en una gran proporción de la seriedad con que se encaren tanto la fotointerpretación, como los chequeos de campo y las descripciones minuciosas de los perfiles observados.

Los técnicos que actúen como supervisores o coordinadores del trabajo deben prestar suma atención al cumplimiento estricto de estos puntos, para que exista unidad de criterio entre los foto-intérpretes y reconocedores de suelos y se cumplan las sucesivas etapas que el método requiere para llegar a buen fin.

-----

## XVII-OBTENCION Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELOS

Durante el levantamiento el reconocedor de suelos extrae cierto número de muestras para su ulterior análisis en el laboratorio. El análisis de los suelos sirve para su caracterización más exacta y para la determinación de ciertas propiedades que no se pueden apreciar cuantitativamente en el campo.

En los levantamientos de suelos lo más útil es muestrear cada uno de los horizontes de un buen número de perfiles representativos. Esto se debe hacer solamente en pozos o calicatas recién excavados, lo suficientemente profundos como para alcanzar todos los horizontes y sub horizontes genéticos incluyendo al horizonte C, y lo suficientemente anchos como para asegurar una buena observación y un muestreo cómodo. En general, los pozos de 75 x 50 cm son lo bastante anchos como para trabajar a una profundidad de más de un metro con la pala de puntar y la pala ancha, pero en suelos muy profundos es aconsejable hacerlos más grandes para mayor comodidad. No es recomendable muestrear horizontes sirviéndose solamente de la pala-barreno; esta herramienta puede ser de ayuda sólo para la elección previa del sitio correcto donde excavar el pozo que se ha de muestrear.

Las muestras deben ser extraídas sólo después de haber finalizado la identificación y la descripción de los distintos horizontes y subhorizontes presentes. Muestras mal identificadas o de horizontes mal descriptos no tienen ningún valor para el levantamiento.

Se extraerá de cada horizonte y subhorizonte una muestra de por lo menos un kilogramo teniendo mucho cuidado de no mezclar con materiales de otras partes del perfil. El muestreo se suele empezar por el horizonte más profundo, luego de haber limpiado y sacado del fondo del pozo todo el material caído de arriba. Se procede después al muestreo de arriba hacia abajo de cada horizonte separadamente. Inmediatamente de embolsadas las muestras se etiquetan o rotulan en el mismo lugar; luego se cierran para evitar errores. En la ficha edafológica se indica el número de muestras extraídas. Las muestras de cada perfil se acompañan con la descripción del perfil o con una copia de la ficha edafológica.

Las muestras deberán despacharse lo antes posible para su análisis en laboratorio. Algunas muestras recogidas durante periodos lluviosos o extraídas cerca de la capa freática pueden requerir un secado al aire antes de empaquetarlas. Si fuese necesario este secado el mismo se ha de efectuar a la sombra, tomando todas las precauciones posibles para que las muestras no se contaminen ni se pierda material.



Para ciertas determinaciones especiales, tales como densidad aparente del suelo, permeabilidad y porosidad del suelo, o investigaciones de la micromorfología, se toman muestras de suelo no alterado; en general estas son muestras cilíndricas verticales u horizontales, tomadas con instrumental especial, de cada uno de los horizontes importantes o sólo de los horizontes supuestamente limitantes u horizontes problemas. Para la prueba de permeabilidad, por ejemplo, se toman muestras cilíndricas verticales con un cilindro cuyo diámetro debe ser por lo menos de 15 cm. Para las determinaciones de la densidad aparente o investigaciones de porosidad es aconsejable tomar las muestras cilíndricas horizontalmente en una de las paredes de la calicata recién excavada y limpia.

La toma de muestras no alteradas se efectúa con equipos especiales para cada tipo de trabajo. Estas muestras se conservan en su estado natural de humedad y se despachan cuidadosamente al laboratorio lo antes posible sin perturbar su estado natural, sino se cuenta con los medios para hacer las determinaciones de inmediato.

Las muestras de calicatas son sometidas en el laboratorio a un secado parcial, una trituration y un tamizado. La fracción inferior a los 2 milímetros (llamada "tierra fina") es sometida al análisis. Sin embargo, el material retenido en el tamiz de 2 mm no se descarta, sino que se guarda para su inspección. Siempre es importante anotar la naturaleza del material grueso presente, como por ejemplo lombrices, larvas, raíces, concreciones de calcáreo, cantos rodados, concreciones hierro-manganesicas, huesos de animales, rocas meteorizadas o trozos de pedernal, ftanita, valvas, conchillas, concreciones lateríticas, etc. No debe excluirse ningún material del suelo de la muestra original sin una inspección previa, anotando su naturaleza y la relativa abundancia del material, en la planilla de análisis.

Los análisis que se consideran de importancia en levantamientos de suelos se refieren a las características diagnósticas de los mismos y a propiedades más o menos fijas y permanentes. Propiedades temporarias, como pueden ser el status de nitrógeno, fosfato o potasio asimilables, que cambian con una simple aplicación de abonos, no son de interés para la caracterización de suelos en un levantamiento.

Las propiedades más o menos permanentes y las características diagnósticas se estudian a través de las siguientes determinaciones analíticas:

- 1.- Contenido de materia orgánica. Por lo general se calcula el porcentaje de materia orgánica sobre la base del carbono oxidable, utilizando un factor empírico:

$$\% \text{ mat.org.} = \% \text{ C} \times 1.724$$

El carbono oxidable del suelo se puede determinar de distintas maneras, pero lo más común es su determinación por la vía húmeda con bicromato de potasio y ácido sulfúrico (método de Walkley y Black).(')

(').- Véase: Peech, M. et al. 1947: "Methods of soil analysis for soil fertility investigations". USDA Circular N° 757, 25 pp.

2.- Contenido de nitrógeno total. Es determinado según Kjeldahl. El dato de nitrógeno total no tiene por sí mismo mucho valor, pues es la suma de nitrógeno amoniacal, nítrico, amínico y orgánico. Pero sí tiene valor en relación con el dato de carbono total. Empíricamente se estableció que la relación C/N es un valor bastante constante en los suelos, con un rango de variabilidad entre 6 y 16, (comúnmente entre 10 y 12 en muestras de horizontes A del suelo). La marcha del cociente C/N en los horizontes de un perfil revela parte de su fisiología y distintos suelos se podrán caracterizar por sus diversas relaciones C/N, además de otros factores. Los suelos con relaciones C/N por debajo de 10, comúnmente no responden a fertilizantes nitrogenados; en aquellos con relaciones arriba de 12 la respuesta es probable.

3.- Determinación de la composición mecánica. (Textura del suelo). Se recomienda efectuar el análisis mecánico por el método llamado "de la pipeta", utilizando hexametáfosfato de sodio como dispersante, después de la destrucción de la materia orgánica y de los carbonatos del suelo ('). Las fracciones de importancia para la caracterización de suelos y perfiles son:

arcilla	< 2	micrones	} por pipeteo
limo (clasif. internacional)	2-20	"	
limo (clasif. americana)	2-50	"	
arena muy fina	50-100	micrones	} por tamizado
arena fina	100-250	"	
arena media	250-500	"	
arena gruesa	500-1000	"	
arena muy gruesa	1000-2000	"	

Las fracciones por arriba de los 2000 micrones (2 mm) se habrán separado ya en el pretratamiento. Cuando su presencia es de importancia, se clasificará esta fracción separadamente, como se ha descrito en el parágrafo "Fragmentos gruesos". Para la ubicación de la muestra en el triángulo de texturas (véase pág. 48) se utilizan como datos: % de arcilla, % de limo 2-50 micrones, y la suma de los porcentos de las arenas.

4.- Contenido de carbonato de calcio. Se determina comúnmente según Scheibler, midiendo el volumen de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico) desprendido de una cierta cantidad de la muestra, al tratarla con ácido. Se debe tener cuidado con la interpretación de este dato en aquellas muestras que tengan calcáreo sólo en forma de concreciones de más de 2 mm. Tales muestras pueden producir un dato erróneo debido al pretratamiento.

).- Véase Kilmer, V.J. y Alexander, L.T. 1949. "Methods of Making Mechanical Analysis of Soils". Soil Sci. 69: 15-24.

- 5.- Equivalente de humedad ("moisture equivalent"). Este dato, determinado según sus especificaciones con la centrifuga interna cional, se refiere a la capacidad de retención del agua. En una región homogénea este dato se relaciona con el contenido en arcilla de la muestra, y refleja la "capacidad de campo".
- 6.- Punto de marchitez ("wilting point"). En el laboratorio se puede tener un valor aproximado mediante la determinación de la cantidad de agua retenida por el suelo bajo una presión de 15 atmósferas.

