

Metodología para los estudios de suelos en campo



Contenido:

- **Búsqueda y recopilación de antecedentes**
- **Exploración inicial rápida del campo**
- **Estudio analítico**
 - Fase de Campo: forma, relieve, pendiente, drenaje, perfil (color, textura, estructura, consistencia, etc.)
- **Toma de muestras del suelo**
- **Bibliografía**



Cátedra de Edafología
Facultad de Agronomía y Zootecnia
Universidad Nacional de Tucumán



METODOLOGÍA PARA LOS ESTUDIOS DE SUELOS EN CAMPO

Ing. Agr. M.Sc. Guillermo S. Fadda

Los estudios de suelos pueden perseguir distintos objetivos tales como:

- Caracterización y reconocimiento de los suelos de un área determinada.
- Relevamiento cartográfico de los suelos de un área dada.
- Determinación de la aptitud para diferentes usos y/o manejos del suelo, tanto agropecuarios como ingenieriles, recreativos, urbanos, etc.
- Determinación de la necesidad y de las medidas para la conservación y recuperación de los suelos.
- Determinación y diagnóstico de deficiencias edáficas de naturaleza física, química, físico química o biológica relacionadas con problemas de producción (impedancias mecánicas, excesiva o baja retención de agua, acidez o alcalinidad excesiva, necesidad de fertilizantes, etc.).

Cualquiera sea el propósito el estudio de suelos es una operación que debe sujetarse a ciertas normas básicas a fin de asegurar la certeza, precisión y confiabilidad de la información recogida, de los resultados obtenidos, del diagnóstico emitido y de las recomendaciones formuladas.

No es recomendable entonces, especialmente en áreas desconocidas y con escasos antecedentes, realizar estudios demasados someros del suelo, por ejemplo un estudio morfológico poco preciso no completado con análisis de laboratorio o estudiar sólo el perfil del suelo sin ubicarlo en y sin establecer sus relaciones con las diferentes formas del paisaje o realizar recomendaciones basadas en la información de laboratorio de análisis realizados sobre muestras extraídas sin tomar en cuenta la naturaleza morfológica del suelo, su relación con el paisaje y su representatividad geográfica.

Por estas razones todo estudio de suelos debe considerar en su planificación una serie de etapas secuenciales, de las que las cuatro siguientes se destacan entre las más importantes:

- **Búsqueda, recopilación, estudio y análisis de los antecedentes.**
- **Exploración inicial rápida de campo.**
- **Estudio analítico que comprenderá las siguientes fases:**
 - *Fase de campo:*
 - Estudio de las unidades paisajísticas.
 - Estudio morfológico y descriptivo del perfil.
 - *Fase de laboratorio:*
 - Estudio de las propiedades físicas, químicas, físico químicas y eventualmente estudios mine-

ralógicos y micromorfológicos.

- *Fase de gabinete:*
 - Clasificación taxonómica.
 - Determinación de la aptitud.
- **Síntesis final que permitirá emitir el diagnóstico buscado y las correspondientes recomendaciones.**

BUSQUEDA Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES

Esta es la primera etapa en todo estudio de suelos y es de gran importancia por que permite conocer todos los estudios previos de interés que pudieran existir sobre el área así como toda la documentación cartográfica disponible.

Su importancia radica especialmente en que la naturaleza y calidad de la información y documentación existente puede ser determinante en la metodología a aplicar en el estudio y de la necesidad y/o intensidad de las tareas a desarrollar en las etapas subsiguientes.

Interesa en particular revisar si existen estudios de suelos previos, cual es su nivel de intensidad, el grado de adaptación o en que medida cubren los objetivos de nuestro estudio. Un estudio de suelos es en general el documento de síntesis más importante sobre otras características físicas y biológicas del espacio geográfico en estudio. Su existencia o no determinará el grado o intensidad que es necesario imprimir a nuestro estudio a fin de cumplir con el o los objetivos del mismo.

Si no existieran estudios de suelos o éstos fueran muy generalizados, es necesario revisar la posible existencia de estudios de otra naturaleza del área, especialmente los relacionados con los factores de formación de suelos, otros recursos naturales y la infraestructura del área tales como geológicos, geomorfológicos, climáticos, fitogeográficos, hidrográficos, actividades económicas, servicios, etc. Esta información es muy importante tanto para el estudio edafológico como para el diagnóstico y las recomendaciones a formular.

Entre la documentación de base cartográfica a buscar tienen especial importancia la proveniente de sensores remotos (imágenes satelitales, fotografías aéreas, etc.), planos topográficos tanto planimétricos como planialtimétricos, cartas de la red vial, hidrográfica, etc. y mapas de los restantes recursos naturales (geológicos, de vegetación, climáticos, etc.).

La documentación anterior debe ser analizada en relación a su grado de detalle, calidad, escalas y grado de adecuación para el estudio a emprender. Ella puede ser definitoria en cuanto a la metodología a utilizar.

La existencia de estudios o antecedentes, especialmente si se trata de estudios de suelos semidetallados o

detallados, puede ser determinante para obviar algunas de las etapas anteriormente señaladas.

La existencia de documentación cartográfica de base será determinante en la metodología del estudio y en la intensidad del trabajo de campo a realizar. Este se incrementará sucesivamente en la medida en que no se disponga por ejemplo de fotografías aéreas, imágenes satelitales, planos planialtimétricos, etc. o que la escala y/o calidad de las mismas sea más deficiente.

Por ejemplo, las tareas de campo se verán sensiblemente reducidas si contamos con fotografías aéreas de buena calidad - verticales, con cubrimiento estereoscópico, de escala adecuada al estudio a realizar -, en relación a si sólo contamos con un plano catastral.

En el primer caso, el estudio de fotointerpretación con su correspondiente chequeo de campo permitirá la segregación o distinción de áreas uniformes dentro del paisaje total por la mayor convergencia de similares condiciones de clima, vegetación, relieve, material original y uso de la tierra, factores determinantes de la naturaleza y distribución de los suelos, elementos todos posibles de identificar mediante la lectura y fotointerpretación.

En cambio el no contar con esta documentación obligará a un intenso trabajo de campo a fin de diferenciar o fragmentar el espacio total en áreas más uniformes.

EXPLORACION INICIAL RAPIDA DE CAMPO

La exploración inicial de campo, según sea la metodología seguida en el estudio, permite la constatación y/o la diferenciación de áreas uniformes dentro del sector estudiado (potrero, finca, zona, región), a fin de seleccionar de la manera más precisa posible el emplazamiento del o de los perfiles de suelo a estudiar. Estos perfiles deben ser representativos de la situación o del ambiente que se desea definir.

En el caso en que se trabaje con fotografías aéreas o imágenes satelitales esta exploración inicial tiene por objeto chequear si los resultados de la fotointerpretación o del procesamiento de las bandas espectrales se correlaciona con la "verdad de campo", a fin de realizar los ajustes que correspondan.

Cuando no se dispone de documentación cartográfica de base que ayude a la diferenciación de áreas más homogéneas, esta tarea debe realizarse completamente en el campo. Para ello el sector estudiado debe ser explorado por sus principales vías de acceso terrestre, debiéndose recurrir a picadas en el caso de no contarse con adecuadas vías de penetración terrestre e incluso se puede plantear la necesidad de un reconocimiento desde el aire. Se recomienda que esta exploración se realice en sentido normal a las pendientes dominantes y a la red de drenaje.

En esta exploración deben reconocerse y diferenciarse las principales unidades fisiográficas (áreas homogéneas determinadas por la convergencia de similares condiciones de clima, vegetación, relieve, material original,

uso de la tierra, etc.), del sector en estudio.

Completada esta etapa se está en condiciones de abordar las siguientes etapas del estudio.

ESTUDIO ANALÍTICO

FASE DE CAMPO

ESTUDIO DE LAS UNIDADES PAISAJISTICAS

El emplazamiento elegido para el estudio del perfil del suelo debe ser representativo de la situación que nos proponemos definir, de allí la importancia de una exploración preliminar con la ayuda de la pala barreno, a los fines de constatar que existe una armonía coherente entre los distintos elementos del paisaje definidos en la etapa anterior (vegetación, relieve, estado de los cultivos, materiales originales, etc.), y los suelos. Esta armonía es determinada a menudo sólo después de haber establecido comparaciones con situaciones vecinas. Es entonces útil tener una visión de conjunto del área a estudiar, antes de determinar de manera precisa el emplazamiento de cada perfil.

