



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN TRABAJOS PRÁCTICOS PARA LA FORMACIÓN EN LAS COMPETENCIAS LABORALES DEL MANEJO Y CONSERVACIÓN INTEGRAL DE SUELOS**

**Diego Camilo Ramírez González**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias. Área Curricular de Formación en Ciencias  
Bogotá, Colombia  
2018**

# **ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN TRABAJOS PRÁCTICOS PARA LA FORMACIÓN EN LAS COMPETENCIAS LABORALES DEL MANEJO Y CONSERVACIÓN INTEGRAL DE SUELOS**

**Diego Camilo Ramírez González**

*Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales***

Director:

**Juan Manuel Moreno Murillo**

Geólogo M.Sc. Profesor Asociado del Departamento de Geociencias  
Grupo de Geomorfología y Procesos Fluviales

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias. Área Curricular de Formación en Ciencias  
Bogotá, Colombia  
2018**

*A mi madre que siempre creyó en mí  
y dedicó su vida a hacer mejor la mía*

*A María Luisa por enseñarme que el amor  
es la única cosa que crece cuando se comparte*

*A mi Partido por enseñarme que NADA tiene sentido  
sino le sirve al desarrollo de la nación  
y que TODO se puede perder menos el honor,  
el humor y el valor*

*“Un buen docente sabe que la profesión del maestro justifica la dedicación de toda una  
vida y que realizarse como docente es un modo especialmente digno de realizarse como  
ser humano”  
(C.A.H)*

# Agradecimientos

Al profesor Juan Manuel Moreno Murillo por su dedicación en tiempo y conocimientos para el éxito en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Colombia por brindar a los docentes de este país el mejor espacio posible para la formación en las ciencias exactas y naturales.

A la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina de Chaparral, a sus directivos, docentes y estudiantes por apoyar en múltiples formas mi formación y mi trabajo.

A mis compañeros de clases en la Maestría, en especial a Neil y Félix, por todos los momentos y aprendizajes compartidos

## Resumen

El trabajo desarrolla una estrategia didáctica para la formación de competencias laborales del manejo y la conservación de suelos, basado en el diseño de una caja didáctica que contiene una serie de trabajos prácticos en el marco de una salida de campo y de laboratorio para el análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Para el diseño de la estrategia didáctica se realizó un análisis del desarrollo histórico y epistemológico de la Ciencia del Suelo, seguido de una revisión disciplinar de los conceptos pertinentes de la Geología del suelo, la Pedología y la Edafología y finalmente la descripción del plan de trabajos prácticos que soportan la estrategia didáctica.

El producto final es presentado en una cartilla titulada “Aprendamos a conocer nuestro suelo” que contiene los elementos clave de la revisión disciplinar realizada, así como una descripción detallada del plan de trabajos prácticos diseñado.

**Palabras Clave:** Geología del suelo, Pedología, Edafología, trabajos prácticos, competencias laborales, cartilla didáctica.

## **Abstract**

This work develops a didactic strategy for the training of labor competences about soil management and conservation, based on the design of a didactic kit that contains a set of practical works within the framework of a field trip and laboratory for the analysis of physical, chemical and biological soil properties.

For the design of the didactic strategy, an analysis of the historical and epistemological development of Soil Science was carried out, followed by a review of the relevant concepts of Soil Geology, Pedology and Edaphology, and finally, the practical work plan description that supports the strategy.

The final product is presented in a didactic booklet entitled "Aprendamos a conocer nuestro suelo" that contains the key elements of the review carried out during the project, as well as a detailed description of the practical work plan designed.

**Key words:** Soil Geology, Pedology, Edaphology, practical works, labor competences, didactic booklet.

# Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>12</b> |
| 1.1 Generalidades.....   | 12        |
| 1.2 Estado actual.....   | 13        |
| 1.3 Marco pedagógico – didáctico.....  | 13        |
| 1.4 Justificación.....   | 19        |
| 1.5 Pregunta problema.....   | 20        |
| 1.6 Objetivo general.....  | 21        |
| 1.7 Marco metodológico.....  | 21        |
| <b>2. COMPONENTE EPISTEMOLÓGICO.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3. COMPONENTE DISCIPLINAR.....</b>  | <b>29</b> |
| 3.1 Geología y suelo.....  | 29        |
| 3.2 Ciencia del suelo.....   | 33        |
| 3.3 Efectos antrópicos sobre el suelo.....   | 45        |
| 3.4 Muestreo de suelos.....  | 46        |
| <b>4. COMPONENTE DIDÁCTICO.....</b>  | <b>48</b> |
| 4.1 Metodología General de trabajo.....  | 48        |
| 4.2 Selección y descripción del área de trabajo.....                                     | 49        |
| 4.3 Fase de trabajo de campo.....  | 49        |
| 4.3.1 Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades físicas<br>del suelo.....    | 49        |
| 4.3.2 Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades químicas<br>del suelo.....   | 50        |
| 4.3.3 Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades biológicas<br>del suelo..... | 51        |
| 4.4 Fase de trabajo de laboratorio.....  | 52        |
| 4.4.1 Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades físicas<br>del suelo.....    | 52        |
| 4.4.2 Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades químicas<br>del suelo.....   | 53        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.3     | Trabajos prácticos para el análisis de la propiedades biológicas del suelo..... | 54        |
| 4.5       | Cartilla didáctica.....   | 54        |
| <b>5.</b> | <b>CARTILLA DIDÁCTICA.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>85</b> |
| <b>7.</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>86</b> |
| <b>8.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>87</b> |



## Lista de Tablas

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 1.1</b> Desarrollo metodológico de los objetivos .....                                 | <b>21</b> |
| <b>Tabla 2.1.</b> Clasificación de suelos según Fallou (1860).....                              | <b>25</b> |
| <b>Tabla 3.1</b> Características de retención del agua en suelos de acuerdo a la porosidad..... | <b>41</b> |
| <b>Tabla 3.2</b> Relación entre la densidad aparente y la porosidad total en suelos.....        | <b>42</b> |
| <b>Tabla 3.3.</b> CIC de materiales comunes .....   | <b>43</b> |
| <b>Tabla 3.4.</b> Categorías de pH en solución de suelos .....                                  | <b>44</b> |
| <b>Tabla 5.1</b> CIC de materiales comunes .....  | <b>66</b> |

# Lista de figuras

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1.1</b> Competencias en el sistema educativo colombiano.....                            | <b>16</b> |
| <b>Figura 2.1</b> Vasili Dokuchaev (1846-1903).....   | <b>26</b> |
| <b>Figura 3.1</b> Capas de la Tierra .....  | <b>29</b> |
| <b>Figura 3.2</b> Composición en volumen de un suelo en equilibrio.....                           | <b>30</b> |
| <b>Figura 3.3.</b> El ciclo de las rocas.....   | <b>32</b> |
| <b>Figura 3.4.</b> Disminución del tamaño de partícula en suelos.....                             | <b>33</b> |
| <b>Figura 3.5.</b> Meteorización de los silicatos más comunes.....                                | <b>33</b> |
| <b>Figura 3.6.</b> Factores de formación del suelo.....   | <b>35</b> |
| <b>Figura 3.7</b> Perfil del suelo.....   | <b>37</b> |
| <b>Figura 3.8</b> Relación de tamaño de las partículas de Arena, Limo y Arcilla.....              | <b>38</b> |
| <b>Figura 3.9</b> Poros en el suelo .....   | <b>39</b> |
| <b>Figura 3.10</b> Tres tipos de suelo. Comparación respecto a la clase textural y porosidad..... | <b>40</b> |
| <b>Figura 3.11</b> Delimitación de zonas de muestreo de suelo .....                               | <b>47</b> |
| <b>Figura 4.1</b> Clave para la determinación del pH en el suelo .....                            | <b>51</b> |
| <b>Figura 4.2</b> Conductímetro semicuantitativo propuesto por (Zawacky, 1995).....               | <b>54</b> |
| <b>Figura 4.3</b> Sistema Vernet para recolección de fauna hipogea.....                           | <b>54</b> |
| <b>Figura 5.1</b> Capas de la Tierra .....  | <b>60</b> |
| <b>Figura 5.2</b> El ciclo de las Rocas .....   | <b>61</b> |
| <b>Figura 5.3</b> Factores de formación del suelo .....   | <b>63</b> |
| <b>Figura 5.4</b> Perfil del suelo .....  | <b>63</b> |
| <b>Figura 5.5</b> Poros en el suelo .....   | <b>64</b> |
| <b>Figura 5.6</b> Delimitación de zonas de muestreo de suelo.....                                 | <b>68</b> |
| <b>Figura 5.7</b> Determinación al tacto de la clase textural .....                               | <b>69</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 5.8</b> Determinación al tacto de la humedad del suelo .....               | <b>70</b> |
| <b>Figura 5.9</b> Determinación en campo de la porosidad del suelo.....              | <b>71</b> |
| <b>Figura 5.10</b> Prueba de campo densidad aparente .....                           | <b>72</b> |
| <b>Figura 5.11</b> Clave para la determinación del pH en el suelo .....              | <b>74</b> |
| <b>Figura 5.12</b> Trampa de agua para la captura de Macrofauna y Mesofauna.....     | <b>75</b> |
| <b>Figura 5.13</b> Sistema de tamices para análisis granulométrico de suelos.....    | <b>77</b> |
| <b>Figura 5.14</b> Diferencias en las fracciones de suelo .....                      | <b>77</b> |
| <b>Figura 5.15</b> Triangulo de clases texturales.....                               | <b>78</b> |
| <b>Figura 5.16</b> Determinación semicuantitativa de la porosidad del suelo.....     | <b>79</b> |
| <b>Figura 5.17</b> Calculo de volumen interno del anillo de PVC .....                | <b>80</b> |
| <b>Figura 5.18</b> Montaje potenciómetro acoplado a Arduino.....                     | <b>81</b> |
| <b>Figura 5.19</b> Medición del pH en muestras de suelo.....                         | <b>81</b> |
| <b>Figura 5.20</b> Conductímetro semicuantitativo propuesto por (Zawacky, 1995)..... | <b>82</b> |
| <b>Figura 5.21</b> Sistema Vernet para recolección de fauna hipogea.....             | <b>83</b> |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades

Existe una preocupación constante, en las comunidades académicas de brindar a los estudiantes alternativas para el desarrollo de los procesos de aprendizaje que cumplan con sus expectativas, necesidades y les permitan no solo la aproximación a unos conocimientos registrados en el currículo, además aplicar estos conocimientos para la solución de problemas en su entorno.

La tendencia en los últimos años ha estado encaminada a que desde los espacios de la educación básica y media, los estudiantes adquieran no solo conocimientos de naturaleza teórica, sino que puedan aplicarlos en situaciones concretas, que den sentido a lo que desde las aulas se aborda y permita dotar de significado real a los conceptos, teorías, leyes, etc., que los docentes presentan a los estudiantes.

Para el caso de Colombia, esta preocupación ha tomado entre otras formas, la política pública de articulación de la educación media que plantea que “se requiere una educación media que integre el conocimiento general con la educación vocacional, lo cual permite la continuación de estudios superiores o una mejor elección para la formación orientada a su vida laboral” (DNP, 2004).

Lo anterior, como toda política pública, está sujeto a múltiples debates y controversias pues pone de manifiesto la intención del gobierno nacional de limitar la formación en la educación media a la formación en competencias laborales y relegar a los estudiantes de las instituciones educativas públicas exclusivamente la preparación en los niveles técnico y tecnológico acrecentando las brechas sociales.

El presente trabajo se formula al margen de esta situación y se centra solamente en los aspectos pedagógicos y didácticos que la articulación presenta en la escuela pública

Estos espacios de articulación pueden tener múltiples opciones sobre los cuales hacer énfasis. El criterio fundamental es formar a los jóvenes en las competencias y destrezas básicas de alguna disciplina y que de esta manera se haga más fácil la inserción en el mundo laboral. Una de estas opciones de formación está relacionada con las competencias laborales en temáticas de carácter ambiental, que deben otorgar a jóvenes herramientas para que logren diagnosticar potencialidades y conflictos entre la actividad humana y las necesidades de los ecosistemas, y proponer estrategias integrales que permitan al hombre desarrollar sus actividades cotidianas, pero mitigando de la mejor manera posible el impacto que se puede tener sobre la naturaleza.

## 1.2 Estado Actual

La UNESCO a través del PNUMA (Programa Internacional de Educación Ambiental), en 1975 convocó el Seminario Internacional de Educación Ambiental, fruto del cual se redactó la Carta de Belgrado, considerado el referente más importante en Educación Ambiental (EA) hasta la fecha y que establece que la Educación Ambiental es “el proceso de reconocer valores y clarificar conceptos con el objeto de desarrollar habilidades y actitudes necesarias para comprender y apreciar las interrelaciones entre el ser humano, su cultura y sus entornos biofísicos. La EA, incluye también la práctica en la toma de decisiones y la autoformulación de un código de conducta sobre los problemas que se relacionan con la calidad ambiental” (UNESCO, 1975).

En este contexto surgió un nuevo reto para los educadores en el mundo para integrar dentro de los currículos de formación en la EA, los aspectos relacionados en esta definición y a su vez, surgen diferentes propuestas para el logro de los objetivos trazados por la carta de Belgrado y los demás documentos subsiguientes que la han desarrollado.

Una de estas propuestas, es la que postula la enseñanza basada en trabajos prácticos, que son estrategias que implican una serie de procedimientos específicos para ser resueltas, que están relacionadas con el trabajo de laboratorio y/o campo, pero no necesariamente requieren de estos escenarios para su desarrollo (Fernández, 2013).

Esta propuesta se basa en el hecho de que la mejor manera de aprender a hacer Ciencia, es justamente haciéndola, es decir reproduciendo en un ambiente controlado el proceso específico mediante el cual un determinado conocimiento científico se desarrolló, esto no implica por supuesto que la ciencia no tenga un método, sino que el mismo depende de las particularidades de cada caso y no corresponde necesariamente a un algoritmo previamente definido (Barberá & Valdés, 1996).

## 1.3 Marco Pedagógico y Didáctico

### 1.3.1 Educación técnica y competencias laborales

La *formación para el trabajo* es una categoría dentro del sistema educativo colombiano que tienen como objetivo principal la inserción laboral de los jóvenes y la capacitación de los sujetos que constituyen el grueso del recurso humano para el desarrollo de los sectores productivos a escala nacional, regional y local. Por supuesto estos programas deben tener no solo en cuenta las necesidades del mercado laboral, sino las expectativas y necesidades de formación del conjunto de la población en las comunidades (Cardona, Macías, & Suescún, 2008).

Se inicia esta revisión definiendo qué se entiende desde esta perspectiva como formación, trabajo, y cuál es la relación entre estos dos conceptos. En palabras de Hernández, (2005) la *formación* se refiere al proceso por el cual se le da forma las potencialidades y capacidades humanas, esto no puede provenir de una decisión externa, sino que debe ser un proceso propio de construcción individual.

La formación en este contexto se entiende no en el sentido de construir un objeto, sino que se define como la adquisición de una identidad propia a partir de los elementos que el ser humano recoge del contexto material y simbólico que habita. Hegel, dice Hernández, piensa que formarse es obviar lo particular e inmediato y adentrarse en el mundo de lo universal, en última instancia se trata de verse a si mismo como sujeto social. (Hernández, 2005).

En cuanto al trabajo, la sociedad moderna lo entiende como una carga asociada a la supervivencia (“tengo que trabajar”), por lo que es un imperativo de la educación el resignificar el trabajo como la actividad creadora y transformadora que le permite al hombre relacionarse con las demás personas de su entorno, definir su proyecto de vida y cambiar el mundo para adaptarlo a sus necesidades. Como indican Cardona et al., (2008) citando a Heller (1982) “se trata de la necesidad radical de que el trabajo se convierta en la primera necesidad de la vida”.

Así, como lo indica Hernández, (2005), el trabajo también es un proceso formativo, pues desarrolla en el hombre las habilidades y el poder de transformar las cosas, al mismo tiempo que da sentido a las acciones del trabajador y le permite reconocerse como alguien que es capaz de ejecutar acciones que redunden en el beneficio de su entorno social.

En la tendencia mundial hacia el fortalecimiento de programas de educación y formación para el trabajo, en Colombia a partir de la década de los noventa se ha evidenciado un evidente crecimiento de la oferta educativa que se relaciona con la formación de los individuos en las destrezas básicas necesarias para desarrollarse en el ámbito laboral, en cualquiera de los sectores de la producción (Cardona, Macías, & Suescún, 2008). Aunque dentro de esta categoría se encuentran todos los programas de de formación técnica, tecnológica y profesional, para este trabajo haremos especial énfasis en la educación técnica pues corresponde al nivel de formación hacia el cual está dirigida la propuesta didáctica en planeación y ejecución.

Díaz Barriga, (2016) propone que la educación técnica en Colombia, como saber didáctico tuvo su origen con las escuelas de artes y oficios a mediados del siglo XIX, en el intento que se realizó en aquel entonces por regular estas labores. A partir de este origen le devienen a la actual formación técnica dos elementos esenciales, el primero es entender la relación que hay entre la potencialidad de los conocimientos teóricos y la especificidad de las destrezas prácticas y en segunda instancia entender el aula como un lugar de trabajo, un taller-aula en donde el estudiante esté vinculado a herramientas y

artefactos que sirven como mediadores para la adquisición de los conocimientos específicos del saber que se pretenden enseñar.

La UNESCO en 2001 publica las *Recomendaciones para la Enseñanza y Formación técnica y profesional en el siglo XXI* y en ella define la educación técnica como aquella que:

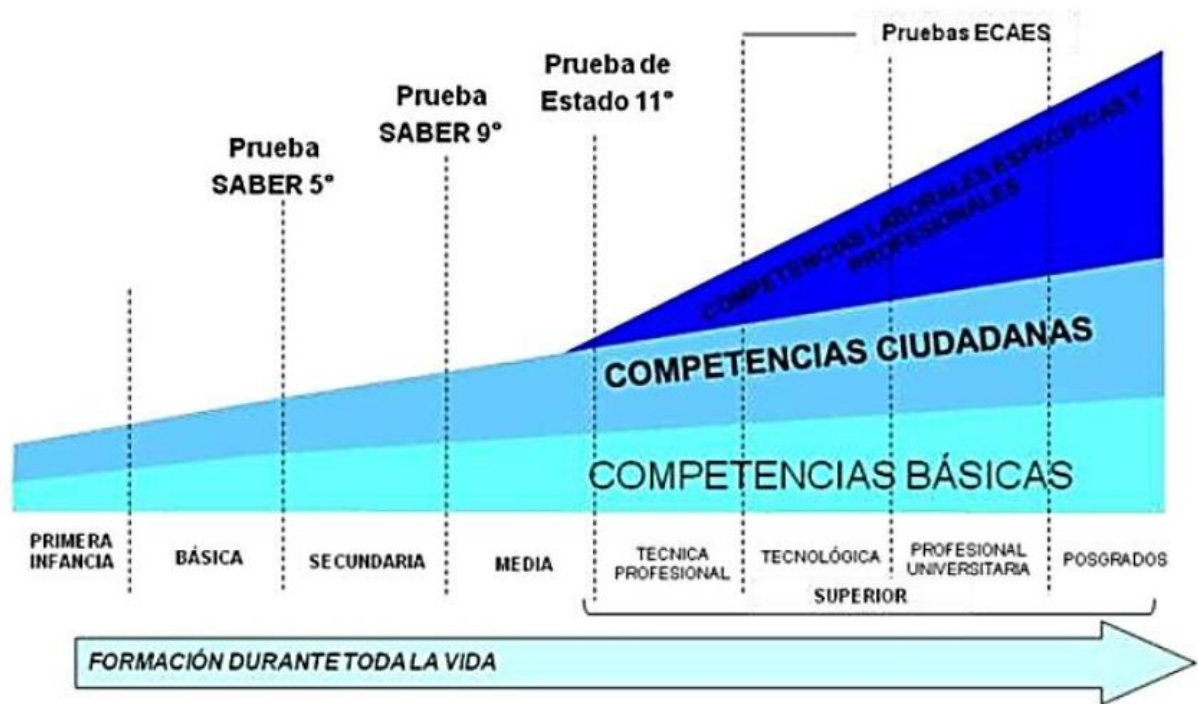
*“Abarca todos los aspectos del proceso educativo que, además de una enseñanza general, entrañan el estudio de tecnologías y ciencias afines y la adquisición de conocimientos prácticos, actitudes, comprensión y conocimientos teóricos referentes a las ocupaciones de diversos sectores de la vida económica y social. Se entiende además que la enseñanza técnica y profesional es:*

- a) parte integrante de la educación general;*
- b) un medio de acceso a sectores profesionales y de participación efectiva en el mundo del trabajo;*
- c) un aspecto de la educación a lo largo de toda la vida y una preparación para ser un ciudadano responsable;*
- d) un instrumento para promover un desarrollo sostenible y respetuoso del medio ambiente;*
- e) un método para facilitar la reducción de la pobreza”.* (UNESCO, 2001).

Está claro por lo mencionado hasta este momento que el objetivo central en este caso es el preparar a los estudiantes para que puedan ingresar al mercado laboral. Se trata entonces de desarrollar las capacidades que le permitan al estudiante ejercer un oficio determinado teniendo las herramientas conceptuales y las destrezas para llevar a cabo la actividad propuesta y solucionar cualquiera de los inconvenientes que pudieran surgir durante la realización de dicho trabajo.

Volviendo nuevamente a lo expresado por la UNESCO (2001), en donde recomienda que todos los programas de formación técnica deberían *“aspirar a proporcionar conocimientos científicos, flexibilidad técnica y un núcleo de competencias básicas y aptitudes genéricas necesarias para una rápida adaptación a las nuevas ideas y procedimientos y para un progreso profesional constante,”* se encuentra con que en cumplimiento del mandato de la UNESCO y otros organismos multilaterales como la OCDE y el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en los últimos años se viene impulsando la idea de instaurar en el país el término de *competencia* para definir la capacidad que desarrollan las personas durante su proceso de formación para aplicar los conocimientos a la solución de problemas. La estructura general de la formación por competencias se presenta en la figura 1.1.

**Figura 1.1** Competencias en el sistema educativo colombiano. Tomado de (MEN, 2009).



Vemos entonces como desde la propuesta del MEN la educación técnica se convierte en el primer eslabón dentro del sistema educativo en el cual el estudiante inicia formalmente su construcción de lo que se denominan las competencias laborales, específicas y profesionales. Una de las herramientas para cumplir con este objetivo es el Programa de Articulación con la Técnica que en palabras del ministerio: “es un proceso pedagógico y de gestión que implica acciones conjuntas para facilitar el tránsito y la movilidad de las personas entre los distintos niveles y ofertas educativas, el reconocimiento de los aprendizajes obtenidos en distintos escenarios formativos y el mejoramiento continuo de la pertinencia y calidad de los programas, las instituciones y sus aliados”. (MEN, 2010).

Al margen de los lineamientos del gobierno nacional resulta pertinente hacer una reflexión sobre lo que significan las competencias y la implicación pedagógica que este concepto reviste.