La diferencia entre el equivalente de humedad y el punto de marchitez da el rango de agua útil en el suelo. Este dato es de mucha importancia para el diagnóstico de las propiedades del suelo en relación con el agua, la susceptibilidad del suelo a las sequías, etc.

- 7.- Características de acidez o alcalinidad. El pH se determina con un potenciómetro precalibrado, con electrodo de vidrio. El dato se toma de tres maneras: a) en la pasta de saturación; b) en una suspensión 1: 2,5 en agua destilada y c) en una suspensión 1: 2,5 en cloruro de potasio solución 1 N.

La comparación de los tres datos permite sacar conclusiones respecto de la acidez hidrolítica y la acidez potencial y real del suelo.

La marcha del pH en los distintos horizontes de un perfil en muchos casos puede ser un criterio diagnóstico, junto a otros criterios morfológicos.

- 8.- Caracterización de la salinidad del suelo. Para un diagnóstico rápido, la resistencia de la pasta de saturación da indicaciones suficientes como para separar suelos no salinos de suelos salinos. En suelos salinos, se determina además la conductividad del extracto de saturación, según las especificaciones del USDA, Handbook 60 ('). El valor se expresa en milimhos por centímetro; (véase también la escala de salinidad en pág. 84). Según la gravedad del problema se procede a determinar la naturaleza de las sales, analizando separadamente los cationes y aniones disueltos en el extracto de saturación del suelo.

- 9.- Determinación de las bases intercambiables. En la mayoría de los suelos las bases intercambiables son  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ . En algunos suelos tropicales pueden también tener importancia de diagnóstico, el  $\text{Al}^{+++}$ , el  $\text{Fe}^{+++}$  y el  $\text{Mn}^{++}$  intercambiables.

La determinación de las bases intercambiables del suelo se hace por desplazamiento con otro catión; comúnmente por desplazamiento con un exceso de  $\text{NH}_4^+$  en forma de una solución de acetato de amonio (").

(').- Véase bibliografía.

").- Peech, M., Alexander, L.T. et al. 1947. "Methods of Soil Analysis for Soil Fertility Investigations". USDA, Circ. 757, 25 pp.

El calcio y el magnesio intercambiables se determinan en el percolado de desplazamiento, por titulación con versenato, utilizando "HHSNN" y "Eriochrome negro T" como indicadores. El potasio y el sodio se determinan con el fotómetro de llama. Aluminio, hierro y manganeso, se determinan en cada caso cómodamente con el fotocolorímetro: aluminio con "aluminon", hierro con " $\alpha\alpha'$ dipiridil" y manganeso (en su forma de permanganato), después de oxidar la solución.

Cada una de las bases intercambiables tienen su importancia por sí mismas pero también la tienen en relación con las demás y en relación con el hidrógeno intercambiable. Las bases intercambiables del suelo se expresan en mili-equivalentes por 100 gramos de suelo. La suma de estos valores se designa como "valor S" (suma de las bases adsorbidas).

Entre las bases intercambiables, por lo general el calcio es el catión principal, pero en suelos sódicos lo es el sodio y en muchos suelos solonéticos el sodio más el magnesio. En ciertos suelos muy ácidos además del hidrógeno puede predominar el aluminio. La composición de un horizonte en cuanto a bases intercambiables (el "status de bases") por lo general es un carácter diagnóstico del suelo, junto a otros caracteres.

- 10.- Hidrógeno de intercambio. Además de las bases intercambiables, se determina el hidrógeno de intercambio en todos los suelos con pH inferior a 8,1. Este valor comúnmente se obtiene por titulación de una suspensión del suelo en solución bufferada de cloruro de bario más trietanolamina (1). El dato de hidrógeno de intercambio se interpreta conjuntamente con los datos de los cationes intercambiables y con el pH del suelo. El dato de hidrógeno de intercambio se expresa en m.e. por 100 gramos de suelo.

El porcentaje de saturación con bases de los horizontes es un carácter diagnóstico hasta para diferenciar ciertos grandes grupos de suelos. Este porcentaje de saturación se calcula a partir del valor S y de la suma de valor S + H según la fórmula:

$$\% \text{ de saturación con bases} = \frac{S}{S + H} \times 100$$

- 11.- Capacidad total de intercambio ("valor T"). (Cation exchange capacity "C.E.C."). La capacidad de intercambio de los suelos representa el total de mili-equivalentes que pueden ser adsorbidos por 100 gramos de suelo, en otras palabras: el total de cationes que pueden ser retenidos por una cierta cantidad de suelo. Suelos con baja capacidad de intercambio, por lo general tienen baja fertilidad natural, sobre todo cuando no poseen una buena reserva mineral (véase más adelante). El resultado de la determinación del valor T depende del pH de la solución de intercambio. El valor T aumenta con el aumento del pH; por esta razón siempre debe aclararse a que pH fue hecha

(1). - Véase: Black, C.A. (ed.) "Methods of soil analysis" (2 tomos). Madison, Am. Soc. Agron. Agronomy Monographs No 9.

la determinación. Se recomienda hacerla a pH 7.0 u 8,2 o en ambos valores.

La determinación se hace por desplazamiento de todos los cationes de la muestra con un único catión, por lo general amonio,  $\text{NH}_4^+$  en una solución bufferada a pH 7.0. Después de haberse lavado y eliminado el exceso de  $\text{NH}_4^+$  la muestra es no-iónica con respecto a su capacidad de intercambio, entonces se determina cuantitativamente la cantidad de  $\text{NH}_4^+$  adsorbida.

En muestras con calcáreo el desplazamiento se hace con el ión sódico, porque las sales de amonio se descomponen con el calcáreo del suelo. El procedimiento es el mismo, sólo que lo que se determina cuantitativamente es todo el sodio retenido por el suelo por adsorción.

El valor T siempre se expresa en mili-equivalentes por 100 gramos de suelo. Valores por debajo de 5 mili-equivalentes revelan suelos con muy pobre capacidad de retención de cationes. Valores por arriba de 50 mili-equivalentes pueden indicar, o bien suelos muy ricos en arcilla montmorillonítica (u otra arcilla con muy alta capacidad de intercambio), o bien suelos turbosos (por eso conviene comparar el dato con el % de materia orgánica). Valores T entre 20 y 30 mili-equivalentes son, por lo general, óptimos.

Para interpretar el dato de valor T se toman en cuenta los porcentajes de arcilla y de materia orgánica de la muestra que son los dos responsables principales en la retención de cationes. El humus (materia orgánica) del suelo posee una capacidad muy alta de intercambio catiónico, entre 300 y 400 mili-equivalentes por cada 100 gramos de humus puro. La capacidad de intercambio de las arcillas es por lo general más bajo, y varía con el tipo de arcilla, a saber:

montmorillonita	80-150 m.e./100 gr.
illita	15-40 m.e./100 gr.
caolinita	2-10 m.e./100 gr.
halloysita (hidrata)	25-50 m.e./100 gr.
atapulgita	45-80 m.e./100 gr.
alófano (hidratado)	200-400 m.e./100 gr.
arcilla interestratificada (montm.-illita)	45-90 m.e./100 gr.

Si se resta el aporte del humus al valor T, se puede calcular aproximadamente la capacidad de intercambio de la arcilla, conociendo el porcentaje de arcilla mineral de la muestra, y esto puede indicar entonces la naturaleza de la arcilla presente; la confirmación de este dato se logra, sólo mediante la investigación directa de la arcilla con alguno de los métodos apropiados (véase más adelante).

En ciertos suelos las fracciones arena y limo también pueden aportar algo al valor T del suelo, sobre todo en suelos ricos en minerales del grupo de las zeolitas.

Teóricamente el valor T de un suelo debería ser igual a la suma S + H, cuando todos los datos han sido determinados al mismo pH y siempre que el valor S incluya todos los cationes intercambiables de la muestra. Sin embargo, el H<sup>+</sup> de intercambio se determina por general a pH 8,1, porque es teóricamente el valor más preciso (por arriba de 8,1 empieza la precipitación de CaCO<sub>3</sub> en el suelo, que es el punto de saturación con bases, o sea 100%). Por esta razón la suma S + H siempre excede al valor T. Cuando se requiere el dato de H<sup>+</sup> intercambiable a pH 7.0 se debe hacer una determinación especial a este valor. También se puede calcular aproximadamente el dato de H<sup>+</sup>, por diferencia: valor T - S.

