

2017

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



Guía de estudio

Metodología

para el estudio de suelos en campo





METODOLOGÍA PARA LOS ESTUDIOS DE SUELOS EN CAMPO

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

Actualización: Mg. Ing. Agr. Roberto D. Corbella; Mg. Ing. Agr. M. Javier Tonatto e Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivarri

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.

En áreas desconocidas y con escasos antecedentes, es conveniente realizar estudios morfológicos del suelo complementados por análisis de laboratorio, estudiar el perfil del suelo ubicándolo geográficamente y estableciendo sus relaciones con las diferentes formas del paisaje, finalizando en un adecuado análisis e interpretación de la información obtenida.

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:

1. **Búsqueda, recopilación, estudio y análisis de los antecedentes.**
2. **Exploración inicial rápida de campo.**
3. **Estudio Analítico** que comprenderá las siguientes fases:
 - Fase de campo.
 - Fase de laboratorio.
 - Fase de gabinete.
4. **Síntesis final que permitirá emitir el diagnóstico buscado y las correspondientes recomendaciones.**

1. BÚSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Esta es la primera etapa en todo estudio de suelos y es de gran importancia porque 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**. La existencia o no de información previa, determinará el grado o intensidad que es necesario imprimir a nuestro estudio a fin de cumplir con el o los objetivos del mismo. Por lo tanto, en la recopilación de estudios precedentes, debemos considerar:

- **Su nivel de intensidad.**
- **Grado de adaptación a nuestros objetivos.**

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:

- Generada a través de sensores remotos: imágenes satelitales, fotografías aéreas, etc.
- Planos topográficos tanto planimétricos como planialtimétricos.
- Cartas de la red vial, hidrográfica, etc.
- Mapas de 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. 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.

Respecto a 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. Contrariamente, 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

El estudio de fotointerpretación con su correspondiente chequeo de campo permitirá la seg-

regación 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.

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.

2. EXPLORACIÓN INICIAL RÁPIDA DE CAMPO

La exploración inicial de campo permite la constatación y/o la diferenciación de áreas uniformes dentro del sector estudiado, reconociéndose 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. Esto permitirá seleccionar, de la manera más precisa, el emplazamiento del o de los perfiles de suelo a estudiar.

En el caso en que se trabaje con fotografías aéreas o imágenes satelitales (Figura 1), 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 recurriendo a picadas en el caso de no contarse con adecuadas vías de desplazamiento, e incluso realizar 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.



Figura 1: El uso de imágenes aéreas y satelitales ayuda a determinar áreas más homogéneas antes de encarar la fase de campo del estudio. Fuente: Google Earth.

3. ESTUDIO ANALÍTICO

La tercera etapa del estudio comprende:

3.1. Fase de campo:

3.1.1. Estudio de las unidades paisajísticas.

3.1.2. Estudio morfológico y descriptivo del perfil.

3.2. Fase de laboratorio:

3.2.1. Estudio de las propiedades físicas, químicas, físico químicas y estudios mineralógicos y micro-morfológicos.

3.3. Fase de gabinete:

3.3.1. Clasificación taxonómica.

3.3.2. Determinación de la aptitud.

A continuación se detallarán las mismas:

3.1. FASE DE CAMPO

3.1.1. ESTUDIO DE LAS UNIDADES PAISAJÍSTICAS

El emplazamiento elegido para el estudio del perfil del suelo debe ser representativo de la situación que nos proponemos definir. Por ello es importante una adecuada 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.

3.1.1.1. Forma del terreno

Las distintas geoformas 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 2), dentro de los cuales existen diferentes tipos y subtipos. (ver cartilla “Génesis, El transporte y depósito de material”).

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



Figura 2: Ejemplo de medios de ablación y medios de acumulación - Montes Pirineos (Francia). Foto: Modificado de: Alluvial fan. Mike Norton CC BY-SA 3.0.

3.1.1.2. 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 la relación que se establece entre **la infiltración y el escurrimiento** superficial del agua. La infiltración se define como el proceso, por el cual el agua penetra en el suelo a través de su superficie en contacto con la atmósfera. Una vez que ingreso al suelo el agua se moverá en el subsuelo de acuerdo a diferentes procesos, pudiendo recargar el perfil hídrico, percolar por debajo de la zona radical hacia los acuíferos. El escurrimiento superficial resulta del agua que no llega a infiltrarse sobre la superficie y se desplaza sobre esta, pudiendo dar origen a procesos erosivos.

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.