En el marco del curso “Evaluación Formativa y Competencias” del primer semestre de 2018 en la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá se realizó una importante reflexión sobre este tema llegando a la conclusión de que es necesario superar la visión parcial que ha hecho carrera en el país de entender la competencia únicamente como el “saber hacer en contexto” y ampliar el horizonte hacia una visión holística que fue construida conjuntamente en el curso para definir la competencia como el “Conjunto articulado de conocimientos, capacidades, habilidades, fortalezas, disposiciones, inteligencias,



actitudes y aptitudes que hacen posible comprender circunstancias, afrontar situaciones, resolver problemas, transformar realidades o actuar coherente y eficazmente, individual o colectivamente, en contextos naturales, técnicos, políticos, económicos y sociales cambiantes”.

El propósito de la estrategia didáctica que se desarrolla en este trabajo, se fundamenta en la idea que la competencia laboral como un objetivo de formación amplio y dinámico no se debe agotar en la mera transmisión de unos saberes técnicos, sino que implica preparar a los estudiantes en la comprensión científica del suelo como un sistema dinámico responsable de la mayor parte de los fenómenos de la vida en la tierra.

### **1.3.2 Los trabajos prácticos**

Uno de los principales retos que debe afrontar la educación del siglo XXI es el reto ambiental, entendido como la capacitación de las personas para reconducir sus ideas y comportamientos hacia una relación armónica con la naturaleza, por lo que profesorado actual se encuentra ante la necesidad de orientar la Educación Ambiental hacia el desarrollo de una competencia para la acción, basada en capacitar al colectivo estudiantil en la construcción de un pensamiento crítico, que abarque mucho más que conocimientos y actitudes y que contribuya a la formación de una ciudadanía informada y comprometida con el medio y las personas. Dicha movilización, característica de las competencias, implica la importancia de desarrollar actividades vinculadas a la realidad, es decir, un “aprendizaje situado”, la necesidad de interacción social y la puesta en cuestión de modelos exclusivamente basados en la transmisión de conocimientos. (Varela-Losada et al., 2014).

Sin lugar a dudas que el trabajo práctico y en particular la actividad de laboratorio se constituye en un factor diferencial de la enseñanza de las ciencias, desde John Locke hace tres siglos se viene proponiendo la necesidad de que los estudiantes realicen trabajos prácticos en su formación, y ya desde el siglo XIX, éstos formaban parte integral de los currículos en Inglaterra y Estados Unidos. Si se diferencia a aprender *sobre* las ciencias de aprender a *hacer* ciencia, concluimos entonces que los estudiantes solo aprenden a hacer ciencia de la misma manera en que aprenden los científicos: haciéndola. De manera que el proceso de formación en los aspectos referidos al quehacer científico requiere de guía y orientación continua del docente, aun cuando pueda parecer que este fenómeno educativo no pueda ser cuantificado y clasificado en estados secuenciales de progreso (Barberá & Valdés, 1996).

Fernández (2013) propone la siguiente clasificación para los trabajos prácticos a partir de una adaptación del trabajo de Caamaño (2004).

- **Experiencias:** Son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Tienen como finalidad adquirir experiencias de “primera mano” sobre fenómenos del mundo físico, químico, biológico o geológico

y también adquirir un potencial de conocimiento tácito que pueda ser utilizado en la resolución de problemas.

Entre algunos ejemplos se encuentran: fuerzas, observar imágenes en el microscopio, observar cambios en los seres vivos y en los ecosistemas.

- Experimentos ilustrativos: Son actividades destinadas a interpretar un fenómeno, ilustrar un principio o mostrar una relación entre variables. Entre algunos ejemplos se encuentran: Identificar los tipos de pigmentos que se extraen de las hojas verdes, visualizar la acción de la amilasa salival sobre los almidones.
- Ejercicios prácticos: Son actividades diseñadas para aprender determinados procedimientos o destrezas, o para realizar experimentos cuantitativos que ilustren o corroboren la teoría. Las cuales van a desarrollar destrezas y habilidades para realizar diferentes procedimientos de laboratorio, intelectuales o de comunicación. Por ejemplo la manipulación del microscopio, o la elaboración de un corte histológico o muestra de células para observar en el microscopio.
- Investigaciones: Son actividades encaminadas a resolver un problema teórico o práctico mediante el diseño y la realización de un experimento y la evaluación del resultado. Esto permitirá resolver problemas teóricos. Su objetivo es contrastar hipótesis o determinar relaciones entre variables en el marco de teorías o resolver problemas prácticos llevando a la comprensión procedimental de la ciencia a través de la planificación y realización de investigaciones para resolver problemas, generalmente planteados en el contexto de la vida cotidiana por ejemplo: ¿Qué relación existe entre la luz y los tropismos en las plantas?

### 1.3.3 Aprendizaje Activo y Cajas didácticas

En el marco de las corrientes pedagógicas constructivistas que imperan en el mundo de la enseñanza actualmente, aquellas que centran su atención en el estudiante y su experiencia educativa resultan en concepto del autor las más pertinentes.

La propuesta didáctica que se presenta en este trabajo está enmarcada dentro de lo que se conoce como *Aprendizaje Activo*, es decir la corriente pedagógica que establece que el estudiante debe tomar parte activa en su proceso de aprendizaje y que la labor del docente debe estar encaminada a brindar a sus educandos las condiciones más óptimas posibles para que este proceso sea significativo. Entre otros elementos para que una clase pueda ser considerada genuinamente como una experiencia de aprendizaje activo se requiere que se cumplan con estas condiciones:

- Que hayan oportunidades de formular y resolver problemas.
- Que exista una observación crítica de los fenómenos.
- Aprendizaje por descubrimiento.
- La posibilidad de discusión entre pares para compartir las dudas y conclusiones que se tengan (Schwartz & Pollishuke, 1995).

Tanto el aprendizaje activo como el colaborativo están íntimamente relacionados y su mecanismo de aplicación más habitual consiste en dividir el curso en una serie de equipos de trabajo a quienes se les propone un objetivo educativo y se les ofrece una serie de actividades que brindan las herramientas para lograr ese objetivo. La flexibilidad en el diseño curricular y la participación del estudiante en la totalidad del proceso son las claves fundamentales para el éxito de la estrategia (Molina, Palomeque, & Carriazo, 2016).

Las cajas o kits didácticos surgen como una estrategia didáctica en el marco del aprendizaje activo que tienen varios propósitos. El primero de ellos es facilitar las herramientas y artefactos técnicos, para que la clase y el objetivo de aprendizaje en la misma sean exitosos. El segundo objetivo es motivar en el estudiante el interés por los contenidos que se pretenden enseñar a través de actividades que aunque sencillas pueden ser muy significativas para ellos, (Molina, Palomeque, & Carriazo, 2016).

Un elemento que suele acompañar las cajas didácticas y que facilita mucho la comprensión de los objetivos y el desarrollo mismo de la práctica es la cartilla didáctica, la cual está compuesta por una descripción detallada de los materiales, las actividades y los referentes teóricos y metodológicos que sustentan la aplicabilidad de la caja didáctica. Un elemento crucial para esta cartilla es la claridad respecto al diseño de la estrategia de manera que sea replicable como experiencia educativa en cualquier contexto escolar, (Bolcatto, 2014).

La estrategia que se propone como resultado de este trabajo consta de una caja didáctica para la formación en las competencias laborales del manejo y conservación de suelos, con una serie de herramientas para trabajos prácticos y la respectiva cartilla con la explicación detallada de la propuesta metodológica, los objetivos de aprendizaje de la estrategia, la descripción de los componentes y actividades de la caja, así como una revisión conceptual edafológica (glosario de definiciones) y una propuesta para la evaluación formativa de los objetivos de aprendizaje.

## 1.4 Justificación

En la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina del municipio de Chaparral (Tolima), los estudiantes de la media técnica tienen la opción de vincularse al convenio de articulación con la media, suscrito con el SENA, para acceder a la titulación como *Técnico en Conservación de Recursos Naturales*. Este se viene desarrollando desde hace 14 años, graduando hasta la fecha a un total aproximado de 500 Bachilleres Técnicos, aun cuando el impacto del programa ha sido limitado por diferentes razones, entre las cuales podemos enunciar el desarrollo curricular y pedagógico del mismo. De acuerdo con la normatividad vigente los estudiantes que se vinculan al programa de formación técnica, deben certificar entre otros requisitos, el haber cursado y aprobado las siguientes ocho competencias necesarias para una formación laboral futura:

1. Comprender textos en inglés en forma escrita y auditiva
2. Desarrollar estrategias para el manejo y conservación de la fauna silvestre de acuerdo con los procedimientos establecidos y la normatividad vigente.
3. Desarrollar estrategias para el manejo y conservación de la flora silvestre de acuerdo con los procedimientos establecidos y la normatividad vigente.
4. Generar procesos de educación, participación y gestión ambiental, en el ámbito del desarrollo sostenible con base en las necesidades y políticas del territorio.
5. Implementar prácticas de manejo y conservación de suelos, aplicando criterios técnicos y normatividad vigente.
6. Obtener y analizar muestras de origen ambiental según procedimientos establecidos.
7. Promover la interacción idónea consigo mismo, con los demás y con la naturaleza en los contextos laboral y social.
8. Resultados de aprendizaje etapa práctica.

Hasta el momento el desarrollo curricular de estas competencias se viene realizando por parte de los docentes de la institución educativa y el profesional de apoyo del SENA siguiendo la planeación propuesta por el programa de formación del SENA que incluye el desarrollo de clases magistrales, exposiciones grupales y algunas actividades prácticas sugeridas que en la mayoría de los casos no se llevan a cabo por falta de experticia de los docentes a cargo y por la ausencia de los elementos de laboratorio y análisis básicos en la institución para este tipo de actividades.

Esta situación conlleva a que los estudiantes que quieren seguir su ciclo de formación con el SENA u otras instituciones de educación superior en programas afines y también aquellos que se vinculan de acuerdo a su perfil de egresado en el campo laboral, llegan a estas instituciones con vacíos conceptuales y procedimentales que les significan serias dificultades para su vida académica y/o laboral allí.

## 1.5 Pregunta problema

Para el desarrollo del presente trabajo se seleccionó la competencia *“Implementar prácticas de manejo y conservación de suelos, aplicando criterios técnicos y normatividad vigente”* haciendo énfasis en las habilidades y destrezas de los educandos para diagnosticar las relaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo y su utilización como parámetro de estudio en los ecosistemas terrestres.

De acuerdo a todo lo anterior, se define como pregunta de investigación la siguiente:

*¿Cuál podría ser una estrategia didáctica basada en trabajos prácticos, para la formación en las competencias laborales del manejo y conservación integral de suelos, con estudiantes de la media técnica?*

## 1.6 Objetivo general

Diseñar una estrategia didáctica basada en trabajos prácticos, para la formación en las competencias laborales del manejo y conservación de suelos, con estudiantes de la media técnica.

### 1.6.1 Objetivos Específicos

- Identificar y seleccionar los conceptos más relevantes sobre el manejo y conservación de suelos para el desarrollo de la estrategia didáctica.
- Diseñar un set de instrumentos analógicos y digitales y sus protocolos de aplicación, para trabajos prácticos relacionados con la estrategia didáctica para el manejo y conservación de suelos.
- Diseñar una cartilla con el desarrollo procedimental de cada uno de los distintos trabajos prácticos que harán parte de la estrategia didáctica.
- Implementar la estrategia didáctica con los estudiantes del grado decimo de la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina del Municipio de Chaparral (Tolima).

## 1.7 Marco Metodológico

La presente investigación se ubica dentro del paradigma interpretativo de enfoque cualitativo, es decir que busca comprender la conducta de las personas estudiadas lo cual se logra cuando se interpretan los significados que ellas le dan a su propia conducta. Es decir lo que se pretende realizar no es una descripción de la realidad del fenómeno estudiado, sino una interpretación de la misma de acuerdo al lenguaje y las variables de contexto de los participantes. (Martinez Rodriguez, 2011).

En este punto es importante definir que la metodología propuesta se basa en el modelo de la investigación-acción (I-A), en la medida en que el investigador hace parte de la comunidad estudiada, en calidad de docente y buena parte de los desarrollos investigativos lo incluyen activamente.

En atención a los objetivos específicos propuestos para el trabajo se detalla en la siguiente tabla los aspectos metodológicos referidos a cada uno de ellos.

**Tabla 1.1** Desarrollo metodológico de los objetivos. Elaboración propia

| <b>Objetivo específico</b>  | <b>Metodología propuesta</b>  |
|---|---|
| <b>Identificar y seleccionar los conceptos más relevantes sobre el manejo y</b> | En esta etapa se realizó una revisión documental en la búsqueda de criterios de diseño curricular validados en estudios previos y que hayan |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>conservación de suelos para el desarrollo de la estrategia didáctica.</b></p>   | <p>demostrado eficacia para el ajuste de los planes de curso o mallas curriculares de Ciencias Naturales en el nivel de media técnica o sus homólogos en otros países, enfocando esta búsqueda bibliográfica en los aspectos más relevantes para la enseñanza de la ciencia del suelo.</p>   |
| <p><b>Diseñar un set de instrumentos analógicos y digitales y sus protocolos de aplicación, para trabajos prácticos relacionados con la estrategia didáctica para el manejo y conservación de suelos.</b></p> | <p>Con base en los resultados de la búsqueda bibliográfica se procedió a seleccionar los parámetros del suelo que sean factibles para su estudio a nivel experimental y se procedió al diseño y validación de los requerimientos instrumentales de tipo analógico y digital a los que haya lugar. El criterio en todos los casos fue el bajo costo, la facilidad en la consecución y el valor didáctico en la explicación de las propiedades estudiadas.</p>                             |
| <p><b>Diseñar una cartilla con el desarrollo procedimental de cada uno de los distintos trabajos prácticos que harán parte de la estrategia didáctica.</b></p>  | <p>Una vez realizado el proceso de diseño procedimental y experimental de cada uno de los instrumentos y protocolos individuales establecidos, se procedió a la elaboración de una cartilla que contiene los resultados las recomendaciones técnicas, pedagógicas y didácticas a las que hubiere lugar.</p>  |
| <p><b>Implementar la estrategia didáctica con los estudiantes del grado decimo de la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina del Municipio de Chaparral (Tolima)</b></p>                       | <p>En la fase de implementación se realizó una investigación participativa en la que el docente enriqueció el producto de la cartilla con los hallazgos realizados durante las distintas pruebas pilotos que se realizaron para cada trabajo práctico en la fase de diseño de la caja didáctica. En éste punto es pertinente aclarar que el autor ha realizado la aplicación de la mayoría de estos trabajos prácticos desde su llegada a la Institución Educativa en julio de 2015.</p> |

## 2. COMPONENTE EPISTEMOLÓGICO

La Tierra es un sistema dinámico compuesto por una serie de partes que aunque separadas, interactúan organizada y constantemente entre ellas. El estado actual de la tierra es el resultado de la acción combinada de una serie de fenómenos físicos, químicos, biológicos y antrópicos, que han actuado durante cientos de millones de años obedeciendo a unas leyes específicas. Así, para entender los materiales geológicos y los procesos naturales históricos que han dado origen al suelo, se deben estudiar las rocas y sus diferentes estados a través del tiempo.

Un serie de estudios en este sentido lleva a las Ciencias de la Tierra, a establecer que la formación del Planeta junto con el inicio y dinámica de los procesos geológicos, han ocurrido desde hace aproximadamente 4.500 millones de años (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Durante este largo tiempo, el paisaje terrestre ha sufrido múltiples cambios, tanto en el tamaño y forma de los continentes, así como en la composición de la atmósfera e hidrósfera y hasta las formas de vida, que han evolucionado de manera constante hasta adquirir su actual forma obedeciendo leyes que son objeto de estudio permanente.

Uno de estos procesos geológicos se conoce como intemperismo y hace referencia a la transformación física (desintegración) y la alteración química (descomposición) de las rocas y minerales en la superficie de la tierra. Este fenómeno es muy importante pues forma parte esencial tanto del ciclo de las rocas, como de la génesis del suelo y explica que dichos procesos tienen una relación directa con los materiales y fenómenos geológicos, desde el inicio mismo de la formación la Tierra. (Wicander & Monroe, 1999).

De acuerdo con autores como Jaramillo, (2002); Barrios (2017), y Diaz-Fierro, (2011), las civilizaciones históricamente desde el punto de vista social tuvieron sus orígenes en relación directa con el uso del suelo. Esta revolución tiene lugar durante el periodo Neolítico, pero cobra particular importancia hacia 9000 a.d.C cuando los primeros seres humanos comenzaron a asentarse en un sitio y abandonar la vida nómada como consecuencia del desarrollo masivo de la agricultura. El suelo se hizo cada vez más importante como principal recurso para la producción de alimentos y otros bienes de primera necesidad. Durante siglos la concepción generalizada del suelo estuvo ligada a la utilidad que se le daba a éste como sustrato y soporte fundamental de las plantas de interés productivo para el hombre.

En los primeros estudios del suelo se destacan los griegos Platón (427–348 a.d.C), Aristóteles (384–322 a.d.C); y su discípulo Teofrasto (372–287 a.d.C), quienes conjuntamente establecieron una visión del suelo como sustrato inerte en el que se depositan las semillas para obtener ciertos frutos y establecieron cierto paralelo con el concepto de “matriz” en los mamíferos otorgando al suelo la concepción en femenino que

persiste hasta nuestros días de “la Tierra” o “Madre Tierra”. De estas observaciones y en virtud de los rendimientos en las cosechas se establece una primera clasificación de los suelos de acuerdo a cuatro propiedades a) calor, b) sequedad, c) frío, d) Humedad. (Rebollo, Prieto, & Brero, 2005).

Los romanos también realizaron aportes en estas primeras interpretaciones del suelo, basados homológicamente a los griegos en la utilidad y aptitud de uso del suelo. Se destaca Virgilio (70–19 a.d.C), quien realizó una clasificación de acuerdo con las plantas que podían ser cultivadas en ellos, así: 1) vides, 2) pasto, 3) cereales, 4) no apta para cereales y 5) apta para todos los cultivos anteriores(Díaz-Fierro , 2011).

Rebollo et al., (2005) propone que el siguiente gran salto cualitativo en el estudio del suelo se da a inicios del siglo XVI, con el desarrollo de conceptos fundamentales de la química y particularmente los métodos analíticos. Sobresalen Palissy (1510–1590) y De Saussure (1767–1845), quienes a través de desarrollos empíricos lograron determinar la relación entre la vida vegetal y la presencia de sales en el suelo, o dicho de otra forma que la composición química del suelo y la de los vegetales tenían correlación directa.

También hacen su aparición propuestas como la de Berzelius (1779–1848), quién dentro de sus estudios llamó al suelo el laboratorio de la naturaleza y describió algunos de las reacciones de descomposición y síntesis que ocurren en él. Este punto de vista es compartido por Liebig (1803–1873), quien describe metafóricamente al suelo, como un tubo de ensayo en el que se pueden adicionar nutrientes para alimentar a las plantas. Es el primero por tanto, en proponer el uso de lo que actualmente llamamos fertilizantes y establece las diferencias entre el aporte de las sustancias húmicas y el de las sales minerales para la nutrición de las plantas (Ortiz Silla, 2015).

El suelo no es ajeno al afán sistematizador de la escuela Linneana del siglo XVIII, y se desarrolla en esta época, la primera clasificación de suelos en código binario (con dos opciones de clasificación para cada criterio), propuesta en el libro *Minerología* de Wallerius (1750) y que establece cuatro órdenes fundamentales de clasificación: 1) tierras en polvo, 2) tierras arcillosas o grasas, 3) tierras minerales y 4) arenas. Lo más interesante es que dicha clasificación pone en manifiesto que para la época existía la idea de que el suelo tenía relación con el material original de la roca madre (Díaz-Fierro , 2011).

La publicación del afamado texto de Charles Lyell en 1831 “*Principios de Geología* “ cambia por completo la visión del planeta tierra y de los procesos que tienen lugar en él, al postularse por primera vez la idea del *uniformismo* como el axioma dominante en las ciencias de la tierra, es decir la idea de que los procesos que ocurren actualmente en la tierra han venido ocurriendo desde el inicio de los tiempos y son por tanto los responsables de dar forma al planeta tierra y todos sus componentes. En palabras de Lyell:



*“Como geólogos, aprendemos que no es la sola condición presente del globo la que ha sido ajustada en beneficio de miríadas de criaturas vivientes, sino que muchos estadios previos también han sido adaptados a la organización y hábitos de previas razas de seres. La disposición de los mares, continentes e islas, y los climas, han variado; del mismo modo las especies han cambiado; y aun más, han sido todas así modeladas en tipos análogos a las plantas y animales existentes como para indicar, en su totalidad, una armonía perfecta de diseño y unidad de propósito” (Montserrat, 2007).*

Durante el transcurso del siglo XIX el desarrollo de la Geología como una ciencia consolidada da lugar a una interpretación generalizada del suelo como una forma de alteración de las rocas, la clasificación de los suelos adquiere entonces un principio genético su desarrollo, es decir los distintos tipos de suelos obedecen a los procesos que tuvieron lugar para su procesos de desarrollo (Ortiz Silla, 2015).

La clasificación de suelos en este sentido que tuvo mayor relevancia fue la propuesta por Fallou (1860), que es descrita en el siguiente cuadro:

**Tabla 2.1.** Clasificación de suelos según Fallou (1860). Tomado de (Diaz-Fierro , 2011) .

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| <b>Suelos residuales</b> | Suelos sobre granito   |
|                          | Suelos sobre caliza    |
|                          | Suelos sobre areniscas |
| <b>Suelos aluviales</b>  | Suelos arenosos        |
|                          | Suelos margosos        |
|                          | Suelos limosos         |

Por otro lado durante la segunda mitad del siglo XIX los estudios geológicos logran consensos en torno a dos puntos que son esenciales para el desarrollo posterior de la Ciencia del Suelo.

El primero, que los procesos de formación de las rocas y los suelos eran de dos tipos fundamentales: físicos y químicos, por lo que las propiedades de las rocas y los suelos resultantes también se podrían clasificar de acuerdo a ese criterio, existían entonces tanto para las rocas originarias como para los suelos formados propiedades físicas (densidad, higroscopicidad, etc.) y propiedades químicas (contenido en cal, magnesio, arcilla, etc.), (Diaz-Fierro , 2011).

El segundo consenso se refiere a la tendencia natural del suelo a la distribución en capas (aún no en el sentido de los horizontes pedogenéticos modernos), distinguiéndose en forma general dos: 1) el suelo o zona de mezcla de la materia orgánica y mineral y 2) el subsuelo o zona de los detritos minerales y la roca alterada. Gasparin incluso llegó a

denominar las distintas capas de suelo que observaba con las letras A, B, C, etc. (Díaz-Fierro , 2011).

Es a partir del siglo XIX cuando el suelo comienza a entenderse desde una perspectiva más amplia y adquiere una concepción naturalista, entendiendo el suelo como un cuerpo natural ligado a los demás componentes de los ecosistemas y en última instancia como un elemento constitutivo de la biósfera (Jaramillo J., 2002).