El porcentaje de saturación a pH 7.0 se calcula del cociente de T y S según esta fórmula:

$$\% \text{ saturación con bases (a pH 7.0)} = \frac{S}{T} \times 100$$

Como se ha explicado, este dato da valores más elevados que el dato de % de saturación calculado sobre S + H. Cuando se da el dato del % de saturación, siempre se debe señalar cómo fue calculado.

12.- Densidad aparente. Este dato indica el grado de compactación del suelo o sus horizontes en su estado de campo. La determinación se efectúa en muestras cilíndricas no alteradas del suelo, pesando un volumen conocido del suelo, llevado a la sequedad en su estado natural. Se expresa en gramos por centímetro cúbico de suelo.

Valores entre 1,15 y 1,30 son normales para suelos cultivados. Los suelos no cultivados y no pisoteados, suelen mostrar valores entre 1,05 y 1,20. Cuanto más altos son éstos, más compactados serán los respectivos suelos u horizontes. Valores por encima de 1,30 indican suelos u horizontes compactos, por encima de 1,45 muy compactados. A su vez, valores alrededor de 1,0 indican suelos muy flojos; los suelos turbosos y las turbas suelen tener valores entre 0,9 y 0,3.

El dato de densidad aparente se utiliza también para calcular la porosidad total de una muestra, o sea el volumen de poros capilares más no capilares, tomando la densidad del cuarzo (2,65) como densidad promedio de toda la fase sólida del suelo. Para calcular el porcentaje total de poros (o "porosidad total") de un horizonte, en base a la densidad aparente, se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{porosidad total en \%} = \left(1 - \frac{\text{densidad aparente}}{2,65}\right) \times 100$$

- 13.- Análisis mineralógico. Los análisis mineralógicos de los suelos son útiles para muchas finalidades, entre otras: (1).
- a - Para caracterizar e identificar materiales originarios y sobre esa base, diferenciar series de suelos.
  - b - Para señalar y analizar una eventual discontinuidad litológica en perfiles de suelos y establecer su grado de autoctonía.
  - c - Para caracterizar algún bisequum o procesos poligenéticos en el suelo.
  - d - Para establecer el estado de edafización del suelo y la dirección de los procesos edafogenéticos.
  - e - Para tasar la reserva mineral del suelo evaluando su fertilidad natural.

El análisis mineralógico abarca por lo general dos aspectos: el análisis de la fracción arcilla y el análisis de las fracciones de arenas.

La composición mineralógica de la fracción arcilla se analiza principalmente con el difractómetro de rayos X, o mediante análisis diferencial térmico, o con la deshidratación térmica, o finalmente mediante microscopio electrónico, completando estos datos con el análisis químico total de la fracción. Para ciertos tipos de arcilla illítica se determina además su poder de fijación de potasio. Por otra parte, ciertos tipos de arcilla como el alofano y los hidróxidos de hierro y aluminio, requieren otros métodos de investigación, como la determinación de la capacidad de intercambio diferencial, la determinación de la capacidad de fijación de fosfatos, etc.

La determinación de la composición mineralógica de las fracciones de arenas se efectúa principalmente con el microscopio petrográfico. Para ello se separan de una muestra de la fracción arena, los minerales pesados de los livianos (separación por peso específico, en bromoformo de  $d = 2,89$ ). Luego se analiza separadamente la composición de cada una de las dos fracciones, bajo el microscopio petrográfico, y mediante el recuento de por lo menos 250 granos no opacos en cada preparación. El resultado se expresa en por ciento de granos de cada especie mineral reconocida, del total de los granos no opacos contados. De cada especie se toma nota de las características especiales que puede tener, que a veces sirven como especies-guía.

(1).- Véase también: Edelman, C.H. y van Beers, W.F.J. - 1939 - "On mineralogical soil investigation, with special reference to the Netherlands Indies". Soil Research 6: 339-351.

La interpretación de los datos mineralógicos es un trabajo especializado, donde se toma en cuenta el conjunto de datos sobre la composición de la arcilla y las arenas y otros datos analíticos. Por ejemplo para la tasación de la reserva mineral de los suelos, se deben tomar en consideración todos los minerales más o menos fácilmente edafizables (plagioclasas, ortoclasa, microclino, vidrio volcánico, micas, anfíboles, piroxenos, apatita, etc.). Los suelos que tengan sólo vestigios de tales minerales edafizables, pero con abundancia de minerales resistentes y de poco valor para la nutrición de plantas como son el cuarzo, la turmalina, el zircón, el rutilo, la estauroлита, la cianita, la sillimanita, la magnetita, la illmenita, etc.) se caracterizan por una baja reserva mineral.

Para evaluar el grado de semejanza entre materiales originarios de suelos, se considera la semejanza de la asociación de minerales presentes.

Además de los análisis indicados en este capítulo, se pueden requerir otros análisis cuando se presentan problemas especiales, como por ejemplo problemas de toxicidad de ciertos elementos (aluminio, selenio, boro, molibdeno, manganeso, son ejemplos de elementos que pueden aparecer en ciertos suelos en concentraciones tóxicas), o problemas de deficiencias. Tales propiedades pueden acompañar a ciertas series de suelos en su distribución geográfica y su señalización siempre tiene importancia.

El análisis de muestras de los perfiles modales de cada serie en un levantamiento se impone cada día más. Este análisis no sólo es un complemento de los demás datos de campo, sino que sirve por sí mismo para aportar otros datos diagnósticos, invisibles para el reconocedor de campo.

-----



## REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

Como ya se ha dicho en el prólogo, la mayoría de los capítulos de las dos primeras partes de este trabajo, han sido adaptados, en general, del Soil Survey Manual, (Handbook N° 18 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, edición 1951), con los ajustes necesarios para las condiciones de los suelos de la República Argentina. El capítulo sobre descripciones de perfiles fue tomado de la revisión de 1961 del correspondiente capítulo del Handbook 18 y de "Guidelines For Soil Profile Descriptions", de la F.A.O.

La tercera parte de este Manual, sobre técnica del levantamiento semi-detallado, basado en foto-interpretación y en estudios de campo, representa una adaptación de los métodos desarrollados principalmente en el Centro Internacional de Entrenamiento en Levantamientos Aéreos (I.T.C.) de Delft, Holanda, con adecuación a las condiciones de la República Argentina.

Los trabajos que integran la lista que sigue pueden servir como guía de referencias generales; algunos son de carácter especial referidos a la Argentina y en particular a su región pampeana.

- American Society of Photogrammetry. 1960. "Manual of photographic interpretation". Washington D.C., Am. Soc. Photogr. (R.N. Colwell, editor), 868 pp.
- Donfils, C.G. 1966. "Rasgos principales de los suelos pampeanos". INTA - ISA. Public. N° 97, 65 pp.
- Waring, P. 1954. "The analysis and interpretation of aerial photographs in soil survey and land classification". Neth. Jour. Agr. Sci. 1: 251-255.
- 1960. "The application of aerial photography in soil surveys". En: Manual of Photographic Interpretation. pp. 633-666.
- Abbrera, A.L. 1953. "Esquema fitogeográfico de la República Argentina". Revista del Museo de La Plata. t. VIII. La Plata. pp. 87-168.
- 1965. "Flora de la provincia de Buenos Aires". Colección Científica del INTA, tomo IV°. Comprende seis partes, desde Pteridófitas hasta Compuestas. INTA, Bs. As.
- Appannini, D.A. y Domínguez, O. 1961. "Los principales ambientes geo-edafológicos de la provincia de Buenos Aires". IDIA, N°163, pp. 33-39.
- Consejo Federal de Inversiones. 1963. "Evaluación de los recursos naturales de la Argentina". Tomo 3, Suelo y Flora, 171 pp. (Compilación bibliográfica de los trabajos publicados e inéditos sobre suelos en la República, hasta 1963).