En segundo lugar, el relieve influye través de las variaciones en la exposición al sol y al viento y en el movimiento del aire.

Se reconocen cuatro clases generales de relieve en función de la relación Infiltración-Escurrimiento superficial (Figura 3):

1. **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.
2. **Normal:** Tierras altas con inclinación y escur-

rimiento medio. Hay equilibrio entre la infiltración y el escurrimiento. Bajo vegetación nativa sólo la erosión natural ocurre.

3. **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.
4. **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.

de erosión; uso de la maquinaria agrícola; traficabilidad; 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.

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.

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 1** es una guía terminológica para varias clases de pendientes definidas en términos del 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%, designándose como “a nivel” y “casi a nivel”, respectivamente.

Longitud: esta característica 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.

Exposición: es la dirección hacia la cual la superficie del suelo se enfrenta. Se utilizan los puntos cardinales para describir la exposición.

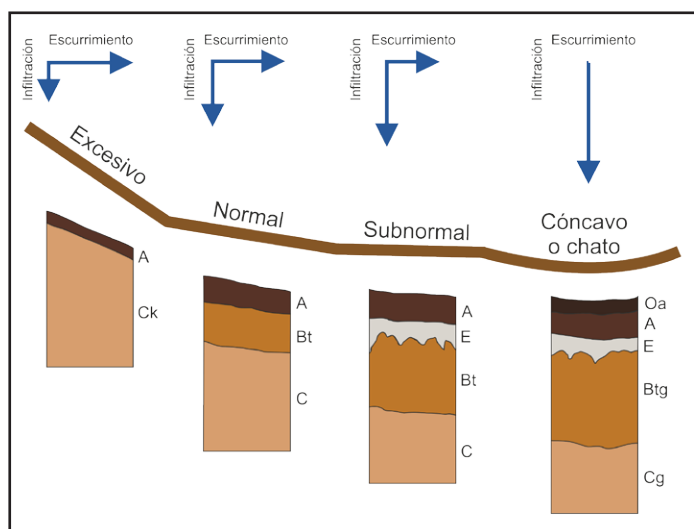


Figura 3: Tipos de relieve y su relación con el balance escurrimiento/infiltración. Ejemplo de evolución del suelos influenciados por el relieve.

3.1.1.3. 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 considerarse también sus relaciones con el uso y manejo probable o actual del suelo tales como: proporción y cantidad del escurrimiento; riesgo

Tabla 1: Clasificación de pendientes simples y complejas

Clases		Límites de gradientes	
Simples	Complejas	Límite inferior	Límite superior
A nivel o casi a nivel	A nivel o casi a nivel.		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	

nales para su descripción, tales como este, noroeste, sudeste, etc. La exposición puede afectar la temperatura del suelo, la evapotranspiración, y los vientos que recibe.

Forma: se refiere al perfil que presenta su contorno a lo largo de la misma. Ella puede ser definida como recta, cóncava o convexa (Figura 4)

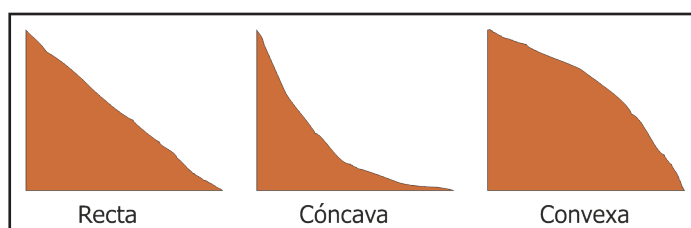


Figura 4: Forma de la pendiente.

3.1.1.4. Drenaje del suelo

Se entiende por drenaje del suelo la rapidez y facilidad con que el exceso de 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:

- **El escurrimiento superficial.**
- **La permeabilidad.**
- **El drenaje interno.**

3.1.1.4.1. 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 porque 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:

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.

Pendiente: influye fundamentalmente por su grado, longitud y forma. Las de mayor gradiente, de mayor longitud y de formas rectas determinan un mayor escurrimiento.

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.

Clima: su influencia esta dada 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.

3.1.1.4.2. Permeabilidad

Se define como la **capacidad del suelo para transmitir el aire y el agua** (Ver “Cartilla Agua”). Se la puede medir cuantitativamente (K) 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 del perfil debe referirse a un

solo horizonte, y 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, se especifican en la tabla 2

Tabla 2: Clasificación de la permeabilidad

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

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.

3.1.1.4.3. 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 dre-

naje interno moderado bajo las condiciones de lluvias normales de una región y tornarse lento cuando se lo incorpora al riego.