Forma del terreno

Las distintas geofomas o unidades geomorfológicas de la tierra se describen con los términos que nos proporciona la geomorfología. Esta ciencia describe y diferencia distintos medios y tipos de paisajes, según los agentes y procesos geomórficos que los originaron. Se diferencian así en un primer nivel de generalización los medios de **ablación** de los medios de **acumulación** (Figura 1).

Entre los primeros, que corresponden a los medios de erosión, se reconocen las montañas, colinas, lomas, altiplanicies, etc.

Entre los medios de acumulación, que corresponden a los paisajes hacia donde son transportados y depositados, por distintos agentes, los materiales provenientes de los medios de ablación. Los principales tipos que se reconocen son las planicies aluviales, planicies eólicas, valles fluviales, piedemontes, planicies glaciares, etc.



Figura 1: Medios de ablación y medios de acumulación.

Dentro de cada uno de estos tipos pueden reconocerse subtipos como planicies aluviales de desborde, de explayamiento, deltaica, abanicos y conos aluviales, planicies loésicas, campos de arena, etc.

Relieve

El relieve implica elevaciones relativas y se define como las elevaciones o desigualdades de la superficie del terreno considerado colectivamente.

El microrelieve se refiere a las diferencias de pequeña escala dentro del relieve general.

El relieve influye en la formación del suelo, en primer lugar por su efecto sobre el drenaje, el escurrimiento y la erosión y secundariamente a través de las variaciones en la exposición al sol y al viento y en el movimiento del aire.

Teóricamente podemos considerar, que el agua que cae sobre la superficie de un suelo permeable, perfectamente a nivel, penetra en él hasta saturarlo o sellarlo para luego colectarse en su superficie y formar un manto. De esta forma, el agua de lluvia se colecta en las depresiones, y penetra más o menos rápidamente según la naturaleza del suelo, mientras que el exceso escurre. Debido al escurrimiento, los suelos situados en pendientes fuertes reciben menos agua que el promedio, mientras que los situados en depresiones reciben más (Figura 2).

Se reconocen cuatro clases generales de relieve:

- **Normal:** Tierras altas con inclinación y escurrimiento medio. Hay equilibrio entre la infiltración y el escurrimiento. Bajo vegetación nativa sólo la erosión natural ocurre.
- **Subnormal:** Tierras llanas con escurrimiento lento y muy lento. Si la permeabilidad del suelo lo permite, la infiltración domina sobre el escurrimiento. Esta infiltración aumentada puede favorecer la formación de horizontes iluviales arcillosos poco permeables y capas freáticas cercanas a la superficie.
- **Excesivo:** Colinas y tierras altas con escurrimiento rápido y muy rápido. La infiltración es escasa. La erosión es mayor que en los relieves normales. La erosión, la infiltración reducida y la escasez de vegetación por la menor humedad, determinan un menor desarrollo del perfil que en los relieves normales. Los procesos geomórficos de erosión dominan sobre los de desarrollo edáfico.
- **Cóncavo o Chato:** Tierras llanas y/o deprimidas con poco o ningún escurrimiento, con exceso de agua todo el tiempo o la mayor parte de él y sin erosión natural. Se retiene el agua que cae sobre el lugar más la que proviene de los terrenos altos adyacentes.

Pendiente

En el estudio y descripción de los suelos, la pendiente debe ser analizada no sólo por sus relaciones con la evolución y distribución de los suelos, sino que deben consi-

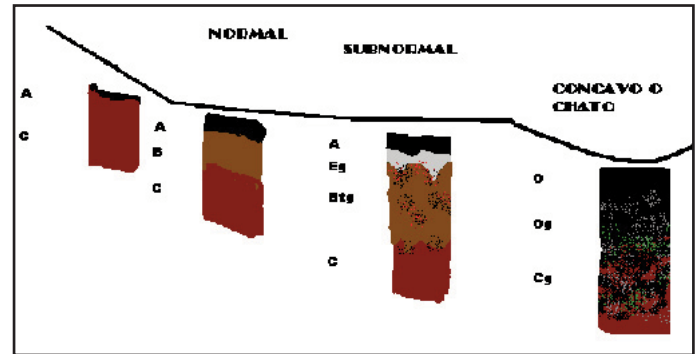


Figura 2: Tipos de relieve.

derarse también sus relaciones con el uso y manejo probable o actual del suelo tales como: proporción y cantidad del escurrimiento; riesgo de erosión; uso de la maquinaria agrícola; trafabilidad; sistemas de riego; etc.

La pendiente es una parte integral de cualquier suelo en su condición de cuerpo natural. Las pendientes pueden ser simples si tienen una sola dirección o sentido dominante y complejas cuando tienen varios sentidos.

Las pendientes se definen por el gradiente, la complejidad, la forma, el largo y la exposición.

- **El gradiente:** es la inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal. Es medida generalmente en los estudios de suelos con un nivel de mano o clinómetro. La diferencia de elevación entre dos puntos es expresada como porcentaje de la distancia entre dichos puntos. Si la diferencia en elevación es de 1 metro sobre una distancia horizontal de 100 metros, el gradiente de la pendiente es del 1%. También puede ser expresada por el ángulo que forma con la horizontal.
- **La complejidad:** se refiere a la forma de la superficie a la escala de la unidad delimitada o considerada. En muchos casos las propiedades intrínsecas de los suelos están más relacionadas a la complejidad de las pendientes que al gradiente.

La tabla siguiente es una guía terminológica para varias clases de pendientes definidas en términos del

Clases		Límites de gradientes	
Simple	Complejas	Límite inferior	Límite superior
A nivel o casi a nivel	A nivel o casi a nivel.	0	3
Muy suavemente y suavemente inclinado	Ligeramente ondulado y ondulado	1	8
Inclinado y fuertemente inclinado	Fuertemente ondulado	4	16
Moderadamente escarpado	Colinado	10	30
Escarpado	Quebrado	20	60
Muy escarpado	Muy quebrado	>45	

gradiente y de la complejidad.

Los casos en que se requiera un mayor detalle que el que proporciona la tabla, pueden subdividirse, por ejemplo las clases de pendiente del 0-1% y del 1-3%, pueden designarse como "a nivel" y "casi a nivel", respectivamente.

- **La longitud:** tiene considerable influencia sobre el escurrimiento y el riesgo potencial de erosión hídrica. Pueden usarse los términos como pendientes cortas o largas para describir este aspecto. Estos son términos relativos aplicables a una región fisiográfica dada. Una pendiente puede ser corta en una región y larga en otra.
- **La exposición:** es la dirección hacia la cual la superficie del suelo se enfrenta. Se utilizan los puntos cardinales para su descripción, tales como este, noroeste, sudeste, etc. La exposición puede afectar la temperatura del suelo, la evapotranspiración, y los vientos que recibe.
- **La forma:** de la pendiente es la forma que presenta su contorno a lo largo de la misma. Ella puede ser definida como recta, cóncava o convexa (Figura 3).

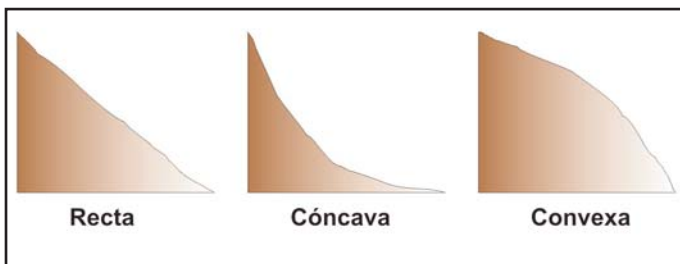


Figura 3: Forma de la pendiente.

Drenaje del suelo

Se entiende por drenaje del suelo la rapidez y facilidad con que el agua que se adiciona se elimina del suelo, especialmente por escurrimiento superficial y por percolación a través del suelo hacia los espacios profundos. Además la evapotranspiración contribuye a las pérdidas de agua.

El drenaje como condición del suelo, se refiere a la frecuencia y duración de los períodos durante los cuales el suelo no está saturado total o parcialmente. Aunque estas condiciones pueden medirse con precisión, el edafólogo debe hacer una estimación de ellas en el campo.

El concepto de drenaje es amplio y comprende:

- 1- El escurrimiento superficial.
- 2- La permeabilidad.
- 3- El drenaje interno.