El primer trabajo científico dedicado exclusivamente al estudio del suelo es el libro *Bodenkunde* (1837) escrito por el alemán Sprengel en donde define el suelo como una masa de material compuesto por la suma de minerales y los productos de la descomposición de plantas y animales, definiendo además por primera vez de manera clara los procesos pedogenéticos como las fuerzas naturales encargadas de romper la roca nativa, señalando entre los principales agua, oxígeno, anhídrido carbónico, calor y frío (Ortiz Silla, 2015).

**Figura 2.1** Vasili Dokuchaev (1846-1903). Considerado el padre de la Edafología moderna. Tomado de (Díaz-Fierro , 2011) .



Existe un consenso generalizado dentro de la academia a considerar al geógrafo y geólogo Ruso Vasili Dokuchaev (1846-1903) Figura 2.1, como el fundador de lo que podría denominarse la Ciencia del Suelo. Dokuchaev desarrollo su teoría estando aislado del mundo durante los últimos años de la Rusia Zarista, en una época en la que los suelos pocas veces eran estudiados más allá de las profundidades del laboreo, por lo que al interesarse en el estudio de los perfiles del suelo en su entorno, durante el desarrollo de su tesis doctoral *El Chernosem Ruso* (1883), rompe con la idea de considerar al suelo como el manto superficial de roca suelta y alterada y establece que el estado actual del suelo depende de leyes deterministas producto de fenómenos naturales que actúan durante el tiempo (Díaz-Fierro , 2011).

Así Dokuchaev concluye que “el suelo es un cuerpo independiente, diferente de la roca madre, con un origen específico, producto de la actividad combinada de: 1) organismos

vivos y muertos de las plantas y animales; 2) roca madre; 3) clima y 4) relieve” (Gonzalez Carcedo, 2007).

Aunque previamente los discípulos de Dokuchaev: Sibirtzev, Tanfilev y Glinka entre otros, habían traducido las obras propias y las de su maestro, corresponde a autores como Marbut (1863-1935) en Estados Unidos y Ranmann (1851-1926) en Europa, el llevar las ideas de la escuela edafológica Rusa al resto del mundo. Así, ya consolidada como una disciplina independiente en 1909 se realiza la primera reunión internacional de la Ciencia del Suelo en Budapest y organizada por la Comisión Agrogeológica Internacional (Ortiz Silla, 2015).

Tras varios congresos, ocurre el siguiente gran hito en la historia de la Ciencia del Suelo durante el congreso de Roma de 1924 al crearse la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) y proponerse por primera vez el término de Edafología en reemplazo de Agrogeología. Desde entonces se han venido realizando congresos cuatrienales en donde se comparte el trabajo en las áreas de Física de suelos, Química de suelos, Biología de suelos, Fertilidad de suelos, Clasificación y cartografía de suelos y Tecnología de suelos. En 1998 la ISSS cambió su nombre a IUSS (Unión Internacional de la Ciencia del Suelo) (Ortiz Silla, 2015).

El siglo XX en general ha estado marcado por reconocer el papel cada vez más relevante de la fauna edáfica o hipogea en el estudio de los fenómenos pedológicos. Esto lleva a la conclusión de que el suelo es el resultado de una serie de procesos repetibles que pueden avanzar o retroceder en lo que conocemos hoy como sucesiones ecológicas y la visión más ampliamente difundida en la actualidad sobre el suelo es la de considerar a este como la capa más superficial de la corteza terrestre y como el límite entre el medio sólido y el atmosférico. (Rebollo, Prieto, & Brero, 2005).

Para finalizar esta sección vale la pena resaltar el trabajo de Yus & Rebolledo (1993), citado por Rebollo et al., (2005) sobre los preconceptos de los estudiantes en cuanto a la definición, la estructura y la formación del suelo que sugieren que los estudiantes en edad de 12 a 17 años mantienen un paradigma agrogeológico en su concepción del suelo y que los elementos del paradigma edafológico no son claros para los adolescentes en estas edades. Los autores resumen sus conclusiones de esta forma:

*“a) Se constatan importantes dificultades derivadas de la polisemia del término “suelo”, lo que provoca que un porcentaje importante de alumnos tiendan a usar la acepción vulgar como superficie que normalmente pisamos. Como señala Pedrinaci (1996) el problema surge, como ocurre con otros conceptos científicos (fuerza, energía, etc.), cuando el término científico y el cotidiano coinciden y cada acepción tiene su ámbito específico de aplicación*

*b) Los alumnos tienden a considerar el origen del suelo como un proceso alóctono, equivalente a la sedimentación de materiales acarreados por algún*

*agente geológico. Es decir, la formación del suelo se produce por procesos acumulativos en lugar de interactivos.*

*c) Un grupo significativo de los alumnos atribuyen a los suelos actuales la misma edad que la Tierra, cuestión que conecta con la perspectiva estática de los procesos geológicos y el origen de las rocas.*

*d) Sólo un grupo reducido llega a concebir el suelo como producto de la alteración de la roca, en el que no intervienen para nada los procesos químicos.*

*e) Estas dificultades en la comprensión del concepto científico de suelo se mantienen aún al final del bachillerato”.*

### 3. COMPONENTE DISCIPLINAR

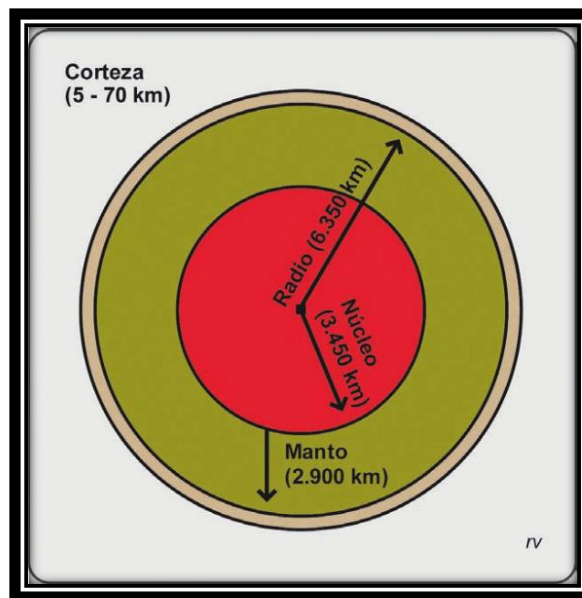
Como queda en manifiesto en el apartado anterior el suelo ha sido definido a lo largo de la historia desde variadas perspectivas pasando por las concepciones más simplistas hasta llegar a aquellas que pretenden una mayor complejidad y el reconocimiento de las múltiples dimensiones del suelo.

Jaramillo (2002), realiza una amplia descripción del desarrollo en el concepto de suelo iniciando por una descripción de visiones parciales del suelo como puede ser la del agricultor que entiende el suelo como el sitio para ubicar sus semillas y producir sus cosechas, o la del constructor que ve en el suelo el lugar sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas, también la del químico que puede interpretar el suelo como un laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa y finalmente la visión del antropólogo o arqueólogo quienes podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado.

#### 3.1 Geología y suelo

Desde un punto de vista geológico es importante comprender primero como está organizado el Planeta, y qué papel juega el suelo dentro de su estructura. La tierra es el 3° planeta del sistema solar, su forma es el de una geoda más o menos esférica con un radio de 6350 km de diámetro y una superficie 510.000.000 km<sup>2</sup>, existen tres zonas concéntricas en su estructura interna bien diferenciadas: corteza, manto y núcleo que se denominan capas y se encuentran representado en la figura 3.1

Figura 3.1 Capas de la Tierra. Tomado de (Valera, 2014)

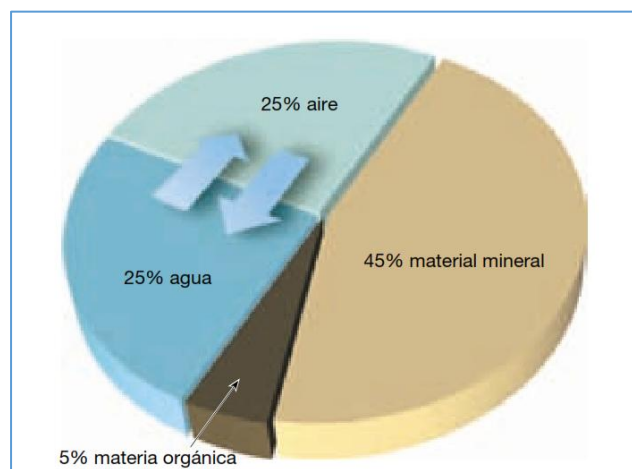


Dando una mirada más amplia al planeta y considerando a este como un sistema, lo que se podría definir como *Tierra Sólida* es apenas uno de los elementos que le dan forma, la hidrósfera (la masa de agua constante en movimiento continuo, presente en todos los lugares del planeta), la atmósfera (la capa gaseosa que rodea el planeta) y la biosfera (la suma de todos los ecosistemas terrestres) completan este conjunto sinérgico de estructuras que se interrelacionan entre sí, (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Sumado a lo anterior Tarbuck & Lutgens, (2005), definen el suelo como una interfase entre la corteza mineral, la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera en el planeta tierra, de manera que la composición del suelo sigue por regla general una tendencia hacia el equilibrio entre dichos mantos, de esta forma, cualquier cambio externo en alguna de las capas del planeta en algún lugar específico, tendrá una implicación interna del suelo que provocará una evolución del suelo en la búsqueda de lograr nuevamente el equilibrio. Los cambios en la estructura y las propiedades del suelo en los distintos sitios del planeta se explica por el movimiento y la interacción entre las distintas capas del planeta.

Wicander & Monroe (1999), definen desde una perspectiva pedológica el suelo. En la totalidad del planeta tierra existe el denominado *regolito*, una capa de roca no consolidada, suelta y compuesta de muchos fragmentos minerales. El regolito lo conforman cenizas volcánicas, sedimentos depositados por el viento, la lluvia, los arroyos y glaciares y por último la roca intemperizada. Parte de ese regolito al cual se le suma agua, aire y materia orgánica y que es fundamental para la nutrición de las plantas es lo que se puede definir como *suelo*. La figura 3.2 ilustra la que podría ser la composición de un suelo que se encuentra en equilibrio.

**Figura 3.2** Composición en volumen de un suelo en equilibrio. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005).



El regolito como se dijo anteriormente está compuesto esencialmente de roca alterada, las cuales existen en la naturaleza de tres tipos distintos: *Rocas Ígneas*, *Rocas Sedimentarias* y *Rocas Metamórficas*, cada una de las cuales da lugar a tipos distintos de

regolito que sumado a los demás factores de formación dará lugar a suelos con propiedades únicas para cada caso.

El material de los tres tipos de rocas es desde luego el mismo, pero la forma en que se encuentran en la naturaleza en un momento determinado depende de la situación dentro de lo que se denomina el *ciclo de las rocas*.

El ciclo inicia en el interior de la tierra con el proceso de fusión de los tres tipos de rocas, dando lugar a lo que se conoce como *magma*. Dada la misma naturaleza del movimiento de materiales en el manto, porciones de ese magma ascienden a regiones frías de la corteza terrestre y los materiales que lo componen sufren un proceso que se denomina *cristalización*, que consiste en la unión eléctrica de átomos, iones y moléculas que dan lugar a minerales de distintos tipos. La suma de estos distintos minerales, producto del enfriamiento y cristalización del magma da lugar a las denominadas rocas ígneas.

Si la cristalización tiene lugar en el interior de la corteza terrestre las rocas se clasifican como rocas ígneas plutónicas (granito por ejemplo) y si la cristalización tiene lugar sobre la corteza se clasifican como rocas ígneas volcánicas (basalto por ejemplo), (Duque-Escobar, 2017).

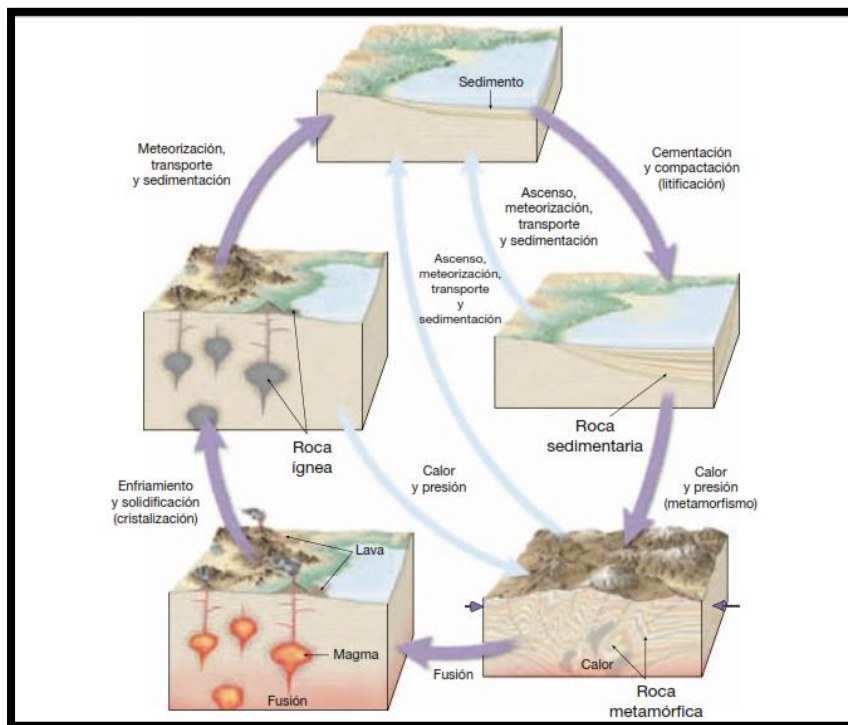
Posteriormente y una vez en la superficie las rocas ígneas y los demás tipos de rocas se ven sometidas a tres procesos, la meteorización (química o física) de las propias rocas, la erosión del material meteorizado y el transporte de dichos elementos. Como resultado se originan lo que se denominan *sedimentos* que son el material originario para las rocas sedimentarias. Una vez son sepultados estos sedimentos, durante largos periodos de tiempo son sometidos los procesos de cementación, consolidación-deseccación y cristalización que en conjunto producen el fenómeno de *litificación* responsable del origen de las rocas sedimentarias. Ejemplos representativos de rocas sedimentarias son la arenisca, la lutita y la caliza (Duque-Escobar, 2017).

Bajo la corteza terrestre y sometida a temperatura y presión extremas, las rocas sufren distintos cambios en su forma y estructura, a estos cambios se debe el origen de las rocas metamórficas, se da en mayor parte en tres condiciones específicas:

- 1) por contacto de la roca originaria con magma que aumenta la temperatura y da lugar a la intrusión ígnea (metamorfismo térmico);
- 2) circulación a través de la fractura de roca de aguas termales ricas en iones (metamorfismo hidrotermal);
- 3) durante los procesos de orogénesis que ocasionan aumento en la presión y temperatura al interior de la corteza (metamorfismo regional). Dichos procesos se dan de forma incremental lo que da lugar a metamorfismo de bajo o alto grado. Ejemplos de rocas metamórficas son: La pizarra, el gneis y el mármol, (Tarbuck & Lutgens, 2005).

La figura 3.3 resume el ciclo de las rocas y sus procesos.

**Figura 3.3.** El ciclo de las rocas. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005).



Como ya quedó de manifiesto anteriormente el intemperismo es el proceso mediante el cual la roca madre brinda los componentes minerales esenciales para la formación del suelo. Ese proceso tiene unos mecanismos de acción bien definidos que deben ser mencionados en este apartado.

Además de los procesos gravitacionales y la erosión, el mecanismo más importante para el intemperismo es la ya mencionada meteorización, la cual puede ser de dos tipos.

*Meteorización mecánica* que implica la rotura física de una roca en fragmentos más pequeños y actúa bajo la acción de cuñas de hielo (la roca se inunda a través de las grietas que luego se congelan), descompresión (debida a la erosión de la roca subyacente), expansión térmica (aumento y reducción constante de la temperatura) y la actividad Biológica (humanos, plantas y animales).

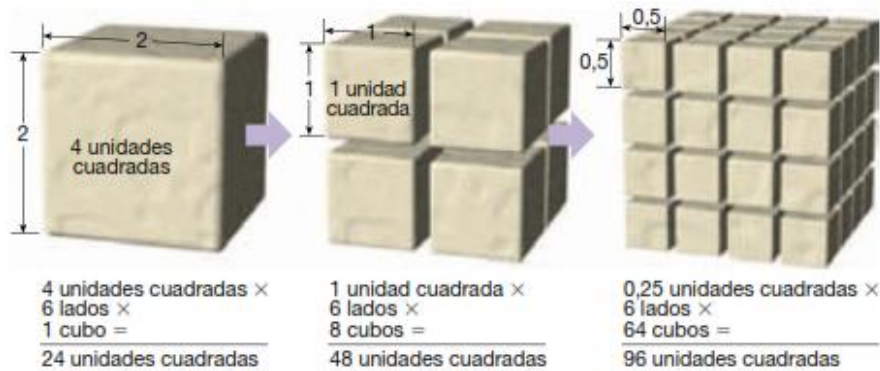
*Meteorización química* cuando la roca entra en contacto con alguna sustancia externa que provoca cambios químicos en su estructura que llevan a la desintegración de la misma. El agua es el principal agente de meteorización química al producir disolución u oxidación de los minerales en las rocas, (Tarbuck & Lutgens, 2005).

La velocidad a la que ocurre la meteorización depende de tres factores principales, 1) el tamaño de partícula, dado que los fragmentos más pequeños tienen mayor área superficial respecto a su volumen por lo que se meteorizan más rápido (Figura 3.4); 2)



composición mineral, y específicamente el tipo de material originario de la roca que afecta la resistencia a la meteorización química (Figura 3.5); y 3) los factores climáticos, principalmente la temperatura y humedad. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

**Figura 3.4.** Disminución del tamaño de partícula en suelos. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005)



**Figura 3.5.** Meteorización de los silicatos más comunes. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005)



## 3.2 Ciencia del Suelo

Casanova, (2005) expone diversas formas de definir el suelo, esta vez ya desde la perspectiva de lo que podemos definir como Ciencia del Suelo. Existen dos formas de definir el suelo, que dan lugar a dos interpretaciones en su estudio. La primera: *Pedología* que considera al suelo como un cuerpo natural, que independiente de sus condiciones de uso, debe ser estudiado en sus propiedades para establecer su origen y clasificación. Y la segunda *Edafología* en donde el suelo es entendido como el soporte de

las plantas, por lo que su uso y aprovechamiento se considera el elemento central de investigación, estudio y clasificación de los suelos.

Pedológicamente uno de los procesos más relevantes para el estudio de la Ciencia del Suelo es el que se refiere a la Pedogénesis, es decir al conjunto de los factores y los procesos que dan lugar a la formación del suelo y el desarrollo de su perfil.

Aunque desde Dokuchaev y la escuela Rusa la Pedogénesis había sido tema de interés y se habían propuesto numerosos modelos explicativos, en la actualidad son los trabajos de Hans Jenny (Suiza, 1899–1992) y especialmente su obra *Factors of Soil Formation: A system of quantitative pedology* la explicación más ampliamente aceptada por la comunidad científica para dar explicación a los fenómenos pedogenéticos y que se encuentra sintetizada en lo que se denomina la función de Jenny. (Leighton, 2010).

La función de Jenny afirma que el estado de desarrollo de un suelo es el resultado de la interacción de un determinado clima (cl), un relieve (r), unos organismos (o), un tiempo (t) y un material de origen o parental (p) y además el autor incluyó en la definición una serie de puntos suspensivos (...) para indicar otros factores no determinados como la influencia del hombre o la vegetación entre otros (Leighton, 2010).

$$S = (cl, r, o, t, p, \dots)$$

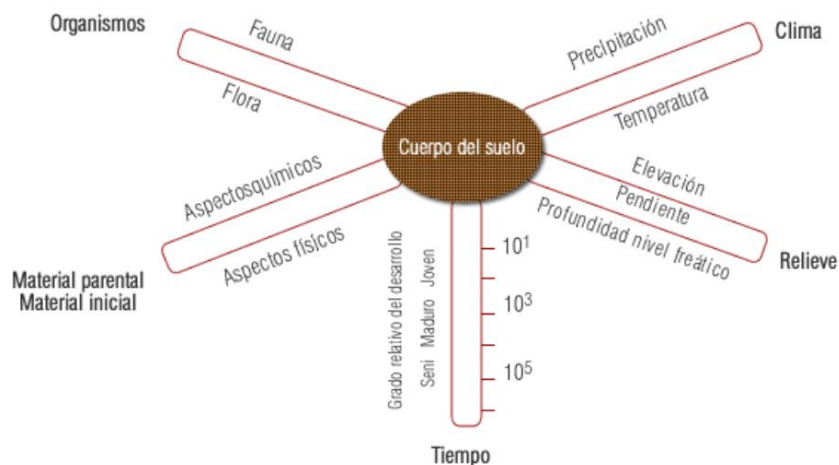
El clima es un factor de formación del suelo cuya influencia se da en mayor medida a escala global, por ello se pueden rastrear fácilmente variaciones en el suelo que coinciden perfectamente con las variaciones climáticas en las distintas regiones del planeta tierra. A escala local no obstante la influencia es más limitada y la influencia del clima se da más por asociación a los demás factores de formación del suelo. En cualquier caso las variables climáticas que mayor influencia poseen en la pedogénesis son la temperatura y la humedad los cuales influyen en procesos fundamentales del suelo y su génesis como la meteorización del material parental, la actividad de los microorganismos, el crecimiento de las plantas, la descomposición de la materia orgánica, las modificaciones del pH y las reacciones químicas y de los iones, (Zapata Hernández, 2002).

El relieve o topografía es también un factor de formación del suelo y se caracteriza por una relación de interdependencia con éste, en la cual el relieve influye en los procesos formativos del suelo, y éstos a su vez generan alteraciones en el entorno topográfico, así por ejemplo un suelo de fácil y rápida erosión da lugar a la formación de valles amplios y de vegetación escasa, mientras por otro lado la pendiente de las laderas tiene influencias sobre la velocidad en los procesos erosivos del suelo. Resumiendo, una erosión rápida mantiene el suelo joven y poco profundo, mientras una erosión lenta posibilita la formación de suelos profundos y bien diferenciados, (Thompson & Troeh, 2002).

Los organismos son un factor de formación de importancia para el suelo, pero también cumplen con funciones de vital importancia en las relaciones ecológicas del suelo con otros componentes de los ecosistemas. Dentro del suelo los organismos participan en los procesos de degradación de la materia orgánica y su inmovilización para los fenómenos húmicos, pero igualmente los organismos son fundamentales en procesos como los relacionados con los ciclos biogeoquímicos, principalmente los del carbono, nitrógeno y azufre, (Zapata Hernández, 2002).

El material parental también denominado roca madre hace referencia al material mineral que sido sometido a la mineralización y los demás fenómenos del intemperismo y tiene influencia directa en la pedogénesis en dos cuestiones de relevancia. La primera se refiere a la velocidad en la que ocurre formación del suelo dependiendo del material original que puede hacer el proceso más rápido o más lento según sea el caso. Y la segunda es que tiene influencia sobre el estado final del suelo en formación respecto principalmente a la fertilidad de los suelos respecto de la presencia o ausencia de sales minerales y sustancias iónicas, (Tarbuck & Lutgens, 2005).