La terminología que se utiliza en la descripción y las clases de drenaje interno que se reconocen, son las siguientes:

1. Nulo:
 - Roca o capa freática en superficie.
2. Muy lento:
 - Saturado en la zona radical durante 1 – 2 meses.
 - Moteados en todo el perfil (**Figura 5**)
 - No es adecuado para la mayor parte de los cultivos.
3. 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.
4. Moderado:
 - Saturado en la zona radical durante algunos días.
 - Moteados comienzan abajo del horizonte B.
 - Adecuado para la mayor parte de los cultivos.
5. Rápido:
 - Saturado durante algunas horas.
 - Sin moteados.
 - Adecuado para la mayor parte de los cultivos. Puede haber sequías estacionales.
6. Muy rápido:
 - Nunca saturado.
 - Sin moteados.
 - Demasiado seco para la mayor parte de los cultivos.

3.1.1.4.4. 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



Figura 5: Moteados producidos por la presencia de una capa freática. Se observan como manchas de color rojizo debido al hierro oxidado (Fe^{3+})

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. A continuación se detallan las 7 clases de drenaje de suelo:

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 marcadamente 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.*
 - *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.

3.1.1.5. 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 (Tabla 3).

Tabla 3: Criterios para clasificación de las inundaciones.

Criterio	
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	
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	
Regulares	Solo en una época del año
Irregulares	En cualquier época

3.1.1.6. El material originario de los suelos

Se denomina así a los materiales minerales y orgánicos no consolidados a partir de los cuales 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:

- **Residuales:** Los formados en el mismo lugar por la meteorización física y química de la roca madre
- **Transportados:** 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.
- **Depósitos Orgánicos.**

Tanto los materiales consolidados como los no consolidados, que se encuentran por abajo del solum y que influyen en 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".

3.1.1.7. 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.

3.1.1.8. 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.

Un método útil para este fin es el del **perfil cultural** descrito por Gautronneau y Manichon (1987). Este establece criterios de clasificación de las estructuras desarrolladas a causa de los distintos usos y manejos, diferenciándose así de la clasificación de suelos por origen genético. Intervienen en este estudio los implementos de labranza, el comportamiento de las raíces vegetales y la influencia de los factores naturales (clima principalmente).

Este método permite determinar el grado de degradación de los suelos generando indicadores sobre las unidades descriptas que permiten explicar el estado del suelo bajo un uso y manejo específico. Es una herramienta para elaborar diagnósticos del sistema suelo-planta, útil para la toma de decisiones productivas.

3.1.2. ESTUDIO MORFOLOGICO Y DESCRIPTIVO DEL PERFIL

3.1.2.1. 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 (48 horas aproximadamente) 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 cor-

responder 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.

3.1.2.2. El perfil del suelo

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

3.1.2.3. Descripción del perfil

3.1.2.3.1. 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).

3.1.2.3.2. 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.

3.1.2.3.3. 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 (Figuras 6 y 7)**. 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 caracteriza 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 o saturación) 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 está ordenado horizontalmente en cada tarjeta Munsell, incrementando su valor de izquierda a derecha.

La nomenclatura del color de un horizonte consiste en:

1. **El nombre del color** (pardo rojizo, pardo muy oscuro, etc.).
2. **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). 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

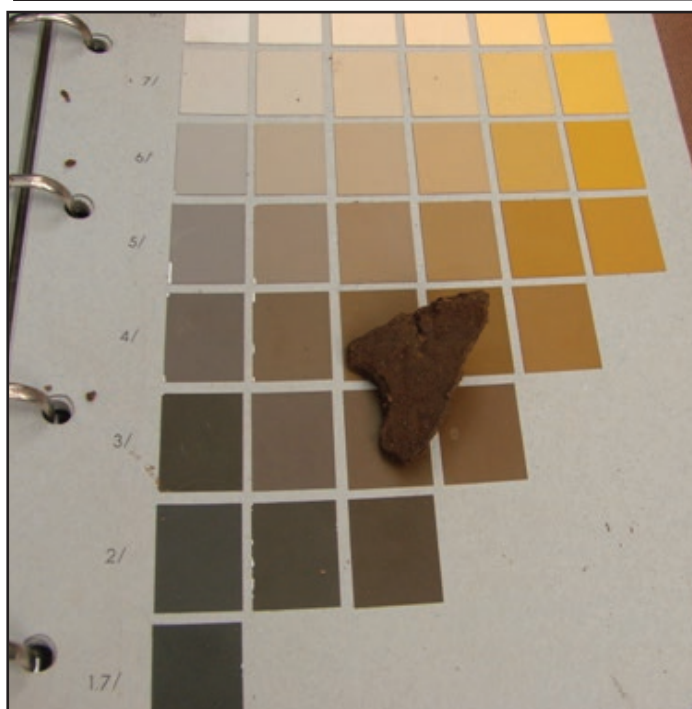


Figura 6: Tabla de Munsell. Muestra los valores de Hue (en cada página), Value de arriba a abajo y Chroma de izquierda a derecha.