El Escurrimiento Superficial, Escorrentía o Drenaje Externo

Se refiere a la proporción relativa en que el agua es removida, fluyendo sobre la superficie del suelo. El término incluye el agua pluvial, así como también la que fluye a un suelo proveniente de otros suelos.

La estimación del escurrimiento en los estudios de suelos es importante por que permite, entre otras cosas, predecir los riesgos de erosión bajo distintas condiciones de manejo del suelo y de los cultivos.

El escurrimiento superficial está determinado por:

- Las características del suelo.
- La pendiente.
- La cobertura del suelo.
- El clima.
- **Las características edáficas:** influyen en el escurrimiento fundamentalmente a través de su influencia sobre la velocidad de infiltración. Características tales como la textura, la estructura, la estabilidad estructural, la geometría del espacio poroso, la presencia de capas impermeables, etc., tiene una marcada influencia sobre la velocidad con que se mueve el agua a través de la superficie del suelo y en profundidad. Evidentemente, a igualdad de las otras condiciones, a mayor velocidad de infiltración menor será el escurrimiento.
- **La pendiente:** influye fundamentalmente por su grado, longitud y forma. Las de mayor gradiente, de mayor longitud y de formas rectas determinan un mayor escurrimiento.
- **La cobertura del suelo:** influye por la mayor o menor dificultad que ofrece al flujo libre del agua sobre el suelo. Lógicamente a mayor cobertura menor escurrimiento. Pero también influye el tipo de cobertura. En este aspecto se pueden diferenciar las coberturas vivas (vegetación natural o cultivada, barbechos sucios), de las muertas (rastros, hojarasca, mantillo, horizontes O, gravas y guijarros, etc.). Dentro de las cubiertas vivas es distinta la influencia que ejercen por ejemplo la vegetación de bosques (favorece la infiltración), que la de pastos y los cultivos densos (menor escurrimiento), que los carpidos y entre las muertas es distinto un rastrojo de algodón (mayor escurrimiento) que uno de maíz.
- **El clima:** influye principalmente a través de las características del régimen de precipitaciones. En este aspecto son particularmente importantes el volumen, la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones. Obviamente, a mayor volumen, intensidad y frecuencia, a igualdad de las otras condiciones, mayor será el escurrimiento.

La terminología y las clases de drenaje externo que se reconocen son las siguientes:

- **Empozado:** en depresiones.
- **Muy lento:** sobre superficies planas (relieves subnormales) o suelos de muy elevada infiltración.
- **Lento:** en pendientes débiles o suelos de elevada infiltración.
- **Moderado:** en pendientes moderadas. Peligro de erosión escaso.

- **Rápido:** en pendientes pronunciadas. Peligro de erosión moderado.
- **Muy rápido:** en pendientes muy pronunciadas. Peligro de erosión severo.

La permeabilidad

Es la cualidad del suelo que lo capacita para transmitir el aire y el agua. Se la puede medir cuantitativamente en términos de la velocidad de paso del agua a través de una sección unitaria transversal de suelo saturado, en la unidad de tiempo. La permeabilidad debe referirse a un solo horizonte. La permeabilidad del perfil está determinada por la del horizonte menos permeable. En ausencia de determinaciones experimentales, puede estimarse a partir de las propiedades edáficas que la influyen (textura, estructura, porosidad).

La terminología que se utiliza en la descripción y las clases de permeabilidad que se reconocen, son las siguientes (Expresadas en cm/hora bajo presión de 1,2 cm de agua):

La velocidad de infiltración, o sea la velocidad de entrada del agua desde la superficie del suelo, puede ser rápida a pesar de que la permeabilidad del perfil sea lenta, debido a una capa de lenta permeabilidad en algún sector del perfil, que influye el movimiento del agua dentro del mismo.

Muy lenta	< 0,1
Lenta	0,1 - 0,5
Moderadamente lenta	0,5 - 2
Moderada	2 - 6,5
Moderadamente rápida	6,5 - 12,5
Rápida	12,5 - 25
Muy rápida	> 25

Drenaje interno

Se refiere a la percolación del exceso de agua. Se refleja en la frecuencia y duración de los períodos de saturación con agua. Está determinado por la textura, estructura y otras características del perfil; por la naturaleza de las capas subyacentes y por la altura del nivel freático. Puede haber una cierta superposición entre el concepto de *permeabilidad* y de *drenaje interno*, pero existen diferencias importantes entre ambos. Por ejemplo, una capa freática poco profunda puede ser la causa de un drenaje interno lento, tanto en un suelo de permeabilidad lenta como en uno de permeabilidad rápida, pero después del drenaje artificial, el primero seguirá siendo de drenaje interno lento, mientras que el segundo se tornará rápido. Del mismo modo un suelo lentamente permeable puede tener un drenaje interno moderado bajo las condiciones de lluvias normales de una región y tornarse

lento cuando se lo incorpora al riego.

Clases de drenaje interno:

- **Nulo:**
 - Roca o capa freática en superficie.
- **Muy lento:**
 - Saturado en la zona radical durante 1-2 meses.
 - Moteados en todo el perfil (Figura 4).
 - No es adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Lento:**
 - Saturado en la zona radical durante 1-2 semanas.
 - Moteados comienzan en la parte inferior del horizonte A o en la superior del B.
 - No es adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Moderado:**
 - Saturado en la zona radical durante algunos días.
 - Moteados comienzan abajo del horizonte B.
 - Adecuado para la mayor parte de los cultivos.
- **Rápido:**
 - Saturado durante algunas horas.
 - Sin moteados.
 - Adecuado para la mayor parte de los cultivos. Puede haber sequías estacionales.
- **Muy rápido:**
 - Nunca saturado.
 - Sin moteados.



Figura 4: Moteados.

Clases de drenaje natural del suelo

Las clases de drenaje natural del suelo se refieren a la frecuencia y duración de los períodos de saturación con agua bajo condiciones similares a las que

se desarrolló el suelo. Las alteraciones al régimen de humedad provocadas por el hombre, tanto a través del drenaje como por la irrigación no son consideradas, excepto que hayan provocado cambios significativos en la morfología del suelo.

Clases:

- **Muy pobremente drenado:**

- El agua es evacuada de la superficie del suelo tan lentamente que el agua libre permanece en o muy cerca de la superficie durante la mayor parte de la estación de crecimiento.
- La presencia de agua libre en el interior del perfil (capa freática) es permanente y muy poco profunda.
- Salvo que el suelo sea artificialmente drenado, no es adecuado para el crecimiento de cultivos mesofíticos.
- El relieve es subnormal o chato y está frecuentemente encharcado. Si las precipitaciones son muy elevadas o muy frecuentes, las pendientes pueden ser mayores.
- Los rasgos de hidromorfía son abundantes desde los horizontes superficiales.
- Los horizontes O u A puede ser espesos y muy oscuros.

- **Pobremente drenado:**

- El agua es eliminada tan lentamente que el suelo está mojado a escasa profundidad periódicamente durante la estación de crecimiento o permanece saturado por largo tiempo.
- La ocurrencia de agua libre interna (freática) a escasa o muy escasa profundidad es común o permanente, pero el suelo no está continuamente saturado directamente debajo de la capa arable.
- La mayoría de los cultivos mesofíticos no pueden crecer a menos que sea artificialmente drenados.
- La capa freática a escasa profundidad es frecuentemente consecuencia de una lenta o muy lenta conductividad hidráulica, de lluvias casi continuas o de una combinación de éstas.

- **Imperfectamente drenado:**

- El agua es evacuada tan lentamente que el suelo está saturado a escasa profundidad por períodos significativos durante la estación de crecimiento.
- La ocurrencia de agua libre en el suelo (capa freática) comúnmente es poco a moderadamente profunda y transitoria a permanente.
- Los excesos de humedad restringen mar-

cadamente el desarrollo de los cultivos mesofíticos, a menos que se provea de drenaje artificial.

- Normalmente los suelos tienen una o más de las siguientes características:
 - Baja o muy baja conductividad hidráulica,
 - Capa freática alta,
 - Agua suplementaria por filtraciones, o
 - Lluvias casi continuas.

- **Moderadamente bien drenado:**

- El agua es removida del suelo algo lentamente en algunos períodos del año.
- El agua libre interna (capa freática), normalmente es moderadamente profunda, de transitoria hasta permanente.
- Los suelos están saturados sólo un corto tiempo en el espesor de enraizamiento durante la estación de crecimiento pero suficiente para que la mayoría de los cultivos mesofíticos sean afectados.
- Los suelos normalmente tienen una moderada a baja conductividad hidráulica en un horizonte del metro superior del perfil, o reciben periódicamente altas precipitaciones, o ambas.