**Figura 3.6.** Factores de formación del suelo. Tomado de (Ortiz Silla, 2015).



### 3.2.1 Perfil del suelo

En la medida en que todos los fenómenos pedogenéticos van teniendo lugar el suelo va adquiriendo su forma y estructura, surgen entonces en el suelo una serie de capas (llamados *horizontes*) a varias profundidades que son apreciables al realizar en el suelo un corte vertical. A dicho corte y a la secuencia de los horizontes evidenciados se le conoce como *perfil del suelo*. De esta forma la presencia o ausencia de las distintas capas en el suelo son indicadores de nivel de desarrollo del suelo y de las posibles alteraciones que el proceso de pedogénesis haya tenido. (Casanova, 2005).

El perfil del suelo por lo general posee una secuencia de aparición de los horizontes bien definida. En primer lugar el horizonte **O**, constituido casi exclusivamente por materia orgánica en diversas formas, incluso sin descomponer, es reconocible por los colores oscuros que presenta. Posteriormente se encuentra el horizonte **A**, rico en arcillas y arenas, colores más claros que el horizonte anterior y hasta un tercio de su composición consta de materia orgánica en descomposición (humus). El conjunto del horizonte **O y A** conforman la capa superficial del suelo. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

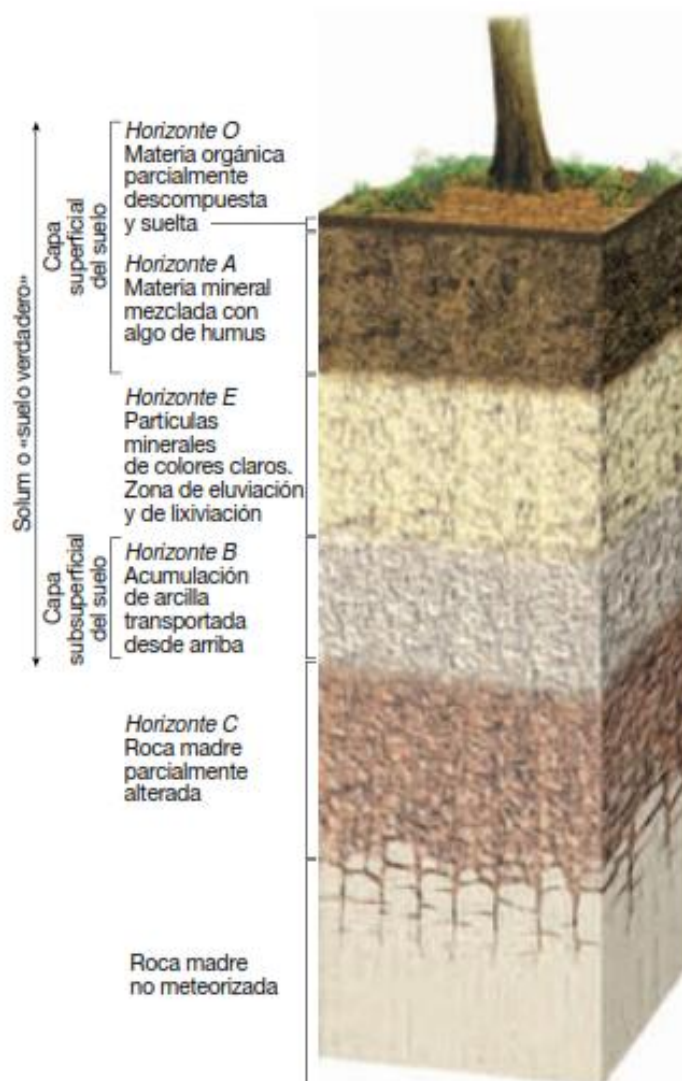
Más abajo aparece el horizonte **E**, rico en materiales minerales finos y muy pobre en materia orgánica, es importante porque es la capa del suelo donde tienen lugar los procesos de lixiviación y eluviación responsables del transporte de minerales finos desde las zonas altas hacia las bajas, que ocasiona el empobrecimiento de dichos minerales en las zonas altas (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Todos los minerales transportados del horizonte anterior conforman junto a la roca madre totalmente mineralizada lo que se denomina el horizonte **B** o la zona de acumulación. Al conjunto de los horizontes **O, A, E y B** se le denomina comúnmente *Solum*, y es lo que se puede considerar realmente suelo, allí suceden todos los procesos pedogenéticos y la actividad ecológica del suelo. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

El último horizonte en el perfil del suelo se denomina horizonte **C**, constituido por saprolitos o porciones identificables de roca madre alterada pero en donde la mineralización aún se encuentra obrando. Por último el perfil del suelo se complementa con la roca madre inalterada, que no se puede considerar como un horizonte propiamente dicho pero que se menciona en los perfiles de suelo para dejar en claro que el material parental del suelo es en esencia roca madre mineralizada (Tarbuck & Lutgens, 2005).

En la figura 3.7 se expone una imagen representativa del perfil del suelo con una breve descripción de cada uno de los horizontes.

**Figura 3.7** Perfil del suelo. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005).



Una vez abordados los principales aspectos relacionados con la visión pedológica del suelo, es adecuado realizar un análisis también de los aspectos edafológicos, recordando que de acuerdo al paradigma actual de la Ciencia del Suelo, el estudio de los usos que se le pueden dar a los distintos tipos de suelos está en correlación directa con los procesos geológicos y pedogenéticos que dieron origen a éstos.

Así pues desde la Edafología el principal criterio para determinar el estado de un suelo, su aptitud de uso y dar cuenta de su historia es el análisis de sus propiedades. Para efectos prácticos de este trabajo y como corresponde a la clasificación más difundida del suelo hablaremos de tres grupos de propiedades en el suelo: las propiedades físicas, propiedades químicas, y propiedades biológicas.

## 3.2.2 Propiedades físicas

### 3.2.2.1 Textura

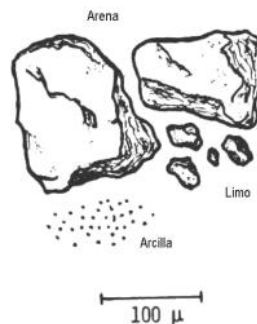
La textura del suelo depende en forma directa del tamaño de partícula del mismo. Fracciones de suelo cuyo tamaño de partícula correspondan a  $2\mu\text{m}$  o menos de diámetro se denominan *arcillas* caracterizados principalmente por su importante aporte a la fertilidad del suelo, pues acumulan los iones metálicos y la materia orgánica mineralizada que confieren al suelo la riqueza en nutrientes. Las arcillas se suelen reconocer porque aunque son ásperas y granulosas cuando están secas, ante la presencia de humedad adquieren una consistencia pegajosa y plástica lo que aporta a mantener la estructura del suelo (Thompson & Troeh, 2002).

Partículas de suelo de tamaño entre  $2\mu\text{m}$  y  $50\mu\text{m}$  se clasifican como limos, caracterizados por tener una relativamente alta capacidad para almacenar agua, pero de difícil retención, por lo que suelos con fracciones altas en limo tienden a generar costras en la superficie y a limitar otras propiedades como la porosidad (Casas Flores, 2011).

Entre los  $50$  y  $2000\mu\text{m}$  el tamaño de partícula del suelo corresponde a lo que se denominan las *arenas* de sensación muy áspera y rugosa, pobres en iones y materia orgánica, pero vitales para la infiltración de agua y la aireación del suelo. Partículas de tamaños superiores a los  $2000\mu\text{m}$  se clasifican como *gravas* o incluso como *rocas*, aunque en un sentido estricto no pueden ser considerados como una fracción del suelo y su aporte al mismo se limita a mantener estable la estructura (Thompson & Troeh, 2002).

Para efectos prácticos los suelos suelen clasificarse de acuerdo a los porcentajes en que las tres fracciones en el tamaño de partícula se encuentran en el suelo, a esto se denomina clase textural. Aunque no existe un acuerdo internacional y cada región y país suele tener diferencias en la identificación de las clases texturales, es frecuente la utilización del sistema de 12 clases texturales del que se hará uso en este trabajo. (Rucks et al., 2004). La Figura 10 muestra la relación en tamaño para las distintas fracciones del suelo.

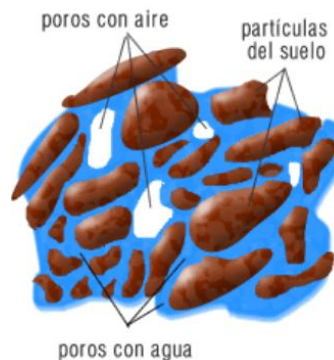
**Figura 3.8** Relación de tamaño de las partículas de Arena, Limo y Arcilla. Tomado de Rucks et al. (2004).



### 3.2.2.2 Porosidad.

Como consecuencia de la clase textural a la que pertenezca el suelo, habrá mayor o menor proporción de elementos sólidos en su estructura. Al espacio del suelo no ocupado por sólidos se le denomina espacio poroso y es el principal responsable de los procesos de drenaje, aireación y crecimiento radicular, (Rucks et al., 2004). La Figura 3.9 muestra la forma como los poros se encuentran ubicados dentro del suelo.

**Figura 3.9** Poros en el suelo. Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

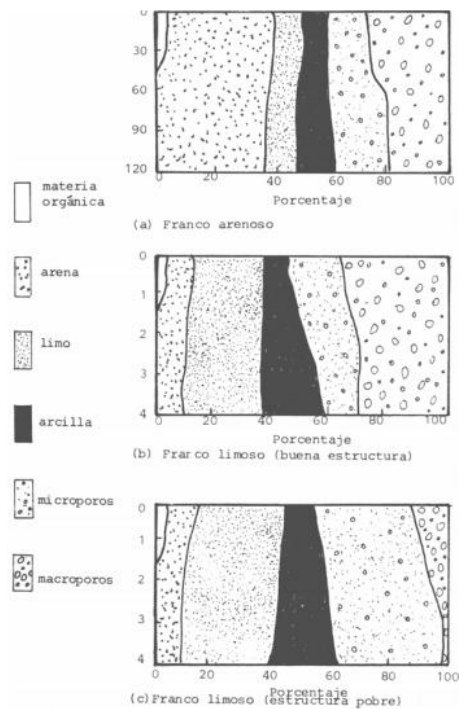


Dentro del espacio poroso se pueden distinguir tres tipos de poros: 1) macroporos con diámetros mayores a  $10\mu\text{m}$ , ocupados por el aire después del drenaje del agua, son importantes para la conducción del agua, el crecimiento radicular y la aireación del suelo;. 2) mesoporos con diámetros de  $0,2$  a  $10\mu\text{m}$  encargados de la retención del agua y la conductividad capilar en las raíces; y 3) microporos de diámetros inferiores a  $0,2\mu\text{m}$  donde se retiene el agua higroscópica, es decir la que está unida por tensión superficial a las partículas de suelo y en el interior de las arcillas expandibles. No puede ser utilizada por las plantas, (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

La porosidad guarda estrecha relación con la textura del suelo, en suelos arenosos la macroporosidad supera a la microporosidad, en suelos limosos, la porosidad total es muy baja y está representada casi exclusivamente por meso y microporos y en suelos arcillosos la porosidad total aumenta, siendo prácticamente nula la macroporosidad y abundante la microporosidad. (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

Así bien para determinar la aptitud de uso de un suelo es más importante conocer la distribución del tamaño de los poros por sobre la porosidad total. En la Figura 3.10 se representan tres distintos tipos de suelos en función de la clase textural y la distribución del tamaño de los poros a manera de ejemplo.

**Figura 3.10** Tres tipos de suelo. Comparación respecto a la clase textural y porosidad.  
Tomado de Rucks et al. (2004).



### 3.2.2.3 Humedad.

Desde el punto de vista agrícola, el agua es esencial para el crecimiento de las plantas, no solo por su participación en los procesos fisiológicos, sino por la capacidad que tiene de disolver los nutrientes del suelo. Existen 4 formas de organización del agua dentro del suelo: 1) *Agua libre o gravitacional*, que se mueve a causa de la gravedad infiltrándose por los macroporos hasta los horizontes inferiores del suelo, se encuentra por encima de la capacidad de campo por lo que no es asimilable por la planta; 2) *Agua capilar*, que se encuentra en una capa gruesa que rodea las partículas de suelo y es utilizada por las plantas en la absorción de agua y los nutrientes disueltos en ella; 3) *Agua higroscópica*, ligada por puentes de hidrógeno es mejor a las arcillas y el humus (materia orgánica mineralizada), no es utilizable por las plantas, pero define en ciertos casos la permeabilidad del suelo; y 4) *Agua de constitución*, ligada químicamente a las diferentes estructurales minerales y húmicas del suelo, (Universidad de Caldas, 2011).

Como queda de manifiesto la presencia de agua en el suelo está en relación directa con la estructura del espacio poroso disponible, para efectos de su uso, es importante conocer por tanto esta condición para determinar los sistemas de riego y las prácticas



agrícolas. La Tabla 3.1 muestra la relación entre la capacidad de retención del agua y el tamaño de los poros.

**Tabla 3.1** Características de retención del agua en suelos de acuerdo a la porosidad.  
Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

| <b>Tipo de poro</b> | <b>Tamaño</b>                                 | <b>Características de retención de agua</b>  |
|---------------------|---|--|
| <b>Microporos</b>   | < 0,2 $\mu\text{m}$                           | Retienen el agua con mucha fuerza, razón por la cual en un suelo relativamente seco, ella no está disponible para las plantas. Las fuerzas de retención alcanzan valores superiores a los 1500 KPa (1,5 MPa o alrededor de las 15 atmósferas). |
| <b>Mesoporos</b>    | 0,2 $\mu\text{m}$ < $\phi$ < 10 $\mu\text{m}$ | Almacenan el agua disponible para las plantas  |
| <b>Macroporos</b>   | > 10 $\mu\text{m}$                            | Retienen poca humedad debido a que la tasa de infiltración es alta. El movimiento del aire es relativamente libre y facilitan el crecimiento de las raíces.  |

#### 3.2.2.4 Densidad:

En términos generales la densidad puede ser definida como la relación existente entre la masa y el volumen de los cuerpos. Por sus características en el suelo se reconocen dos formas de densidad. La *densidad real* y la *densidad aparente*.

La densidad real es la relación entre la masa de las partículas del suelo y su volumen, pero sin tener en cuenta el espacio poroso entre ellas. La densidad real para suelos arenosos o arcillosos con muy poca materia orgánica puede fluctuar entre 2,5 y 2,6 g/cc, en suelos con alto contenido de hierro puede presentar valores de 2.7 g/cc. (Ramirez C, 1997).

La densidad aparente es la relación entre la masa de suelo y el volumen que ocupa sin perturbación alguna, es decir teniendo en cuenta el espacio poroso. Es un factor determinante para el análisis de suelos pues permite dar cuenta de la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y oxígeno, etc. Los suelos en regiones planas suelen tener densidades aparentes entre 1,2 y 1,95 g/cc, aun cuando para prevenir problemas de compactación lo ideal es evitar suelos con densidades aparentes mayores a 1,6 g/cc. (Ramirez C, 1997).

La densidad aparente tiene efecto sobre porosidad total, la retención de humedad edáfica, la difusión de gases, la permeabilidad del agua y del aire, el grado de la penetración radical, el régimen térmico y la actividad microbiana. En la tabla 3.2, se

presenta la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total del suelo, (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

**Tabla 3.2** Relación entre la densidad aparente y la porosidad total en suelos. Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

| Densidad aparente | < 1 | 1-1,2 | 1,2-1,4 | 1,4-1,6 | 1,6-1,8 | >1,8 |
|-------------------|-----|-------|---------|---------|---------|------|
| Porosidad total   | >63 | 55-62 | 47-54   | 40-46   | 32-39   | >31  |

### 3.2.3 Propiedades químicas.

#### 3.2.3.1 Fracción coloidal y no coloidal.

Se suele dividir el suelo en dos fracciones en atención al tamaño de partícula y la implicación que tiene este aspecto sobre la composición del suelo respecto de su reacción frente a los agentes externos. La fracción coloidal está conformada esencialmente por las arcillas de naturaleza eléctrica (cargadas positiva y negativamente) y gran superficie externa por unidad de masa, lo que les confiere ciertas características asociadas con el comportamiento del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, la formación de agregados, la estabilidad estructural y la retención de nutrientes, (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

Principales cationes del suelo:  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mn^+$  y  $Cu^{2+}$

Principales aniones del suelo:  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  y  $H_2PO_4^-$

Las arcillas y los iones que la conforman son el resultado de la alteración química, física y biológica de los minerales en la roca madre, a la fracción coloidal del suelo pertenecen por tanto lo que se denominan minerales secundarios, que son derivados de los minerales originarios. Los principales minerales secundarios son silicatos laminares, aluminosilicatos amorfos y óxidos de hierro y aluminio (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

La fracción no coloidal en cambio la conforman los minerales primarios, alterados solo parcialmente y representados por los limos, las arenas y las gravas en el suelo. Los minerales primarios más abundantes en el suelo son el cuarzo ( $SiO_2$ ) y los feldespatos de Na, K y Ca. Otros minerales primarios como las micas, los piroxenos, anfíboles, olivinos, hidróxidos, carbonatos, sulfatos, sulfuros y fosfatos, se encuentran en menor proporción en los suelos. (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

### 3.2.3.2 Capacidad de intercambio catiónico.

Los cambios iónicos en el suelo se deben a procesos reversibles en virtud de los cuales la fase sólida absorbe los iones liberados por la fase acuosa, esto causado por los desequilibrios eléctricos fruto de reacciones químicas de las partículas en el suelo. Los principales componentes del suelo que pueden liberar cationes son las arcillas y la materia orgánica humidificada. La capacidad para intercambiar cationes depende por tanto del tamaño de las partículas del suelo y de su naturaleza química (Universidad de Caldas, 2011).

La tabla 3.3 relaciona valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) para diversos materiales.

**Tabla 3.3.** CIC de materiales comunes. Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

| TIPO DE MATERIAL      | CIC, meq/100g |
|-----------------------|---------------|
| Cuarzo y feldespastos | 1 – 2         |
| Óxidos de Fe y Al     | 4             |
| Caolinita             | 3 – 15        |
| Ilita y clorita       | 10 – 40       |
| Monmorillonita        | 80 – 50       |
| Vermiculita           | 100 – 160     |
| Materia orgánica      | 300 – 500     |

Aumentos en el pH del suelo traen como consecuencia un incremento inmediato de las cargas negativas por la precipitación del aluminio o hierro, lo que provoca una disminución en la concentración de hidrogeniones. Por otro lado valores altos de CIC evidencian una gran disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo. En este aspecto el indicador es el siguiente: valores menores a 10 meq/100g indican baja disponibilidad, entre 10 y 20 meq/100g disponibilidad media, de 20 a 30 meq/100g disponibilidad alta y mayores de 30 meq/100g disponibilidad muy alta de nutrientes en el suelo, (Ramirez C, 1997).

### 3.2.3.3 Potencial de hidrógeno (pH).

Es quizás la propiedad química más importante del suelo ya que interviene de manera directa en la disponibilidad de nutrientes en las plantas, pues define la solubilidad de éstos en el suelo y la actividad de los microorganismos responsables de la mineralización de la materia orgánica. Además definen otros aspectos como el contenido de iones contaminantes, la CIC y muchas otras propiedades que definen en buena medida la fertilidad del suelo, (Ramirez C, 1997).

Desde el punto de vista de la composición el pH también tiene importante influencia sobre muchos fenómenos en el suelo. El pH muy ácido provoca una intensa alteración de los minerales y la estructura se vuelve inestable. El pH alcalino se produce la dispersión de la arcilla, destruyendo la estructura y dando origen a alteración de las propiedades físicas. El pH también tiene influencia sobre la asimilación de los nutrientes, bloqueándose en medios ácidos o alcalinos dependiendo del nutriente. Los valores ideales de pH que favorecen el crecimiento vegetal oscilan entre 6.5 y 7 (Universidad de Caldas, 2011).

La tabla 3.4 clasifica los valores de pH de la solución de suelo de acuerdo al parámetro de acidez en cada caso.

**Tabla 3.4.** Categorías de pH en solución de suelos. Tomado de (Universidad de Caldas, 2011).

| <b>pH DE SOLUCIÓN DEL SUELO</b> | <b>CATEGORÍA</b>               |
|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Menor de 4</b>               | Suelo extremadamente ácido     |
| <b>4.5 – 5</b>                  | Suelo muy fuertemente ácido    |
| <b>5.1 – 5.5</b>                | Suelo fuertemente ácido        |
| <b>5.6 – 6</b>                  | Suelo medianamente ácido       |
| <b>6.1 – 6.5</b>                | Suelos ligeramente ácidos      |
| <b>6.6 – 7.3</b>                | Suelos neutros                 |
| <b>7.4 – 7.8</b>                | Suelos medianamente básicos    |
| <b>7.9 – 8.4</b>                | Suelos moderadamente básicos   |
| <b>8.5 – 9.0</b>                | Suelos fuertemente básicos     |
| <b>Mayor 9.1</b>                | Suelos muy fuertemente básicos |

### **3.2.4 Propiedades biológicas.**

La presencia de vida en el suelo es un indicador inequívoco de su calidad, los organismos vegetales tienen una relación cercana de interdependencia con el suelo, pues este es el sustrato sobre el cual se desarrollan y las plantas a su vez participan de manera activa en el ciclo de los elementos básicos del suelo. Los organismos animales por su parte tienen influencia más activa en el suelo y participan de muchos procesos (ciclos biogeoquímicos p. ej.) por lo que su presencia puede ser indicador de la salud del suelo y de fenómenos que hayan podido ocurrir en él, (Universidad de Caldas, 2011).

Dos parámetros permiten definir la calidad biológica del suelo, la abundancia y la diversidad, encontrar en un suelo abundancia relativa de una especie o unas pocas especies, puede indicar que el suelo se encuentra afectado o lo fue recientemente al haber un desequilibrio en la red trófica, (Universidad de Caldas, 2011).

La función principal de la vida en el suelo tiene que ver con el enriquecimiento y fertilización del mismo al participar activa o pasivamente de la transformación de la

materia orgánica. No obstante también participan en la modificación de otras propiedades físicas como la porosidad, la aireación, el drenaje, etc. (Universidad de Caldas, 2011).

Los organismos del suelo se clasifican en atención a varios criterios. Según su hábitat pueden ser *Hidrobios* (que viven en el agua del suelo) o *Atmobios* (que viven en la atmósfera edáfica). Según el tiempo de permanencia en el suelo pueden ser *Edafobios* (que cumplen su ciclo de vida en el suelo), *Edafófilos* (Aquellos que aunque no están obligados a cumplir su ciclo de vida en el suelo prefieren hacerlo) y *Edafó xenos* (que viven ocasionalmente en el suelo pero carecen de adaptaciones específicas para éste hábitat). Finalmente se pueden clasificar en función de su tamaño, *Microfauna* (menos de 200  $\mu\text{m}$ ), *Mesofauna* (entre 200  $\mu\text{m}$  y 6 mm) y *Macrofauna* (más de 6mm). Esta última clasificación será la que se acogerá para este trabajo (Jaramillo J., 2002).