- Daus, F.A. 1962. "Geografía de la República Argentina". I Parte física. Bs. As. Ed. Estrada, 377 pp.
- Department of Forestry. 1965. "Soil Capability. Classification for Agriculture". The Canada Land Inventory, ARDA, Report N° 2. Ottawa. 16 pp.
- Etchevehere, P.H. 1961. "Bosquejo de regiones geomorfológicas y de drenaje de la República Argentina". IDIA, N° 162, pp. 7-26.
- Eyk, J.J. van der. 1952. "Soil mapping from aerial photographs". Photogram. Engin. 18: 162-166.
- F.A.O. 1953. "Soil surveys for land development". Rome. FAO Agricultural Studies N° 20, 120 pp.
- F.A.O. 1957. "El uso de fotografías aéreas en el reconocimiento de los suelos". Compendio de un curso por Doeke Coosen; edic. mimeogr. Cali, Colombia. 63 pp.
- F.A.O. World Soil Resources office. 1965. "The soil resources of Latin America". Second draft. Soil map of the world. FAO-UNESCO project. World Soil Resources Reports N° 18, 115 pp.
- F.A.O. 1966. "Guidelines for soil profile descriptions". Rome, Soil Survey and Fertility Branch. 53 pp.
- Farstad, L. 1962. "Informe al Gobierno de la Argentina sobre Reconocimiento y Clasificación de suelos". Rome, FAO. Report N° 1504. 151 pp.
- Frenguelli, J. 1950. "Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires". La Plata, L.E.M.I.T., Min. Obras Publ. de la Prov. Bs.As. Serie II, N° 33, 72 pp.
- 1956. "Rasgos generales de la hidrografía de la provincia de Buenos Aires". La Plata, L.E.M.I.T., Publ. Serie II, N° 62, 19 pp.
- González Bonorino, F. y Teruggi, M.E. 1952. "Léxico sedimentológico". Inst. Nac. de Invest. de las Ciencias Naturales; Public. de extensión cultural y didáctica, N° 6, Imprenta Coni. Bs.As. 164 pp.
- Harrington, H.J. 1956. "Argentina". En: Handbook of South American Geology, Geol. Soc. Am. Memoirs N° 65, 378 pp. (W.J. Jenks, editor).
- Instituto de Suelos y Agrotonía. 1948. "La erosión eólica en la región pampeana y plan para la conservación de los suelos". Minist. de Agric. y Ganadería; Publicación Miscelánea 303. Bs.As. 235 pp y atlas.
- Instituto de Suelos y Agrotonía. 1958. "Utilización y conservación del suelo en Argentina". Informe de la Comisión de Utilización y Conservación del Suelo, del Grupo Mixto Gobierno Argentino-Naciones Unidas. Publicación N° 56. Bs. As. 47 pp.

- Jacks, G.V. 1946. "Land classification". Imp.Bur.Soil.Sci.; Techn. Communication N° 43.
- Klingebiel, A.A. and Montgomery, P.H. 1961. "Land capability classification". USDA, SCS, Agr. Handbook N° 210, 21 pp. (existe traducción castellana por C.R.O. Miaczynski).
- Línea de Geografía de Suelos. 1962. "Mapa esquemático de asociaciones de grandes grupos de suelos dominantes de la República Argentina". Instituto de Suelos y Agrotonía; Bs. As., edición dactilográfica. 22 pp. y un mapa.
- Miaczynski, C.R.O. y Tschapek, M. 1965. "Los suelos de estepa de la región pampeana". Rev.Invest.Agropec. (INTA, Buenos Aires). Serie 3, vol. II, N° 3, pp. 35-79.
- Musto, J.C. 1965. "Características de los suelos de la región de Pergamino". E.E.A. Pergamino, Informe técnico. INTA. Edición mimeográfica. 47 pp.
- Orellana, J.A. de y Vich Berlanga, R.D. 1965, 1966. "Boletín bibliográfico para el mapa de suelos de la región pampeana". INTA - ISA y MAG, Santa Fé. (Hasta la fecha 8 boletines han sido publicados, dando un resumen bibliográfico bastante completo para toda la región pampeana).
- Papadakis, J. 1952. "Mapa ecológico de la República Argentina". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Bs. As. Texto de 158 pp. y un atlas.
- Papadakis, J., Calcagno, J.E. y Etcheverhère, P.H. 1960. "Regiones de suelos de la República Argentina". Instituto de Suelos y Agrotonía. Bs. As., edición mimeográfica. 39 pp. y un mapa.
- Papadakis, J. 1963. "Soils of Argentine". Soil Sci. 95: 356-366.
- Pasto, J.K. 1953. "Soil mapping by stereoscopic interpretation of air photos". Proc.Soil.Sci. Soc.Am. 17: 135-138.
- Pettijohn, F.J. 1949. "Sedimentary Rocks". Ed. Harper and Bros. New York. (Existe traducción al castellano por J.C.Turner, ed. Eudeba, Buenos Aires, 1963. 731 pp.).
- Ramírez, P.A. 1960. "Proyecto de manual de reconocimiento para el Departamento Agrológico". Inst. Geográfico "Agustín Codazzi", Bogotá, Colombia; 50 pp.
- Raychaudhuri, S.P. and Murthy, R.S. 1960. "Land classification for agricultural development". Soils and Fertilisers, 23: 235-240 (con bibliografía).

- Rouke, J.D. y Austin, M.E. 1951. "The use of airphotos for soil classification and mapping in the field". *Photogram Engin.* 17: 738-747.
- Sadovnikov, I.F. 1958. "El estudio del suelo y el trazado de mapas del mismo" (traducción del ruso de la edición de Moscú, 1953, por Víctor Pontovick, Buenos Aires, copia dactilográfica de 135 pp.).
- Servicio Meteorológico Nacional. 1960. "Atlas Climático de la República Argentina". Buenos Aires.
- Smith, G.D. 1965. "Lectures on soil classification". *Pédologie, Bull.Soc. Belg. de Pédologie* N° 4.
- Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA. "Geografía de la República Argentina". (en 8 tomos). Buenos Aires, Ed. Coni.
- Soil Survey Staff. 1951. "Soil Survey Manual". Washington D.C. USDA. *Agric. Handbook* N° 18, 503 pp. (Existe traducción castellana por J.B. Castillo, Minist. Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela).
- 1960. "Soil classification, a comprehensive system, 7th Approximation". Washington D.C., USDA, 264 pp. (Existe traducción castellana por P.H. Etcheverehere, INTA-ISA). (En junio de 1964 se publicó una revisión del sistema de clasificación).
- Solari, A. 1958. "El uso integral de la fotografía aérea en el planeamiento regional". Sao Paulo, Centro Panam. de Recursos Naturales. 30 pp.
- Stappenbeck, R. 1926. "Geologie und Grundwasserkunde der Pampa". Stuttgart, E. Schweizerbart. (Existe traducción castellana, Buenos Aires, Dir. Nac. Geol. y Minas, 1943).
- Schmidt - Kraepelin, E. 1958. "Methodische Fortschritte auf dem Gebiet der Luft bildinterpretation". *Erdkunde* 12: 81-107.
- Steur, G.G.L. 1961. "Methods of soil surveying in use at the Netherlands Soil Survey Institute". *Boor en Spade*, 11: 59-77.
- Taylor, N.H. y Pohlen, I.J. 1962. "Soil Survey method, a New Zealand handbook for the field study of soils". N.Z. Soil Bureau, Bull. N° 25, New Zealand Dept. of Scient. and Industr. Research.
- Thornbury, W.D. 1954. "Principles of Geomorphology". Ed. John Wiley and sons. N. York. 618 pp. (Existe traducción en castellano por J.C. Turner, edit. Kapelusz, Bs.As., 1960, 627 pp.).
- U.S. Department of the Interior. 1953. "Bureau of Reclamation Manual". Vol. V : Irrigated land use; part 2, land classification. Washington D. C. Govt. Printing Office (existe traducción castellana, Venezuela).
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils". Washington D.C. USDA, *Agric. Handbook* N° 60, 160 pp. (existe traducción castellana, Inst.Nac. de Inv. Agric., México, 1962).

Veenbos, J.S. 1955, 1956. "Aerial photointerpretation and analysis for soil survey and land classification purposes". Photogrammetria 12 N° 4.

— 1957. "Methods and costs of soil and land classification surveys". African Soils 4: 122-135.

Vink, A.P.A. 1963. "Planning of soil surveys in land development". Wageningen, Inst. Land Reclam. and Improvement, Publ. N° 10, 55 pp.

Windhausen, A. 1931. "Geología Argentina. Ila. Parte: Geología histórica y regional del territorio argentino". Buenos Aires, J. Peuser ed., 645 pp.

Suplemento

de

NORMAS DE RECONOCIMIENTO DE SUELOS

por

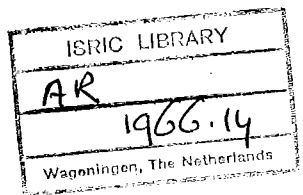
Pieter L. Arens y Pedro H. Etchevhere

(Addenda et Corrigenda)

Mayo de 1967

I.N.T.A.

Instituto de Suelos y Agroecología  
Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana  
Buenos Aires



En octubre de 1966 dimos a luz la primera edición de "Normas de Reconocimiento de Suelos". En ella prometíamos mantener periódicamente actualizado el trabajo por medio de Suplementos que corrigieran o modificaran cualquiera de los tópicos tratados, toda vez que la experiencia adquirida durante el levantamiento de suelos de la Región Pampeana nos señalara la necesidad de ajustar ciertas normas, así como de incorporar nuevos ítems que fueran completando nuestro trabajo, antes de una edición definitiva, que pensamos realizar en un futuro más o menos próximo.

