



Elsa Matilde González Rodríguez, M.Sc.¹

Alejandra Pedraza Luengas, B.Sc.²

María Mercedes Pérez Trujillo, cM.Sc.^{3,4}

Área de Ecología Aplicada

CARACTERIZACIÓN AGROLÓGICA DEL SUELO Y DIAGNÓSTICO DE SU FERTILIDAD EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL CAMPUS NUEVA GRANADA, CAJICÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

AGROLOGIC SOIL CHARACTERIZATION AND FERTILITY DIAGNOSIS AT
THE EXPERIMENTAL STATION OF THE CAMPUS OF NUEVA GRANADA,
CAJICA (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

Recibido el 3 de agosto de 2009

Aceptado el 15 de octubre de 2009

1. Agróloga, Asesora Técnica.

2. Bióloga, Asistente de Investigación. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada.

3. Ingeniera Agrónoma, Docente. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada.

4. Autor para correspondencia: maria.perez@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La descripción de un perfil de suelo y la determinación de sus propiedades químicas, físicas, mineralógicas y microbiológicas, se realizó en la Estación Experimental Hacienda Río Grande, ubicada en Cajicá, Cundinamarca, con el fin de conocer su fertilidad natural y ofrecer algunas recomendaciones para su manejo. Según la taxonomía de suelos fue clasificado como un Vertic Endoaqualfs. Químicamente presentó una fertilidad baja, que debe ser mejorada con aplicaciones de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio, el incremento de la materia orgánica y la adición de cobre y boro, según los requerimientos particulares de cada cultivo. Físicamente se caracterizó por tener un alto contenido de arcilla lo que le confiere una alta humedad aprovechable pero problemas de aireación y drenaje. Adicionalmente presentó una estabilidad estructural moderada, por lo que la maquinaria utilizada para preparar el suelo y la humedad del mismo debe ser la adecuada para evitar que se pierda la estructura; así mismo al tener un estado de agregación muy alto, este suelo es sensible a endurecimientos. Mineralógicamente se pudo determinar que los minerales que componen este suelo contribuyen a un mayor grado de plasticidad y pegajosidad en estado húmedo y mayor cohesión en estado seco. La predominancia de minerales 2:1 retienen cationes en forma disponible para las plantas; éstos más los minerales 1:1 tienen importancia en las labores agrícolas por la tendencia al amasado y a la adhesión del suelo a los implementos en estado húmedo y a la resistencia al corte y a la penetración en estado seco. El comportamiento de minerales

como la caolinita, montmorillonita y vermiculita, originan una gran expansión de las arcillas cuando se humedecen ocasionando problemas de encharcamiento y mal drenaje y una fuerte contracción cuando se secan causando agrietamientos al suelo. La afectación biológica del suelo es moderada a baja; el conteo de micorrizas y hongos fue bajo. Los demás grupos funcionales evaluados se encuentran presentes en un número adecuado para garantizar la liberación de nutrientes a partir de fuentes naturales o enmiendas, aunque se pueden aumentar sus poblaciones. Los fitopatógenos encontrados en la muestra fueron el hongo *Acremonium* sp. y la bacteria *Pseudomonas* sp. (no fluorescente). No fueron encontrados controladores ni antagonistas. La actividad de los macroorganismos animales observada en campo fue baja.

Palabras clave: Perfil de suelo, propiedades químicas, propiedades físicas, propiedades mineralógicas, propiedades microbiológicas, Sabana de Bogotá

ABSTRACT

By the description of the soil profile and the determination of the chemical, physical, mineralogical and microbiological properties in a field of the "Estación Experimental Hacienda Río Grande", located in Cajicá, Cundinamarca, a diagnosis and characterization of the soil was performed in order to approximate to its natural fertility, with this results some recommendations for its management were made. According to soil taxonomy, it was classified as a Vertic Endoaqualfs. Chemically its fertility was low, and it may be enhanced with applications

of nitrogen, phosphorus, sulfur and potassium, the increase of organic matter and the addition of copper and boron depending on each particular crop. Physically, this soil is characterized by high clay content which gives it a high moisture but problems with aeration and drainage, in addition its moderate structural stability made that the machinery used and the moisture to prepare the soil needs to be adequate to prevent structure loss. Also its high state of aggregation made it sensitive to hardening. With the mineralogical analysis, it was determined that the minerals that constitute this soil contribute to a greater degree of plasticity and stickiness in a wet state and greater cohesion in the dry state. The dominance of 2:1 minerals retain cations in the form available for plants, and in addition with 1:1 minerals are important in agricultural work by the trend of kneading and the adhesion to the tools in a moist state, but a cut and penetration resistance in the dry state. The behavior of minerals such as kaolinite, montmorillonite and vermiculite, cause an expansion of the clay when wetted and fissures when the soil dried because a strong contraction. The biological affectation is moderate to low; the counting for mycorrhizal and other fungi was low. The other functional groups evaluated were found in an appropriate number that guarantee the release of nutrients from natural sources or amendments, although their populations must be increased. In the sample were isolated two phytopathogens the fungus *Acremonium* sp. and the bacteria *Pseudomonas* sp. (not fluorescent). Non antagonist microorganisms were found. The animal macroorganisms activity observed in the field was low.

Key words: Soil profile, chemical properties, physical properties, mineralogical properties, microbiological properties, Sabana de Bogotá

INTRODUCCIÓN

Todo suelo ha tenido un proceso de formación único y específico, que lo hace particular, por ello es importante tener en cuenta que hace millones de años la Sabana de Bogotá fue un lago. Por estudios realizados se sabe que los materiales a partir de los cuales se originaron los suelos de la zona plana se depositaron en condiciones lacustres y que los suelos de la parte montañosa se desarrollaron de areniscas, arcillas y otros materiales propios de la cordillera Oriental. En la formación de los suelos de la planicie actuaron fenómenos de acumulación de materiales en condiciones lacustres, aporte de ceniza volcánica procedente de la Cordillera Central, desecamiento gradual del lago sabanero hasta su condición actual, cambios drásticos de clima causados por los periodos glaciales que afectaron la tierra en diferentes épocas y la actividad de los micro y macroorganismos. Sumado a ello, la intervención antrópica ha jugado un papel importante al modificar significativamente la calidad de estas tierras con sus tecnologías (Cortés, 1982).

Por el mal uso del recurso suelo, año tras año miles de hectáreas quedan improductivas debido a la erosión, al uso inapropiado del riego y de las prácticas de labranza y al empleo indiscriminado de fertilizantes y enmiendas (Gliessman, 2000). Para enfrentar este problema, la descripción de suelos ofrece información que permite la comprensión de sus características y el conocimiento de su origen, como fundamentos para

orientar su uso y manejo, herramientas básicas para aumentar la producción agrícola y lograr una productividad más duradera y sostenible (Garavito, 1976). Por ello, este trabajo ofrece información sobre el suelo de la Estación Experimental Hacienda Río Grande, sede de la Facultad de Ciencias de la Universidad y resalta la descripción de sus horizontes, clasificación taxonómica, características geomorfológicas y su caracterización química, física, mineralógica y microbiológica, junto con la interpretación de los resultados de laboratorio y algunas recomendaciones particulares para su manejo. El suelo puede definirse como un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases, que ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio y se caracteriza por tener horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, translocaciones y transformaciones de energía y materia, además de ser capaz de sostener las plantas en un ambiente natural (White, 2006). La formación de los suelos se debe a procesos mecánicos, químicos y biológicos (Bonilla, 1996) y se origina a partir de factores como el clima, material parental, organismos, relieve y tiempo (Figura 1). Los procesos corresponden a adiciones, transformaciones, translocaciones y

pérdidas (White, 2006). Según Sagredo (1978), algunos ejemplos de procesos son: meteorización, humificación, mineralización, eluviación, illuviación y lixiviación.

Para la formación de los suelos se ha requerido de un largo proceso evolutivo donde el primer paso fue la desintegración de las rocas superficiales bajo los efectos del intemperismo físico y químico y su transformación en partículas muy pequeñas de gran actividad física y química; al inicio estos agentes actúan solos, pero simultáneamente con los seres vivos, dieron como resultado final un conjunto de partículas de diversos tamaños y características químicas, ricas en elementos necesarios para la vida (Boul et al, 1981 En: Bonilla, 1996).