La Microfauna está integrada en su mayoría por organismos protistas, participantes esenciales de la degradación de la materia orgánica, son la forma de vida más abundante del suelo y se encargan de convertir químicamente los compuestos a sus formas asimilables por las plantas. Los hay saprofitos, heterótrofos y autótrofos. La Mesofauna tiene como representantes característicos a los nematodos responsables de múltiples cambios físicos y químicos (Ramirez C, 1997).

La Macrofauna agrupa a todos los organismos que son observables a simple vista, realizan principalmente cambios físicos en el suelo, aunque algunos como la lombriz de tierra por ejemplo son importantes en el proceso de humificación. Pueden ser: vertebrados que tienen relación directa con el suelo y que son de vida silvestre. Invertebrados, entre los que se encuentran moluscos como el caracol y las babosas, anélidos como la lombriz de tierra, onicóforos como la oruga, artrópodos como los crustáceos, insectos y miriápodos (Ramirez C, 1997).

### **3.3 Efectos Antrópicos sobre el suelo**

El hombre es quizás el organismo que mayor influencia tiene en el suelo. Los usos que se dan a este importante recurso natural son muy variados y tienen repercusiones igualmente diversas. Algunas de las acciones más frecuentes en el suelo, principalmente las relacionadas con actividades de laboreo agrícola las describe Jaramillo, (2002) así:

- La fertilización: Favorece la productividad, permite el aumento de la producción de biomasa y población de microorganismos.
- El abonado orgánico: Mejora la estructura del suelo en cuanto a sus condiciones hídricas y mecánicas.
- El encalamiento: Mejora la nutrición vegetal y el ambiente para los microorganismos aunque es posible que se alteren las relaciones poblacionales entre grupos; puede mejorar la estructura y alterar las características del intercambio iónico de bases.

- El riego: Cambia el comportamiento hídrico; incrementa la velocidad de procesos como solubilización, hidratación e hidrólisis; si se hace adecuadamente mejora productividad; de forma errónea puede producir salinidad o sodicidad y el consecuente deterioro físico y químico; también puede producir erosión.
- El drenaje: Aumenta la aireación y por tanto acelera procesos de mineralización de materia orgánica y alteración de ciertos minerales; favorece la estructuración; en exceso, en ciertos suelos, puede causar dificultades para el posterior humedecimiento.
- La mecanización: Mejora la aireación con todos sus beneficios, hecha adecuadamente; aumenta las posibilidades de la planta para explorar el suelo con el consiguiente aporte de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes; si se hace inadecuadamente, se deteriora la estructura y se puede llegar a compactar el suelo; además, se pueden generar problemas de erosión.
- El uso irracional: Genera deterioro severo en sus propiedades, lo que se refleja en una pérdida de productividad y de cobertura vegetal, aumentando la susceptibilidad a la erosión; la aplicación intensiva de insumos a un suelo con baja productividad puede generar problemas de contaminación, tanto del suelo mismo, como de otros recursos como el agua.

### 3.4 Muestreo de Suelos

Queda claro a partir de todo lo descrito anteriormente que el suelo es un cuerpo heterogéneo, bajo el influjo de numerosos procesos de formación lo que le otorga características distintivas a cada porción de suelo en cualquier zona. Una muestra de suelo se define como aquella cantidad de suelo que está compuesta por múltiples porciones de igual tamaño (submuestras) obtenidas en distintos puntos del área seleccionada para estudio, lo que le confiere a la muestra homogeneidad en las propiedades con el fin de poder realizar análisis confiables (Bernier Villarroel, 2007).

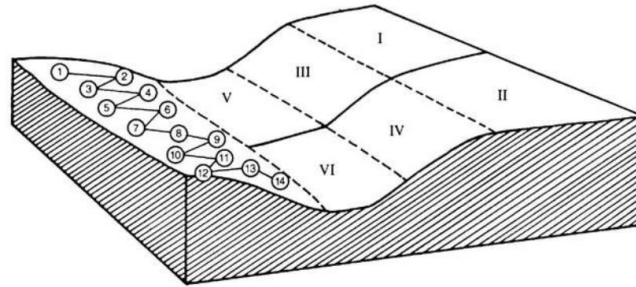
De acuerdo con Schoeneberger et al., (2002), existen dos tipos de muestreo de suelos, el *muestreo de referencia*, que tiene por objeto determinar una sola característica puntual (pH por ejemplo) por lo que la muestra se puede coleccionar solo de un único punto de referencia en el lote estudiado y en la capa del perfil más adecuado. El muestreo de caracterización en cambio requiere el análisis completo de todas las propiedades apreciables en un suelo y puede tener lugar en la totalidad del lote o en el perfil completo del suelo objeto de estudio.

Independientemente de su tipo, cada muestra de suelo obtenida debe ser representativa del campo estudiado. Este hecho es particularmente importante en los casos en que el muestreo se realiza con el fin de medir la fertilidad y aptitud de uso de los suelos. La muestra en estos casos debe tener en cuenta entonces las diferencias en cuanto a posición topográfica (zonas altas, laderas, zonas bajas), tipo de suelo, grado de erosión, manejo anterior (incluyendo antigüedad en el uso del lote, cultivos y fertilizaciones

anteriores o cualquier otro factor que pueda modificar la disponibilidad de nutrientes). (Universidad de la Republica. Uruguay, 2004).

El paso previo para realizar un muestreo es la delimitación del lote en las zonas de muestreo, las zonas delimitadas pueden o no coincidir con las divisiones existentes en el predio. El área a dividir y el tamaño de las muestras debe corresponder con el plan de fertilizaciones. Siempre es conveniente realizar un croquis de las zonas delimitadas como se muestra en la figura 3.11

**Figura 3.11** Delimitación de zonas de muestreo de suelo. Tomado de (Universidad de la Republica. Uruguay, 2004).



Finalmente a la hora de realizar un muestreo es importante evitar lugares de poca extensión o que sean objeto de intervención antrópica permanente como los alambrados, canales, caminos, fogatas, o depósitos de fertilizantes o estiércol. Igualmente para el caso de bosques o cultivos frutales es conveniente tomar muestras tanto debajo de la copa de los arboles como entre ellos (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

## **4. COMPONENTE DIDÁCTICO**

Como se definió anteriormente, una caja didáctica es la suma de estrategias pedagógicas, didácticas y técnicas que permiten el desarrollo de ambientes de aprendizaje enmarcados en la enseñanza basada en la experimentación. Por otro lado el conocimiento y uso de los suelos, es de gran importancia tanto a nivel nacional como local, en especial en comunidades de tipo rural y de vocación agropecuaria.

A continuación se hace una presentación de la propuesta didáctica constituida por una serie de trabajos prácticos que deben tener lugar en el marco de una salida de campo a regiones rurales del municipio de Chaparral la cuales sean seleccionadas teniendo en cuenta el interés que pueda tener por la intervención antrópica que evidencien o por sus características naturales distintivas.

La estrategia propuesta aunque fue concebida como parte del desarrollo curricular de una asignatura específica dentro del plan de estudios de una Institución Educativa, puede ser aplicable a cualquier experiencia educativa que tenga objetivos de aprendizaje similares.

La aplicación de esta estrategia didáctica para el estudio de suelos, debe llevar a la apropiación por parte de los estudiantes, de los conceptos básicos sobre edafología, el papel y la importancia de ellos en los ecosistemas, sobre la influencia de las diferentes actividades de intervención del hombre, y de los problemas de conservación y manejo integral.

La caja didáctica tiene por objeto el análisis de muestras de suelo, para el estudio de las propiedades físicas, químicas, biológicas, la reflexión sobre los procesos pedogenéticos que le dieron forma al suelo y su relación con la aptitud de uso.

### **4.1 Metodología general de trabajo**

La estrategia didáctica propuesta consiste en la división del curso en grupos de trabajo, cada uno de los cuales selecciona una zona de estudio debidamente cartografiada y descrita como aparece en la respectiva ficha de localización (Anexo A), realiza una visita guiada a la zona seleccionada acompañada de una práctica de campo consistente en la aplicación de los elementos de la caja didáctica para la identificación de parámetros en el sitio de muestreo y la toma y rotulación de las muestras respectivas para su posterior análisis en condiciones de laboratorio.

En cada caso los estudiantes realizan la respectiva toma de datos en el formato de recolección de datos destinado para ello (Anexo C) y como resultado de la estrategia



didáctica los estudiantes realizarán un informe que dé cuenta de los hallazgos realizados en las actividades de campo y de laboratorio y de las conclusiones obtenidas.

## **4.2 Selección y descripción del área de trabajo**

Para la aplicación de la caja didáctica el docente en compañía de los estudiantes selecciona zonas de interés dentro del municipio que por sus condiciones naturales y por los fenómenos de intervención de la actividad humana o alteraciones de orden natural puedan resultar de interés para el estudio de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la ubicación seleccionada. Previamente se realiza consulta bibliográfica para obtener detalles de tipo cartográfico, económico, etnográfico, etc los cuales pueden resultar pertinentes para la posterior práctica.

La aplicación de la caja didáctica inicia con la visita a la zona de estudio en donde se llevara a cabo el análisis de las propiedades de suelo, al llegar al lugar cada grupo de estudiantes debe levantar un sencillo croquis de la zona de estudio que sirva como guía para la caracterización y la definición del muestreo que se realizará posteriormente, igualmente se realiza una descripción lo más detallada posible, señalando en ella con especial énfasis las posibles alteraciones naturales o antrópicas presentes en la zona, así como los elementos reconocibles en el área, las distancias aproximadas entre ellas y la elección del punto principal de referencia que sirva para que quienes no conozcan la zona sean capaces de reconocerla a partir de la descripción dada. Para este ejercicio se cuenta como herramienta con la ficha incluida en el Anexo A

## **4.3 Fase de trabajo de campo**

Una vez finalizada la caracterización de la zona seleccionada para el estudio, se procede a la aplicación de las pruebas incluidas dentro de la caja para cada una de las propiedades del suelo objeto de estudio. A continuación se procede a la explicación detallada de las actividades y pruebas que tienen desarrollo en el sitio de la práctica.

### **4.3.1 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades físicas del suelo**

#### **ACTIVIDAD 1.TEXTURA**

El análisis de la textura del suelo en campo se realiza mediante un análisis cualitativo y sensorial con la manipulación directa de una muestra de suelo. El ejercicio consiste en la obtención de una muestra superficial de suelo, se realiza un proceso de amasado tomando nota de la descripción de la muestra a nivel del tacto y completando el ejercicio

con la formación de cilindros alargados de suelo, para finalmente hacer el intento de dar forma a un anillo perfectamente cerrado. En función de la capacidad o no de la muestra para completar el ejercicio, el estudiante está en capacidad emitir un concepto sobre la clase textural a la que pertenece el suelo.

Finalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo, teniendo en cuenta el diagnóstico realizado en la caracterización del área de estudio para determinar el número de las submuestras y el trazado de las mismas. Se hace finalmente la rotulación y el almacenamiento de la muestra de acuerdo al formato establecido (Anexo B) y se guarda en un lugar seguro para los posteriores análisis en el laboratorio relacionados con la textura.

## **ACTIVIDAD 2. HUMEDAD**

El análisis de la humedad del suelo en campo también se realiza mediante un análisis cualitativo y sensorial por medio de la manipulación directa de una muestra de suelo. El ejercicio inicia con la obtención de una muestra superficial de suelo, se realiza posteriormente un amasado del suelo tomando nota de la descripción sensorial a nivel del tacto, poniendo énfasis en la descripción del efecto de la humedad sobre la sensación presentada al manipular la muestra e intentar hacer con ella una esfera.

## **ACTIVIDAD 3. POROSIDAD**

Este es un ensayo semicuantitativo, en el que se entierra el anillo de PVC hasta la mitad de su altura sobre una ubicación seleccionada, que sea idealmente plana y uniforme. Se procede a depositar agua sobre el anillo hasta que el nivel del mismo quede al ras con el borde superior del anillo. Se toma registro del tiempo de infiltración de la totalidad del agua en el suelo. El ejercicio se realiza por triplicado para obtener un dato experimental confiable. Finalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra en la actividad 1, anotando que el destino de la muestra es el análisis de porosidad.

## **ACTIVIDAD 4. DENSIDAD APARENTE**

Aunque la densidad aparente se determina íntegramente por procedimiento de laboratorio, la toma de muestra en campo se debe hacer siguiendo un protocolo particular. El procedimiento consiste en fijar cautelosa pero firmemente el anillo de PVC sobre una superficie idealmente plana y uniforme de suelo, clavando con el martillo y el soporte de madera, hasta que el nivel del suelo quede al ras con el borde el anillo. Posteriormente se retira el exceso de suelo en los costados del anillo con la espátula metálica y se retira del lugar cuidando de mantener todo el contenido de muestra al interior del anillo, retirando nuevamente el exceso y guardando en la respectiva bolsa resellable y rotulando la misma de acuerdo al formato establecido (Anexo B)

### 4.3.2 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades químicas del suelo

#### ACTIVIDAD 6. PRESENCIA DE CARBONATOS

La presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en el suelo se determina mediante un ensayo cualitativo poniendo en un tubo de ensayo una muestra homogénea de suelo y adicionando 5 gotas de HCl al 10% tomando nota de la reacción de efervescencia registrada sobre la muestra.

#### ACTIVIDAD 7. POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

La determinación del pH de las muestras de suelo se determina por un procedimiento cualitativo con un indicador casero elaborado con repollo morado el cual se coloca en contacto con la muestra de suelo en solución acuosa en un tubo de ensayo y se determina el valor dentro de la escala de pH comparando con un patrón colorimétrico como el siguiente:

**Figura 4.1** Clave para la determinación del pH en el suelo. Tomado de <http://blog.alkalinecare.com/2013/06/24/sabes-cuan-acido-estas-maneras-de-saberlo/>



Adicionalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1 y rotulando con destino al análisis de pH en el laboratorio.

#### ACTIVIDAD 8. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

Para el caso de la Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) el procedimiento requiere ser realizado íntegramente en el laboratorio, no obstante es preciso recordar que se debe realizar la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1, siendo cuidadosos al rotular la muestra destinándola a la prueba correspondiente

### **4.3.3 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades biológicas del suelo**

#### **ACTIVIDAD 9. IDENTIFICACIÓN DE FAUNA HIPOGEA**

El procedimiento en campo para la identificación de fauna hipogea consiste en usar un anillo de PVC en la creación de una trampa, enterrando el anillo en el suelo e impermeabilizando con plástico el fondo del mismo. Posteriormente se llena de agua para completar la trampa que aprovecha el movimiento natural de la Macrofauna y Mesofauna para atrapar especímenes y realizar observaciones con ayuda de la lupa.

Adicionalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1 y rotulando con destino al análisis de pH en el laboratorio.

#### **ACTIVIDAD 10. ACTIVIDAD DE MATERIA ORGANICA**

La presencia de materia orgánica en el suelo se determina mediante un ensayo cualitativo poniendo en un tubo de ensayo una muestra homogénea de suelo y adicionando 5 gotas de peróxido de hidrogeno comercial, tomando nota de la reacción de efervescencia registrada sobre la muestra.

## **4.4 Fase de trabajo en el laboratorio**

Una vez finalizada la toma de las muestras de suelo y la aplicación de las pruebas de campo, se procede con el almacenamiento y transporte de las muestras de suelo hasta el laboratorio, en donde se realizan las diferentes pruebas que correspondan a esta sección.

### **4.4.1 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades físicas del suelo**

#### **ACTIVIDAD 11. TEXTURA**

En primera instancia se debe tomar una cantidad de aproximadamente 400g de muestra, se extiende en una superficie lisa y seca en donde sea expuesta a la acción directa del sol para eliminar parte de la humedad presente. Una vez seca la muestra es pesada para obtener el peso final sin humedad de la muestra. Se coloca en el sistema de tamices y se realiza la agitación vigorosa del mismo para separar granulométricamente el suelo en porciones de acuerdo al tamaño de partícula en arcillas, limos y arenas. Cada una de las porciones es pesada de manera individual y separada en un vaso plástico cada una para su comparación visual.

#### **ACTIVIDAD 12. POROSIDAD**

Para el análisis en laboratorio de la porosidad se realiza una prueba semicuantitativa. El montaje consiste en una probeta graduada de 1000 mL en cuyo interior se deposita un

volumen determinado de suelo y al que se le adiciona un volumen fijo de agua medido con la probeta de 100 mL. El dato que se registra es el del tiempo que tarda la infiltración de toda el agua en la muestra de suelo, así como la medición aparente del nivel de infiltración máximo del agua en el suelo (hasta donde se evidencia la humedad del suelo) el cual se determina en centímetros (cm) con una cinta métrica.

### **ACTIVIDAD 13. DENSIDAD APARENTE**

En primera instancia se debe hacer el cálculo del volumen de la muestra obtenida para el cálculo de la densidad aparente, para esto se debe medir el diámetro interno del anillo de PVC y su altura, el volumen interno del anillo es equivalente al volumen de la muestra de suelo. Posteriormente con ayuda de la balanza digital se establece el peso de la muestra y finalmente a través de un cálculo matemático, y conociendo la masa y el volumen se determina la densidad aparente de la muestra.

#### **4.4.2 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades químicas del suelo**

### **ACTIVIDAD 14. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

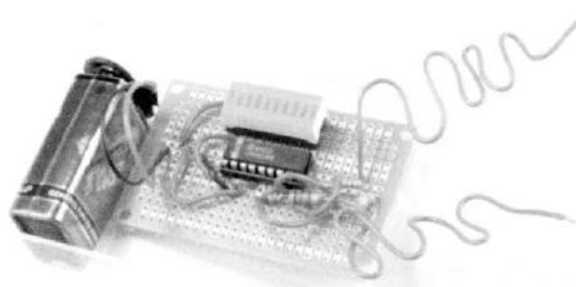
Para la medición del pH primero se debe realizar la configuración del potenciómetro. Este consta de un sensor analógico comercial acoplado mediante un circuito de protoborad a una placa Arduino UNO con el respectivo conversor analógico-digital BNC. Como dispositivo de salida se debe usar display LCD 1602 también conectado al microprocesador.

Para la medición propiamente dicha se debe realizar primero una calibración del sensor con ayuda de soluciones tampón comerciales de pH 4 y 7. Para el análisis de las muestras se preparan soluciones acuosas en los frascos de vidrio con la misma concentración en relación de peso/volumen para cada uno de los ensayos realizados. La medición se hace por inmersión del sensor en cada solución acuosa estudiada, teniendo en cuenta realizar siempre el lavado del sensor con agua destilada.

### **ACTIVIDAD 15. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC)**

Para el análisis de la Capacidad de Intercambio Iónico se realiza la medición de la conductimetría de soluciones acuosas de suelo como una medida indirecta del CIC. Para este efecto se hará uso de un conductímetro semicuantitativo construido algunas con modificaciones siguiendo al procedimiento propuesto por Zawacky (1995), el cual indica cambios en la conductimetría por medio de una escala de luces led.

**Figura 4.2** Conductímetro semicuantitativo propuesto por (Zawacky, 1995)



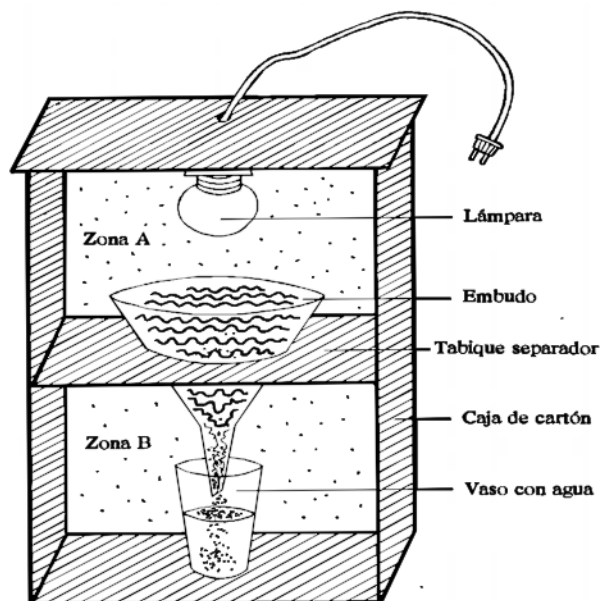
Para la medición de la conductividad propiamente dicha se preparan soluciones acuosas en los frascos de vidrio con la misma concentración en relación de peso/volumen para cada uno de los ensayos realizados. La medición se hace por inmersión del sensor en cada solución acuosa estudiada, teniendo en cuenta realizar siempre el lavado del sensor con agua destilada.

#### **4.4.3 Trabajos prácticos para el análisis de las propiedades biológicas del suelo**

##### **ACTIVIDAD 16. IDENTIFICACIÓN DE FAUNA HIPOGEA**

Para la separación de la fauna hipogea, es necesario construir un dispositivo de Vernet, como el de la siguiente figura:

**Figura 4.3** Sistema Vernet para recolección de fauna hipogea. Tomado de (Barbadillo & Perez, 2005).



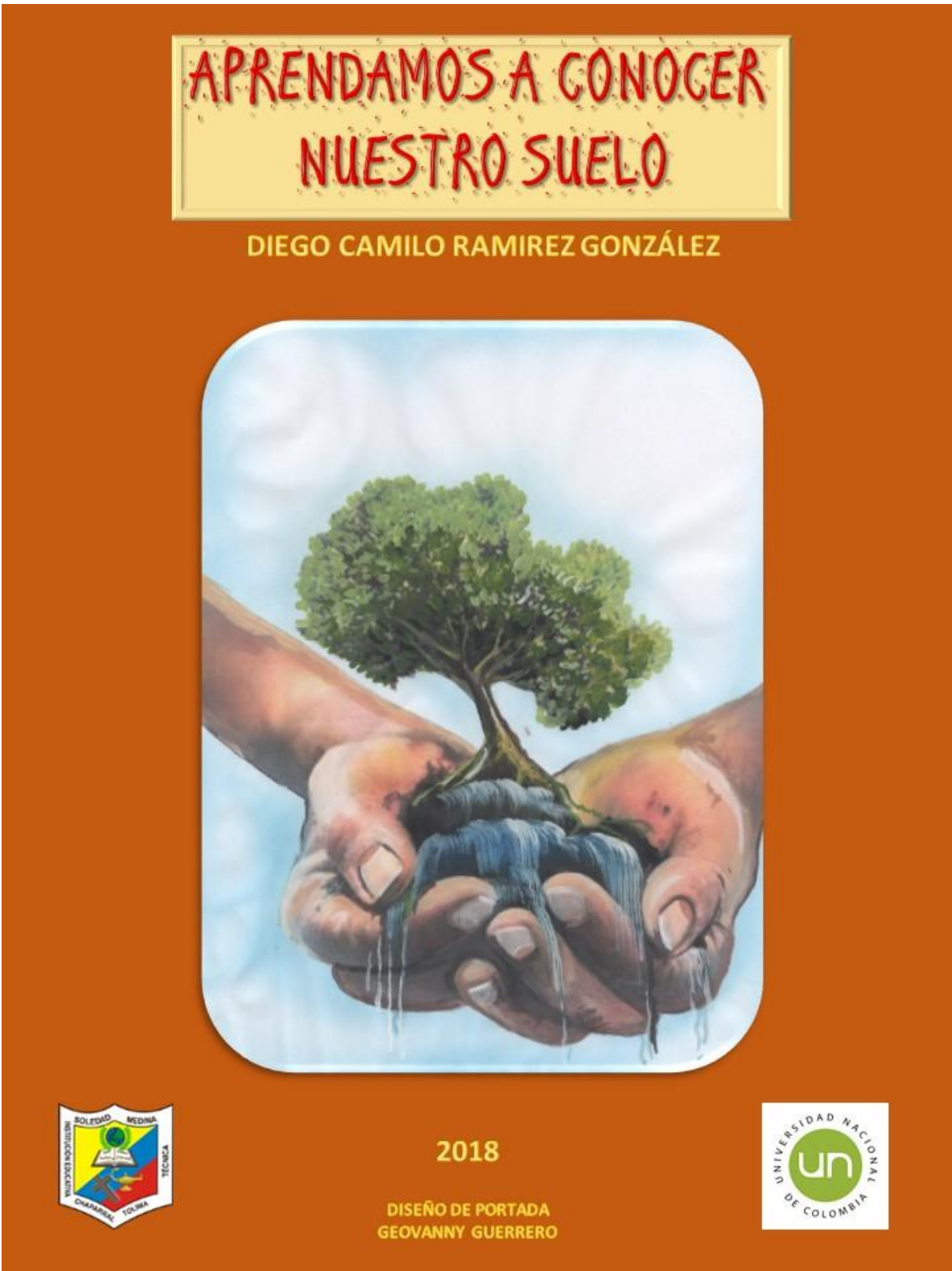
El embudo del dispositivo se llena de suelo, cerrándose la caja con la tapadera y poniendo en funcionamiento la lámpara. Transcurridas unas horas se abre la caja, recogiendo con un gotero y un portaobjetos limpio las partículas sobrenadantes del vaso con agua. Este portaobjetos se coloca en el microscopio y se observa a pequeño aumento.