En esta ocasión incluimos entre otras cosas, nuevas definiciones de las clases de suelos por su drenaje natural; una tentativa de establecer diferenciaciones dentro de la clase textural franco-limosa para ser usada en los materiales loésicos de la pampa; denominaciones específicas para los diversos tipos de horizontes B texturales; más completas descripciones de los barnices arcillosos; características de los diversos estados de humedad del suelo; nuevas y más completas definiciones de los grados de desarrollo del perfil como rasgo de distinción de series; y consecuentemente, cambios en las instrucciones para llenar la ficha edafológica que, por supuesto, ha sufrido las correspondientes modificaciones de adaptación a estas nuevas normas.

Rogamos tomar debida cuenta de este suplemento a quienes trabajan con la base de nuestro manual.

Buenos Aires, mayo de 1967

P.L.A.

P.H.E.

Scanned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact [soil.isric@wur.nl](mailto:soil.isric@wur.nl) indicating the item reference number concerned.

ISBN 27156

CAPITULO III

Pág. 21 : A continuación del último párrafo, y debajo del dibujo del clinómetro Abney, agregar :

Existen otros modelos similares a éste, pero que no dan directamente el % de pendiente, sino sólo inclinación en grados y minutos. Para llevar estas lecturas a porcentajes, se da la siguiente tabla de conversión:

Lectura en grados y minutos	Pendiente en %	Clase por pendiente (ver pág.22)	Lectura en grados y minutos	Pendiente en %	Clase por pendiente (ver pág.22)
0°00'	0.0	0	8°00'	14.1	4
0°17'	0.5		8°30'	15.0	
-----			9°00'	15.8	
0°20'	0.6	1	9°30'	16.7	
0°35'	1.0		10°00'	17.6	
-----			11°00'	19.4	
0°40'	1.2	2	12°00'	21.3	
1°00'	1.8		13°00'	23.1	
1°20'	2.3		14°00'	24.9	
1°40'	2.9		-----		
-----			15°00'	26.8	
2°00'	3.5	3	16°00'	27.7	
2°20'	4.1		17°00'	30.6	
2°40'	4.7		18°00'	32.5	
3°00'	5.2		19°00'	34.4	
3°20'	5.8		20°00'	36.4	
3°40'	6.4		21°00'	38.4	
4°00'	7.0		22°00'	40.4	
4°20'	7.6		23°00'	42.5	
4°40'	8.2		24°00'	44.5	
5°00'	8.8		-----		
5°20'	9.3		25°00'	46.6	
5°40'	9.9	26°00'	48.8		
-----		27°00'	51.0		
6°00'	10.5	4	28°00'	53.2	
6°30'	11.4		29°00'	55.4	
7°00'	12.3		30°00'	57.7	
7°30'	13.2		45°00'	100.0	
-----			6		



Pág. 27: Reemplazar toda la página por lo siguiente :

Las definiciones que se usarán para establecer las clases de suelos por su drenaje natural, serán las siguientes :

Suelo muy pobremente drenado o mal drenado. Es el suelo en el cual el agua se elimina tan lentamente que la capa freática permanece sobre o muy cerca de su superficie la mayor parte del tiempo. Estos suelos suelen ocupar las depresiones, bajos y planos aluviales semipantanosos y las charcas o manchones y lagunas temporarias. Presentan evidencias de gleización en casi todo el perfil. Estos suelos son tan húmedos en su estado natural, que imposibilitan realizar cultivos importantes (excepte arroz), sin proceder a drenar artificialmente, sin regular el nivel freático o sin usar caballones.

Suelo pobremente drenado. Es aquel del cual el agua sale tan lentamente que lo mantiene mojado gran parte del tiempo. Esto puede ser debido a un nivel freático alto y/o a un horizonte o capa de permeabilidad lenta a muy lenta y/o a infiltraciones. En áreas de praderas los suelos de esta clase suelen tener enlames superficiales grises y/u horizontes superficiales engrosados con evidencias de gleización debajo de ellos.

1 La cantidad de agua que permanece dentro y sobre estos suelos imposibilita el crecimiento de cultivos importantes en la mayoría de los años bajo condiciones naturales. Para mejorar estos suelos es necesario un drenaje artificial, si bien esto no siempre es suficiente para convertirlos en tierras de cultivo. Este estado de drenaje no favorece la formación de suelos "zonales" pero sí "intrazonales", como planosoles y solonéztzicos.

Suelo imperfectamente drenado. Es el suelo del cual el agua se elimina algo lentamente, lo que lo mantiene mojado por lapsos importantes pero no siempre. Este suelo tiene por lo general algún horizonte de permeabilidad lenta y/o una capa freática alta, y/o sufre de infiltraciones. En áreas de praderas los suelos de esta clase suelen tener horizontes A oscuros y espesos, con leves a moderados síntomas de hidromorfismo inmediatamente por debajo del horizonte A. En suelos planosólicos la base del horizonte A ya puede ser débilmente moteado. Por lo general el crecimiento de varios cultivos de importancia se ve restringido si no se aplica drenaje artificial. Esta clase de drenaje constituye el límite inferior a partir del cual ya pueden presentarse suelos "zonales". Sin embargo, muchos suelos con drenaje imperfecto no pueden ser considerados "zonales", tales : los planosoles, brunizem planosólicos, solonetz solodizados, etc.

Suelo moderadamente bien drenado. Es aquel del cual el agua sale con alguna lentitud, lo cual puede mantenerlo mojado por pequeños pero significativos lapsos. Suelen tener algún horizonte o capa de permeabilidad moderadamente lenta y/o un nivel freático relativamente alto, y/o cierta infiltración. Los suelos de esta clase suelen ser "zonales", aunque puedan presentar algunos moteados en los horizontes B y/o C. Los cultivos perennes y con raíces profundas pueden sufrir algo con el exceso temporario de humedad, pero los anuales de enraizamiento poco profundo por lo común no se ven afectados significativamente.

Suelo bien drenado. Es el suelo que presenta las condiciones óptimas de drenaje natural: por una parte retiene, después de las lluvias o el riego, una cantidad óptima de agua para el crecimiento de los cultivos y, por otra parte, el exceso de agua se retira con facilidad, pero con rapidez. Son suelos de texturas no extremas con algún horizonte de permeabilidad moderada; están libres de moteados u otros síntomas de hidromorfismo dentro del solum. Esta clase de drenaje es considerada característica para los representantes modales de los grandes grupos "zonales".

4

Suelo algo excesivamente drenado. Es el suelo en el cual el agua se retira con rapidez y que tiene una capacidad de retención de humedad algo deficiente como para asegurar un buen crecimiento de los cultivos importantes sin riego adicional. Por lo general son suelos arenosos, con poca diferenciación de horizontes y permeabilidad rápida o moderadamente rápida; algunos litosoles poseen drenaje de esta clase. El suelo no muestra ni moteados ni nivel freático cercano a la superficie. Sólo determinados cultivos soportan un suelo algo excesivamente drenado, como el maíz y los citrus; por lo general los rendimientos de los cultivos son bajos en la mayoría de los años si no se aplica riego suplementario.

5

Suelo excesivamente drenado. Es el suelo en el cual el agua se retira con demasiada rapidez debido a su alta porosidad, y/o por ser escarpados, (o sea que presentan permeabilidad rápida o muy rápida y/o escurrimiento muy rápido). Este suelo prácticamente no retiene humedad y la mayor parte de las precipitaciones se pierden en tal proporción, que estos suelos resultan ineptos para los cultivos comunes, si no se aplica riego.

6

Es necesario indicar en muchos casos si las condiciones naturales de drenaje han sido alteradas por drenaje artificial, riego, canalización, saneamiento, por relleno de depresiones u obras que modifiquen en cierto modo el peligro de anegamiento.

CAPITULO VI

Pág. 50: Entre las líneas 29 y 30 se intercalarán los siguientes párrafos nuevos :

Por otro lado, se observa a veces que materiales que pertenecen a una misma clase textural, se muestran al tacto bastante diferentes. Así, por ejemplo, entre los materiales loésicos que ocupan una gran parte de la región pampeana, hay una variabilidad bastante apreciable al tacto, y sin embargo casi en su totalidad caen dentro del campo textural franco-limoso de la escala americana. Para nuestros fines, este campo resulta pues, demasiado ancho. Por esta razón es conveniente poder diferenciar, dentro de la textura franco-limosa, dos divisiones. Con ese fin tomaremos para los cálculos las dos fracciones de limos que se determinan separadamente en el análisis mecánico : el limo fino, de 2 a 20 micrones (o "limo" según Atterberg, también llamado "limo internacional") y el "limo americano", de 2 a 50 micrones (o limo total), que es la suma de la fracción limo fino (2-20 micrones) más el "limo grueso" (20-50 micrones).