Los fragmentos de roca descompuesta son los minerales. Los tipos de minerales presentes dependen fundamentalmente del tipo de roca y se clasifican de acuerdo con su tamaño en

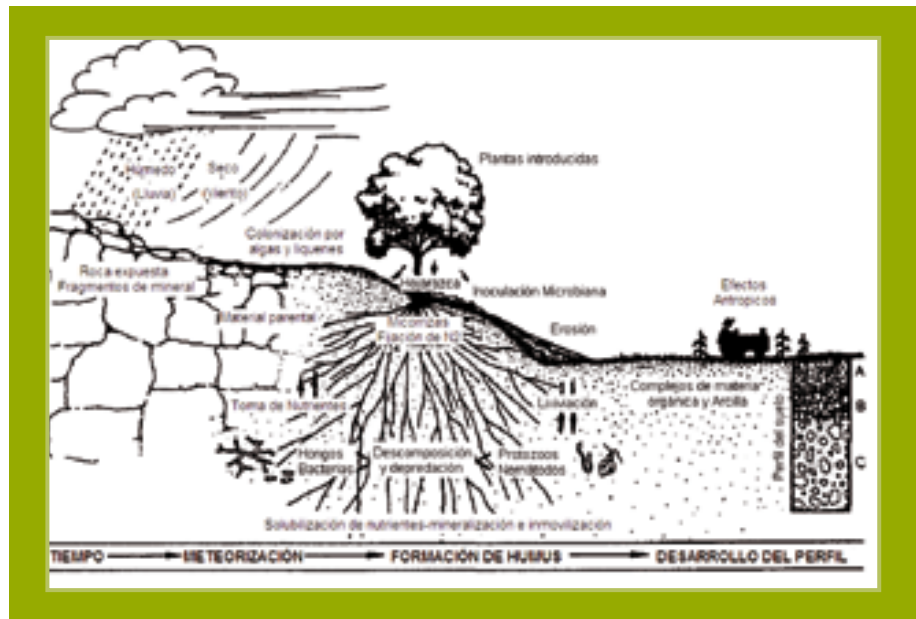


Figura 1. Procesos y factores que determinan la formación de los suelos. Modificado de: Paul y Clark, 1996.

arcillas, limos y arenas. El contenido de cada tipo de mineral determina la clase de suelo y sus propiedades (Dalzell et al, 1991).

El suelo al ser un cuerpo tridimensional para poder ser estudiado y observado en su interior debe exponerse con un corte vertical hasta una profundidad máxima de 2 metros – si antes no se encuentra material parental –, para así poder evidenciar lo que se denomina el perfil del suelo (Ávila, 2000). Al realizar estos cortes, la mayoría de las veces aparecen una serie de porciones aproximadamente paralelas entre sí y a la superficie del terreno. Cuando éstas se pueden diferenciar se clasifican en horizontes y cada uno de estos se nombra según la nomenclatura apropiada dependiendo de los procesos o los factores que los hayan originado (CIAF, 1980).

Es importante aclarar que el término horizonte se utiliza cuando en el material parental ha producido una génesis, es decir un desarrollo; si el material es transportado y no se ha desarrollado, es decir no ha sufrido evolución, se denomina capa (White, 2006). Se utilizan letras y números en varias combinaciones para designar horizontes y capas. Las mayúsculas se usan para designar los horizontes maestros o principales, las minúsculas se utilizan como subíndices para señalar características específicas del horizonte principal y los números son usados como subíndices para indicar subdivisión vertical dentro de un horizonte y como un prefijo para mostrar discontinuidades (CIAF, 1980). Los principales horizontes que pueden ser reconocidos según Lavelle y Spain (2005) y CIAF (1980) son:

- Horizonte "O": corresponde a una capa dominada por materiales orgánicos que generalmente se encuentra en la superficie del suelo (Epipedón)

- Horizonte "A": se encuentra en la superficie cuando ha desaparecido el "O", o bien, por debajo de éste; se caracteriza por presentar acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con el material mineral del suelo; generalmente es el resultado de actividades de laboreo o pastoreo así como de la actividad de los macro y microorganismos.
- Horizonte "E": se caracteriza por presentar pérdidas generalmente de arcilla silicatada, aluminio o alguna combinación de estos que deja una concentración de partículas de cuarzo u otros minerales resistentes del tamaño de la arena y el limo. Una capa "E" se diferencia de un horizonte "A" por tener el color más claro y porque tiene por lo general menos materia orgánica.
- Horizonte "B" es un horizonte mineral que se desarrolla por debajo de alguno de los horizontes anteriormente mencionados; generalmente se pierde el vestigio del material parental del suelo y se observan algunos de los siguientes rasgos: acumulaciones, remociones y/o recubrimientos.
- Un horizonte "C" es una capa muy poco afectada por procesos pedogenéticos; está formada por sedimentos como fragmentos de roca poco consolidados, acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso, etc. El horizonte "R" se reserva para las rocas duras, en las cuales se dificulta su excavación.
- Horizontes transicionales: son aquellos que poseen características de un horizonte principal pero con características subordinadas de otro, por ello se nombran con dos letras mayúsculas, por ejemplo AB, EB, BE o BC.

Según Ávila (2000), la descripción del perfil del suelo, consiste en el análisis de sus características internas y externas en campo y de la

recolección de muestras para sus respectivos análisis en laboratorio, para determinar las diferentes propiedades del suelo, como los son química, física, microbiología y mineralogía, las cuales en conjunto determinan la fertilidad de los suelos. Para ello, se hace un corte vertical abriendo un hueco de 1,5 m de ancho, por 2 m de largo y por 2 m de profundidad (máximo), que técnicamente se denomina calicata (Figura 2). La profundidad varía dependiendo del cambio de horizontes que se observe en un previo barrenado del suelo (Figura 3); en este proceso se quita la parte superficial o cespedón de 5 a 10 cm, y se introduce un barreno holandés (Figura 3A y B), hasta una profundidad en la que ya no se observen cambios de los horizontes, por lo que pueden requerirse varias barrenadas (Figura 3C) (Ávila, 2000).

Cuando se examina un perfil de suelos cada horizonte se describe por separado, independiente de la génesis que se presume pudo haberlo formado. Las descripciones deben ser completamente objetivas y los datos de las muestras colectadas aumentan la importancia de las descripciones, pues estos datos no pueden ser interpretados correctamente si la objetividad se pierde (CIAF, 1980).

Las propiedades químicas del suelo involucran la determinación y cuantificación de las sustancias tanto inorgánicas como orgánicas y la evaluación de las transformaciones a que están sujetas en todas y cada una de las fases de la formación del suelo y desarrollo del perfil desde el material parental hasta su etapa final (Pulido *et al*, 2000; Lavelle y Spain, 2005). Es decir, constituyen el estado nutricional del suelo (Garavito,



Figura 2. Fotografía de la calicata realizada en la Estación Experimental Hacienda Río Grande. Por: Pedraza L., 2008

1977). Es importante saber que en el estudio de las propiedades químicas, la complejidad es la norma común, por lo cual ningún modelo sencillo relacionado rigurosamente con la retención y liberación de cationes y aniones, puede suministrar una base para que un procedimiento de laboratorio someta a prueba y compare las propiedades químicas del suelo (Pulido *et al*, 2000). Dentro de las principales propiedades se encuentran: reacción del suelo (pH), saturación de aluminio, saturación de las bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica y la caracterización del contenido de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas.

El suelo, como medio favorable para el crecimiento de las plantas debe almacenar y suministrar agua, nutrientes y estar libre de concentraciones excesivas de productos o elementos tóxicos. El sistema agua – suelo – planta es más complejo por cuanto las raíces deben respirar constantemente y la mayoría de las plantas no pueden transferir oxígeno de sus partes aéreas hacia las raíces en una cantidad suficiente (Montenegro y Malagón, 1990). Las propiedades físicas en un suelo regulan las relaciones aire – agua – planta, pudiéndose afirmar que no existe una sola de ellas que no afecte el desarrollo vegetal (Pinzón, 2006). Estas propiedades son: color, textura, estructura,

densidad real y aparente, estabilidad estructural, consistencia, porosidad, retención de humedad y humedad aprovechable.