## **4.5 Cartilla didáctica**

Como producto del presente trabajo se construyó un documento que sirve como herramienta para la aplicación de la estrategia, en forma de cartilla didáctica la cual es presentada en el capítulo 5. La cartilla consta de 4 capítulos, de los cuales los tres primeros hacen referencia a una revisión bibliográfica sobre los conceptos centrales de la Pedología y Edafología que le dan sustento a la propuesta didáctica, y el cuarto capítulo contiene el desarrollo del plan de trabajo de la estrategia didáctica propiamente dicha.

La cartilla didáctica recoge los aspectos teóricos y técnicos, así como las reflexiones pedagógicas y didácticas que surgieron durante el desarrollo del trabajo, pero también la experiencia de aula vivida en el marco del Programa de Articulación con la Media Técnica, firmado entre la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina y el SENA Regional Tolima en el que el autor lleva trabajando desde el año 2015.

# 5. CARTILLA DIDÁCTICA





# APRENDAMOS A CONOCER NUESTRO SUELO

DIEGO CAMILO RAMIREZ GONZÁLEZ

INSTITUCIÓN EDUCATIVA TECNICA AMBIENTAL  
SOLEDAD MEDINA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. AREA  
CURRICULAR DE FORMACIÓN EN CIENCIAS



CHAPARRAL (TOLIMA)  
2018

## **PRESENTACIÓN**

**La cartilla didáctica que se presenta a continuación es el resultado del trabajo final de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales que cursa el autor. Recoge los aspectos teóricos y técnicos, así como las reflexiones pedagógicas y didácticas planteadas durante el desarrollo del trabajo, pero también la experiencia de aula vivida en el marco del Programa de Articulación con la Media Técnica, firmado entre la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina y el SENA Regional Tolima en el que el autor lleva trabajando desde el año 2015.**

**La cartilla consta de 4 capítulos, de los cuales los tres primeros hacen referencia a una revisión bibliográfica sobre los conceptos centrales de la Pedología y Edafología que le dan sustento a la propuesta didáctica, y el cuarto capítulo contiene el desarrollo del plan de trabajo de la estrategia didáctica propiamente dicha.**

**La estrategia propuesta aunque fue concebida como parte del desarrollo curricular de una asignatura específica dentro del plan de estudios de una Institución Educativa, puede ser aplicable a cualquier experiencia educativa que tenga objetivos de aprendizaje similares.**

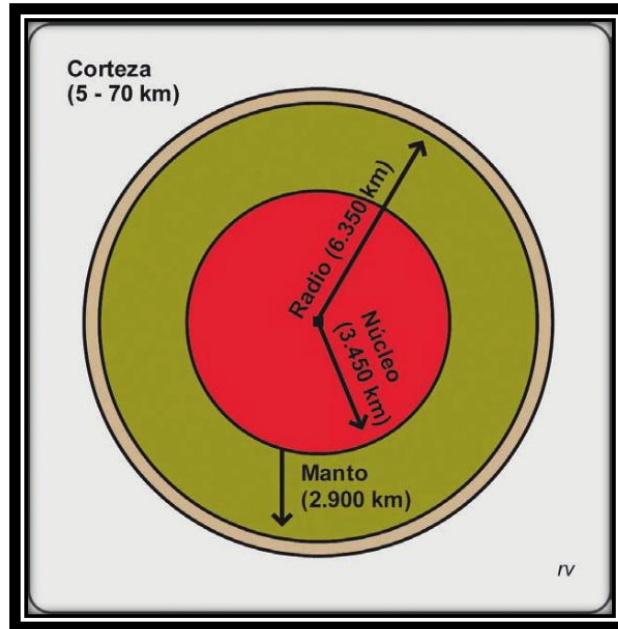
## **TABLA DE CONTENIDOS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>LA GEOLOGIA DEL SUELO</b>                  | <b>60</b> |
| <b>LA CIENCIA DEL SUELO</b>                   | <b>62</b> |
| <b>MUESTREO DE SUELOS</b>                     | <b>67</b> |
| <b>PLAN DE TRABAJO PARA LA CAJA DIDÁCTICA</b> | <b>68</b> |

## LA GEOLOGIA DEL SUELO

La tierra es el 3° planeta del sistema solar, su radio de 6350 km de diámetro y una superficie 510.000.000 km<sup>2</sup>, existen tres zonas concéntricas en su estructura interna bien diferenciadas: corteza, manto y núcleo, denominadas capas.

**Figura 5.1** Capas de la Tierra. Tomado de (Valera, 2014) .



Además de la *tierra sólida*, la *hidrosfera* (la masa de agua constante en movimiento continuo, presente en todos los lugares del planeta), la *atmósfera* (la capa gaseosa que rodea el planeta) y la *biosfera* (la suma de todos los ecosistemas terrestres) completan este conjunto sinérgico de estructuras que se interrelacionan entre sí, y el suelo representa una interfase entre la corteza mineral, la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera en el planeta tierra. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

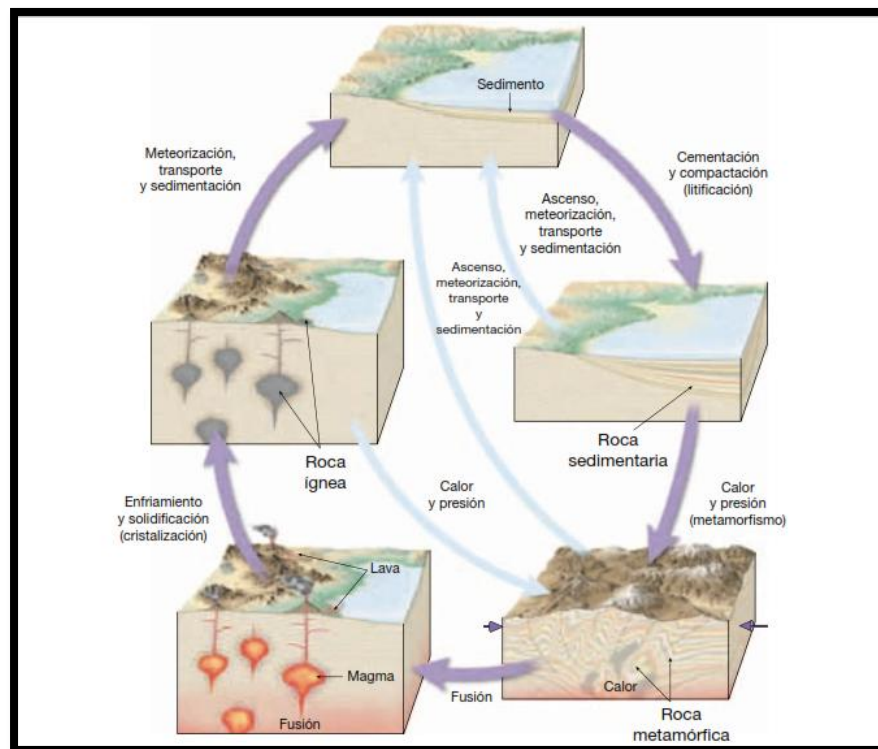
En la totalidad del planeta tierra existe el denominado *regolito*, una capa de roca no consolidada, suelta y compuesta de muchos fragmentos minerales. El regolito lo conforman cenizas volcánicas, sedimentos depositados por el viento, la lluvia, los arroyos y glaciares y por último la roca intemperizada. Parte de ese regolito al cual se le suma agua, aire y materia orgánica y que es fundamental para la nutrición de las plantas es lo que se puede definir como *suelo*.

El regolito como se dijo anteriormente está compuesto esencialmente de roca alterada, las cuales existen en la naturaleza de tres tipos distintos: *Rocas Ígneas*, *Rocas Sedimentarias* y *Rocas Metamórficas*, cada una de las cuales da lugar a tipos distintos de Regolito que sumado a los demás factores de formación dará lugar a suelos con propiedades únicas para cada caso.

El material de los tres tipos de rocas es desde luego el mismo, pero la forma en que se encuentran en la naturaleza en un momento determinado depende de la situación dentro de lo que se denomina el *ciclo de las rocas*.

La figura 5.2 resume el ciclo de las rocas y sus procesos.

**Figura 5.2** El ciclo de las Rocas. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005)



El mecanismo más importante para el intemperismo es la ya mencionada meteorización, la cual puede ser de dos tipos. *Meteorización mecánica* que implica la rotura física de una roca en fragmentos más pequeños y actúa bajo la acción de cuñas de hielo (la roca se inunda a través de las grietas que luego se congelan), descompresión (debida a la erosión de la roca subyacente), expansión térmica (aumento y reducción constante de la temperatura) y la actividad Biológica (humanos, plantas y animales), y *Meteorización química* cuando la roca entra en contacto con alguna sustancia externa que provoca cambios químicos en su estructura que llevan a la desintegración de la misma. El agua es el principal agente de meteorización química al producir disolución u oxidación de los minerales en las rocas. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

## LA CIENCIA DEL SUELO

Pedológicamente uno de los procesos más relevantes para el estudio de la Ciencia del Suelo es el que se refiere a la **Pedogénesis**, es decir al conjunto de los factores y los procesos que dan lugar a la formación del suelo y el desarrollo de su perfil.

La función de Jenny afirma que el estado de desarrollo de un suelo es el resultado de la interacción de un determinado clima (cl), un relieve (r), unos organismos (o), un tiempo (t) y un material de origen o parental (p) y además el autor incluyó en la definición una serie de puntos suspensivos (...) para indicar otros factores no determinados como la influencia del hombre o la vegetación entre otros (Leighton, 2010)

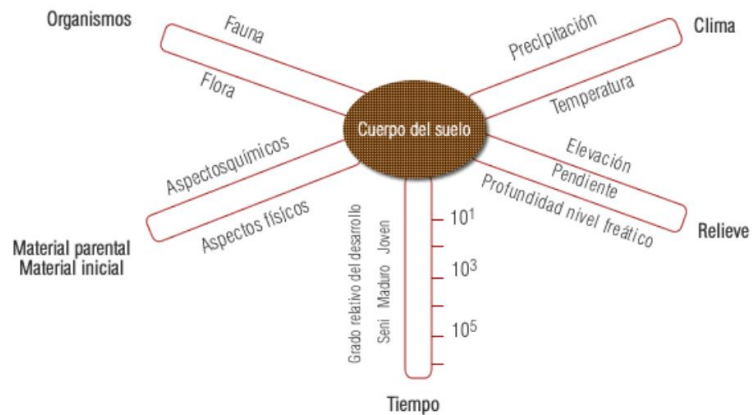
El clima es un factor de formación del suelo cuya influencia se da en mayor medida a escala global. Las variables climáticas que mayor influencia poseen en la pedogénesis son la temperatura y la humedad los cuales influyen en procesos fundamentales del suelo y su génesis como la meteorización del material parental, la actividad de los microorganismos, el crecimiento de las plantas, la descomposición de la materia orgánica, las modificaciones del pH y las reacciones químicas y de los iones. (Zapata Hernández, 2002).

El relieve influye en los procesos formativos del suelo, y éstos a su vez generan alteraciones en el entorno topográfico, así por ejemplo un suelo de fácil y rápida erosión da lugar a la formación de valles amplios y de vegetación escasa, mientras por otro lado la pendiente de las laderas tiene influencias sobre la velocidad en los procesos erosivos del suelo. (Thompson & Troeh, 2002).

Dentro del suelo los organismos participan en los procesos de degradación de la materia orgánica y su inmovilización para los fenómenos húmicos, pero igualmente los organismos son fundamentales en procesos como los relacionados con los ciclos biogeoquímicos, principalmente los del carbono, nitrógeno y azufre. (Zapata Hernández, 2002)

El material parental en la velocidad en la que ocurre formación del suelo dependiendo del material original que puede hacer el proceso más rápido o más lento según sea el caso. Y además tiene influencia sobre el estado final del suelo en formación respecto principalmente a la fertilidad de los suelos respecto de la presencia o ausencia de sales minerales y sustancias iónicas. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

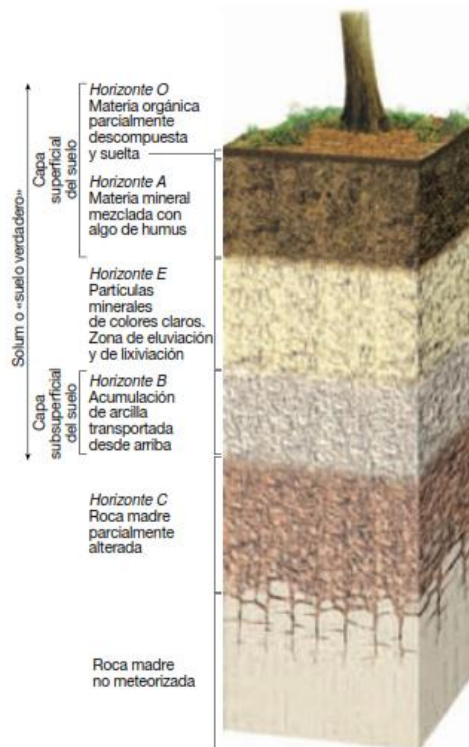
**Figura 5.3** Factores de formación del suelo. Tomado de (Ortiz Silla, 2015)



## PERFIL DEL SUELO

En la medida en que todos los fenómenos pedogenéticos van teniendo lugar el suelo va adquiriendo su forma y estructura, surgen entonces en el suelo una serie de capas (llamados *horizontes*) a varias profundidades que son apreciables al realizar en el suelo un corte vertical. A dicho corte y a la secuencia de los horizontes evidenciados se le conoce como *perfil del suelo*. De esta forma la presencia o ausencia de las distintas capas en el suelo son indicadores de nivel de desarrollo del suelo y de las posibles alteraciones que el proceso de pedogénesis haya tenido. (Casanova, 2005).

**Figura 5.4** Perfil del suelo. Tomado de (Tarbuck & Lutgens, 2005)



## PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

**Textura:** La textura del suelo depende en forma directa del tamaño de partícula del mismo. Fracciones de suelo cuyo tamaño de partícula correspondan a  $2\mu\text{m}$  o menos de diámetro se denominan *arcillas* caracterizados principalmente por su importante aporte a la fertilidad del suelo, pues acumulan los iones metálicos y la materia orgánica mineralizada que confieren al suelo la riqueza en nutrientes.

Partículas de suelo de tamaño entre  $2\mu\text{m}$  y  $50\mu\text{m}$  se clasifican como limos, caracterizados por tener una relativamente alta capacidad para almacenar agua, pero de difícil retención.

Entre los  $50$  y  $2000\mu\text{m}$  el tamaño de partícula del suelo corresponde a lo que se denominan las *arenas* de sensación muy áspera y rugosa, pobres en iones y materia orgánica, pero vitales para la infiltración de agua y la aireación del suelo. Partículas de tamaños superiores a los  $2000\mu\text{m}$  se clasifican como *gravas* o incluso como *rocas*, aunque en un sentido estricto no pueden ser considerados como una fracción del suelo y su aporte al mismo se limita a mantener estable la estructura. (Thompson & Troeh, 2002).

**Porosidad:** Como consecuencia de la clase textural a la que pertenezca el suelo, habrá mayor o menor proporción de elementos sólidos en su estructura. Al espacio del suelo no ocupado por sólidos se le denomina espacio poroso y es el principal responsable de los procesos de drenaje, aireación y crecimiento radicular. (Rucks et al., 2004). La Figura 5.5 muestra la forma como los poros se encuentran ubicados dentro del suelo.

**Figura 5.5** Poros en el suelo. Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014)



Dentro del espacio poroso se pueden distinguir tres tipos de poros: 1) macroporos con diámetros mayores a  $10\mu\text{m}$ , 2) mesoporos con diámetros de  $0,2$  a  $10\mu\text{m}$  encargados de



la retención del agua y la conductividad capilar en las raíces. Y 3) microporos de diámetros inferiores a  $0,2\mu\text{m}$  (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

La porosidad guarda guarda estrecha relación con la textura del suelo, en suelos arenosos la macroporosidad supera a la microporosidad, en suelos limosos, la porosidad total es muy baja y está representada casi exclusivamente por meso y microporos, y en suelos arcillosos la porosidad total aumenta, siendo prácticamente nula la microporosidad y abundante la microporosidad. (Federación Nacional de Cafeteros, 2014)

**Humedad:** Desde el punto de vista agrícola, el agua es esencial para el crecimiento de las plantas, no solo por su participación en los procesos fisiológicos, sino por la capacidad que tiene de disolver los nutrientes del suelo. Existen 4 formas de organización del agua dentro del suelo. 1) *Agua libre o gravitacional*, que se mueve a causa de la gravedad infiltrándose por los macroporos hasta los horizontes inferiores del suelo, se encuentra por encima de la capacidad de campo por lo que no es asimilable por la planta. 2) *Agua capilar*, que se encuentra en una capa gruesa que rodea las partículas de suelo y es utilizada por las plantas en la absorción de agua y los nutrientes disueltos en ella. 3) *Agua higroscópica*, ligada a las acillas y el humus (materia orgánica del suelo), no es utilizable por las plantas, pero define en ciertos casos la permeabilidad del suelo. Y 4) *Agua de constitución*, ligada químicamente a las diferentes estructurales minerales y húmicas del suelo. (Universidad de Caldas, 2011)

**Densidad:** En términos generales la densidad puede ser definida como la relación existente entre la masa y el volumen de los cuerpos. Por sus características en el suelo se reconocen dos formas de densidad. La *densidad real* y la *densidad aparente*. La densidad real es la relación entre la masa de las partículas del suelo y su volumen, pero sin tener en cuenta el espacio poroso entre ellas. La densidad real para suelos arenosos o arcillosos con muy poca materia orgánica puede fluctuar entre 2,5 y 2,6 g/cc, en suelos con alto contenido de hierro puede presentar valores de 2.7 g/cc. (Ramirez C, 1997)

La densidad aparente es la relación entre la masa de suelo y el volumen que ocupa sin perturbación alguna, es decir teniendo en cuenta el espacio poroso. Los suelos en regiones planas suelen tener densidades aparentes entre 1,2 y 1,95 g/cc, aun cuando para prevenir problemas de compactación lo ideal es evitar suelos con densidades aparentes mayores a 1,6 g/cc. (Ramirez C, 1997).

## PROPIEDADES QUÍMICAS

**Fracción coloidal y no coloidal:** Se suele dividir el suelo en dos fracciones en atención al tamaño de partícula y la implicación que tiene este aspecto sobre la composición del suelo respecto de su reacción frente a los agentes externos. La fracción coloidal está conformada esencialmente por las arcillas de naturaleza eléctrica (cargadas positiva y negativamente) y gran superficie externa por unidad de masa, lo que les confiere ciertas características asociadas con el comportamiento del agua en el sistema suelo-planta-

atmósfera, la formación de agregados, la estabilidad estructural y la retención de nutrientes. (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

La fracción no coloidal en cambio la conforman los minerales primarios, alterados solo parcialmente y representados por los limos, las arenas y las gravas en el suelo. Los minerales primarios más abundantes en el suelo son el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y los feldespatos de Na, K y Ca. Otros minerales primarios como las micas, los piroxenos, anfíboles, olivinos, hidróxidos, carbonatos, sulfatos, sulfuros y fosfatos, se encuentran en menor proporción en los suelos. (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

**Capacidad de intercambio catiónico:** Los cambios iónicos en el suelo se deben a procesos reversibles en virtud de los cuales la fase sólida absorbe los iones liberados por la fase acuosa, esto causado por los desequilibrios eléctricos fruto de reacciones químicas de las partículas en el suelo. Los principales componentes del suelo que pueden liberar cationes son las arcillas y la materia orgánica mineralizada. La capacidad para intercambiar cationes depende por tanto del tamaño de las partículas del suelo y de su naturaleza química. (Universidad de Caldas, 2011). La tabla 5.1 relaciona valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) para diversos materiales.

**Tabla 5.1** CIC de materiales comunes. Tomado de (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

| TIPO DE MATERIAL     | CIC, meq/100g |
|----------------------|---------------|
| Cuarzo y feldespatos | 1 – 2         |
| Óxidos de Fe y Al    | 4             |
| Caolinita            | 3 – 15        |
| Ilita y clorita      | 10 – 40       |
| Monmorillonita       | 80 – 50       |
| Vermiculita          | 100 – 160     |
| Materia orgánica     | 300 – 500     |

**Potencial de hidrógeno (pH):** Es quizás la propiedad química más importante del suelo ya que interviene de manera directa en la disponibilidad de nutrientes en las plantas, pues define la solubilidad de éstos en el suelo y la actividad de los microorganismos responsables de la mineralización de la materia orgánica. Además definen otros aspectos como el contenido de iones contaminantes, la CIC y muchas otras propiedades que definen en buena medida la fertilidad del suelo. (Ramirez C, 1997).