A los fines de nuestro levantamiento de la región pampeana, consideraremos dentro del campo franco-limoso las siguientes subdivisiones :

"franco-limoso fino" : cuando el cociente de dividir el % de limo total (o americano) por el % de limo internacional, sea igual o menor que 2,4.

$$\frac{\text{limo de 2 a 50 } \mu}{\text{limo de 2 a 20 } \mu} \leq 2,4$$

"franco-limoso grueso" : cuando dicho cociente sea mayor que 2,4.

$$\frac{\text{limo de 2 a 50 } \mu}{\text{limo de 2 a 20 } \mu} > 2,4$$

## CAPITULO VI

Pág. 68: Suprimir todo el párrafo que comienza : "Otro tipo de panes son los formados por ... "(líneas 20 a 24 inclusive). Testar la llamada al pie de página.

Pág. 69: Intercalar, antes de "Eflorescencias y Pseudomicelios" (línea 14), los siguientes párrafos nuevos :

ACUMULACIONES Y PANES DE ARCILLA. Las acumulaciones de arcilla en el perfil merecen una descripción detallada, pues suelen originar como consecuencia de procesos eúfagenéticos su presencia puede ser determinante para la clasificación del suelo. Estas acumulaciones se manifiestan en el suelo en distintas formas y comprenden : a) los horizontes B texturales (" horizontes argílicos" si cumplen las exigencias de la 7a. aproximación) b) los panes de arcilla (del inglés "claypan"), o) las lamelas texturales .

La acumulación de arcilla dentro del horizonte iluvial, suele presentarse bajo la forma de "clayskins", nombre con que se designan los barnices o películas más o menos brillosas de arcilla iluvial sobre la superficie de los agregados, o en sus poros y grietas, o en forma de revestimientos arcillosos en los canales, o como puentes de arcilla entre los granos de los suelos arenosos; También se pueden presentar caras de fricción o de presión, llamadas "slickensides", en suelos arcillosos, ricos en montmorillonita, y que se definirán más adelante.

Horizonte B textural es el horizonte iluvial en el cual se han acumulado arcillas silíceas en una medida significativa y apreciable en el campo, por lo general en forma de clayskins. El horizonte B textural se considera como un pan de arcilla o "claypan" cuando se caracteriza por un enriquecimiento muy grande de arcilla y cuando se halla separado del horizonte superior por un límite abrupto, y del inferior por un límite claro o abrupto. También se consideran "claypanes" ciertas capas arcillosas no enteramente genéticas.

Los horizontes B texturales llevan en su símbolo el subíndice "t". Ejemplo : B2t (ver página 38).

Lamelas texturales son horizontes B texturales muy delgados, repetidos en forma de bandas más o menos horizontales, de un espesor de medio a pocos centímetros o cada una, que a veces pueden entrecruzarse. En ciertos perfiles estas lamelas texturales se pueden encontrar hasta una profundidad de varios metros. Su formación sólo es observable en ciertos suelos de textura franco arenosa o más gruesa.

Para distinguir un horizonte B textural de uno "no textural" por un lado y de "panes de arcilla" por otro lado, se puede tomar en cuenta la relación o cociente que resulte de dividir el porcentaje de arcilla del horizonte B2 por el porcentaje de arcilla del A (o eventualmente del A2).

Para suelos con más de 15% de arcilla en el horizonte A, las denominaciones del B serán las siguientes :

<u>Relación % arc. B2 / % arc. A</u>	<u>Denominación del horizonte B2</u>
hasta 1,2 .....	no textural (x)
de 1,2 a 1,4 .....	levemente textural
de 1,4 a 1,6 .....	moderadamente textural
de 1,6 a 2,0 .....	fuertemente textural (xx)
mayor de 2,0 .....	muy fuertemente textural (xx)

x) en este caso el horizonte puede ser B estructural o B color. Se denominará "horizonte cámbico" si llena las condiciones exigidas por la 7ª aproximación.

xx) Cuando posee además un límite superior abrupto y el inferior claro o abrupto, se lo denomina "pan de arcilla" o "claypan".

Cuando el suelo tenga menos del 15% de arcilla en el horizonte A, se exigirá un incremento absoluto de un 3% en el contenido de arcilla del horizonte B2 respecto del A, para poder considerarlo como B textural.

La acumulación de arcilla en estos horizontes se produce (al menos parcialmente) por iluviación desde los horizontes suprayacentes. Sin embargo, rara vez en los suelos se pone en movimiento la arcilla sola. Comúnmente ésta es acompañada de materia orgánica dispersa, sesquióxidos, hidróxidos de hierro, aluminio y/o manganeso, o sílice. Las iluviaciones de materia orgánica más arcilla en el horizonte B se reconocen como chorreaduras o manchas de materia orgánica.

**BARNICES.** Para una buena descripción de los barnices o películas de arcilla en el horizonte B2t se toman en consideración los siguientes aspectos :

Composición (se indica mediante abreviaturas) :

olsk : barnices formados exclusivamente por minerales de arcilla iluvial. Este tipo de barnices es raro.

- clhm : barnices de minerales de arcilla más materia orgánica (complejos húmico-arcillosos iluviales). Es el caso más común en los suelos con B textural de la región pampeana.
- clsq : barnices de minerales de arcilla más óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio ("sesquióxidos"). Es el caso de algunos suelos podsólicos.
- clsal : barnices de minerales de arcilla más sales solubles (cloruros, sulfatos, carbonatos, etc.).
- hum : barnices formados casi exclusivamente por materia orgánica (barnices de color alquitrán).

Abundancia (se indica en la ficha edafológica con cruces) :

escasos (+): Pequeños barnices muy dispersos en la superficie de los agregados, o como escasos revestimientos de poros.

abundantes (++) : barnices que cubren gran parte de los agregados y/o poros, en forma evidente y visible a ojo desnudo.

muy abundantes (+++): barnices continuos que cubren enteramente los agregados y el interior de poros, grietas y canalículos.

Espesor (utilizar la lupa de aumento 8x) :

finos (f) : de espesor microscópico; bajo la lupa se distinguen con facilidad los granos de arena fina.

medios (m) : los granos de arena fina son aún visibles, o al menos sus siluetas, envueltos en los barnices.

gruesos (g): los barnices no permiten distinguir los granos de arena fina; hay puentes fuertes entre los granos de arena media o gruesa.

Color : el color de los barnices se da en la notación de Munsell, en húmedo y en seco.

En la descripción hay que saber diferenciar los barnices de arcilla o "clayskins" de los "slickensides", porque tienen un origen diferente.

Los barnices de arcilla (clayskins) se encuentran casi siempre en las caras verticales y horizontales de los agregados y son deposiciones de material iluvial sobre sus superficies, o revistiendo poros o canalículos.

Los slickensides, en cambio, son planos lustrosos y estriados que indican ciertos movimientos diferenciales dentro del suelo. Estos movimientos son causados por una hinchazón no uniforme que provoca fricción entre los agregados al mojarse el suelo.

Los planos de fricción sólo pueden observarse en suelos con abundantes minerales de arcilla expandible (o de retículo 2:1) especialmente del tipo montmorillonita. Cuando un suelo de este tipo se moja, se genera una enorme presión dentro de él, y los movimientos de fricción que resultan provocan la formación de los slickensides.

Los slickensides pueden distinguirse con relativa facilidad, por lo general entre los 25 y los 50 cms de profundidad, en forma de dibujos estriados y lustrosos de arcilla. Es característico también que los agregados gruesos en forma de paralelepípedos aparezcan algo inclinados; los slickensides son visibles entonces en las caras basales inclinadas (a veces concoidales) de estos agregados.

La presencia de slickensides en un suelo es una característica diagnóstica de importancia, pues revela la presencia de abundante arcilla expandible. Los movimientos diferenciales de fricción en los suelos no sólo influyen en el crecimiento de las plantas, sino que también constituyen propiedades de importancia en la ingeniería.