La mineralogía, entre tanto es otro aspecto importante, pues los minerales que componen el suelo pueden ser tan variados como la naturaleza de las rocas, no obstante, hay una tendencia general de la mineralogía del suelo hacia la formación de fases minerales estables, lo cual está

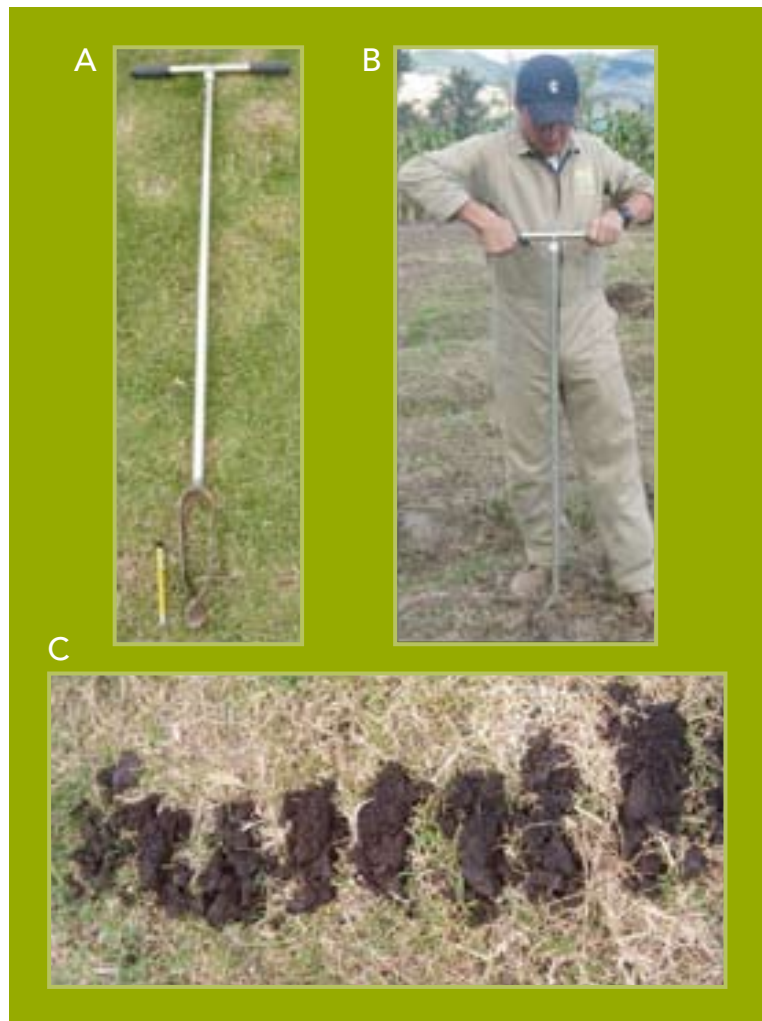


Figura 3. Observaciones con barreno para establecer la profundidad de la calicata
A. Barreno Holandés; B. Empleo del barreno; C. Secuencia de muestras tomadas con el barreno a diferentes profundidades. Por: Pedraza L., 2008

condicionado por el factor composicional, por el climático y la composición de las fases líquida y gaseosa en contacto con el suelo (Malagón, 1975). Según Malagón (1975) y Mejía (1980) los minerales más comunes en los suelos son el cuarzo, los feldespatos, fragmentos de roca, carbonatos, óxidos e hidróxidos de hierro, manganeso y aluminio, los sulfatos, minerales de arcilla, entre otros, los cuales dan al suelo características específicas.

Frente a las propiedades biológicas del suelo, se puede decir que desde el inicio de la vida, ésta ha utilizado y modificado los suelos; así sus colonizadores iniciales fueron generalmente organismos capaces tanto de realizar fotosíntesis como de fijar nitrógeno. Después del establecimiento de la vegetación, los procesos de transformación del mismo continúan y existe una dinámica de vida entre los diversos organismos que lo habitan. La materia orgánica y las partículas minerales del suelo permiten la interacción biológica, bioquímica y física. Tanto microorganismos como macroorganismos juegan un papel importante en la liberación y reciclaje de nutrientes, en la estructura del suelo y en muchas otras características del mismo (Paul y Clark, 1996).

Por una parte, el contenido de microorganismos que se encuentran en el suelo, es un indicador de su sanidad y de su fertilidad potencial, ya que algunos microorganismos liberan nutrientes mediante sus procesos metabólicos, que pueden ser aprovechados por las plantas. Por otra parte, otros constituyen poblaciones de patógenos que pueden causar enfermedades importantes a los cultivos, mientras que otros se convierten en controladores naturales de estos patógenos (Heritage *et al*, 1999). Los microorganismos, tienen diferentes funciones en el suelo, especialmente en lo referente a la liberación de nutrientes y otras

propiedades físicas del mismo por lo que los grupos más importantes lo constituyen las bacterias y los hongos y en menor medida otros microorganismos como las algas, los virus y los protozoos. Los microorganismos se ubican en su mayor parte en los horizontes superficiales, donde aprovechan la temperatura para favorecer las reacciones metabólicas, sin embargo, hay otros que se distribuyen a lo largo del perfil del suelo e incluso son encontrados en capas profundas, sobretodo los anaeróbicos (Heritage *et al*, 1999).

Otro componente de la biología del suelo son los macroorganismos, en donde las plantas son las principales modificadoras, puesto que son capaces de cambiar drásticamente sus propiedades químicas y físicas (Gobat *et al*, 2004; Lavelle y Spain, 2005). Solo una pequeña parte de la población total de animales del suelo está relativamente involucrada en la formación de éste y dentro de ellos se destacan los artrópodos, los anélidos y los nematodos. El resto de la población de animales que habita el suelo lo hace por un corto periodo de su vida y su contribución puede restringirse a sus restos cuando mueren. Dentro de todos los macroorganismos que pueden encontrarse en el suelo, los nematodos son, por lo general, los más abundantes (su población se reporta por el orden de millones) y desempeñan diferentes papeles en el suelo (Bonilla, 1996, Gobat *et al*, 2004).

Para finalizar, es importante tener en cuenta lo mencionado por Amézquita (2008), quien resume lo que debe tener un suelo que tiene una buena y una mala calidad para la producción de cultivos: "Un suelo de buena calidad debe ser aquel que:

- Permite que en él entre el agua lluvia o de riego y se distribuya fácilmente dentro del volumen de suelo ocupado por las raíces

- Permita que la presión ejercida por la raíces en su proceso de crecimiento sea capaz de deformarlo para que ellas puedan penetrarlo
- Debe presentar una porosidad de por lo menos 50% con una buena distribución de macro, meso y microporos
- Proporcionar un buen almacenamiento de agua para las plantas y una buena capacidad de aireación para las raíces
- Debe contener niveles adecuados de todos los elementos nutritivos esenciales (mayores, secundarios y menores) en forma disponible y con buena capacidad de restitución mediante el proceso de meteorización
- Debe poseer un buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%) para que ella sea capaz de mantener el equilibrio de su condición edáfica

Un suelo de mala calidad para la agricultura es aquel que:

- No permite la entrada ni la redistribución del agua dentro de él
- No es deformable
- Puede tener una buena porosidad pero mala distribución de poros
- Posee bajo contenido de elementos nutritivos y/o desequilibrio entre ellos
- No puede suministrar los nutrientes en la forma y en la época oportuna en que la planta lo requiera
- Posee contenidos bajos de materia orgánica
- Es de difícil manejo o laboreo
- Es muy susceptible a la degradación"

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la descripción del perfil de suelo se tuvieron en cuenta las características generales del área y las variaciones en el paisaje: altitud, posición relativa (georeferenciadas con un GPS), clima, litología de las capas superficiales y reconocimiento del suelo a través de las observaciones con barreno (Figura 3C), lo que permitió determinar que la calicata tendría una profundidad de 90 cm y las dimensiones de ancho y largo estándares (150 cm * 200 cm). Dicha calicata fue realizada en un lote desprovisto actualmente de cultivos, donde predominan pasturas que no han sido manejadas hace más de 5 años. Se seleccionó este lugar con el fin de establecer la fertilidad natural del suelo en esta zona de la Estación Experimental.