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”).

3.1.2.3.4. 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**.

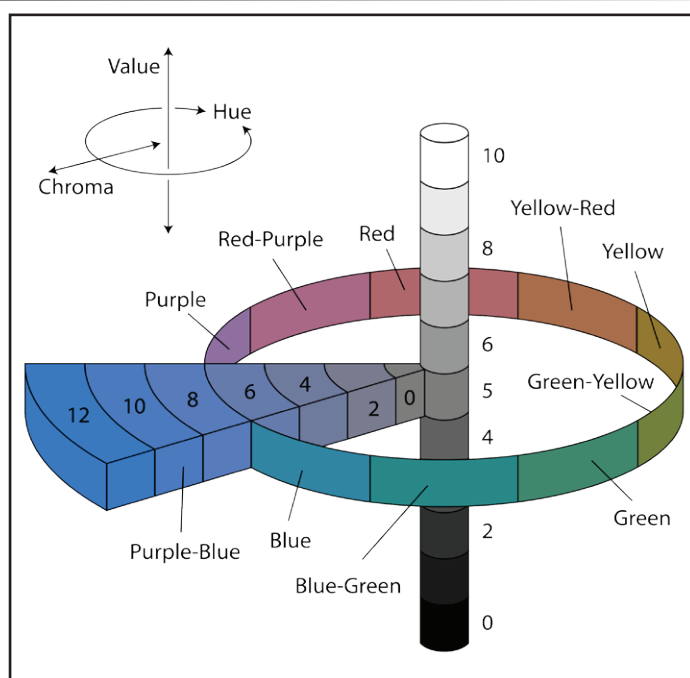


Figura 7: Esquema de colores de Munsell. Adoptado oficialmente por USDA como sistema oficial para determinar el color del suelo. Imagen: The Munsell color system. Jacob Rus. CC BY-SA 3.0.

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. (Remitirse a la cartilla “Física del suelo”)

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

La estimación en campo de la textura 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 (determinación en laboratorio).

3.1.2.3.5. 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. 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 encuentren en una proporción mayor del 20% y menor del 90%. Los adjetivos a usar se indican en la tabla 4.

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.

3.1.2.3.6. Pedregosidad y Rocosidad en la superficie

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

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

En la tabla 5 se describe la clasificación por pedregosidad superficial.

3.1.2.3.7. 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

Tabla 4: Adjetivos de clasificación para fragmentos rocosos

Adjetivo	Forma del Fragmento	Tamaño
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

Tabla 5: Clasificación de la pedregosidad superficial.

Clase	% en sup.	Dist. (m) entre piedras y bloque según diámetro			Nombre
		0,25 m*	0,6 m	1,2 m	
1	0,01-0,1	>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



a lo largo de zonas o planos predeterminados. Estos planos 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.

La unidad estructural, consecuencia del desarrollo del suelo, se la 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** de las unidades estructurales son descriptas (Tabla 6). 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. Por ejemplo, para una estructura simple “*Estructura prismática media bien desarrollada*”. Para una estructura compuesta, podría ser “*Estructura prismática media bien desarrollada que rompe en bloques angulares finos moderadamente desarrollados*”.

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



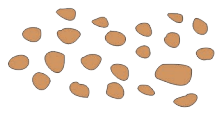
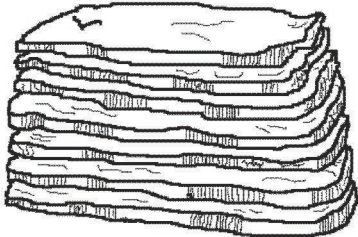