Cuando en un perfil se observe su presencia, se debe anotar su abundancia en cada horizonte, con estas abreviaturas :

- + slck : escasos slickensides
- ++ slck : abundantes slickensides
- +++ slck : muy abundantes slickensides

## CAPITULO VI

Pág. 69: agregar al final del capítulo, el siguiente párrafo nuevo :

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.** Este es un rasgo que puede dar un indicio de varias características del suelo, como lo son la afinidad relativa de los horizontes al agua, la retención de la misma, el drenaje interno, y en ciertos casos el tipo de arcilla dominante.

Muchas veces los suelos presentan diferencias apreciables en el contenido de humedad de sus distintos horizontes pues unos se secan más rápidamente que otros, como sucede generalmente con los horizontes A2. Por eso es conveniente señalar la uniformidad en la distribución de la humedad dentro del perfil, y el estado de humedad de cada horizonte en un determinado momento. Los cinco estados que se reconocen son :

- seco - Se entiende como el estado de humedad mínima, por exposición al aire del suelo a la presión atmosférica. Cuando el suelo se encuentra "seco" comúnmente está por debajo del punto de marchitez permanente. En este estado se tomará el "color en seco", la "consistencia en seco" y, dentro de lo posible, la estructura.
- S
- fresco - Es el estado intermedio entre seco y húmedo, es decir, con un contenido de humedad mayor que el de "seco al aire". En estas condiciones se puede tomar excepcionalmente la estructura, pero nunca el color, ni la consistencia en seco.
- F
- húmedo - Es el estado correspondiente a un contenido de humedad por encima del punto de marchitez permanente, pero sin superar la capacidad de campo. El material de suelo absorbe el agua sin alcanzar la saturación. En este estado debe ser tomado el "color en húmedo", la "consistencia en húmedo", etc.
- H
- mojado - Es el estado correspondiente a un contenido de humedad por encima de la capacidad de campo. Los poros capilares y no capilares del suelo se hallan saturados con agua. En este estado se comprueba la "plasticidad" y la "adhesividad" del material del suelo.
- M
- empapado Es el estado que corresponde a un contenido excesivo de agua que el material del suelo no puede retener, por lo que se traspaesa el llamado "límite de fluidez". Es propio de los horizontes o capas por debajo del nivel freático.
- E

En la ficha edafológica se indicará para cada horizonte, el estado en que se lo encontró al ser descrito, debiendo utilizar se como abreviaturas las iniciales respectivas: S-F-H-M-E.



CAPITULO X

Pág. 79 : Después del 3er. párrafo, intercalar entre las líneas 18 y 19 el siguiente párrafo nuevo :

Horizonte sálico, en el sentido de la 7a. Aproximación, es un horizonte de un espesor de 15 cm o más, que contenga por lo menos 2% de sales solubles (sales más solubles en agua fría que el yeso). Para que un horizonte sea considerado "Sálico", el producto del espesor del horizonte en cm por el % de sales, será  $\geq 60$ . Por lo tanto un horizonte de 20 cm de espesor, con cierto tenor de sales, deberá contener como mínimo 3% de éstas para ser calificado como sálico.

Pág. 159: Reemplazar los puntos 5 y 6 por lo siguiente :

- 5.- Determinaciones de la relación suelo-agua (equivalente de humedad; capacidad de campo; punto de marchitez). Las características de humedad del suelo son de suma importancia para el crecimiento de los vegetales, por ser el agua el medio indispensable para la nutrición. Hay varios datos relativamente fáciles de obtener en el laboratorio, que caracterizan las relaciones entre el suelo y el agua. El conocimiento de estas relaciones es imprescindible para abrir un juicio sobre la susceptibilidad del suelo a las sequías, la necesidad de riego suplementario, la frecuencia deseada del mismo, etc.

Comúnmente se determinan dos o tres características convencionales respecto de la humedad del suelo :

- a.- Equivalente de humedad ("moisture equivalent"). Este dato se determina según especificaciones precisas, mediante la centrifuga internacional; se refiere a la cantidad de agua que retiene una muestra de suelo mojado, expuesto a un campo de aceleración igual a 1000 veces la gravitación terrestre (1000 g), aplicado durante 30 minutos. Es un dato convencional y empírico, pero de fácil determinación y de buena reproducibilidad. Por una parte el equivalente de humedad tiene una relación bastante estrecha con la llamada "capacidad de campo" ("field capacity"); por otra parte este dato se relaciona con el contenido en arcilla en muestras de suelos similares.
- b.- Agua retenida a una succión de 1/3 de atmósfera. Este dato se obtiene con el aparato del plato poroso. También da un valor convencional. Este dato refleja la capacidad de campo de los suelos de modo más fiel que el equivalente de humedad. La capacidad de campo (o "field-capacity") es la cantidad de agua retenida por un suelo en su estado natural, después que el exceso de agua de una lluvia de saturación, se haya drenado libremente bajo la fuerza gravitacional. Para muchos suelos, el dato de "agua retenida a 1/3 de atm." es igual al equivalente de humedad (dentro del error de determinación), pero hay un buen número de casos en que los valores no coinciden. En tales casos se debe usar el dato de agua retenida a 1/3 atm. para aproximarse a la capacidad de campo y calcular el rango de agua útil.
- c.- Agua retenida a 15 atmósferas (6 15 bares). La cantidad de agua retenida por una muestra bajo una presión de 15 atmósferas, refleja el llamado "punto de marchitez" ("wilting point") del suelo. El dato se obtiene con un aparato de prensa a membrana. El agua presente en el suelo por debajo de este porcentaje, normalmente no es aprovechable por las plantas y por consiguiente representa el límite inferior del rango de agua útil.

Rango de agua útil en el suelo es la diferencia entre el porcentaje de humedad a la capacidad de campo y el punto de marchitez, o dicho en términos aproximados a las determinaciones de laboratorio :

Rango de agua útil = % de humedad a 1/3 atm - % de humedad a 15 atm.

El dato de humedad retenida a 15 atm. tiene una relación directa y lineal con el % de arcilla de la muestra entre suelos de similar composición en materia de arcillas. En algunos suelos de dispersión difícil, como ocurre con algunos latosoles (oxisoles), suelos lateríticos y suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas, el dato de retención de humedad a 15 atm. ("15-bar moisture") da una apreciación del % de arcilla del suelo más ajustada que el análisis mecánico por pipeta. Siempre es aconsejable comparar el dato de humedad a 15 atm con el % de arcilla de la muestra cuando se trabaje con suelos de dispersión difícil.

Pág. 133: 3er. párrafo, línea 22 en adelante: Testar íntegramente desde la frase que comienza : "Se pueden establecer al respecto ..." y los grados que siguen, como así también el último párrafo (líneas 41 a 44 inclusive).

Reemplazar por lo que sigue :

Al respecto, es conveniente establecer varios grados, que se pueden usar para caracterizar y/o diferenciar series :

Grado 0 : Suelos sin ningún desarrollo de perfil genético. No existen horizontes genéticos ni diagnósticos del solum, sino sólo uno o más horizontes C, o capas y/o materiales estratificados. Es propio de los suelos Aluviales, Regosoles y, en general, Entisoles.

Grado 1 : Suelos con un desarrollo incipiente de horizontes genéticos, pero sin ninguna formación de horizonte iluvial. Estos suelos presentan un perfil A-C. Puede haber cierta evidencia de lixiviación, pero no como para haber formado ningún tipo de horizonte B.

Grado 2 : Suelos con débil desarrollo de horizontes genéticos, caracterizados por un incipiente B formado por meteorización in-situ, un B color, un B estructural, o un "horizonte cámbico" (en el sentido de la 7a. Aproximación, suplemento de marzo de 1967). La lixiviación puede ser considerable, pero sólo es posible observar trazas de lixiviación en el horizonte B. La relación entre el contenido de arcilla del B2 sobre el contenido en el A, no alcanza al valor 1,2 ( B no textural).

Grado 3 : Suelos con horizonte B claramente desarrollado, pero no muy fuerte. Los perfiles muestran claras evidencias de lixiviación de arcilla, materia orgánica, complejos coloidales de hierro o aluminio, o sus combinaciones, que han formado un horizonte B textural, un B podsólico, o un B latosólico (horizonte argílico, spódico u óxico en el sentido de la 7a. Aproximación); la lixiviación no ha sido tan intensa como para haber desarrollado un horizonte A2. Estos suelos tienen netos perfiles A-B-C, pero la relación arcilla del B2 sobre arcilla del A, no excede de 1,6. Pertenecen a este grado los Brunizem con horizontes B leve y moderadamente texturales (ver el parágrafo "Acumulaciones de arcilla en el perfil" en este mismo suplemento).