- **Bien drenado:**

- El agua es removida del suelo fácilmente, pero no rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) normalmente es profunda o muy profunda.
- El agua está disponible para la vegetación a través de la mayor parte de la estación de crecimiento en las regiones húmedas y los excesos de humedad no inhiben el crecimiento de las raíces por períodos significativos durante la estación de crecimiento.
- Los suelos carecen de rasgos hidromórficos relacionados con los excesos de humedad.

- **Algo excesivamente drenado:**

- El agua es removida del suelo rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) es normalmente muy rara o muy profunda.
- Los suelos son normalmente de texturas gruesas y tienen una conductividad hidráulica alta o son muy poco profundos.

- **Excesivamente drenados:**

- El agua es eliminada muy rápidamente.
- La ocurrencia de agua libre interna (capa freática) es normalmente muy rara o muy profunda.
- Los suelos son normalmente de texturas gruesas y tienen una conductividad hidráulica muy alta o son muy poco profundos.

Inundaciones

La caracterización de los suelos sujetos a inundaciones debe incluir la descripción de la frecuencia, duración y regularidad de las mismas, con todo el detalle que permitan las evidencias disponibles.

Criterio	
Frecuencia	Frecuencia
Ninguna	Razonablemente sin posibilidades
Rara	1 - 5 veces en 100 años
Ocasional	5 - 50 veces en 100 años
Frecuente	50 veces en 100 años
Duración	Duración
Extr. corta	< de 4 horas
Muy corta	4 - 48 horas
Corta	2 - 7 días
Larga	7 días a un mes
Muy larga	> a un mes
Ocurrencia	Ocurrencia
Regulares	Solo en una época del año
Irregulares	En cualquier época

El material originario de los suelos

Se denomina así a los materiales minerales y orgánicos no consolidados a partir de los cuáles se ha formado el suelo.

Se reserva el nombre de **roca madre** para la roca a partir de la cual se formó por meteorización, el material originario.

La mayoría de los materiales minerales en los cuales los suelos se han formado derivan de una u otra forma de las rocas duras. En términos generales los materiales originales de los suelos pueden tener los siguientes orígenes:

- 1. Los formados en el mismo lugar por la meteorización física y química de la roca madre.
- 2. Los que sufrieron los procesos de alteración en otro lugar y a través de los procesos de erosión, transporte y deposición se localizan en el lugar actual.
- 3. Los depósitos orgánicos.

Tanto los materiales consolidados como los no consolidados que se encuentran por abajo del solum y que influyen la génesis y el comportamiento del suelo deben ser descriptos.

La composición litológica, la estructura y la consistencia son importantes. Evidencias de estratificación del material, diferencias texturales, líneas de piedras, etc. necesitan ser registradas.

Los materiales geológicos deben ser definidos de acuerdo a la nomenclatura y estándares aceptados por las ciencias geológicas, por lo que recomendamos complementar este tema con las guías correspondientes a *Composición química y mineralógica de la roca madre* y *El transporte y depósito del material*.

Vegetación

La correlación entre la vegetación del área a estudiar y los suelos puede ser realizada con varios propósitos: comprender la génesis de los suelos; reconocer los límites de los suelos; realizar predicciones sobre la clase y cantidad de biomasa producida; detectar limitaciones o condiciones edáficas particulares; etc.

La unidad y asociación fitogeográfica o si se trata de vegetación subespontánea debe ser registrada y las principales plantas presentes deben ser listadas. Los distintos estratos vegetales si están presentes deben ser mencionados, así como la densidad y el grado de conservación o degradación. En el caso de cultivos tanto las especies cultivadas como las principales malezas deben ser relevadas.

En la descripción pueden usarse los nombres comunes si estos son claros y específicos, caso contrario debe incluirse el nombre científico.

Uso de la tierra e historia cultural del predio

El conocimiento del o de los sistemas de producción utilizados en el predio o área estudiada, es un dato de valor que puede ayudar a interpretar con mayor precisión el problema planteado. Conviene registrar los rendimientos obtenidos, el estado de los cultivos, las técnicas culturales utilizadas, etc.

ESTUDIO MORFOLÓGICO Y DESCRIPTIVO DEL PERFIL

Calicatas

Los perfiles de suelo se observan normalmente en excavaciones hechas al efecto denominadas calicatas. Las dimensiones de las calicatas deben ser tales que permitan una cómoda observación y la profundidad debe estar en relación al problema planteado (profundidad de enraizamiento del cultivo o plantación en estudio, desarrollo en profundidad del perfil del suelo, necesidad de caracterizar capas profundas para estudios de riego y drenaje, etc.). Las profundidades más frecuentes son entre 1,50 y 2,00 m, y en caso necesario se explora más profundamente con ayuda de la pala barreno.

Las calicatas deben orientarse de manera que al momento de la observación se encuentren iluminadas por la luz directa del sol.

La observación es preferible realizarla después de algunos días de hecha la excavación, a fin de que un cierto grado de exposición permita una mejor expresión de las características a observar.

Deben tomarse precauciones especiales en la ubicación de la calicata. Su emplazamiento debe corresponder a una situación representativa de la condición que se quiere caracterizar, debiéndose evitar lugares alterados como hormigueros, cuevas de roedores, tránsito o estacionamiento excesivo de maquinarias o ganado (muy próximo a alambrados o puertas de potreros), canales de riego, etc.

El perfil del suelo

Remitirse a la guía de estudio *Morfología del suelo*.

Descripción del perfil

Localización

Debe registrarse la localización geográfica del sitio de descripción tan precisamente como sea posible. Pueden utilizarse referencias culturales o naturales de carácter permanente, aunque es preferible dejar el sitio georeferenciado indicando su latitud y longitud expresadas en grados, minutos y segundos. A tal efecto debe utilizarse el GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Profundidad, espesor de los horizontes y límites de los horizontes

La descripción del perfil debe incluir para cada horizonte o capa, su espesor en cm. y la profundidad de sus límites superior e inferior a contar desde el límite superior del horizonte A. Se entiende por límite, a la superficie o capa transicional entre dos horizontes o capas colindantes. En la mayoría de los casos los límites constituyen una zona de transición más que una línea definida de división. Los límites varían por su **distinción** y por la **forma** del plano de separación.

La distinción: se define en términos del espesor de la zona de transición y puede ser:

- **Abrupto:** menos de 2 cm.
- **Claro:** de 2 a 5 cm.
- **Gradual:** de 5 a 15 cm.
- **Difuso:** más de 15 cm.

La forma del plano: se refiere a las irregularidades de la superficie que divide a los horizontes vecinos. Se la describe con los siguientes términos:

- **Suave:** el límite es un plano casi horizontal.
- **Ondulado:** presenta ondulaciones donde las depresiones son más anchas que profundas.

- **Irregular:** ondulaciones irregulares más profundas que anchas.
- **Quebrado:** uno o los dos horizontes separados por el límite son discontinuos y el límite es interrumpido.

El color del suelo

Casi todos los perfiles consisten en varios horizontes que difieren por su color. Cada perfil de suelo descrito en el campo debe mostrar un cuadro completo de los colores de todos sus horizontes.

El color del suelo se determina por comparación con la carta de colores de Munsell (Figura 5). En esta carta cada color es caracterizado por:

- **Hue:** (matiz) corresponde al color dominante del espectro. El sistema Munsell está basado en cinco colores principales (rojo, amarillo, verde, azul y púrpura) y cinco colores intermedios entre los principales colores (amarillo-rojizo, verde-amarillento, azul-verdoso, púrpura azulado y rojo-purpurado). Cada uno de estos diez Hue resultantes se caracterizan por un símbolo correspondiente al nombre del color que es dividido a su vez en 4 segmentos, los cuales son designados por valores numéricos que se aplican como prefijo al símbolo del nombre del Hue, por ejemplo para el amarillo-rojizo de símbolo YR tenemos 2,5YR, 5YR, 7,5YR y 10YR. El esquema se repite para los otros colores. Cada tarjeta de la carta de Munsell corresponde a un Hue.
- **Value:** (luminosidad), corresponde a la relativa iluminación del color con relación a la escala neutra del gris. En la escala neutra del gris (acromático), el Value se extiende desde el negro puro (0/) al blanco puro (10/), encontrándose el gris en el medio, por lo que su notación es 5/. Los colores claros quedan indicados por una notación entre 5/ y 10/ y los colores oscuros entre 5/ y 0/. En cada tarjeta de la tabla de Munsell los Values se encuentran ordenados verticalmente mostrando intervalos iguales desde los más luminosos a los más oscuros de ese Hue.
- **Chroma:** (intensidad) corresponde a la pureza relativa o intensidad del color. Indica el grado de saturación del gris neutro por el color espectral. Las escalas de Chroma de los suelos se extienden desde /0 para los colores neutros a chromas de /8 para la máxima expresión del color usado para los suelos. El Chroma esta ordenado horizontalmente en cada tarjeta Munsell, incrementando su valor de izquierda a derecha.