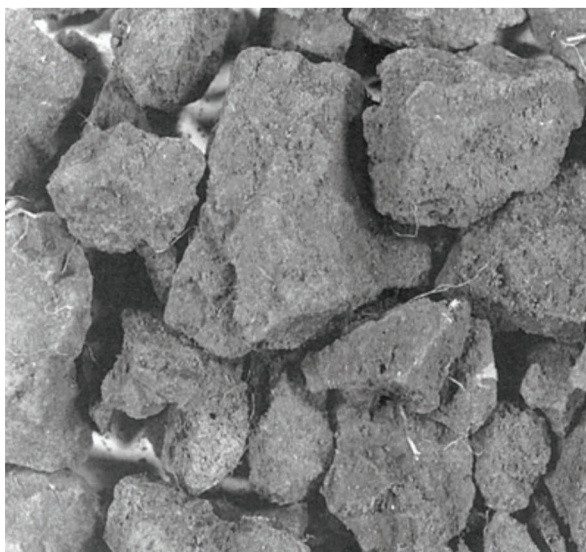

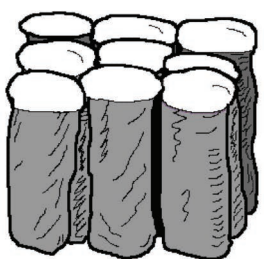


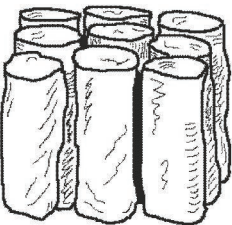
Las grietas están asociadas primariamente con, pero no restringidas sólo, a los suelos arcillosos y son más pronunciadas en los suelos con alta capacidad de contracción-expansión.

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

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

Tabla 6: Clasificación de la estructura

Tipo	Subtipo		
Esferoidal	Granular		
	Migajón		
Laminar			
Bloques	Angulares		
	Subangular		
Prismática	Columnar		 
	Prismática		

Imágenes: Soil survey manual

3.1.2.3.9. 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. Esta propiedad es de vital importancia para determinar el comportamiento del suelo ante la acción de un implemento mecánico. La consistencia incluye varios conceptos tales como:

- a) *Plasticidad y adhesividad (consistencia en mojado).*
- b) *Resistencia a la ruptura (consistencia en húmedo).*
- c) *Repuesta del suelo a la compresión (consistencia en seco).*
- d) *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: 0. *No adhesiva*; 1. *Ligeramente adhesiva*; 2. *Adhesiva*; 3. *Muy adhesiva*.

Plasticidad: Es la capacidad de cambiar de forma cuando se aplica una presión y de conservar la deformación cuando la presión a 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: 0. *No plástico*; 1. *Ligeramente plástico*; 2. *Plástico*; 3. *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: 0. *Suelta*; 1. *Muy friable*; 2. *Friable*; 3. *Firme*; 4. *Muy firme*, 5. *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: 0. *Suelta*; 1. *Blanda*; 2. *Ligeramente dura*; 3. *Dura*; 4. *Muy dura*; 5. *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 determina con el penetrómetro (Figura 8), algunos de los cuales, llamados penetrógrafos, grafican las presiones ejercidas. La tabla 7 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 6,4mm a una distancia de 6,4 mm en el suelo en un segundo.

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 eva-

luación de limitaciones a la penetración y desarrollo radical.



Figura 8: Penetrómetro con su escala (en newtons) y distintos tipos de puntas.

Tabla 7: Clases de resistencia a la penetración

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

3.1.2.3.10. 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:

Cutanes: son finas películas de e material iluvial, que pueden ser de arcillas, humus, óxidos y oxhidratos de Fe y Mn, calcita, etc.

Puentes de arcilla: son revestimientos de granos de limo o arenas, que mantienen unidos granos minerales adyacentes.

Esqueletanes: por migración de la arcilla.

También pueden considerarse a las superficies de espejo, las cuáles pueden definirse como 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 (10YR 5/2) en las caras verticales de los agregados*”.

3.1.2.3.11. 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:

Masas: 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.

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.

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.

Cristales: 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*”.

3.1.2.3.12. 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 están descriptas en la Tabla 8.

Tabla 8: Clases por cantidad de raíces por unidad de área.

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 las descriptas en la tabla 9.

Tabla 9: Clases por tamaño de raíces.

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

La localización de las raíces en una capa debe ser descripta con relación a otros rasgos de la capa u horizonte.

a 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*”.

3.1.2.3.13 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 las descriptas en la tabla 10.

Tabla 10: Clases de poros por cantidad.

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 las descriptas en la tabla 11.

Tabla 11: Clases de poros por tamaño.

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 0,5mm (tabla 12)

Tabla 12: Clases de poros por continuidad.

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*”.

3.1.2.3.13. 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.