Grado 4 : Suelos con un B textural de fuerte desarrollo, pero sin ningún vestigio de horizonte A2 sobre su techo. La relación entre los contenidos de arcilla del Bt y del A sobrepasa el valor 1,6. Estos suelos presentan perfiles A-B-C fuertemente desarrollados, pero sin ninguna evidencia de formación de A2. Pertenecen a este grupo los Brunizem con B fuertemente textural.

Grado 5 : Suelos con perfiles fuertemente desarrollados de tipo A-B-C, con cierta evidencia de formación de un A2 por encima del B textural. Estos suelos se caracterizan por un perfil con A1, incipiente A2, B2 fuer-

temente textural y C. Puede haber ciertos signos de temporaria saturación con agua en el A2 y en el B. Los Brunizem planosólicos tienen este grado de desarrollo.

Grado 6 : Suelos con perfiles fuertemente desarrollados de tipo A1-A2-B2-C con neta diferenciación entre los horizontes eluviales e iluviales. Hay claras evidencias de intensa eluviación e iluviación, con transición abrupta entre un neto A2 y el B. Pertenecen a este grado los Planosoles y los Solonetz, entre otros.

Estos grados se añadirán a los símbolos de las leyendas respectivas cuando el desarrollo del perfil sea un criterio diferencial de series en un área. El grado de desarrollo se da también en la descripción de cada serie, como un dato más de caracterización de la misma.

CAPITULO XV

Pág. 135: A continuación del párrafo "Nombres y símbolos de las series", o sea entre los párrafos 3º y 4º (líneas 17 y 18), intercalar el siguiente párrafo nuevo :

Definición de las series.

Una vez establecidas las series mapeadas, éstas se definen en la memoria siguiendo en lo posible un orden de prioridad de los rasgos que la distinguen y caracterizan. Este orden puede ser el siguiente :

- 1.- Nombre de la serie y símbolo utilizado en el mapeo.
- 2.- Características principales de la serie, entre las cuales siempre se incluye :
  - a) gran grupo, subgrupo y familia a que pertenece. Es conveniente ubicar la serie a nivel de grandes grupos de suelos empleando más de un sistema de clasificación; por ejemplo, no sólo en alguno de los sistemas "clásicos" sino también en el de la F.A.O y en el sistema americano de la 7ª Aproximación (consúltese también el suplemento de Marzo de 1967)■.
  - b) tipos y formas de paisaje en que se encuentre la serie; posición fisiográfica; relieve y microrelieve ; clase de pendiente predominante.
  - c) material originario en que se ha desarrollado la serie.
  - d) secuencia y descripción completa de los horizontes de su perfil-tipo, señalando cuáles horizontes y rasgos son diagnósticos para la serie. En la denominación de cada horizonte se utilizarán los subíndices literales de acuerdo a la nomenclatura en vigencia (véase pág. 35 a 38 de las normas). En el caso de horizontes B2t se señalará el tipo de horizonte textural (pág. 8 de este suplemento), el grado de desarrollo de un horizonte A2 si lo hay (incipiente, bien manifiesto o fuertemente desarrollado); síntomas de lixiviación o degradación del A3 o B1; presencia, abundancia, composición, espesor y color de los barnices del B si los hay; presencia de slickensides; chorreaduras y/o fibras de materia orgánica; lamelas texturales; presencia y grado de desarrollo de algún fragipán, duripán, tosca en plancha, concreciones, nódulos, etc.

---

■) Supplement of Soil Classification System (7th Approximation)-Soil Survey Staff, Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C. Marzo de 1967. 207 pp.

Los datos descriptivos de la morfología seguirán siempre el siguiente orden establecido: símbolo del horizonte, profundidad de su techo y base en cm., color en seco, color en húmedo, textura, estructura (incluyendo siempre la estructura secundaria), consistencia en seco, consistencia en húmedo, plasticidad, adhesividad, otros rasgos (moteados, barnices, concreciones, carbonatos en la masa, cantidad de raíces, formaciones especiales, etc. etc) y finalmente tipo y forma del límite inferior.

Al describir el perfil-tipo será conveniente indicar finalmente qué tipo de epipedón presenta la serie, y qué horizontes diagnósticos se hallan presentes, de acuerdo con el sistema americano de clasificación. Ello facilita el trabajo de correlación y la clasificación del suelo a niveles superiores.

- e) condiciones de drenaje interno y externo, clase de drenaje natural y profundidad del nivel freático.
- f) otras propiedades diagnósticas, como son : salinidad, alcalinidad, estado de saturación con bases, presencia de elementos tóxicos, baja fertilidad natural, contactos líticos, estado de erosión actual y peligro de erosión, susceptibilidad a las sequías, etc., etc.
- g) grado de desarrollo del perfil.

3.- Puesto que cada serie mapeada debe quedar definida no sólo por el paisaje y un perfil representativo de su concepto central, sino también por un determinado rango de variabilidad de sus caracteres morfológicos, al describir este rango se seguirá también un orden :

- a) Rango admitido para la serie en materia de espesores de horizontes y en su grado de desarrollo.
- b) Rango de espesor total del solum (A+B)
- c) Rango de espesor total del suelo (incluyendo el C).
- d) Rango admitido en su drenaje natural, en relieve y microrelieve, y en otras propiedades del paisaje.
- e) Rango admitido en los colores de los horizontes principales, especialmente de aquellos que sean diagnósticos.
- f) Rango de texturas de los horizontes diagnósticos (incluyendo la textura del C).
- g) Rango de las estructuras.

- h) Rangos de acidez o alcalinidad (pH).
  - i) Rangos admitidos en las demás propiedades diagnósticas para la serie.
- 4.- Para una mejor comprensión del patrón de distribución de suelos en una región, es siempre útil agregar a la descripción de las series :
- a) una breve descripción de los suelos asociados geográficamente con la serie descrita y sus características principales. En el caso de asociaciones o complejos de suelos, tal descripción es, por supuesto, imprescindible.
  - b) una breve descripción de los suelos similares a la serie descrita, con indicación de las características diferenciales frente a suelos de una morfología similar.
- 5.- Se agrega a estos datos: la distribución y extensión de la unidad, las fases que se reconocieron para la serie y todas las características que afectan al uso, como ser, entre otros: erosión actual y susceptibilidad, pendiente, escurrimiento, permeabilidad, peligro de anegamiento, profundidad efectiva, clase de salinidad y/o alcalinidad, pedregosidad, rocosidad, fertilidad natural, presencia de elementos tóxicos, vegetación natural, prácticas actuales de manejo, etc. En los párrafos referidos a su capacidad productiva o de aptitud para el uso, además de la clasificación utilitaria que se adjudique a la serie o unidad, se evaluará dentro de lo posible su fertilidad actual y potencial (su repuesta a los fertilizantes), cuando se cuente con experiencias para poder establecerlo.



CAPITULO XVI

Pág. 149.

Línea 17: El párrafo "Clasificación para el uso" será reemplazado por lo siguiente :

CLASIFICACION UTILITARIA :

Símbolo: Se anotará el correspondiente a las clase y subclase de capacidad de uso del sistema que se adopte en el trabajo.

Limitaciones principales : El reconocedor indicará cuál o cuáles son las limitaciones que a su juicio influyen en la clasificación para el uso del suelo: horizonte fuertemente textural e impermeable, escasa profundidad del suelo, capa de agua cercana, alcalinidad excesiva, etc., etc.

---

Pág. 153.

Ultima línea: Reemplazar íntegramente el párrafo " Barnices " por el siguiente :

BARNICES : En esta casilla se anotarán abreviadamente la presencia, abundancia, color y, cuando sea posible, composición y espesor de los barnices coloidales que se observen, señalando con cuidado si se trata de clayskins u otros revestimientos de arcilla y sus combinaciones (ver en este mismo Suplemento), planos de fricción (slickensides), o chorreaduras y/o manchas de materia orgánica.

Ejemplos :

abundantes barnices finos, compuestos de arcilla y materia orgánica, de color negro en húmedo, se abreviará :

++ clhm f.  
10YR 2/1 h

escasos slickensides : + slick

---

Pág. 154.

Intercalar, entre los párrafos "Moteados" y "Raíces", el siguiente párrafo nuevo :

HUMEDAD: Se refiere al estado de humedad en que se encuentre el horizonte al ser descripto. Se anotará con las letras S-F-H-M-E (seco, fresco, húmedo, mojado, empapado) según las definiciones que se dan en este mismo Suplemento.

---

Págs. 147 y 148.

Estas páginas incluyen las reproducciones de las fichas edafológicas utilizadas hasta la fecha. Se deben reemplazar por la ficha nueva, que se usará en el levantamiento de la región pampeana a partir de junio de 1967.-