La nomenclatura del color de un horizonte consiste en:

- a) El nombre del color (pardo rojizo, pardo muy oscuro, etc.).
- b) El símbolo o notación del color (10YR2/2, 5YR5/4, etc.)

La notación del Hue, el Value como numerador y el Chroma como denominador, dan el símbolo del color (Hue Value/Chroma).



Figura 5: La tabla de Munsell muestra los valores de Hue (en cada página); Value de arriba a abajo y Chroma de izquierda a derecha.

Con el símbolo del color, en el envés de la tarjeta a la izquierda de la tabla de colores, se determina el nombre del color.

El color del suelo varía con el contenido de humedad y con la condición física de la muestra (partida, triturada, amasada, triturada y suavizada), por lo que se debe hacer constar la condición en que se determinó el color.

Normalmente el color se determina en muestras secas al aire y en húmedo a la capacidad de campo. Para esto último, se humedece la muestra y una vez que la película de agua desaparece, se determina el color.

El color se toma normalmente sobre superficies recién partidas de agregados o muestras de suelo. En ciertos casos es necesario determinarlo sobre muestras amasadas con los dedos. En otros es necesario determinar el color de las superficies de los agregados y de la masa del suelo y en otros (especialmente en muestras saturadas), antes y después de un cierto tiempo de exposición al aire.

Si existen **moteados** de colores diferentes se debe indicar el color de las motas e indicar el contraste, la abundancia y el tamaño de las mismas (Ej. *Escasos moteados irregulares, medianos, nítidos, amarillo rojizos*).

La textura del suelo

Se refiere a la proporción relativa en peso en que se encuentran en una masa de suelo las distintas fracciones granulométricas menores de 2 mm de diámetro, agrupadas en clases por tamaño. Específicamente se refiere a los porcentajes de arcilla, limos y arenas, que constituyen la fase sólida mineral de una

muestra de suelo.

Una muestra de suelo está constituida por distintas combinaciones de arenas, limos y arcilla. Estas diferentes combinaciones reciben el nombre de **clases texturales**.

Se reconocen **doce clases texturales**: arenoso, arenoso franco, franco arenoso, franco, franco limoso, franco arcilloso, limoso, franco arcilloso limoso, franco arcilloso arenoso, arcilloso arenoso, arcilloso limoso y arcilloso.

Las clases que llevan el término arenoso, se suelen modificar agregándoles el término muy fino, grueso y muy grueso.

La determinación de la textura en el campo se realiza amasando con la mano una porción de suelo humedecida y valorando las sensaciones que producen al tacto y al oído las distintas fracciones granulométricas. Con experiencia es posible estimar con una aproximación aceptable la clase textural correspondiente. En áreas nuevas e incluso con suelos distintos la apreciación sensorial puede ser diferente. Es recomendable incluso para los edafólogos experimentados, controlarse periódicamente los desvíos con muestras analizadas en el laboratorio.

Fragmentos rocosos en el suelo

Los fragmentos rocosos son fragmentos libres más grandes que la arena muy gruesa (> 2 mm), fuertemente cementados o más resistentes a la ruptura. Los fragmentos rocosos incluyen todos los tamaños que tienen dimensiones horizontales menores que el tamaño de un pedón. Estos fragmentos pueden tener importancia en el almacenamiento del agua, en la infiltración, en el escurrimiento, en el volumen efectivo del suelo, en el crecimiento de las raíces, etc., y pueden ser o no removidos durante las labranzas.

Los fragmentos rocosos son descriptos por su tamaño, forma, y para algunos, por la clase de roca. Las clases pueden ser gravas, guijarros, lajas, pizarras, esquistos, lutitas, pedernal, etc.

La presencia de estos fragmentos gruesos se indica modificando el nombre de la clase textural correspondiente a la fracción fina, por el agregado de un adjetivo que indica el tipo de fragmentos, siempre que éstos se encuentre en una proporción mayor del 20% y menor del 90%.

Cuando la proporción de fragmentos rocosos es inferior a un 15% puede usarse el adjetivo **ligeramente** (franco ligeramente gravilloso fino); cuando la proporción es del 15 al 30%, se modifica el nombre de la clase textural (franco gravilloso fino); del 35 al 60% puede emplearse el adjetivo **muy** (franco muy gravilloso fino); y si la proporción es mayor del 60 y hasta un 90%, se utiliza el adjetivo **extremadamente** (franco extremadamente gravilloso fino). Si la proporción es superior al 90% se usan los términos gravas, guijarros, piedras o bloques pedregosos.

Los adjetivos a usar se indican a continuación:

Pedregosidad y Rociedad en la superficie

El tratamiento de las gravas y guijarros (<250 mm de diámetro), difiere del de las piedras y bloques pedregosos (>250 mm de diámetro), pues estos últimos cuando se encuentran en la superficie, aún en pequeña proporción interfieren con las operaciones de cultivo y cosecha.

Adjetivo	Forma del Fragmento	Tamaño (mm)
Bloque pedregoso	Redondeado o esférico	> 600
Pedregoso	Redondeado o esférico	250-600
Guijarroso	Redondeado o poliédrico	75-250
Gravilloso grueso	Redondeado o poliédrico	20-75
Grav. Mediano	Redondeado o poliédrico	5-20
Gravilloso fino	Redondeado o poliédrico	2-5
Bloque pedregoso	Aplanado	> 600
Pedregoso	Aplanado	380-600
Enlajado grueso	Aplanado	150-380
Enlajado fino	Aplanado	2-150

El número, tamaño, y espaciamiento de las piedras y bloques (>250 mm) en la superficie de un suelo, incluyendo aquellos que se encuentran parcialmente enterrados, tienen importantes efectos en el uso y manejo del suelo.

Se reconocen cinco clases por pedregosidad superficial.

Clase	% en sup.	Dist. (m) entre piedras y bloque según diámetro			Nombre
		0,25 m*	0,6 m	1,2 m	
1	0,01-	>8	>20	>37	Muy ligeramente pedregoso
2	0,1-3,0	1-8	3-20	6-37	Ligeramente pedregoso
3	3,0-15	0,5-1	1-3	2-6	Pedregoso
4	15-50	0,3-0,5	0,5-1	1-2	Muy pedregoso
5	50-90	<0,3	<0,5	<1	Extremadamente pedregoso

*0,38 si es aplanada

La Estructura del Suelo

La estructura del suelo se refiere a las unidades compuestas por la asociación de las partículas primarias del suelo. La cohesión en estas unidades es mayor que la adhesión entre unidades. En consecuencia, bajo tensión, la masa de suelo tiende a romperse a lo largo de zonas o planos predeterminados. Estos pla-

nos o zonas, a su vez, constituyen los límites de las unidades. El término *unidad estructural* es utilizado para cualquier cuerpo de suelo repetitivo que es comúnmente limitado por planos o zonas de debilidad que no son una consecuencia aparente de diferencias en la composición. Una *unidad estructural* que es la consecuencia del desarrollo del suelo se lo denomina **agregado**. La superficie de los agregados persiste a través de los ciclos de humedecimiento y secado *in situ*. Este control de los factores de desarrollo del suelo sobre los límites de los agregados diferencia a éstos de los terrones y fragmentos, en los cuales estos factores sólo pueden llegar a ejercer un débil control. Algunos suelos carecen de estructura y se dice que son no estructurados, pudiendo ser de **grano simple o masivo**.

Algunos suelos tienen una *estructura simple*, constituyendo cada unidad estructural una entidad sin componentes estructurales menores. Otros tienen una *estructura compuesta*, en la cual unidades mayores están compuestas por unidades más pequeñas separadas por persistentes planos de debilidad.