3.1.2.3.14. Propiedades Químicas Especiales

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

3.1.2.3.14.1. 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 hasta ligeramente superiores a 11, aunque algunos suelos que contienen sulfuros pueden caer por debajo de 2 cuando son drenados, por la generación de ácido sulfúrico.

Los términos descriptivos que se utilizan para los rangos de pH son los descriptos en la tabla 13.

Tabla 13: Descripción del pH del suelo.

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

Los métodos colorimétricos como electrométricos se usan para medir el pH. Los métodos colorimétricos son simples y baratos. Hay igualmente disponibles peachimetros portátiles confiables.

3.1.2.3.14.2. 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 (tabla 14)

La reacción de la dolomita con el HCl frío es mucho más lenta que la de la calcita. Ejemplo: "fuerte efervescencia con HCl".

Tabla 14: Descripción de la efervescencia por carbonato.

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

3.1.2.3.14.3. Óxidos de manganeso

La presencia de óxidos de manganeso (MnO_2) puede ser puesta de manifiesto por la efervescencia que se produce cuando son tratadas con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 3-4 %. En estas condiciones algunas formas de materia orgánica reaccionan lentamente mientras que los óxidos de Mn lo hacen rápidamente.

3.1.2.3.14.4. Condiciones de reducción

Se ponen de manifiesto por lo que se conoce como reacción al alfa-dipiridil ($\alpha - \alpha 1, -dipiridil$), 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.

3.2. FASE DE LABORATORIO

3.1.1. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, FÍSICO QUÍMICAS

Para realizar las determinaciones analíticas es necesario tomar muestras de los horizontes o capas que constituyen el perfil del suelo. En todos los casos se toman muestras simples perturbadas, con ayuda de la pala, de cada capa u horizonte delimitado comenzando por la base del perfil.

También para algunas determinaciones especiales, como Densidad Aparente (DA), Conductividad Hidráulica (K), Estabilidad estructural (EE) entre otras, pueden tomarse muestras simples no perturbadas con cilindros especiales de cada horizonte.

Las muestras simples perturbadas 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 tarjeta con las mismas indicaciones es anudada al cordón con que se cierra la bolsita. Es necesario realizar el análisis de por lo menos tres perfiles modales del suelo en cuestión, antes de generalizar sus características.

El manejo y elaboración de la muestra y la toma



de fracciones de dicha muestra para la realización de determinaciones analíticas concretas son llevadas a cabo por el laboratorio. En el mismo las muestras recibidas se secan, se muelen y se tamizan para trabajar con el tamaño de partículas que definen a la textura (2 mm a 2 μ). Una vez tamizado se toma una porción de la muestra y se realizan las determinaciones de naturaleza física (textura), naturaleza físico-química (pH, Capacidad de Intercambio de Cationes, Conductividad eléctrica, Cationes de cambio) o naturaleza química (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre) solicitadas.

3.3. FASE DE GABINETE

3.3.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DETERMINACIÓN DE LA APTITUD

En las clasificaciones actuales de suelo, se trata de aproximarse a un sistema natural de clasificación como un ideal, aunque se tiende a dar mayor peso a las propiedades de mayor relevancia agrícola. En nuestro país el sistema de **Clasificación Taxonómica** más utilizado es el de la Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). En ella los conceptos genéticos no son empleados, excepto como una guía sobre la relevancia y peso de las propiedades edáficas, y como las definiciones deben ser precisas y cuantitativas, se usa la clasificación diagnóstica. El sistema contiene seis categorías: Del más alto al más bajo nivel de generalización ellas son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

Existen otros sistemas de clasificación que ordenan el sistema para cumplir con propósitos específicos, aplicados o prácticos, constituyen las **clasificaciones técnicas de suelos**, como por ejemplo las clasificaciones de capacidad de uso, de aptitud para riego, de aptitud para tipos específicos de utilización de tierras, etc.

3.3.1.1 Ejemplo

Para una mejor comprensión de lo arriba mencionado, los puntos concernientes a las fases de gabi-

nete y de laboratorio y el punto 4 (Síntesis final que permitirá emitir el diagnóstico buscado y las correspondientes recomendaciones) serán explicados con un ejemplo práctico extraído del trabajo del Ing. Agr. José R. García titulado “*Relevamiento de las áreas regables de Choromoro*”. El objetivo de este estudio fue: Determinar las características más importantes del medio físico, químico y biológico, caracterizar los diferentes tipos de suelos, establecer la extensión y distribución espacial de los mismos, determinar sus limitantes y potencialidades, evaluarlos y agruparlos en diferentes clases de aptitud para cultivos bajo riego. El Relevamiento del área regable del Río Choromoro, fue realizado sobre un total de 7.770 hectáreas en el sector del Río Choromoro (Departamento Trancas-Tucumán), abarcando una franja a ambos lados de la Ruta Nacional N° 9.