Para las descripciones de los perfiles de suelos (Figura 4), se siguió la metodología propuesta por la Subdirección Agroecológica



Figura 4. Descripción de un perfil de suelos. Por: Izq: Pérez T., 2008; Der: Pedraza L. 2008.



Figura 5. Caracterización de algunas propiedades del suelo en campo. A. Color; B. Porosidad; C. Consistencia en mojado; D. Materia orgánica con H_2O_2 ; E. Acidez con HCl al 10%; F. Contenido de ceniza volcánica con NaF. Por: Izq: Pérez T., 2008; Der: Pedraza L. 2008.

del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, información que también se complementó con Ávila (2000) y CIAF (1980). En campo se tuvieron en cuenta las características del horizonte descrito, tales como su profundidad, color (guiado por las tablas de colores del suelo Munsell), textura, estructura (tipo, clase y grado), consistencia (en húmedo y mojado), porosidad (utilizando lupa de 10X), presencia de cutanes o formaciones especiales, actividad de macroorganismos, contenido y distribución de raíces, reacción al fluoruro de sodio (para determinar la presencia de ceniza volcánica, que resulta positiva si el papel filtro

impregnado en fenolftaleína cambia de color hacia tonalidades rosa), reacción al ácido clorhídrico al 10% (como una estimación del pH del suelo, si tiende a la acidez o a la basicidad) y al peróxido de hidrógeno (prueba en campo para aproximarse cualitativamente a los contenidos de materia orgánica) (Figura 5).

Esta información se complementó con la descripción de las siguientes características del entorno: drenaje, nivel freático, relieve, paisaje, tipo de relieve, pendiente, vegetación natural, material parental, posición geomorfológica, tipo de topografía vecina, clima ambiental, precipitación y temperatura promedio

anual, régimen de humedad del suelo, clima edáfico, clase y grado de erosión, profundidad efectiva y limitantes de profundidad, uso actual del suelo y horizontes diagnósticos (epipedón y endopedón).

Se realizó la determinación taxonómica del suelo según Soil Survey Staff (2006). Los componentes taxonómicos se trataron a nivel de subgrupo, teniendo en cuenta principalmente la ubicación geomorfológica (tipo de relieve), profundidad efectiva y sus limitaciones, drenaje natural, morfología, características químicas y principales limitantes del uso y manejo de los suelos (Ávila, 2000).

De cada horizonte se tomaron muestras en bolsas plásticas de aproximadamente un kilo de peso (Figura 6), que fueron llevadas al Laboratorio Nacional de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi para practicar los correspondientes análisis químicos, físicos, mineralógicos y microbiológicos. Los análisis químicos y mineralógicos se realizaron para

cada uno de los horizontes. Puesto que la actividad radicular a profundidades mayores es mínima, los análisis físicos y microbiológicos solamente se hicieron para el horizonte superficial. Es de destacar que se enfatizó en las propiedades del primer horizonte ya que éste corresponde a la capa arable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del perfil

La Estación Experimental Hacienda Río Grande, se encuentra ubicada en el municipio de Cajicá, vereda Río Grande, sector Manas. Geológicamente estos suelos están posicionados en terrazas de material no consolidado, constituidos por aluviones y coluviones integrados por arcillas limosas lacustres (McLaughlin y Arce, 1997) (Ver Figura 7).



Figura 6. Toma de muestras de un horizonte en un perfil de suelos. Por: Pérez T., 2008.



Figura 7. Mapa Geológico de la zona de estudio – Vereda Río Grande. Nota: El círculo rojo señala la zona de estudio. Tomado de: McLaughlin y Arce, 1997.

Según Ávila (2000) y Pulido *et al* (2000), en esta zona los suelos geomorfológicamente ocupan la posición de terrazas del río Bogotá en un paisaje de planicie; el relieve es ligeramente plano a ligeramente inclinado, con una pendiente que varía entre 1 a 7%. Son suelos entre bien a imperfectamente drenados, de profundos a moderadamente profundos limitados por nivel freático fluctuante. Las texturas van de finas a moderadamente gruesas, de evolución baja y material parental proveniente de mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos. La reacción del suelo puede ser extremada a medianamente ácida, con saturación baja de aluminio y una fertilidad moderada. La profundidad efectiva es superficial y las inundaciones ocasionales en ciertos sectores constituyen los limitantes para la explotación de ciertos cultivos agrícolas. Este tipo de suelos comprenden alturas entre 2000 y 3000 m.s.n.m, con una clima ambiental frío y húmedo transicional a seco (Ver Figura 8).

La descripción del perfil de suelos se realizó siguiendo la metodología empleada por la subdirección Agrológica del IGAC, CIAF (1980) y Ávila (2000) y mostró como generalidades para este perfil lo consignado en la Tabla 1.

El perfil de suelos encontrado (Figura 10) fue clasificado en tres horizontes: Ap, Bt y Cm; los cuales fueron descritos como sigue:

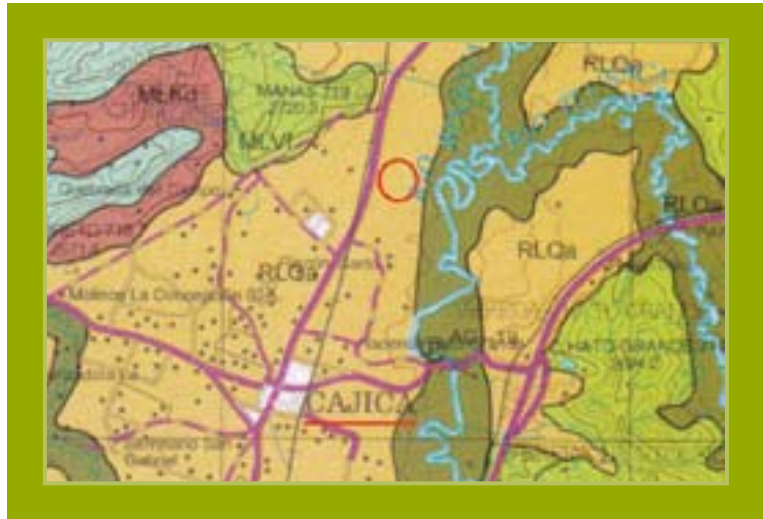


Figura 8. Mapa de Suelos de la zona de estudio – Vereda Río Grande
RLQa: Paisaje: planicie; Tipo de relieve: terrazas; Material parental: mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos; Clima: frío húmedo transicional seco; Unidad taxonómica: Complejo: Pachic Melanudands, Andic Dystrudpts, Aeric Endoaquepts, Aquic Hapludands. Nota: El círculo rojo señala la zona de estudio. Tomado de: Ávila, 2000.



Figura 9. Paisaje circundante en la Estación Experimental Hacienda Río Grande
Por: Pedraza L., 2008.

Propiedades Químicas

De acuerdo a los resultados de laboratorio (Tabla 2), químicamente este suelo se cataloga como medianamente ácido en el primer horizonte y la acidez va aumentando con la profundidad, de fuertemente ácido a extremadamente ácido en el horizonte más profundo.