En los suelos que tienen estructura, la **forma**, el **tamaño**, y el **grado** (nitidez) de las unidades estructurales son descriptas. La terminología de campo para describir la estructura del suelo consiste de un conjunto separado de términos, que designan a cada una de las tres propiedades, los cuales por combinación forman el nombre de la estructura.




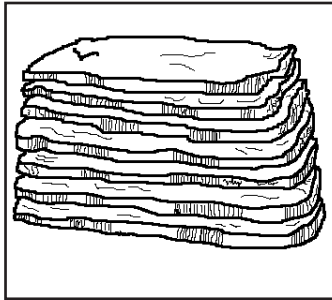



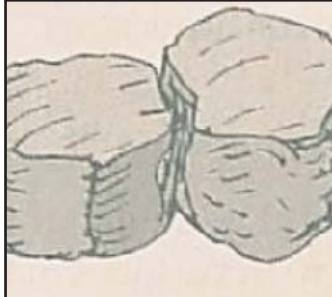
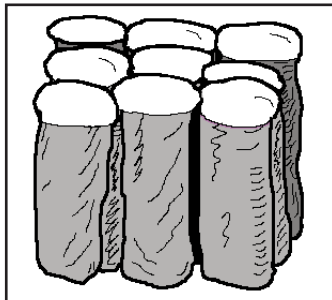
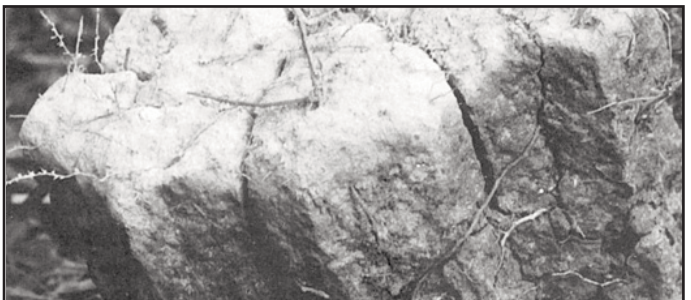
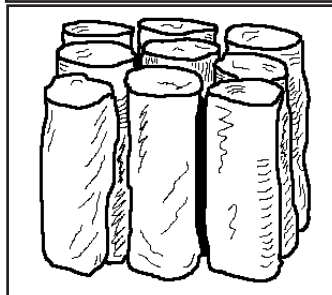

- **Tipo (forma):** La forma y ordenamiento de los agregados constituye los tipos y subtipos de la estructura (laminar, prismática, columnar, bloques angulares, bloques subangulares, granular, migajosa).
- **Clase (tamaño):** El tamaño de los agregados define la clase de la estructura (muy fina, fina, media, gruesa y muy gruesa).
- **Grado:** Corresponde al grado de desarrollo o a la nitidez que presenta el desarrollo de la estructura *in situ* y del grado de perturbación (grado de ruptura de los agregados) que sufre al ser disturbada con la mano (débil, moderada y bien o fuertemente desarrollada).

El nombre de la estructura resulta entonces de la combinación de los términos usados para describir estas tres propiedades. Ej. *Estructura prismática media bien desarrollada* en el caso de una estructura simple y *Estructura prismática media bien desarrollada que rompe en bloques angulares finos moderadamente desarrollados*, en el caso de que se tratara de una estructura compuesta.

Grietas

Las grietas también llamadas *grietas extra estructural*, son fisuras distintas a aquella atribuidas a la estructura del suelo. Las grietas son comúnmente verticales, subplanares, poligonales y resultan de la

Tipos y subtipos de estructura.

Esferoidal	Granular		
	Migajón		
Laminar			
Bloques	Angulares		
	Subangular		
Prismática	Columnar		
	Prismática		

deseccación, deshidratación y consolidación del material edáfico. Las grietas pueden ser más largas y anchas que los planos que rodean a las unidades estructurales.

Las grietas están asociadas primariamente con, pero no restringidas sólo, a los suelos arcillosos y son más pronunciadas en los suelos con alta capacidad de contracción-expansión.

En la descripción de las grietas debe registrarse la frecuencia relativa (número promedio por m²), la profundidad promedio, la clase y la conectividad superficial de las grietas, estas características permiten realizar predicciones sobre su influencia en la infiltración.

La conectividad superficial de las grietas ocurre en la superficie del suelo o se encuentran cubiertas por una capa de 10-15 cm que permite la acumulación de agua libre hasta el plano que marca el comienzo de las grietas.

La profundidad de las grietas puede ser estimada introduciendo un alambre rígido de 2 mm de diámetro.

En lo referente a las clases de grietas debe indicarse si se trata de grietas que interesan sólo a la costra superficial del suelo (Grietas superficiales) o si son subsuperficiales que interesan a varios horizontes (grietas transhorizontes). En ambos casos debe indicarse si se trata de grietas reversibles o si son irreversibles o permanentes.

La Consistencia del Suelo

Se entiende por consistencia los atributos del material expresados por el grado y la calidad de la cohesión y adherencia o por la resistencia a la deformación o la ruptura. La consistencia incluye varios conceptos tales como:

- Plasticidad y adhesividad (Consistencia en mojado).
- Resistencia a la ruptura (Consistencia en húmedo).
- Repuesta del suelo a la compresión (Consistencia en seco).
- Resistencia a la penetración.

La terminología para definir la consistencia incluye diferentes términos para la descripción en tres contenidos de humedad: **mojado, húmedo y seco**, aunque no es necesario usualmente describir la consistencia en las tres situaciones.

Consistencia en mojado: Se determina a la capacidad de campo o un poco por encima de ella. Comprende la adherencia y la plasticidad.

Adherencia: Es la cualidad de adherirse o pegarse a otros objetos. Se aprecia en campo por el grado de adherencia que manifiesta la masa de suelo al ser comprimida entre pulgar e índice. Se la clasifica como:

- No adhesiva.
- Ligeramente adhesiva.
- Adhesiva.
- Muy adhesiva.

Plasticidad: Es la capacidad de cambiar de forma cuando se aplica una presión y de conservar la deformación cuando la presión cesado. En campo se la determina por la propiedad o no de formar bastoncillos y la resistencia de éstos a la ruptura. Los grados de plasticidad se expresan como:

- No plástico.
- Ligeramente plástico.
- Plástico.
- Muy plástico.

Consistencia en húmedo: Se determina con un contenido intermedio de humedad, entre seco al aire y capacidad de campo. En esta condición casi todos los materiales se caracterizan por: romper en masas pequeñas y no en polvo; ausencia de fragilidad y capacidad del material de hacerse nuevamente coherente cuando se lo comprime. Para evaluar la consistencia en húmedo se elige una masa ligeramente húmeda y se intenta romperla entre el pulgar y el índice. La mayor o menor resistencia que opone a la ruptura nos da la evaluación:

- Suelta.
- Muy friable.
- Friable.
- Firme.
- Muy firme.
- Extremadamente firme.

Consistencia en seco: Se determina en una masa de suelo seca al aire. En esta condición la consistencia de los materiales edáficos se caracteriza por: rigidez, fragilidad, máxima resistencia a la presión, mayor o menor tendencia a molerse en polvo o en fragmentos de aristas muy agudas, o incapacidad del material para recuperar su coherencia cuando se lo vuelve a comprimir. Para evaluar esta condición se elige una masa seca y se intenta romperla como en el caso anterior. Su resistencia da la clasificación:

- Suelta.
- Blanda.
- Ligeramente dura.
- Dura.
- Muy dura.
- Extremadamente dura.

Resistencia a la penetración: La resistencia a la penetración es la capacidad del suelo en su estado confinado para resistir a la penetración de un objeto rígido. La forma y el tamaño del elemento de penetración debe ser definido. La resistencia a la penetración depende fuertemente del contenido hídrico, el cual debe ser especificado.

En campo la resistencia a la penetración se determi-

na con el penetrómetro, algunos de los cuales, llamados penetrógrafos, grafican las presiones ejercidas. La tabla siguiente da las clases por resistencia a la penetración en función de la presión requerida para empujar una varilla cilíndrica de extremo plano con un diámetro de 6,4 mm a una distancia de 6,4 mm en el suelo en un segundo (en Megapascales).

La evaluación de la resistencia a la penetración cuando la capa de suelo está a o cerca de su máximo contenido hídrico es una estrategia útil para la evaluación de limitaciones a la penetración y desarrollo radical.