Como consecuencia de este estudio se han identificado trece Series de Suelos. Se toma como ejemplo la **Serie Pozo Largo** que presenta las siguientes características:

3.3.1.1.1. Fase de campo

Descripción del Paisaje:

Vegetación: rastrojos - gramíneas

Material Original: Coluvión

Fisiografía: playa de Explayamiento

Relieve: Normal a Subnormal

Pendiente: 0,7%

Drenaje Externo: Lento

Permeabilidad: Moderadamente

Clase de Drenaje: Bien drenado

Capa Freática: Profunda

Erosión: No

Pedregosidad: No

Sales: No

Descripción del Perfil

Ap1(0 - 16 cm): Pardo negruzco (10 YR 3/2) en húmedo. Pardo amarillento grisáceo (10 YR 5/2) en

seco. Franco limoso Masivo. Ligeramente plástico. Ligeramente adhesivo. Friable a firme. Raíces comunes. Límite gradual suave. Húmedo.

Ap₂ (16 - 36 cm): Pardo negruzco (10 YR 3/2) en húmedo. Pardo amarillento grisáceo (10 YR 5/2) en seco. Franco arcillo limoso. Bloques subangulares medios medianamente desarrollado. Plástico. Adhesivo. Friable. Raíces comunes. Límite claro y suave. Húmedo.

Bw₁ (36 - 52 cm): Pardo grisáceo (7,5 YR 4/2) en húmedo. Pardo grisáceo (7,5 YR 5,5/2) en seco. Franco arcillo limoso. Bloques subangulares medios medianamente desarrollado. Plástico. Adhesivo. Friable. Límite gradual y suave. Escasas Raíces. Húmedo.

Bw₂ (52 - 75 cm): Pardo grisáceo (7,5 YR 4,5/2) en húmedo. Pardo opaco (7,5 YR 6/3) en seco. Franco limoso. Bloques subangulares medios y finos medianamente desarrollados. Plástico. Adhesivo. Friable. Muy escasas raíces. Límite gradual y suave. Húmedo.

C₁ (75 - 113 cm): Pardo grisáceo (7,5 YR 5/2) en húmedo. Pardo opaco (7,5 YR 6/3) en seco. Franco limoso. Masivo. Plástico. Adhesivo. Friable a firme. Muy escasas raíces. Límite gradual y suave. Húmedo.

C₂ (113 - 152 cm): Pardo amarillento opaco (10 YR 5/3) en húmedo. Pardo opaco a naranja opaco (7,5 YR 6,5/3) en seco. Franco limoso. Masivo. Plástico. Adhesivo. Friable. Muy escasas raíces. Húmedo.

C₃ (152 - 180 cm): Pardo amarillento opaco (7,5 YR 5/3) en húmedo. Pardo opaco a naranja opaco (7,5

YR 6,5/3) en seco. Franco limoso. Masivo. Plástico. Adhesivo. Friable. Muy escasas raíces. Húmedo.

3.3.1.1.2. Fase de laboratorio (tabla 15)

Conclusiones: La serie Pozo Largo es un suelo profundo bien drenado, con relieve normal a subnormal y la pendiente inferior al 1%. Se localiza en los sectores distales del área de explayamiento y se desarrolló sobre sedimentos aluviales. La textura es media y moderadamente fina. El perfil genético es un ABwC y presenta un epipedón Mólico sobre endopedon Cambico. Ocupa una superficie de 441 has.

3.3.1.1.3. Fase de gabinete

Clasificación Taxonómica:

La serie Pozo Largo (Pl) es un **Haplustol arídico** miembro de la familia limosa fina, superactiva, mixta, térmica. Se han definido tres tipos por textura y topografía.

En la figura 9 se observa el mapa básico de suelos de Choromoro donde se destaca la serie Pozo Largo con dos referencias a la fase textural y a la pendiente.