Ap 0 – 42 cm	Color en húmedo café oscuro (10YR3/3); textura arcillo arenosa; estructura columnar, gruesa y moderado (Figura 11); consistencia en húmedo firme, en mojado pegajosa y plástica; no se observan cutanes; abundantes poros finos, pocos medianos y gruesos; no hay formaciones especiales; poca actividad de macroorganismos (Figura 12); pocas raíces gruesas, regulares finas con distribución anormal; no hay reacción al HCl; reacción muy ligera al H ₂ O ₂ ; reacción ligera al NaF (Figura 13); límite claro y plano
Bt 42 – 72 cm	Color en húmedo café fuerte (7.5YR5/6) en matriz café rojiza oscura (5YR3/3), con chorreaduras de materia orgánica gris claro (5YR6/1); textura arcillo arenosa; estructura de bloques angulares, gruesa y fuerte (Figura 11); consistencia en húmedo extremadamente firme, en mojado pegajosa y plástica; se observan cutanes dentro de los macroporos o arcilans; abundantes poros finos, regulares gruesos, pocos medianos; no hay formaciones especiales; no hay actividad de macroorganismos; abundantes raíces finas con distribución anormal pero aplastadas y muertas por efecto de la expansión de las arcillas (Figura 14); no hay reacción al HCl; reacción ligera al H ₂ O ₂ ; reacción ligera al NaF (Figura 13); límite claro y plano
Cm 72 – X cm	Color en húmedo gris (5YR5/1) con un moteado rojo amarillento (5YR5/8) con chorreaduras de materia orgánica; textura arcillosa; sin estructura masiva (Figura 11); consistencia en húmedo firme, en mojado pegajosa y ligeramente plástica; no se observan cutanes; no se observan poros, no hay formaciones especiales; no hay actividad de macroorganismos; pocas raíces finas con distribución anormal pero aplastadas y muertas por efecto de la expansión de las arcillas (Figura 14); no hay reacción al HCl, ni al H ₂ O ₂ ; reacción normal al NaF (Figura 13).
Observaciones: las coloraciones grises, amarillas y rojizas se presentan por las condiciones de óxido – reducción que se generan por la fluctuación del nivel freático.	

Esto está íntimamente relacionado con la clase de arcilla presente, caolinita, la cual al ser altamente meteorizada – la más meteorizada entre las arcillas (Besoin, 1985) – le confiere esta acidez al suelo. La saturación de acidez intercambiable se presenta en el segundo y tercer horizonte, siendo más baja en el segundo y sufriendo un incremento fuerte en el tercero; sin embargo, los niveles de aluminio que se registran no representan problemas para las plantas cultivadas.

En cuanto a la conductividad eléctrica, ésta aumenta con la profundidad del perfil y corresponde con los contenidos de sodio que presenta el suelo. Los niveles de sodio no representan un problema para la producción de cultivos, sin embargo debe procurarse un adecuado drenaje. La materia orgánica es muy baja y disminuye notoriamente con la profundidad del perfil. Por su parte, la capacidad de intercambio catiónico en general es baja y corresponde al tipo de arcilla que presenta el suelo,

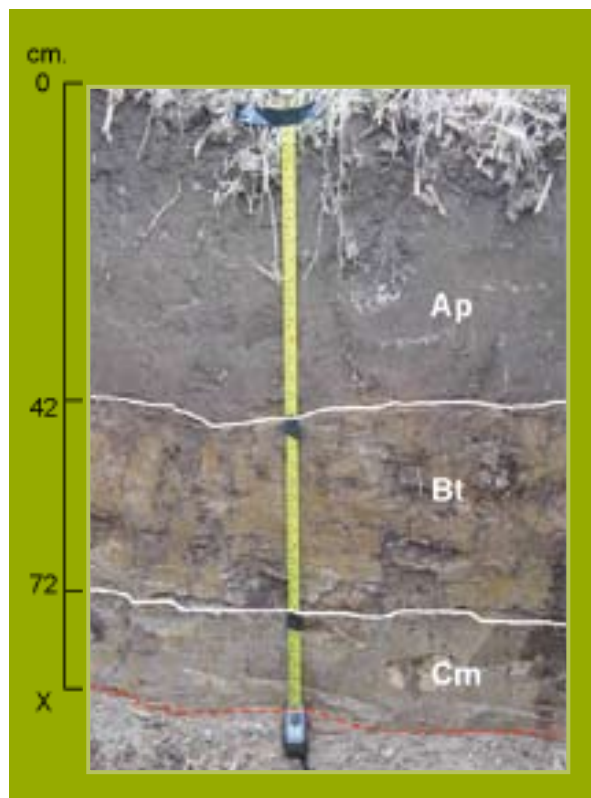


Figura 10. Perfil de suelo de la calicata de la Estación Experimental Hacienda Río Grande Por: Pedraza L., 2008

la caolinita, que le confiere al suelo una CIC entre 3–15 meq/100 g (Grim, 1968; León, 1971, citados en: Garavito, 1977).

La saturación de bases en este suelo es alta (superior al 50%). El calcio disminuye con la profundidad del perfil y se encuentra en contenidos adecuados con respecto a la CIC. El magnesio aumenta con la profundidad, relacionado con la clase de arcilla predominante y también se encuentra en valores adecuados. El potasio, en términos generales esta en un nivel entre medio y bajo en todo el perfil. El sodio, en el segundo y tercer horizonte está en un

nivel muy cercano al nivel crítico superior, pero, sin alcanzar niveles tóxicos para las plantas.

Respecto a las relaciones catiónicas, se encontró que todas están dentro del rango ideal propuesto. En el primer horizonte se obtuvieron los siguientes resultados: Ca/Mg: 3.09; Mg/K: 8.4; Ca/K: 26.0; (Ca+Mg)/K: 34.4. Gómez (2005) comenta que la relación Ca/Mg idealmente debe mantenerse entre 3–6, la relación Mg/K debe conservarse entre 8 a 10, mientras que la relación Ca/K se debe encontrar entre 15–30 y la (Ca+Mg)/K idealmente debe mantenerse entre 20 y 40. Sin embargo se considera conveniente

Taxonomía: Vertic Endoaqualfs			
Localización Geográfica:	Departamento: Cundinamarca		Municipio: Cajicá
Sitio: Vereda Río Grande, Sector Manas, Estación Experimental Hacienda Río Grande			Altitud: 2580 m.s.n.m
Coordenadas Geográficas:	Latitud: 4° 56' 705''v	Longitud: 74° 00' 704''	
Paisaje: Planicie (Figura 9)	Tipo de Relieve: Terraza		
Relieve: Ligeramente plano	Pendiente: 1 – 3 %		
Tipo de Topografía Vecina: Montaña			
Material Parental: Depósitos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos (Sedimentos fluvio – lacustres)			
Clima ambiental: Frío húmedo transicional a seco			
Precipitación Promedio anual: 900 – 1000 mm			
Temperatura promedio anual: 12 – 18°C			
Clima Edáfico: Isomésico, Údico			
Clase y Grado de erosión: No hay			
Drenajes:	Interno: Lento	Externo: Lento	Natural: Imperfectamente drenado
Profundidad Efectiva: Moderadamente profundo		Limitada por: Nivel freático fluctuante	
Horizonte diagnóstico: Epipedón: ócrico, Endopedón: argílico			
Uso Actual: Pasto de corte, extensivo			
Limitantes del uso: Arcillas expandibles, nivel freático fluctuante			
Vegetación natural: No se observa			
Descrito por: González R., Pérez T. y Pedraza L.			

Tabla 1. Generalidades del Perfil de la Estación Experimental Hacienda Río Grande



Figura 11. Tipo de estructura encontrada en cada horizonte del perfil. Ap: Columnar; Bt: Bloques angulares; Cm: Sin estructura Por: Pedraza L., 2008

incrementar el potasio para mejorar su disponibilidad frente al calcio y al magnesio, ya que su nivel en todo el perfil, como se comentó anteriormente, está entre medio y bajo.

En cuanto a los elementos menores, el hierro y el zinc aparecen en este suelo con niveles ligeramente altos. El manganeso se encuentra en un nivel entre medio y adecuado y el cobre y el boro se encuentran en niveles muy bajos.

El nitrógeno, especialmente en la forma nítrica donde no pudo ser detectado en el laboratorio, se encuentra en niveles extremadamente bajos. Lo mismo ocurre con el fósforo y el azufre.

En general, se puede decir que el suelo presenta una fertilidad baja, que debe ser mejorada con aplicaciones de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio. También es recomendable incrementar el contenido de materia orgánica. La adición de cobre y boro dependerá de los requerimientos particulares de los cultivos.



Figura 12. Ejemplo de la actividad de macroorganismos en el horizonte Ap Por: Pedraza L., 2008

En general, se puede decir que el suelo presenta una fertilidad baja, que debe ser mejorada con aplicaciones de nitrógeno, fósforo, azufre y potasio. También es recomendable incrementar el contenido de materia orgánica. La adición de cobre y boro dependerá de los requerimientos particulares de los cultivos.