Clases	Resistencia (MPa)
Débil	<0,1
Extremadamente baja	<0,01
Muy baja	0,01-0,1
Intermedia	0,1-2
Baja	0,1-1
Moderada	0,1-2
Fuerte	>2
Alta	2-4
Muy alta	4-8
Extremadamente alta	>8

Rasgos en superficies internas

Los rasgos de superficies internas incluyen: revestimientos de diversas sustancias distintas al material de suelo adyacente y que cubren total o parcialmente las superficies; materiales concentrados en las superficies por la remoción de otros materiales; y formaciones de presión o tensión en la cual una capa delgada a sufrido una reorientación o un empaquetamiento por efecto de tensiones o desplazamientos. La descripción de estos rasgos incluye la clase, localización, cantidad, continuidad, distinción y espesor. En adición, si corresponde puede agregarse el color, la textura y otras propiedades, especialmente si ellas contrastan con el material adyacente.

Entre las diferentes clases de revestimiento tenemos los cutanes (delgada capa de material iluvial), que pueden ser de arcillas, humus, óxidos y oxhidratos de Fe y Mn, calcita, etc.; puentes de arcilla (que mantienen unidos granos minerales adyacentes); revestimientos de granos de limo o arenas, esqueletanes (por migración de la arcilla); etc.

Las superficies de espejo son superficies de tensión que han sido pulidas y estriadas por el deslizamiento de una masa de suelo sobre otra.

La localización de estos rasgos puede darse en algunas o todas las unidades estructurales, en los poros, en los granos o partículas primarias, fragmentos

gruesos, etc.

La cantidad se describe por el porcentaje de área cubierta por el rasgo, utilizándose términos como muy escasos, escasos, comunes y muchos.

La distinción se refiere a la facilidad y certeza con que el rasgo es identificado. Términos como débiles, nítidos y prominentes son utilizados.

Ej.: *cutanes arcillosos escasos, nítidos, pardo grisáceos (10YR5/2) en las caras verticales de los agregados.*

Concentraciones

Se trata de cuerpos identificables en el suelo que se han formado por la acción de procesos pedogenéticos. Algunos de estos cuerpos son delgados y laminares; otros son aproximadamente equidimensionales; otros tienen formas irregulares. Ellos pueden contrastar fuertemente con el material que los rodea en la consistencia, composición, u organización interna.

Entre las concentraciones tenemos las masas que son sustancias no cementadas que no pueden ser removidas del suelo como una unidad individual. La mayoría consisten de acumulaciones de carbonato de Ca, finos cristales de yeso o sales más solubles u óxidos de Fe y Mn; la plintita consiste de cuerpos rojizos enriquecidos en hierro y pobres en materia orgánica, que son suficientemente coherentes como para separarlos de la matriz del suelo; los nódulos y concreciones son cuerpos cementados que pueden ser removidos intactos del suelo. La composición puede ir desde materiales predominantemente similares a los de la matriz hasta sustancias casi puras completamente (calcita, óxidos de Fe y Mn, yeso, etc.), distintas al material adyacente. Los nódulos se diferencian de las concreciones por su falta de ordenamiento interno, el que si existe en las concreciones; los cristales, que pueden ocurrir aislados o en grupos. Pueden ser de calcita, yeso, halita, etc.

Algunos de un gran número de atributos de las concentraciones pueden ser importantes tales como: número o cantidad, tamaño, forma, consistencia, color, composición, clase y localización. No todos estos atributos deben ser necesariamente descriptos. Ej.: *muchos nódulos finos, irregulares, duros, gris claros de carbonato de Ca uniformemente distribuidos en el horizonte.*

Raíces

La cantidad, tamaño y localización de las raíces en cada capa debe ser registrada. La cantidad de raíces es descripta en términos de cada tamaño por unidad de área en un plano horizontal. Esta unidad de área cambia con el tamaño de las raíces, de acuerdo a: 1 cm² para las finas y muy finas; 1 dm² para las medias y gruesas, y 1 m² para las muy gruesas.

Las clases por cantidad son:

Pocas	< 1 por unidad de área
Muy pocas	< 0,2
Moderadamente pocas	0,2 - 1
Comunes	1 - 5
Muchas	> 5

Las clases por tamaño, en función de su diámetro, son:
La localización de las raíces en una capa debe ser des-

Muy finas	< 1 mm
Finas	1 - 2 mm
Medias	2 - 5 mm
Gruesas	5 - 10 mm
Muy gruesas	10 mm

cripta con relación a otros rasgos de la capa u horizonte.

La cantidad, el tamaño y la localización es un orden conveniente para describir las raíces. Ej.: *muchas raíces muy finas y comunes finas*, al no señalar localización uno puede sobreentender que están uniformemente distribuidas. O bien *raíces comunes muy finas y finas concentradas a lo largo de las caras verticales de los agregados*.

Poros

El espacio poroso es un término general para referirse a los vacíos en el material edáfico. El término incluye el espacio poroso textural, intra e interestructural. Para el movimiento del agua a bajos potenciales hídricos y en condiciones de saturación, los poros intraestructurales e interestructurales tienen una importancia particular. Los poros intraestructurales son descriptos por la cantidad, el tamaño, la forma, y la continuidad vertical, generalmente en ese orden.

Las clases por cantidad se establecen por el número por unidad de área: 1 cm² para los poros muy finos y finos, 1 dm² para los poros medianos y gruesos, y 1 m² para los poros muy gruesos. Las clases por cantidad son:

Pocos	< 1 por unidad de área
Comunes	1 - 5
Muchos	> 5

Los poros son descriptos en función de diámetros especificados por tamaño. Las cinco clases son:

Muy finos	< 1 mm
Finos	1 - 2 mm
Medios	2 - 5 mm
Gruesos	5 - 10 mm
Muy gruesos	> 10 mm

Los poros intraestructurales pueden ser de forma vesicular (aproximadamente esféricos o elípticos), o tubulares (aproximadamente cilíndricos y elongados). Algunos son de formas irregulares.

Las clases por continuidad son tres sobre la base de la estimación de la distancia vertical que recorre un poro de diámetro superior a 0,5 mm.

Baja	< 1 cm
Moderada	1 - 10 cm
Alta	> 10 cm

Un ejemplo de descripción de poros son las siguientes: *muchos poros finos tubulares; pocos poros finos tubulares y muchos poros medios tubulares con moderada continuidad vertical*.

Animales

La mezcla, el cambio y el movimiento de los materiales edáficos por los animales son un factor importante que afectan las propiedades de algunos suelos. Los rasgos dejados por la acción de algunos animales reflejan principalmente la mezcla o el transporte de materiales de una parte a otra parte del suelo o a la superficie. El material original puede ser sustancialmente modificado tanto física como químicamente.

Los rasgos producidos por los animales en el suelo son descriptos en términos de la cantidad, localización, tamaño, forma y ordenamiento, y también en términos del color, textura, composición, y otras propiedades del material constituyente. Palabras comunes deben ser empleadas en la descripción combinada con los términos edáficos apropiados. No se han especificado convenciones específicas.

Los rasgos a describir corresponden a aquellos producidos por hormigas y termitas, roedores (crotovinas), lombrices, cicádidos, etc.

Propiedades Químicas Especiales

Veremos aquí algunas propiedades químicas especiales que son importantes en la descripción e identificación de los suelos.

Reacción química

La expresión numérica de la reacción es expresada como pH. En esta notación, pH 7 es neutro. Valores menores que 7 indican acidez, valores más altos, indican alcalinidad. La mayoría de los suelos se ordenan en pH desde valores ligeramente superiores a 2,0 hasta ligeramente superiores a 11,0, aunque algunos suelos que contienen sulfuros pueden caer por debajo de 2,0 cuando son drenados, por la generación de ácido sulfúrico.

Los términos descriptivos que se utilizan para los rangos de pH son los siguientes:

Ultra ácido	< 3,5
Extremadamente ácido	3,5 - 4,4
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5
Neutro	6,6 - 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 - 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0
Muy fuertemente alcalino	> 9,0

Carbonatos de cationes divalentes

Una solución de HCl diluida 1:10 en frío se usa para testar la presencia de carbonatos en el campo. La cantidad y expresión de la efervescencia depende de la distribución y mineralogía tanto como de la cantidad de carbonatos. Por lo tanto la efervescencia no se utiliza para determinar la cantidad de carbonatos.

Se utilizan cinco clases de efervescencia:

No efervescente	No se forman burbujas
Muy débil	Se observan escasas burbujas
Débil	Las burbujas se ven fácilmente
Fuerte	Las burbujas forman una espuma delgada
Violenta	Una espuma espesa se forma rápidamente

La reacción de la dolomita con el HCl frío es mucho más lenta que la de la calcita.