Determinación de la Aptitud para Riego:

La evaluación de los suelos por su aptitud para riego

Tabla 15: Análisis de laboratorio de la serie Pozo Largo

Profundidad (cm)	Horizonte	Granulometría (%)			Mat. Org. (%)		CaCO ₃ (%)	CIC cmolc/kg	Cationes de cambio (cmolc/kg)				PSI (%)	pH 1:2,5	CE dS/m
		Arena	Limo	Arcilla	C %	N %			Ca	Mg	K	Na			
0 - 16	Ap ₁	4,79	68,76	26,43	1,72	0,20	0,20	24,09	-	-	1,84	0,39	-	7,2	-
16 - 32	Ap ₂	3,36	67,34	29,30	1,44	0,15	0,10	26,04	-	-	1,70	0,36	-	7,1	-
32 - 52	Bw ₁	1,18	66,41	31,41	0,59	0,07	0,21	24,09	-	-	1,18	0,40	-	7,1	-
52 - 75	Bw ₂	4,59	71,23	24,18	0,41	0,05	-	18,88	16,00	2,48	0,89	0,36	-	7,2	-
75 - 113	C ₁	13,90	65,73	20,37	0,32	0,05	-	16,49	14,00	3,60	0,86	0,25	-	7,4	-
113 - 152	C ₂	11,78	67,01	21,21	0,22	0,05	-	14,54	13,82	2,56	0,81	0,30	-	7,4	-
152 - 180	C ₃	10,11	69,82	20,07	0,20	0,05	-	16,06	15,52	2,32	0,86	0,29	-	7,6	-



Figura 9: Mapa básico de Choromoro. Se destaca la serie Pozo Largo (en círculo rojo) y sus referencias.



Figura 10: Mapa interpretativo de Choromoro. Clases de aptitud para riego (Tabla 16)

Tabla 16: Características de las clases por su aptitud para riego y normas de manejo (solo clases correspondientes a la serie Pozo Largo)

Clase por aptitud	Características importantes	Normas de manejo	Sistemas de riego aconsejado
Clase 1	Sin limitaciones	Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Canales de guardia para evitar ingresos de agua y terrazas en caso de pendientes muy largás	Cualquier sistema. Se aconseja aspersión o riego localizado en la medida que la pendiente del lote se acerque al límite de 1% impuesto por la clase
Clase 2t	Limitaciones topográficas: Pendiente 1% a 3%. Susceptibilidad a la erosión	Prácticas agronómicas e ingenieriles de conservación de suelos. Cultivos en contorno, terrazas y canales de guardia	Sistema por aspersión o riego localizado.
Clase 2s	Limitación de suelo baja capacidad de retención de agua	Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Canales de guardia para evitar ingresos de agua y terrazas en caso de pendientes muy largás	Surcos cortos y turnos frecuentes. Preferentemente Sistemas por aspersión o riego localizado a los fines de lograr alta eficiencia
Clase 2st	Presentas características de las dos clase que la preceden	Prácticas agronómicas e ingenieriles de conservación de suelos. Cultivos en contorno, terrazas y canales de guardia	Sistema por aspersión o riego localizado.

permitió delimitar seis Clases de Aptitud para riego; de ella se extraen solo las clases 1 y 2 que corresponden a los tipos presentes en la serie Pozo Largo (Tabla 16 y Figura 10)

4. SÍNTESIS FINAL QUE PERMITIRÁ EMITIR EL DIAGNÓSTICO BUSCADO Y LAS CORRESPONDIENTES RECOMENDACIONES.

La serie de suelo Pozo Largo es una serie clasificada como Haplustol arídico que forma parte del área regable del Río Choromoro. Su superficie total es de 441,4 ha. Esta serie se dividió en tres según la clase textural y topografía: 1- Pl 4 A, Pl 5 A y PL 5 B. Los dos primeros presentan una Aptitud de Riego 1 (sin limitaciones y se recomienda cualquier sistema de riego) ocupando una superficie de 384 ha y la tercera presenta Aptitud de Riego 2t (con Limitaciones topográficas por pendientes de 1% a 3%, susceptibles a la erosión por lo que su norma de manejo debe ser con Cultivos en contorno, terrazas o canales de guardia y Sistema de riego por aspersión o riego localizado) ocupando una superficie de 57.4 ha.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 2.0. USDA. 2002.
2. García, J.R. 2005 Relevamiento de las áreas regables de Choromoro. Informe PROSAP.
3. Gautronneau, Y. y Manichon, H. 1987. Guía metódica del perfil cultural. En: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-02/010011137.pdf
4. Links: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>
5. Soil Survey Manual. Handbook N°.18. USDA.1993.
6. The Nature and Properties of Soils. Brady, N.C. and Weil, R.R. 1999. 12th. Ed. Prentice Hall