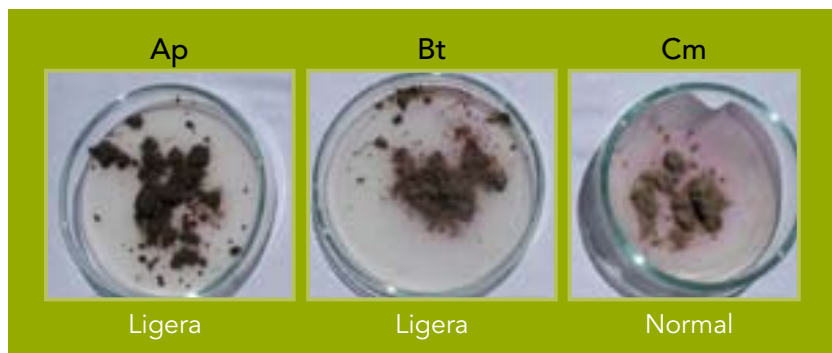


Figura 13. Reacción al Fluoruro de sodio en cada horizonte del perfil Por: Pedraza L., 2008

Propiedades Físicas

La textura de estos suelos (Tabla 3), indica que la fracción predominante es la arcilla, fracción que va aumentando con la profundidad del perfil. Así mismo, en campo se nota la presencia de arena (en una pequeña fracción, que tiende a disminuir con la profundidad), lo cual se debe principalmente al origen aluvial de este suelo. La condición de altos contenidos de arcilla, puede correlacionar también con el valor superior al 50% del porcentaje de saturación de bases encontrado en este suelo (Tabla 2), ya que las arcillas son capaces de retener iones solubles (nutrientes) contra la acción del lavado.

Por el alto contenido de arcillas y de limos estos suelos son pesados, de lo cual se deduce que la retención de humedad debe ser alta y pueden presentarse problemas de drenaje. De hecho, el valor calculado para la humedad aprovechable fue del 24.76% (Tabla 4) y suelos con valores entre el 10 y el 25% son considerados como los que más favorecen la disponibilidad de agua para las plantas (Garavito, 1977; Montenegro y Malagón, 1990). En la tabla 4, también es posible inferir que la humedad

gravimétrica de este suelo a capacidad de campo (0.3 atm) es de 36.94% y en el punto de marchitez permanente (15.0 atm) es de 12.18%.

Los valores de la porosidad varían entre un 30 y 60% y en un suelo ideal, el 50% de su volumen debe estar ocupado por poros sin considerar su distribu-

ción y/o tamaño (Amézquita, 2008; Montenegro y Malagón, 1990). Para este caso particular la porosidad total fue del 41.2%, lo cual puede tener relación con el predominio de las arcillas, ya que suelos de textura gruesa tienden a tener menos porosidad que los suelos de textura fina, aunque el tamaño medio de los poros individuales sea mayor en los primeros que en los segundos (Montenegro y Malagón, 1990).



Figura 14. Raíces aplastadas por efecto de la expansión de las arcillas. Por: Pedraza L., 2008

Los macro y mesoporos, son los responsables de la aireación y de la infiltración y conducción del agua, mientras que los microporos tienen la función de almacenar el agua aprovechable para las plantas (Montenegro y Malagón, 1990). La relación entre macro y microporos en el primer horizonte fue de 1:3,4 y algunos autores señalan que una buena relación en los primeros 20 a 30 cm es de 1:3, para que se asegure una adecuada aireación y disponibilidad de agua para las plantas (Garavito, 1977). Este mismo autor menciona que en los horizontes inferiores es deseable que esta relación sea de 2:3 para que se asegure el drenaje del agua en el perfil. De acuerdo a lo observado en campo, en los primeros 72 cm. del perfil, los microporos

predominaron ampliamente sobre los macro y mesoporos, por ello este suelo aunque tiene una buena capacidad de retención de humedad, presenta una oxigenación y drenaje deficientes que afectan el desarrollo radicular.

Para las labores de mecanización debe tenerse en cuenta el estado de humedad de este suelo, porque si está demasiado seco se pulveriza y si está demasiado húmedo se apisona y puede presentarse compactación. Por ello, es preferible realizar la mecanización del suelo cuando presenta una consistencia friable, es decir, que se desmenuza fácilmente bajo una presión suave entre los dedos, pero se une cuando se junta y se aprieta (Montenegro y Malagón, 1990). En cuanto al tipo de maquinaria se recomienda

en general que sea liviana, que se emplean pocos pases de arado, de cincel en caso de presentarse capas superficiales endurecidas, roto para el caso

Profundidad	pH	A.I (meq/100g)	S.A.I (%)	CE (dS/m)	C.O. (%)	M.O. (%)	CIC (meq/100g)
Ap 0 – 42 cm	5.9			0.42	0.98	1.69	10.7
Bt 42 – 72 cm	5.5	0.09	0.9	0.60	0.36	0.62	13.5
Cm 72 – X cm	4.5	1.0	8.5	0.80	0.14	0.24	11.4

Profundidad	Ca	Mg	K	Na	S.B. (%)	Mn	Fe	Zn	Cu	B	S	N-NO ₃	N-NH ₄	P
	(meq/100g)					(ppm)								
Ap 0 – 42 cm	6.5	2.1	0.25	0.35	85.2	12.0	155	6.8	0.96	0.28	8.8	ND	3.9	40.4
Bt 42 – 72 cm	4.8	4.1	0.19	1.2	76.5	16.1	74.5	7.0	0.08	0.27	37.3	ND	5.0	11.4
Cm 72 – X cm	4.2	5.2	0.31	1.1	94.6	2.2	12.8	6.3	0.12	0.12	2.4	ND	6.7	7.3

Tabla 2. Propiedades Químicas del suelo encontrado en tres horizontes de la Estación Experimental Hacienda Río Grande Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)

A.I: Acidez Intercambiable; S.A.I: Porcentaje de saturación de acidez intercambiable; CE: Conductividad eléctrica; C.O.: Carbón orgánico; M.O: Materia Orgánica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: Potasio; Na: Sodio; S.B.: Porcentaje de saturación de bases; Mn: Manganeseo, Fe: Hierro; Zn: Zinc; Cu: Cobre; B: Boro, S: Azufre; N- NO₃: Nitratos; N- NH₄: Amonio; P: Fósforo; ND: No detectado; SAT: Saturado

Unidades: meq/100g: miliequivalentes por 100 gramos; %: porcentaje; dS/m: decisiemens por metro; ppm: partes por millón

Profundidad	Textura			Clase Textural	Densidad (g/cc)		Macro Poros (%)	Micro Poros (%)	Porosidad Total (%)
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)		Real	Aparente			
Ap 0 – 42 cm	20.7	48.8	30.5	FAr	2.45	1.44	9.29	31.91	41.2
Bt 42 – 72 cm	12.5	42.7	44.8	ArL					
Cm 72 – X cm	10.6	42.7	46.7	ArL					

Tabla 3. Textura, Densidad y Porosidad del perfil de la Estación Experimental Hacienda Río Grande. Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)
A: Arena; L: Limo; Ar: Arcilla; F: Franco. Unidades: %: porcentaje, g/cc: gramo por centímetro cúbico

de hortalizas o de la incorporación más efectiva de material orgánico o rastrillado de dientes.

De acuerdo a la descripción del perfil realizada en campo, se observaron abundantes raíces muertas con daños caracterizados por el aplastamiento de las mismas, incluso a profundidades superiores a los 40 cm. Estos daños pueden ser ocasionados por el tipo de arcillas que predominan en este suelo, ya que en las épocas secas se contraen formando grietas en donde se presenta el crecimiento de las raíces y en épocas de invierno estas arcillas se expanden por la saturación de agua aplastando las raíces que habían crecido en las grietas (Figura 14).