Ejemplo: *fuerte efervescencia con HCl.*

Oxidos de manganeso

La presencia de óxidos de manganeso (MnO₂) puede ser puesta de manifiesto por la efervescencia que se produce cuando son tratadas con peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 3-4%. En estas condiciones algunas formas de materia orgánica reaccionan lentamente mientras que los óxidos de Mn lo hacen rápidamente.

Condiciones de reducción

Se ponen de manifiesto por lo que se conoce como reacción al **alfa-dipiridil** (α, α 1-dipiridil), al 0,2%. La reacción positiva desarrolla un color rojo o rosado e indica la presencia de Fe ferroso (Fe⁺²). La reacción negativa no desarrolla color.

TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

La operación de toma de muestras incluye la toma del material que forma el suelo de modo que tenga en

cuenta la variabilidad del mismo, el manejo y elaboración de la muestra y por último la toma de fracciones de dicha muestra para la realización de determinaciones analíticas concretas. Aquí nos referiremos al primer aspecto, dejando las restantes para considerarlos en la fase de laboratorio.

La toma de las muestras debe tomar en cuenta las variaciones de los suelos tanto en el sentido vertical (perfil del suelo con sus horizontes), como en el horizontal (paisaje). Estos factores pueden considerarse en función de unidades naturales de clases de suelos.

El suelo del que se toma la muestra debe ser considerado como un volumen, más que como un área, pues los agricultores cultivan el suelo sobre la base de su volumen. La importancia de la técnica de toma de las muestras de suelo puede ser resaltado recordando la conocida cita *un análisis no tiene más valor que el valor de la muestra analizada.*

Toma de muestras de perfiles de suelos: Debe tenerse en cuenta el intervalo dentro del cual se producen variaciones en el tipo de suelo. Es necesario realizar el análisis de por lo menos tres perfiles modales del suelo en cuestión, antes de generalizar sus características.

En todos los casos se toman muestras simples perturbadas de cada capa u horizonte delimitado, con ayuda de la pala, comenzando por la base del perfil. También para algunas determinaciones especiales (DA, K, w 0,1 - 0,3 y 0,5 bar), pueden tomarse muestras no perturbadas de cada horizonte, con cilindros especiales.

Las muestras se colocan en bolsitas de tela, papel parafinado o de plástico de 1 a 2 kg. De capacidad. Una tarjeta con el número del perfil y de la muestra se coloca en el interior de la misma y otra con las mismas indicaciones es anudada al cordón con que se cierra la bolsita.

Muestras simples y muestras compuestas: Una muestra simple es aquella que se toma en forma individual, y como tal es llevada al laboratorio para las determinaciones analíticas. Puede ser perturbada o no perturbada.

Una muestra compuesta es aquella constituida por un conjunto de muestras simples, convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para el análisis correspondiente. Siempre es perturbada. Una muestra compuesta da un valor analítico medio de la propiedad determinada, representativo del volumen de suelo del que se tomó la muestra compuesta. Este valor es equivalente a la media de los valores de las muestras simples o individuales que componen la muestra compuesta, si hubiesen sido analizadas individualmente. El número de muestras simples necesarias para constituir una muestra compuesta depende de la variabilidad de la propiedad a analizar en el área en estudio. A mayor variabilidad mayor número de muestras simples.

Una marcada diferencia en el muestreo de suelos para análisis físicos y para análisis químicos, es que para estos últimos se toman muestras **perturbadas**, que luego pueden constituir muestras compuestas, sobre las cuales se obtendrá un valor medio representativo. Sin embargo, un buen número de propiedades físicas de los suelos (DA, K, permeabilidad al aire, curvas de capacidad hídrica), exigen para su determinación muestras de suelo **no perturbadas**, es decir muestras donde el ordenamiento natural (estructural), del suelo no ha sido alterado, y las determinaciones serán efectuadas sobre cada muestra individual. Deben realizarse repeticiones de estas determinaciones a los fines de obtener un valor promedio de la propiedad determinada.

La toma de muestras compuestas reduce el número de muestras a analizar. La toma y composición de muestras compuestas debe satisfacer un mínimo de condiciones, a saber:

- Todas las muestras individuales debe ser del mismo volumen y representar un mismo espesor de suelo.
- Las muestras deben tomarse al azar, atravesando transversalmente las direcciones de las operaciones de cultivo y los accidentes naturales, tales como la pendiente y la red de drenaje.
- Tomar un número suficiente de muestras individuales en correspondencia con la variabilidad de la propiedad estudiada y las dimensiones (volumen) del área muestreada.
- No deben producirse interacciones químicas en el material de la muestra compuesta.
- La unidad de suelo escogida para formar una muestra compuesta debe ser homogénea para el objetivo del análisis. Un campo debe dividirse en varias áreas, estratificarse, en función de las heterogeneidades que presente. Definidas estas áreas homogéneas, se constituyen muestras compuestas de cada unidad homogénea por separado.

Toma de muestras de parcelas experimentales:

Cuando el conjunto de parcelas corresponde a un mismo tipo de suelo, se tomará una muestra de suelo de cada parcela como unidad. Se entiende como parcela el área mínima de un campo de ensayo que recibe un tratamiento determinado y es conducida como una unidad.

Cuando dentro de una parcela existe más de un tipo de suelo y en las diferentes parcelas éstos se encuentran en diferentes proporciones, resulta difícil obtener muestras de suelos que sean válidas.

Para la obtención de las muestras se delimita cada parcela mediante estacas o una cuerda y luego el operador avanza a lo largo de cada parcela siguiendo una trayectoria en zigzag, sacando una muestra cada 2 ó 3 pasos según sea el tamaño de la parcela, evitando tomar muestras de las borduras. Se toman así entre 10 y 30 muestras individuales de cada parcela que se reúnen para constituir la muestra compuesta, la que se coloca en bolsitas adecuadas, claramente etiquetadas

e individualizadas. En general se obtiene una muestra compuesta de cada una de las repeticiones del tratamiento.

Toma de muestras para el manejo de Sitio Específico (Agricultura de Precisión):

Las tecnologías de computación han sido recientemente combinadas con el Sistema de Posicionamiento Global para hacer el manejo de nutrientes más localizado a sitios específicos que el practicado por la práctica agrícola actual.

El sistema de sitio específico para el manejo de la fertilización es una parte integral de lo que normalmente se refiere como Agricultura de Precisión. Este sistema puede contribuir a asegurar que los nutrientes sólo sean usados en los sitios y en las cantidades que cada sitio específico lo requiere, sobre la base de los valores de los análisis realizados en cada sitio. Esto evita trabajar sobre los valores promedios como es la práctica usual, lo que lleva a que algunos sitios sean sobrefertilizados y otros subfertilizados. El manejo de la fertilización por sitio específico presenta así ventajas económicas y ambientales, al evitar la sobreutilización de fertilizantes.

Lógicamente, el sistema debe ser acompañado por una mayor densidad de muestreo del suelo que sirva de base para establecer las áreas de fertilización diferencial.

A tal efecto, y aunque en teoría se pueden aplicar distintos sistemas para la toma de muestras, en la práctica el lote es dividido en celdas mediante una grilla, pudiendo cada celda llegar a cubrir desde 900 m² (grilla de 30x30 m) a 1 ha (grilla de 100x100 m), según sea la variabilidad del nutriente en cuestión y las extensiones a manejar. De cada celda se obtiene una muestra compuesta georeferenciada (cada muestra compuesta está constituida por 15-20 muestras simples).

Las recomendaciones para la aplicación de los nutrientes resultan de los valores de los tests edáficos que son ploteados en un mapa, usando un programa estadístico de computación, normalmente geoestadístico, para estimar la localización de los límites entre áreas de diferentes rangos de contenido del nutriente (alto, medio y bajo, por ejemplo). Usando este mapa y un equipo computarizado de aplicación de dosis variables de fertilizantes, ligado al sistema satelital, es posible modificar automáticamente la cantidad del fertilizante aplicado según los requerimientos de cada área, en la medida que el aplicador avanza a través del lote.

BIBLIOGRAFÍA

- **BRADY, N. C. and WEIL, R. R.** 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th. Ed. Prentice Hall.
- **USDA.** 1993. Soil Survey Manual. Handbook N°18.
- **USDA.** 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 2.0.