Desde el punto de vista de la composición el pH también tiene importante influencia sobre muchos fenómenos en el suelo. El pH muy ácido provoca una intensa alteración de los minerales y la estructura se vuelve inestable. El pH alcalino se produce la dispersión de la arcilla, destruyendo la estructura y dando origen a alteración de las propiedades físicas. El pH también tiene influencia sobre la asimilación de los nutrientes, bloqueándose en medios ácidos o alcalinos dependiendo del nutriente. Los valores

ideales de pH que favorecen el crecimiento vegetal oscilan entre 6.5 y 7 (Universidad de Caldas, 2011).

## PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La presencia de vida en el suelo es un indicador inequívoco de su calidad, los organismos vegetales tienen una relación cercana de interdependencia con el suelo, pues este es el sustrato sobre el cual se desarrollan y las plantas a su vez participan de manera activa en el ciclo de los elementos básicos del suelo (Universidad de Caldas, 2011).

Los organismos del suelo se pueden clasificar en función de su tamaño, *Microfauna* (menos de 200  $\mu\text{m}$ ), *Mesofauna* (entre 200  $\mu\text{m}$  y 6 mm) y *Macrofauna* (más de 6mm). Esta última clasificación será la que se acogerá para este trabajo. (Jaramillo J., 2002).

La Microfauna está integrada en su mayoría por organismos protistas, participantes esenciales de la degradación de la materia orgánica, son la forma de vida más abundante del suelo y se encargan de convertir químicamente los compuestos a sus formas asimilables por las plantas. Los hay saprofitos, heterótrofos y autótrofos. La Mesofauna tiene como representantes característicos a los nematodos responsables de múltiples cambios físicos y químicos. (Ramírez C, 1997).

La Macrofauna agrupa a todos los organismos que son observables a simple vista, realizan principalmente cambios físicos en el suelo, aunque algunos como la lombriz de tierra por ejemplo, son importantes en el proceso de humificación. Pueden ser: vertebrados que tienen relación directa con el suelo y que son de vida silvestre. Invertebrados, entre los que se encuentran moluscos como el caracol y las babosas, anélidos como la lombriz de tierra, onicóforos como la oruga, artrópodos como los crustáceos, insectos y miriápodos. (Ramírez C, 1997).

## MUESTREO DE SUELOS

Una muestra de suelo se define como aquella cantidad de suelo que está compuesta por múltiples porciones de igual tamaño (submuestras) obtenidas en distintos puntos del área seleccionada para estudio, lo que le confiere a la muestra homogeneidad en las propiedades con el fin de poder realizar análisis confiables. (Bernier Villarroel, 2007).

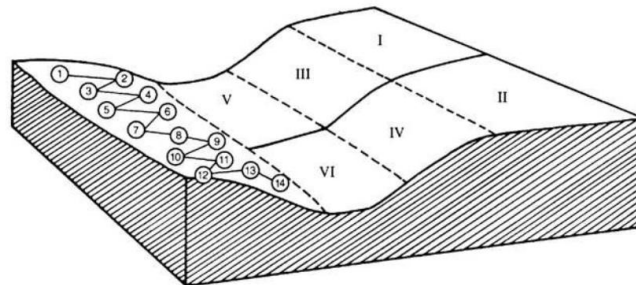
De acuerdo con Schoeneberger et al., (2002) existen dos tipos de muestreo de suelos, el *muestreo de referencia*, que tiene por objeto determinar una sola característica puntual (pH por ejemplo) por lo que la muestra se puede coleccionar solo de un único punto de referencia en el lote estudiado y en la capa del perfil más adecuado. El *muestreo de caracterización* en cambio requiere el análisis completo de todas las propiedades

apreciables en un suelo y puede tener lugar en la totalidad del lote o en el perfil completo del suelo objeto de estudio.

Independientemente de su tipo, cada muestra de suelo obtenida debe ser representativa del campo estudiado. La muestra debe tener en cuenta entonces las diferencias en cuanto a posición topográfica (zonas altas, laderas, zonas bajas), tipo de suelo, grado de erosión, manejo anterior (incluyendo antigüedad en el uso del lote, cultivos y fertilizaciones anteriores o cualquier otro factor que pueda modificar la disponibilidad de nutrientes). (Universidad de la Republica. Uruguay, 2004)

El paso previo para realizar un muestreo es la delimitación del lote en las zonas de muestreo, las zonas delimitadas pueden o no coincidir con las divisiones existentes en el predio. El área a dividir y el tamaño de las muestras debe corresponder con el plan de fertilizaciones. Siempre es conveniente realizar un croquis de las zonas delimitadas como se muestra en la figura 5.6

**Figura 5.6** Delimitación de zonas de muestreo de suelo. Tomado de (Universidad de la Republica. Uruguay, 2004)



Finalmente a la hora de realizar un muestreo es importante evitar lugares de poca extensión o que sean objeto de intervención antrópica permanente como los alambrados, canales, caminos, fogatas, o depósitos de fertilizantes o estiércol. Igualmente para el caso de bosques o cultivos frutales es conveniente tomar muestras tanto debajo de la copa de los arboles como entre ellos (Federación Nacional de Cafeteros, 2014).

## PLAN DE TRABAJO PARA LA CAJA DIDÁCTICA

Para la aplicación de la caja didáctica el docente en compañía de los estudiantes selecciona zonas de interés dentro del municipio que por sus condiciones naturales y por los fenómenos de intervención de la actividad humana o alteraciones de orden natural puedan resultar de interés para el estudio de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en la ubicación seleccionada.

La aplicación de la caja didáctica inicia con la visita a la zona de estudio en donde se llevara a cabo el análisis de las propiedades de suelo, al llegar al lugar cada grupo de estudiantes debe levantar un sencillo croquis de la zona de estudio que sirva como guía

para la caracterización y la definición del muestreo que se realizará posteriormente, Para este ejercicio se cuenta como herramienta con la ficha incluida en el Anexo A

## FASE DE TRABAJO DE CAMPO

Una vez finalizada la caracterización de la zona seleccionada para el estudio, se procede a la aplicación de las pruebas incluidas dentro de la caja para cada una de las propiedades del suelo objeto de estudio. A continuación se procede a la explicación detallada de las actividades y pruebas que tienen desarrollo en el sitio de la práctica.

## TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

### ACTIVIDAD 1.TEXTURA

**Materiales:** Muestra de suelo, clave para la descripción de textura de suelos por prueba manual (Anexo D) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C)

**Descripción de la Actividad:** El ejercicio consiste en la obtención de una muestra superficial de suelo, se realiza un proceso de amasado tomando nota de la descripción de la muestra a nivel del tacto y completando el ejercicio con la formación de cilindros alargados de suelo, para finalmente hacer el intento de dar forma a un anillo perfectamente cerrado. En función de la capacidad o no de la muestra para completar el ejercicio, el estudiante está en capacidad emitir un concepto sobre la clase textural a la que pertenece el suelo.

**Figura 5.7** Determinación al tacto de la clase textural. Fuente Autor



Finalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo, teniendo en cuenta el diagnóstico realizado en la caracterización del área de estudio para determinar el número de las submuestras y el trazado de las mismas. Se hace finalmente la rotulación

y el almacenamiento de la muestra de acuerdo al formato establecido (Anexo B) para los posteriores análisis en el laboratorio relacionados con la textura.

**Resultados.** Cada grupo de estudiantes realizará una breve descripción de tipo cualitativa sobre los hallazgos realizados en el respectivo espacio dispuesto en el Anexo C y tomando en cuenta la clave del Anexo D y usando de lenguaje técnico para la descripción. Debe quedar explícito el concepto del grupo sobre la clase textural a la que pertenece la muestra.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Cuál fue la sensación en la mano al manipular la muestra de suelo?
- ¿Al observar las partículas de suelo que puede decirnos de su tamaño?
- ¿Si el tamaño de las partículas aumenta, es más fácil o más difícil moldear figuras con la muestra de suelo analizada?

## ACTIVIDAD 2. HUMEDAD

**Materiales:** Muestra de suelo, Clave para la descripción de textura de suelos por prueba manual (Anexo D) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C)

**Descripción de la Actividad.** El ejercicio inicia con la obtención de una muestra superficial de suelo, se realiza posteriormente un amasado del suelo tomando nota de la descripción sensorial a nivel del tacto, poniendo énfasis en la descripción del efecto de la humedad sobre la sensación presentada al manipular la muestra e intentar hacer con ella una esfera.

**Figura 5.8** Determinación al tacto de la humedad del suelo. Fuente Autor



**Resultados:** Cada grupo de estudiantes realizará una breve descripción de tipo cualitativa sobre los hallazgos realizados en el respectivo espacio dispuesto en el Anexo C

C y tomando en cuenta la clave del Anexo D y usando lenguaje técnico para la descripción.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Considera usted que en todas las muestras de suelo podemos encontrar agua?
- ¿Aumenta o disminuye la sensación de humedad al intentar hacer una esfera con la muestra de suelo? ¿A qué cree que se debe éste fenómeno?
- ¿Qué relación cree que existe entre el tamaño de las partículas en el suelo y la humedad presente en el mismo?

### ACTIVIDAD 3. POROSIDAD

**Materiales:** Anillo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 10 centímetros de altura, cronómetro, un litro de agua, bolsa de polietileno resellable para muestras de suelo, formato para identificación y caracterización de muestras de suelos (Anexo B) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Este es un ensayo semicuantitativo, en el que se entierra el anillo de PVC hasta la mitad de su altura sobre una ubicación seleccionada, que sea idealmente plana y uniforme. Se procede a depositar agua sobre el anillo hasta que el nivel del mismo quede al ras con el borde superior del anillo. Se toma registro del tiempo de infiltración de la totalidad del agua en el suelo. El ejercicio se realiza por triplicado para obtener un dato experimental confiable. Finalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra en la actividad 1, anotando que el destino de la muestra es el análisis de porosidad.

**Figura 5.9** Determinación en campo de la porosidad del suelo. Fuente Autor



**Resultados:** Lo datos del tiempo de infiltración deben ser registrados en el respectivo espacio del Anexo C para cada uno de los tres ensayos realizados. En caso de que la infiltración del agua no se complete durante un tiempo prudencial de 5 minutos se debe catalogar el suelo como *impermeable* o *parcialmente impermeable* según la cantidad de agua que falte por filtrar.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Cuál cree usted que es el principal factor que influye para que el agua se demore más o menos tiempo en infiltrarse en el suelo?
- ¿Cómo considera que influye el tamaño de partícula del suelo en la velocidad de infiltración?
- ¿Qué definición puede dar a partir de lo que está observando de la porosidad del suelo?
- ¿Qué relación existe entre la clase textural y la porosidad del suelo?

#### **ACTIVIDAD 4. DENSIDAD APARENTE**

**Materiales:** Anillo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 10 centímetros de altura, martillo o mazo, trozo de madera, espátula metálica, bolsa de polietileno resellable para muestras de suelo, formato para identificación y caracterización de muestras de suelos (Anexo B) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Aunque la densidad aparente se determina íntegramente por procedimiento de laboratorio, la toma de muestra en campo se debe hacer siguiendo un protocolo particular. El procedimiento consiste en fijar cuidadosa pero firmemente el anillo de PVC sobre una superficie idealmente plana y uniforme de suelo, clavando con el martillo y el soporte de madera, hasta que el nivel del suelo quede al ras con el borde del anillo. Posteriormente se retira el exceso de suelo en los costados del anillo con la espátula metálica y se retira del lugar cuidando de mantener todo el contenido de muestra al interior del anillo, retirando nuevamente el exceso y guardando en la respectiva bolsa resellable y rotulando la misma de acuerdo al formato establecido (Anexo B)

**Figura 5.10** Prueba de campo densidad aparente. Tomado de (Barbadillo & Perez, 2005)





**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Considera usted que es posible determinar el volumen de la muestra de suelo obtenida? ¿Cómo lo haría?
- ¿De qué manera podría usted determinar la masa de la muestra de suelo que tomó?
- ¿Conociendo estos valores, como puede determinar la densidad aparente de la muestra de suelo?

## **TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

### **ACTIVIDAD 6. PRESENCIA DE CARBONATOS**

**Materiales:** Muestra de suelo, tubo de ensayo, solución de HCl al 10% y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** La presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en el suelo se determina mediante un ensayo cualitativo poniendo en un tubo de ensayo una muestra homogénea de suelo y adicionando 5 gotas de HCl al 10% tomando nota de la reacción de efervescencia registrada sobre la muestra.

**Resultados:** Cada grupo de estudiantes realizará una breve descripción de tipo cualitativa sobre los hallazgos realizados en el respectivo espacio dispuesto en el Anexo C y tomando en cuenta la clave del Anexo D usando lenguaje técnico para la descripción.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Por qué cree que se produce la reacción de efervescencia al poner en contacto la muestra de suelo con el ácido?
- ¿Qué me indica la intensidad de la efervescencia sobre la composición mineral del suelo?
- ¿Cómo se relaciona la composición mineral de la muestra con la composición de las rocas originarias del suelo estudiado?

### **ACTIVIDAD 7. POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

**Materiales:** Muestra de suelo, tubo de ensayo, indicador casero producido por cocción de repollo morado, bolsa de polietileno resellable para muestras de suelo, formato para identificación y caracterización de muestras de suelos (Anexo B) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** La determinación del pH de las muestras de suelo se determina por un procedimiento cualitativo con un indicador casero elaborado con repollo morado el cual se coloca en contacto con la muestra de suelo en un tubo de ensayo y se

determina el valor dentro de la escala de pH comparando con un patrón de colores como el siguiente:

**Figura 5.11** Clave para la determinación del pH en el suelo. Tomado de <http://blog.alkalinecare.com/2013/06/24/sabes-cuan-acido-estas-maneras-de-saberlo/>



Adicionalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1 y rotulando con destino al análisis de pH en el laboratorio.

**Resultados:** Para esta actividad es muy importante además de registrar el valor en la escala de pH en el apartado correspondiente del Anexo C, hacer una descripción cualitativa de la coloración obtenida y de los cambios presentados en la muestra al reaccionar con el indicador casero.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Qué cree usted que provoca el cambio en la coloración del indicador al entrar en contacto con la muestra de suelo?
- ¿Cómo se relaciona el pH de la muestra del suelo con la composición mineral del mismo?
- ¿Qué factores podrían hacer que el pH del suelo cambiara? ¿Cree usted que la actividad del hombre podría alterar el pH del suelo?

## **ACTIVIDAD 8. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)**

**Materiales:** Bolsa de polietileno resellable para muestras de suelo y formato para identificación y caracterización de muestras de suelos (Anexo B).

**Descripción de la Actividad:** Para el caso de la Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) el procedimiento requiere ser realizado íntegramente en el laboratorio, no obstante es preciso recordar que se debe realizar la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1, siendo cuidadosos al rotular la muestra destinándola a la prueba correspondiente

## TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

### ACTIVIDAD 9. IDENTIFICACIÓN DE FAUNA HIPOGEA

**Materiales:** Anillo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 10 centímetros de altura, cronómetro, un litro de agua, bolsa plástica para impermeabilización de la trampa, lupa, bolsa de polietileno resellable para muestras de suelo, formato para identificación y caracterización de muestras de suelos (Anexo B) y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** El procedimiento en campo para la identificación de fauna hipogea consiste en usar un anillo de PVC en la creación de una trampa, enterrando el anillo en el suelo e impermeabilizando con plástico el fondo del mismo. Posteriormente se llena de agua para completar la trampa que aprovecha el movimiento natural de la Macrofauna y Mesofauna para atrapar especímenes y realizar observaciones con ayuda de la lupa.

**Figura 5.12** Trampa de agua para la captura de Macrofauna y Mesofauna.  
Fuente: autor



Adicionalmente se realiza la toma de una muestra compuesta del suelo siguiendo el proceso análogo al de la muestra obtenida en la actividad 1 y rotulando con destino al análisis de pH en el laboratorio.

**Resultados:** Después de realizada la captura de los especímenes de Macrofauna y Mesofauna, se procede a realizar una descripción pictográfica de los mismos teniendo especial atención en los detalles observables con la lupa usada y registrando las observaciones en el espacio correspondiente del Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Considera usted que la presencia de vida abundante y variada en el suelo puede ser un indicador de la calidad del mismo?
- ¿Qué papel cree que cumplen las especies encontradas dentro de las funciones biológicas del suelo?

## **ACTIVIDAD 10. ACTIVIDAD DE MATERIA ORGANICA**

**Materiales:** Muestra de suelo, tubo de ensayo, solución de peróxido de hidrógeno comercial y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** La presencia de materia orgánica en el suelo se determina mediante un ensayo cualitativo poniendo en un tubo de ensayo una muestra homogénea de suelo y adicionando 5 gotas de peróxido de hidrogeno comercial, tomando nota de la reacción de efervescencia registrada sobre la muestra.

**Resultados:** Una vez finalizada la práctica cada grupo de estudiantes realizará una breve descripción de tipo cualitativa sobre los hallazgos realizados en el respectivo espacio dispuesto en el Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Qué conclusión puede usted sacar a partir de la intensidad con la que ocurre la efervescencia de la muestra al entrar en contacto con el peróxido?
- ¿Qué consecuencia tiene sobre la aptitud de uso de suelo la presencia de materia orgánica?
- ¿Cuál es el origen de la materia orgánica presente en el suelo?

## **FASE DE TRABAJO EN EL LABORATORIO**

Una vez finalizada la toma de las muestras de suelo y la aplicación de las pruebas de campo, se procede con el almacenamiento y transporte de las muestras de suelo hasta el laboratorio, en donde se realizan las diferentes pruebas que correspondan a esta sección.

## **TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

### **ACTIVIDAD 11. TEXTURA**

**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, sistema de tamices granulométricos calibre 30 y 60 con cacerola y tapa, balanza digital, vasos plásticos, pirámide de clases texturales y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** En primera instancia se debe tomar una cantidad de aproximadamente 400g de muestra, se extiende en una superficie lisa y seca en donde sea expuesta a la acción directa del sol para eliminar parte de la humedad presente. Una vez seca la muestra es pesada para obtener el peso final sin humedad de la muestra. Se coloca en el sistema de tamices y se realiza la agitación vigorosa del mismo para separar granulométricamente el suelo en porciones de acuerdo al tamaño de partícula en arcillas, limos y arenas. Cada una de las porciones es pesada de manera individual y separada en un vaso plástico cada una para su comparación visual.

**Figura 5.13** Sistema de tamices para análisis granulométrico de suelos.  
(Barbadillo & Perez, 2005)



**Resultados:** Una vez realizado el análisis granulométrico se registra el peso de cada una de las porciones obtenidas y se realiza el cálculo en términos de porcentaje de cada fracción de suelo. Finalmente se procede a hallar mediante la pirámide de clases texturales (figura 5.15) la denominación para la clase textural y se reportan los datos en la respectiva ficha de toma de datos (Anexo C).

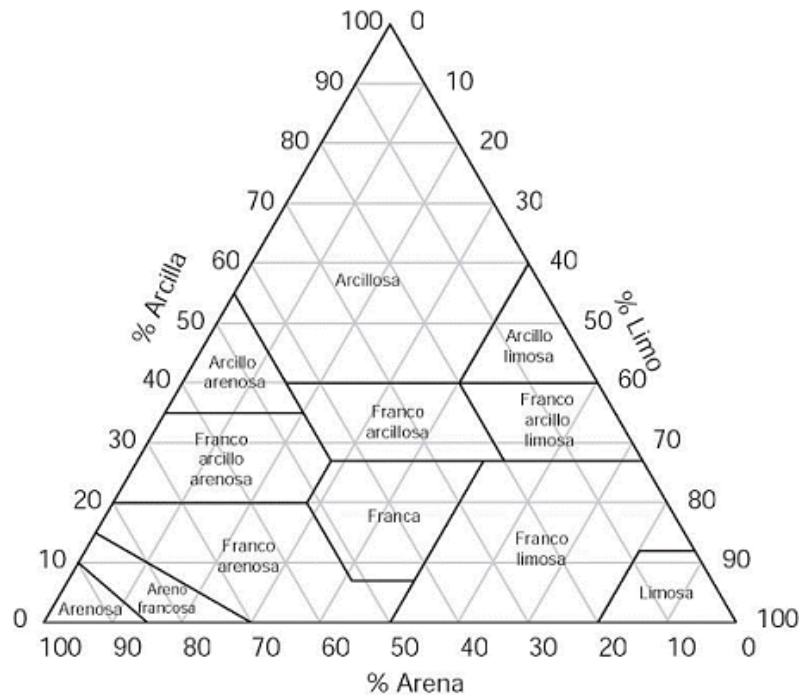
**Figura 5.14** Diferencias en las fracciones de suelo. Fuente: Autor



**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿Coinciden los resultados del análisis sensorial realizado en la actividad 1 con la granulometría realizada?
- Observe las diferentes fracciones del suelo en los vasos plásticos y diga cuales son las diferencias que presentan entre ellas
- ¿Qué características cree usted que le aporta al suelo cada una de las fracciones separadas?
- ¿Cuáles cree usted que pueden ser lo posibles usos del suelo estudiado de acuerdo con la clase textural encontrada?.

**Figura 5.15** Triangulo de clases texturales. Tomado de <https://www.agromatica.es/textura-del-suelo/>



## ACTIVIDAD 12. POROSIDAD

**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, probeta graduada de 1000 mL de capacidad, probeta graduada de 100 mL de capacidad, cronómetro, cinta métrica y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Para el análisis en laboratorio de la porosidad se realiza una prueba semicuantitativa. El montaje consiste en una probeta graduada de 1000 mL en cuyo interior se deposita un volumen determinado de suelo y al que se le adiciona un volumen fijo de agua medido con la probeta de 100 mL. El dato que se registra es el del tiempo que tarda la infiltración de toda el agua en la muestra de suelo, así como la medición aparente del nivel de infiltración máximo del agua en el suelo (hasta donde se evidencia la humedad del suelo) el cual se determina en centímetros (cm) con una cinta métrica.

**Figura 5.16** Determinación semicuantitativa de la porosidad del suelo. Fuente: Autor



**Resultados:** Los datos tanto del tiempo de infiltración como del nivel aparente de infiltración (en cm) deben ser registrados en el respectivo espacio del Anexo C. En caso de que la infiltración del agua no se complete durante un tiempo prudencial de 5 minutos se debe catalogar el suelo como *impermeable* o *parcialmente impermeable* según el respectivo nivel de infiltración alcanzado.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad

- ¿De qué depende que la velocidad de infiltración sea mayor o menor?
- ¿Por qué cree usted que el nivel aparente de infiltración es mayor en algunas zonas de la probeta que en otras?
- ¿Cómo considera que influye el tamaño de partícula del suelo en la velocidad y el nivel aparente de infiltración?

### **ACTIVIDAD 13. DENSIDAD APARENTE**

**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, balanza digital, cinta métrica y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** En primera instancia se debe hacer el cálculo del volumen de la muestra obtenida para el cálculo de la densidad aparente, para esto se debe medir el diámetro interno del anillo de PVC y su altura, el volumen interno del anillo es equivalente al volumen de la muestra de suelo.

**Figura 5.17** Calculo de volumen interno del anillo de PVC. Fuente: Autor



Posteriormente con ayuda de la balanza digital se establece el peso de la muestra y finalmente a través de un cálculo matemático, y conociendo la masa y el volumen se determina la densidad aparente de la muestra.