Como se observa en la Tabla 3, la densidad real de este suelo, es de 2.45 g/cm³ y se relaciona con las partículas sólidas del mismo,

en este caso el contenido de arcilla, cuyo rango varía entre 2.00 y 2.65 g/cm³ (Pinzón, 2006). Además, esta propiedad se relaciona con los contenidos de óxido de hierro (Garavito, 1977), que como se observó en este suelo son ligeramente altos (Tabla 2). En cuanto a la densidad aparente que tiene en cuenta el volumen total del suelo incluyendo el espacio poroso y que en este caso fue de 1.44 g/cm³, según Pinzón (2006), los suelos arcillosos tienen un rango de densidad aparente que varía entre 1.00 y 1.40 g/cm³, lo cual correlaciona con el valor obtenido por el laboratorio. Este valor es útil para el cálculo de las láminas de riego que se deben aplicar a los diferentes cultivos así como para las recomendaciones de fertilización.

La densidad aparente (1.44 g/cm³), también tiene relación la porosidad total (41.2%), según Duchaufour (1965), en Montenegro y Malagón (1990). Al calcular el diámetro ponderado medio (D.P.M) de las partículas – lo cual permite determinar

Profundidad	Retención de humedad (%)					Humedad aprovechable (%)
	Atmósferas (atm)					
	0.1	0.3	1.0	5.0	15.0	
Ap 0 – 42 cm	45.27	36.94	27.75	20.27	12.18	24.76

Tabla 4. Retención de humedad y humedad aprovechable del primer horizonte del perfil de la Estación Experimental Hacienda Río Grande. Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)

su estabilidad (Montenegro y Malagón, 1990) – se pudo determinar que este suelo es moderadamente estable, pues el D.P.M. para este caso fue de 2.61 mm (Tabla 5). Esto significa que particularmente este suelo es susceptible a la degradación de la estructura, lo que nuevamente sugiere el evitar el excesivo laboreo y mecanización. Respecto al estado de agregación el resultado nos indica que es muy alto, por lo que este suelo es sensible a endurecimientos por la presencia de arcilla, especialmente en épocas de sequía.

Propiedades Mineralógicas

La finalidad del análisis mineralógico es la identificación de las partículas minerales del suelo y en este caso los componentes de la arcilla que permiten conocer el comportamiento físico del suelo. El análisis mineralógico de las arcillas sirve para interpretar los fenómenos de expansión y contracción que se observan en el suelo y que afectan directamente la retención de humedad, la aireación y el sistema radicular de la planta. El método más adecuado para el estudio del tipo de arcillas es el de rayos X, que estudia las partículas inferiores a 2 micras, permite identificarlas con alguna precisión y se aplica

fundamentalmente a la investigación de sustancias que poseen estructura cristalina como es el caso de los arcillos – silicatos (Malagón, 1975; Mejía, 1980).

Para la determinación de los contenidos mineralógicos de las arcillas, la muestra es saturada en cuatro tratamientos: magnesio seco al aire, magnesio y etilenglicol, potasio seco al aire y potasio calentado a 550 °C. Cada uno de estos minerales que se utilizan en cada tratamiento producen un patrón de difracción característico que se manifiestan en un gráfico con una serie de picos, cuya intensidad depende de la proporción del mineral que está presente en la arcilla lo que permite evaluar semicuantitativamente la composición mineralógica de este (Mejía, 1980). De lo anteriormente descrito, los resultados (Tabla 6) se pueden interpretar así:

En el primer horizonte aparecen minerales ínter estratificados aproximadamente en un 6% (vermiculita – montmorillonita), lo que indica que los espacios interlaminares están libres y las superficies internas contribuyen grandemente a aumentar el área total y la superficie específica, lo que conduce a un mayor grado de plasticidad y pegajosidad en estado húmedo y mayor cohesión en estado seco, es decir

Estado de la muestra	Distribución de Agregados (mm)						Estado de Agregación	Diámetro ponderado medio (mm)	Interpretación
	8 a 63	63 a 4	4 a 2	2 a 1	1 a 0.425	<0.425			
Seco	10.46	30.53	34.00	18.56	4.33	1.92			
Húmedo	2.91	24.92	20.82	19.53	28.09	3.72	96.28	2.61	Moderadamente Estable

Tabla 5. Estabilidad Estructural del primer horizonte (Ap) del perfil en la Estación Experimental Hacienda Río Grande. Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)
mm: milímetros

Horizonte	Ap	Bt	Cm
Profundidad	0 – 42 cm	42 – 72 cm	72 – X
Constitución			
Integrados 2:1 – 2:2	+ (≅ 6%)	-	-
Micas	+ (≅ 10%)	++ (≅ 18%)	++ (≅ 15%)
Caolinita	+++ (≅ 48%)	+++ (≅ 48%)	++++ (≅ 60%)
Cristobalita ?	+ (≅ 6%)	-	-
Cuarzo	++ (≅ 28%)	++ (≅ 22%)	+ (≅ 7%)
Esméctita (montmorillonita)	-	+ (≅ 10%)	++ (≅ 16%)

Tabla 6. Análisis Mineralógicos de arcillas del perfil en la Estación Experimental Hacienda Río Grande Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)

++++: Dominante (>50%); +++: Abundante (30 – 50%); ++: Común (15 – 30%); +: Presente (5 – 15%); ?: Dudoso.

Minerales integrados 2:1 – 2:2 corresponden a arcillas 2:1 (vermiculita: montmorillonita) con pequeñas y aisladas capas octaédricas (pilares) de Hidroxialumina en el espacio interlaminaar.

arcillas mas plásticas en estado húmedo y mas duras en estado seco (Besoain, 1985).

Del primer horizonte hacia la profundidad hay presencia de micas que son minerales no filosilicatados, poco alterados y que para que formen minerales de arcilla se requiere liberación de cationes, de sílice y alumina. Cuando el mineral que se meteoriza es un filosilicato, generalmente se requiere una pérdida gradual de cationes (ejemplo desaparición de las micas), y la consiguiente reducción de tamaño de partículas, esto indica que en el suelo se está llevando a cabo una meteorización pedoquímica que tiene su mayor intensidad en el horizonte Bt, presentándose una liberación de potasio en la micas (Malagón, 1975; Besoain, 1985).

En los tres horizontes se encuentra un alto contenido de caolinita que aumenta notoriamente en el horizonte mas profundo. Esta arcilla de relación 1:1 es poco hábil para retener cationes y agua y está expuesta a perdidas por lavado. En el horizonte Ap también se encontró

presencia de cristobalita (aunque el resultado es algo dudoso) en un porcentaje muy bajo. Este mineral es propio de sedimentos y su presencia puede indicar que el suelo se formó a partir de ceniza volcánica y que existe una discontinuidad litológica (Besoain, 1985).

En los tres horizontes se observaron contenidos de cuarzo que disminuyen con la

profundidad. Este mineral se acumula preferentemente en la fracción arcilla, es de origen primario, resistente y generalmente se encuentra en suelos de origen aluvial (Besoain, 1985), como en este caso.

Finalmente en los horizontes Bt y Cm hay esmectitas (montmorillonita), que aumentan hacia la profundidad. Este mineral de tamaño muy fino se clasifica en el grupo de arcillas 2:1. Son minerales expandibles y se encuentran en depósitos sedimentarios. Pertenecen al grupo de la montmorillonita con variaciones químicas que la diferencian de ésta (Besoain, 1985).

En síntesis, podemos establecer que en este suelo predominan los minerales 2:1 que poseen una alta cantidad de cargas negativas que retienen cationes en forma disponible para las plantas, pero a su vez son menos hábiles para retener aniones (Malagón, 1975; Besoain, 1985). Desde el punto de vista físico, estos minerales mas los minerales 1:1, tienen importancia en las labores agrícolas por presentar mayor dificultad

para la realización de labores tales como arada y rastrillada por la tendencia al amasado, además el suelo se adhiere a los implementos en estado húmedo y en estado seco presenta resistencia al corte y a la penetración.

Los minerales como la caolinita no permiten que el agua penetre en los espacios interlaminares, en tanto que en presencia de montmorillonita y vermiculita el agua puede penetrar libremente entre las láminas de tal manera que estas se comportan individualmente separándose unas de otras. Este fenómeno origina una gran expansión de estas arcillas cuando se humedecen y por lo mismo fuerte contracción que causa grandes agrietamientos del suelo cuando se secan como se observa en la Figura 15. Besoain (1985) menciona que esta característica afecta el uso y manejo del suelo en varios aspectos como, el riego y drenaje, erosión, pérdida del suelo por escorrentía, obras de ingeniería, desarrollo de cultivos y explotación pecuaria.

Propiedades Microbiológicas

Los suelos analizados muestran un grado bajo de afectación biológica reconocible por un número bastante bajo de esporas de micorrizas y un conteo bajo de colonias de hongos. Dentro de los hongos se encontró un hongo saprofito perteneciente al grupo de los Mucorales y un hongo fitopatógeno del género *Acremonium* sp. Los demás grupos funcionales evaluados se encuentran, de acuerdo a Vera (2008), en un número adecuado para garantizar la liberación de nutrientes a partir de fuentes naturales o enmiendas (Tabla 7).

Así mismo, según lo reportado por el laboratorio (Tabla 7), no se detectaron nemátodos en la muestra (ni fitopatógenos ni predadores). Estos últimos tienden a aparecer en suelos bajo condiciones naturales con cobertura vegetal abundante y presencia de mantillo, lo cual no se presenta en este caso puesto que estos suelos actualmente se encuentran cubiertos de una capa de pasto kikuyo (Vera, 2008).



Figura 15. Ejemplo de encharcamiento en la época de alta precipitación (Izq) y de agrietamiento del suelo en la época seca (Der) en los suelos de la Estación Experimental Hacienda Río Grande Por: Pedraza L., 2008

Profundidad	Hongos (UFC / g suelo)	Bacterias Heterótrofas (UFC / g suelo)	Bacterias tipo actinomiceto (UFC / g suelo)	Fijadores de Nitrógeno (UFC / g suelo)
Ap 0 – 42 cm	10 x 10 ³	14 x 10 ⁶	17.4 x 10 ⁵	66.5 x 10 ⁴

Profundidad	PW (%)	Solubilizadores de fosfatos (UFC / g suelo)	Celulolíticos (UFC / g suelo)	Esporas de Micorrizas (UFC / g suelo)	Nemátodos (#/ 100 g)
Ap 0 – 42 cm	21.47	30.5 x 10 ⁵	39.5 x 10 ⁵	40	ND

Tabla 7. Propiedades microbiológicas del primer horizonte del perfil No. 8

Tomado de: Resultados Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC)

UFC: Unidades Formadoras de Colonias; g de suelo: gramo de suelo; PW: Porcentaje de humedad; ND: No detectado

Se identificaron dos organismos fitopatógenos, el hongo *Acremonium* sp. mencionado anteriormente y la bacteria *Pseudomonas* sp. (no fluorescente). No se encontraron controladores en la muestra (Vera, 2008).

La actividad de macroorganismos observada en campo fue poca en el primer horizonte y nula en los horizontes siguientes, lo cual puede estar relacionado con la poca materia orgánica en el suelo y por las condiciones estructurales y de humedad. Así mismo, la poca a nula presencia de poros medios y gruesos es un indicativo que la actividad de macroorganismos en este suelo no es muy elevada. Así mismo se observó que la presencia de raíces a lo largo del perfil es anormal y que a partir del segundo horizonte se presentan procesos de aplastamiento de las raíces (Figura 14) debido a la naturaleza mineralógica de este suelo.

AGRADECIMIENTOS

- Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por ser la entidad financiadora

de este trabajo como parte del proyecto "Desarrollo de un esquema de fertilización orgánica en tomillo orégano y romero en suelos de Zipaquirá, Cogua y Nemocón (Cundinamarca)". Código proyecto: MADR 2007V6189 - 152

- A la Bióloga M.Sc. Diana Vera, de la División de análisis biológicos del Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC) por su colaboración y aportes en el desarrollo y las recomendaciones sobre la parte referente a la microbiología de los suelos estudiados.
- Al Ingeniero Agrónomo y Geomorfólogo José Pichot, por su colaboración en la clasificación taxonómica del suelo estudiado.

BIBLIOGRAFIA

1. Amézquita E. 2008. Avances en la investigación de fertilización de cultivos por Corpoica. p. 76 – 85. En: Jiménez F. (Ed). Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. 1st. Ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá, Bogotá D. C., 236 p.

2. Ávila E. 2000. Descripción de los suelos. p. 141 – 341. En: Ávila E. (Ed.). Estudio General de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. 1st. Ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá D.C, Tomo II, 284 p.
3. Besoain E. 1985. Mineralogía de arcillas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa de Rica, 1205 p.
4. Bonilla CR. 1996. Notas preliminares sobre la biología del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 74 p.
5. Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF). 1980. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Ministerio de obras Públicas. Subdirección de reconocimiento y fertilidad de suelos, Dirección de fomento de tierras y aguas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Serie 1, Colombia, 132 p.
6. Cortés A. 1982. Geografía de los suelos de Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombia. 161 p.
7. Dalzell HW, Bliddlestone AJ, Gray KR, Thurairajan K. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de Suelos de la FAO 56. Servicio de Recursos, manejo y conservación de suelos. Dirección de fomento de Tierras y aguas, Roma, 177 p.
8. Garavito F. 1977. Propiedades del Suelo en relación con su manejo. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Colombia, 108 p.
9. Gliessman SR. 2000. Agroecology: Ecological Processes en sustainable agriculture, Lewis Publishers, USA, 357 p.
10. Gobat JM, Arango M, Matthey W. 2004. The living soil: Fundamentals of soil science and soil biology. Science Publishers, Inc., USA, 603 p.
11. Gómez MI, 2005. Análisis de suelos como herramienta de diagnóstico en la evaluación química de la fertilidad en el cultivo de papa. En: Fisiología y Nutrición Vegetal en el cultivo de papa. Presente y futuro de la investigación en la Cadena agroalimentaria de la Papa en Colombia. CEVIPAPA. Bogotá. 99 p.
12. Heritage J, Evans EGV, Killington RA. 1999. Microbiology in action. Cambridge University Press, Reino Unido, 209 p.
13. Lavelle P, Spain AV. 2005. Soil Ecology. 2nd. Ed. Kluwer Academic Publishers, Springer, Holanda, 654 p.
14. Malagón D. 1975. Mineralogía de Suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección Agrológica, Vol. 11, Colombia, 828 p.
15. McLaughlin D, Arce M. 1997. Mapa geológico del cuadrángulo K -11, Zipaquirá. Ministerio de minas y Energías. Instituto de investigaciones e información geocientífica Minero – ambiental y nuclear (INGEOMINAS), Colombia.
16. Mejía L. 1980. Conceptos Básicos Comunes a la Pedología y Geomorfología. Ministerio de obras Públicas. Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF). Unidad de suelos y Agricultura, Serie 1, Colombia, 278 p.
17. Montenegro H, Malagón D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección Agrológica, Colombia, 813 p.
18. Paul EA, Clark FE. 1996. Soil Microbiology and biochemistry. 2nd. Ed. Academic Press, USA, 355 p.
19. Pinzón Á. 2006. Apuntes sobre física de suelos. 1st. Ed. Cargraphics S.A. Colombia, 208 p.
20. Pulido CE, Fernández J, Pinzón A, Ramírez R, Cárdenas D, Gallardo JF. 2000. Propiedades de los suelos. p. 342 – 413. En: Ávila E. (Ed.). Estudio General de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. 1st. Ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá D.C, Tomo II, 284 p.
21. Sagredo J. 1978. Diccionario Rioduero Geología y Mineralogía. 2nd. Ed. Ediciones Rioduero, Madrid, 238 p.
22. Soil Survey Staff. 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Ortiz C, Gutiérrez, MC (Traducción). 10th. Ed. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS), USA, 331 p.
23. Vera D. 2008. Comunicación escrita sobre microbiología de los suelos estudiados en la zona. Bióloga MSc. Microbiología. Laboratorio Nacional de Suelos (IGAC). División Análisis Biológicos.
24. White R. 2006. Principles and practice of soil science: The soil as a Natural Resource. 4th. Ed. Blackwell Publishing, USA, 363 p.