**Resultados:** Lo datos tanto del volumen, como de la masa y la densidad aparente de la muestra, deben ser registrados en el respectivo espacio del Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad.

- ¿Cómo cree usted que se relaciona la densidad del suelo la clase textural a la que pertenece la muestra de suelo?
- ¿Qué factores cree usted que intervienen para que la densidad del suelo sea mayor o menor?
- ¿Cómo cree usted que se afecta el crecimiento de las plantas con el aumento en la densidad del suelo?

## **TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

### **ACTIVIDAD 14. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

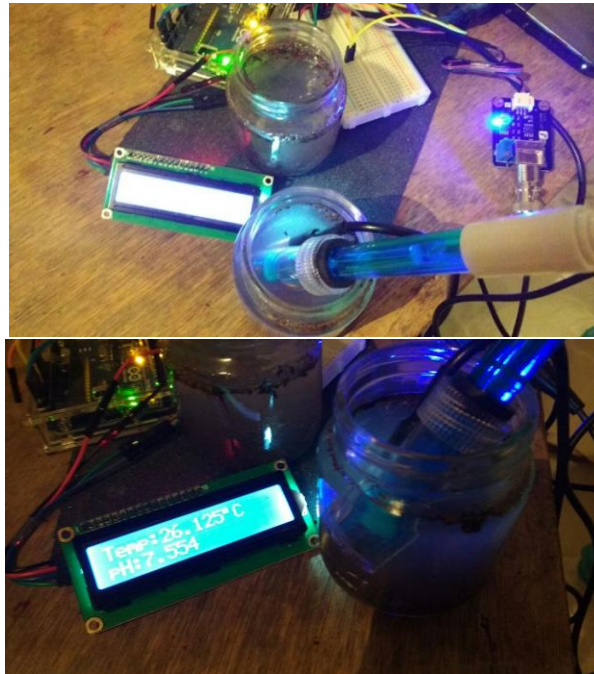
**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, sensor analógico para pH comercial, placa Arduino UNO, conversor analógico – digital BNC, display LCD, protoboard, cables para conexión, soluciones tampón comerciales pH 4 y 7, vaso o frasco de vidrio, agua destilada y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Para la medición del pH primero se debe realizar la configuración del potenciómetro. Este consta de un sensor analógico comercial acoplado mediante un circuito de protoborad a una placa Arduino UNO con el respectivo conversor



analógico-digital BNC. Como dispositivo de salida se debe usar display LCD 1602 también conectado al microprocesador.

**Figura 5.18** Montaje potenciómetro acoplado a Arduino. Fuente: autor



Para la medición propiamente dicha se debe realizar primero una calibración del sensor con ayuda de soluciones tampón comercial de pH 4 y 7. Para el análisis de las muestras se preparan soluciones acuosas en los frascos de vidrio con la misma concentración en relación de peso/volumen para cada uno de los ensayos realizados. La medición se hace por inmersión del sensor en cada solución acuosa estudiada, teniendo en cuenta realizar siempre el lavado del sensor con agua destilada.

**Figura 5.19** Medición del pH en muestras de suelo. Fuente: autor.



**Resultados:** El dato de pH obtenido por el sensor debe ser registrado en el respectivo espacio del Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad.

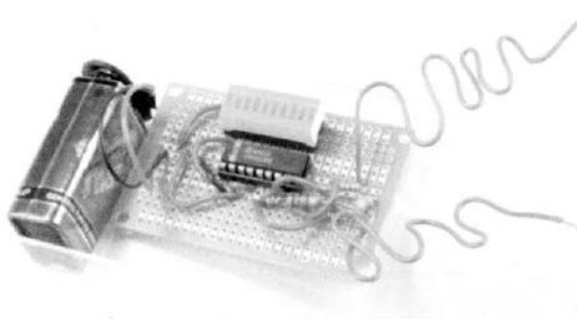
- ¿Coinciden los resultados obtenidos en el laboratorio con los obtenidos en campo?
- ¿Cómo se relaciona el pH de la muestra del suelo con la composición mineral del mismo?
- ¿Qué factores podrían hacer que el pH del suelo cambiara?
- ¿Cree usted que las actividades que realiza el hombre podrían alterar el pH del suelo?
- ¿Cómo afectarían los cambios en el pH del suelo a la vida animal y vegetal que vive en él?

### **ACTIVIDAD 15. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CIC)**

**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, conductímetro semicuantitativo, vaso o frasco de vidrio, y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Para el análisis de la Capacidad de Intercambio Iónico se realiza la medición de la conductimetría de soluciones acuosas de suelo como una medida indirecta del CIC. Para este efecto se hará uso de un conductímetro semicuantitativo construido algunas con modificaciones siguiendo al procedimiento propuesto por Zawacky (1995), el cual indica cambios en la conductimetría por medio de una escala de luces led.

**Figura 5.20** Conductímetro semicuantitativo propuesto por (Zawacky, 1995).



Para la medición de la conductividad propiamente dicha se preparan soluciones acuosas en los frascos de vidrio con la misma concentración en relación de peso/volumen para cada uno de los ensayos realizados. La medición se hace por inmersión del sensor en

cada solución acuosa estudiada, teniendo en cuenta realizar siempre el lavado del sensor con agua destilada.

**Resultados:** El dato de conductimetría obtenido por el sensor debe ser registrado en el respectivo espacio del Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad.

- ¿Cómo se relaciona la conductimetría en la solución acuosa de suelo con la CIC de la muestra?.
- ¿De dónde provienen los iones que reaccionan en la solución acuosa del suelo?.
- ¿Qué importancia tiene conocer la CIC para determinar la aptitud de uso de una muestra de suelo?.

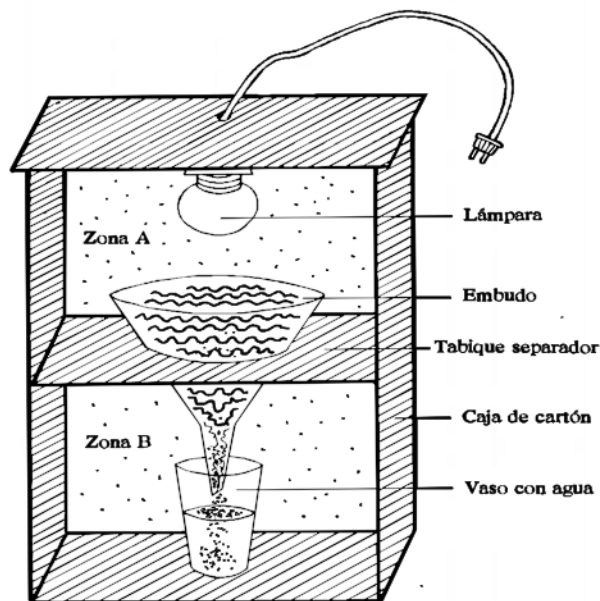
## TRABAJOS PRACTICOS PARA EL ANALISIS DE LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

### ACTIVIDAD 16. IDENTIFICACIÓN DE FAUNA HIPOGEA

**Materiales:** Muestra de suelo rotulada para este fin, sistema Vernet para identificación de Fauna Hipogea, microscopio óptico, gotero, portaobjetos y formato para recolección de datos sobre muestras de suelo (Anexo C).

**Descripción de la Actividad:** Para la separación de la fauna hipogea, es necesario construir un dispositivo de Vernet, como el de la siguiente figura:

**Figura 5.21** Sistema Vernet para recolección de fauna hipogea. Tomado de (Barbadillo & Perez, 2005).



El embudo del dispositivo se llena de suelo, cerrándose la caja con la tapadera y poniendo en funcionamiento la lámpara. Transcurridas unas horas se abre la caja, recogiendo con un gotero y un portaobjetos limpio las partículas sobrenadantes del vaso con agua. Este portaobjetos se coloca en el microscopio y se observa a pequeño aumento.

**Resultados:** Después de realizada la captura y observación al microscopio de los especímenes de Microfauna, se procede a realizar una descripción pictográfica de los mismos teniendo especial atención en los detalles observables y registrando las observaciones en el espacio correspondiente del Anexo C.

**Cuestionario:** El docente debe formular a los estudiantes las siguientes preguntas en el marco del desarrollo de la actividad.

- ¿Qué importancia tienen los microorganismos observados en los procesos que ocurren en el suelo?.
- ¿Qué sucede con la materia orgánica al entrar en contacto con los microorganismos del suelo?.
- ¿Cree usted que sería posible para el suelo formarse y soportar la vida, sino existieran los microorganismos del suelo?.

## 6. Conclusiones

- La mayor dificultad que presentan los estudiantes en la comprensión de los conceptos de la Ciencia del Suelo, son los relacionados con los procesos pedogenéticos y su influencia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Los trabajos prácticos representan una opción pedagógica y didáctica de gran aplicabilidad en la enseñanza de los conceptos más importantes de la Ciencia del suelo. Motivan el interés de los estudiantes y generan espacios de formación tanto en los conceptos, como en las técnicas y prácticas de estudio propios de la Ciencia del suelo.
- La estrategia didáctica diseñada en este trabajo puede ser aplicada como parte del desarrollo curricular en múltiples contextos de aprendizaje para educación media, técnica, tecnológica y profesional.
- La Cartilla didáctica diseñada se constituye en una herramienta que puede ser usada por docentes y estudiantes en diversos escenarios de formación.

## 7. Recomendaciones

- Se debe continuar con la parametrización en los aspectos técnicos de los trabajos prácticos incluidos en la caja didáctica, pero también respecto de las implicaciones didácticas y pedagógicas que tiene el uso de estas herramientas en un ambiente de aprendizaje.
- La estrategia didáctica debe continuar siendo enriquecida con nuevas herramientas y nuevos trabajos prácticos que permitan abordar el estudio del suelo y sus propiedades desde otras perspectivas que pudieran complementar las que fueron objeto de estudio en este trabajo.
- La estrategia didáctica debe ser incluida como parte activa y como herramienta de enseñanza y aprendizaje en el diseño curricular del área técnica en la Institución Educativa Técnica Ambiental Soledad Medina, de forma tal que sirva para que cualquier docente que asuma el desarrollo temático de la competencia propuesta o alguna similar que sea trabajada en el futuro, pueda usar esta herramienta como un insumo fundamental para su planeación pedagógica.

## 8. Bibliografía

- Barbadillo, L. J., & Perez, C. (2005). *Taller de Suelos. Cuaderno del Alumno*. Recuperado el 17 de Agosto de 2017, de [http://www.educacion.es/exteriores/centros/elpilar/es/pdf/suelos/suelos\\_cuaderno\\_alumno.pdf](http://www.educacion.es/exteriores/centros/elpilar/es/pdf/suelos/suelos_cuaderno_alumno.pdf)
- Barberá, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 14(3), 365 - 379.
- Barrios, A. (2017). *LA EDAFOLOGIA: ORIGEN, DESARROLLO Y CONCEPTOS*. Recuperado el 22 de marzo de 2017, de CURSO SUPERIOR DE GEOGRAFIA: <http://www.ingeba.org/liburua/cursosup/barrios/barrios.htm>
- Bernier Villarroel, R. (2007). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Biblioteca Digital*. Recuperado el 9 de marzo de 2018, de Técnicas de muestreo de suelos para análisis de fertilidad: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25010.pdf>
- Bolcatto, P. (2014). Muestra itinerante e interactiva de ciencias: la experiencia de la caja de herramientas. *ConCIENCIA*, 16 - 19.
- Cardona, M., Macías, J. F., & Suescún, P. A. (2008). *La educación para el trabajo de jóvenes en Colombia, ¿mecanismo de inserción laboral y equidad?* Fundación Carolina.
- Casanova, E. F. (2005). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- Casas Flores, R. (2011). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Díaz-Fierro, F. (2011). *La ciencia del suelo. historia, concepto y método*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Campus Vida.
- DNP, D. N. (2004). Consolidación del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo en Colombia. *CONPES 81*.
- Duque-Escobar, G. (2017). *Manual de Geología para Ingenieros*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma.
- Federación Nacional de Cafeteros. (2014). Aula Virtual Cafetera. *Suelo. Definición y Formación*. Recuperado el 13 de Marzo de 2017

- Fernandez, N. E. (2013). Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 15 - 30.
- Gonzalez Carcedo, S. (26 de Abril de 2007). *HISTORIA DE LA CIENCIA DEL SUELO*. Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de <http://geotecnia-sor.blogspot.com.co/2012/02/historia-de-la-geotecnia-historia-de-la.html>
- Hernández, C. A. (11 de Octubre de 2005). *¿Qué son las "Competencias Científicas"?* Obtenido de [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/articles-89416\\_archivo\\_5.pdf](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/articles-89416_archivo_5.pdf)
- Jaramillo J., D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Leighton, W. L. (2010). *Suelos de Chile*. Santiago: MAVAL.
- Martinez Rodriguez, J. (2011). MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. *SILOGISMOS DE INVESTIGACIÓN*, 8(1).
- MEN. (2009). *Orientaciones para la articulación de la educación media*. Bogota. : Documento de trabajo. Primera Versión.
- MEN. (2010). *Lineamientos para la articulación de la Educacion Media*. Bogotá: Documento de trabajo.
- Molina, M. F., Palomeque, L. A., & Carriazo, J. G. (2016). Experiencias en la enseñanza de la química con el uso de kits de laboratorio. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 76 - 81 .
- Monserrat, A. L. (2007). La geología y la imagen dinámica de las costas en la historia. *Epistemología e historia de la ciencia. Selección de trabajos de las XVII Jornadas. Volumen 13* (págs. 376 - 382). OCA. Centro de Conocimiento Abierto.
- Ortega, L. P., & Fernández, J. L. (s.f.). *Blog - IES Santiago Grisolfá - Cuenca*. Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de Biología y Geología: <https://luispablogo.wordpress.com/ctma-2o-vach/>
- Ortiz Silla, R. (2015). Síntesis de le evolución del conocimiento en Edafología. *Revista Eubacteria*(34).
- Ramirez C, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Bogotá: Convenio FENALCE - SENA - SAC.



- Rebollo, M., Prieto, T., & Brero, V. (2005). Aproximación a la historia y epistemología del concepto de suelo: Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*(Numero Extra).
- Schwartz, S., & Pollishuke, M. (1995). *Aprendizaje activo. Una organización de la clase centrada en el alumno*. Madrid: Narcea Ediciones.
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física*. Madrid: Pearson Educación S.A.,
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona: Reverté.
- UNESCO. (1975). *CARTA DE BELGRADO*. Programa Internacional de Educación Ambiental, Seminario Internacional de Educación Ambiental, Belgrado.
- UNESCO. (2001). Enseñanza y formación técnica y profesional en el siglo XXI. *19° sesión plenaria de la UNESCO. 2 de noviembre de 2001*.
- Universidad de Caldas. (2011). *Edafología 1*. Manizales: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.
- Universidad de la Republica. Uruguay. (2004). *Departamento de Suelos y Aguas. Universidad de la República. Uruguay*. Recuperado el 9 de marzo de 2018, de Muestreo de suelos y plantas para determinar necesidades de fertilización: [www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Muestreo.pdf](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Muestreo.pdf)
- Universidad de la Republica. Uruguay. (2004). *Departamento de Suelos y Aguas. Universidad de la República. Uruguay*. Recuperado el 9 de marzo de 2018, de Muestreo de suelos y plantas para determinar necesidades de fertilización: [www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Muestreo.pdf](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Muestreo.pdf)
- Valera, R. (2014). *Manual de Geología*. San Miguel de Tucumán: Centro de Investigaciones Geológicas. Universidad de la Plata.
- Varela-Losada, M., Pérez-Rodríguez, U., Álvarez-Lires, F., & Álvarez-Lires, M. (2014). Desarrollo de Competencias Docentes a partir de Metodologías Participativas Aplicadas a la Educación Ambiental. *Formación Universitaria*, 7(6), 27 - 36 . doi:10.4067/S0718-50062014000600004
- Wicander, R., & Monroe, J. S. (1999). *Funamentos de Geología*. Mexico D.F.: Thomson Learning.
- Zapata Hernández, R. D. (2002). *Química de los procesos pedogenéticos del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Zawacky, S. (1995). A Cheap, Semicuantitative Hand-Held Conductivity Tester. *Journal of Chemichal Education*, 728-729.

**ANEXO A. FORMATO PARA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UBICACIONES EN ANALISIS DE SUELOS**

|   |                  |  |                                     |
|---|------------------|--|-------------------------------------|
| <b>NOMBRE UBICACIÓN:</b>                  |                  |  |                                     |
| <b>MUNICIPIO:</b>                         |                  | <b>CORREGIMIENTO:</b>                      |                                     |
| <b>VEREDA O BARRIO:</b>                   |                  | <b>COORDENADAS:</b>                        |                                     |
| <b>LIMITES APARENTES DEL LOTE</b>         | <b>NORTE</b>     | <b>PUNTO PRINCIPAL DE REFERENCIA</b>       |                                     |
|   | <b>SUR</b>       | <b>OTROS PUNTOS DE REFERENCIA</b>          | <b>DISTANCIA AL PUNTO PRINCIPAL</b> |
|   | <b>ORIENTE</b>   |  |                                     |
|   | <b>OCCIDENTE</b> |  |                                     |
| <b>ALTERACIONES NATURALES EN EL SUELO</b> |                  | <b>ALTERACIONES ANTRÓPICAS EN EL SUELO</b> |                                     |
| <b>CROQUIS DEL LOTE</b>                   |                  |  |                                     |

**ANEXO B. FORMATO PARA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS**

|   |                                    |  |  |
|---|------------------------------------|--|--|
| <b>UBICACIÓN EN QUE FUE TOMADA LA MUESTRA</b> |                                    |  |  |
| <b>FECHA:</b>                                 |                                    | <b>HORA:</b>   |  |
| <b>DESTINO DE LA MUESTRA</b>                  |                                    | <b>CONDICIONES ESPECIALES DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE</b> |  |
| <b>MUESTRA COMPUESTA:</b>                     | <b>SI</b> _____<br><b>NO</b> _____ | <b>NUMERO DE SUBMUESTRAS</b>                                 |  |
| <b>TRAZADO PARA LA TOMA DE SUBMUESTRAS</b>    |                                    |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA MUESTRA</b>       |                                    |  |  |
|   |                                    |  |  |

**ANEXO C. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE MUESTRAS DE SUELO**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>UBICACIÓN EN QUE SE REALIZÓ EL ESTUDIO</b>                              |  |  |  |
| <b>FECHA</b>   |  | <b>HORA</b>                                  |  |
| <b><u>PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO</u></b>                                  |  |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LA TEXTURA DE LA MUESTRA</b>                             |  |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LA HUMEDAD DE LA MUESTRA</b>                             |  |  |  |
| <b>ANÁLISIS DE LA POROSIDAD DEL SUELO</b>                                  | <b>Tiempo de infiltración ensayo 1</b> | <b>Tiempo de infiltración ensayo 2</b>       | <b>tiempo de infiltración ensayo 3</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PRESENCIA DE CARBONATOS EN LA MUESTRA</b> |  |  |  |
| <b>pH MUESTRA</b>  |  | <b>DESCRIPCIÓN DE LA COLORACIÓN OBTENIDA</b> |  |
| <b>DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PRESENCIA DE CARBONATOS EN LA MUESTRA</b> |  |  |  |

**HALLAZGOS EN FAUNA HIPOGEA**

| <b>PRUEBAS REALIZADAS EN LABORATORIO</b>    |                                       |  |                                   |
|---|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>Peso de la fracción arcilla</b>          | <b>Peso de la fracción limo</b>       | <b>Peso de la fracción arena</b>       | <b>CLASE TEXTURAL DETERMINADA</b> |
| <b>Porcentaje de la fracción arcilla</b>    | <b>Porcentaje de la fracción limo</b> | <b>Porcentaje de la fracción arena</b> |                                   |
| <b>TIEMPO DE INFILTRACIÓN DE LA MUESTRA</b> |                                       | <b>NIVEL DE INFILTRACIÓN APARENTE</b>  |                                   |
| <b>VOLUMEN MUESTRA</b>                      | <b>PESO MUESTRA</b>                   | <b>DENSIDAD APARENTE DE LA MUESTRA</b> |                                   |
| <b>pH MUESTRA</b>                           |                                       |  |                                   |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>CONDUCTIVIDAD<br/>MUESTRA</b>  |  |
| <b>HALLAZGOS EN FAUNA HIPOGEA</b> |  |

## ANEXO D. CLAVES PARA LA DESCRIPCIÓN SENSORIAL DE SUELOS

### 1. CLAVE PARA LA DESCRIPCIÓN DE TEXTURA DE SUELOS POR PRUEBA MANUAL

|     |   |                           |                       | ~ %<br>arcilla |
|-----|---|---------------------------|-----------------------|----------------|
| 1.  | No es posible enrollar y formar un cordón o chorizo de un diámetro cercano a 7mm (como el diámetro de un lápiz)   |                           |                       |                |
| 1.1 | No ensucia, no es harinoso, no deja material fino en los dedos:   |                           |                       |                |
|     |   | arena                     | A                     | < 5            |
|     | • Si el tamaño de granos es mixto:  | arena no clasificada      | AN                    | < 5            |
|     | • Si la mayoría de granos son muy gruesos (> 0,6mm):  | arena muy gruesa y gruesa | AG                    | < 5            |
|     | • Si la mayoría de granos son de tamaño medio (0,2-0,6mm)   | arena media               | AM                    | < 5            |
|     | • Si la mayoría de granos son de tamaño fino (<0,2mm) pero aún granuloso:   | Arena fina                | AFi                   | < 5            |
|     | • Si la mayoría de granos son de tamaño muy fino (< 0,2mm),tendiendo a ser harinoso:  | Arena muy fina            | AMF                   | < 5            |
| 1.2 | No es harinoso, granuloso, material escasamente fino entre los dedos, débilmente moldeable , ligeramente adhesivo a los dedos:  |                           |                       | < 12           |
|     |   | Areno francoso            | AF                    | < 10           |
| 1.3 | Similar a 1,2 pero moderadamente harinoso:  |                           |                       |                |
|     |   | Franco arenoso            | FA (pobre en arcilla  |                |
| 2.  | Es posible enrollar y formar un cordón o chorizo de un diámetro de 3-7mm (cerca de la mitad de diámetro de un lápiz) pero se rompe cuando se trata de formar el cordón cilíndrico, moderadamente cohesivo, se adhiere a los dedos                                   |                           |                       |                |
| 2.1 | Muy harinoso y no cohesivo  |                           |                       |                |
|     | • Se sienten algunos granos:  | Franco limoso             | FL(pobre en arcilla L | <10            |
|     | • No se sienten granos:   | Limoso                    |                       | <12            |
| 2.2 | Moderadamente cohesivo, se adhiere a los dedos, tiene una superficie áspera y desmenuzada luego de apretarla entre los dedos y  |                           |                       |                |
|     | • Muy granuloso y no pegajoso:  | Franco arenoso            | FA(rico en arcilla) F | 10-25          |
|     | • Granos moderadamente arenosos:  | Franco                    |                       | 8-27           |
|     | • No granuloso pero distintamente harinoso y algo pegajoso  | Franco limoso             | FL (rico en arcilla)  | 10-27          |
| 2.3 | De superficie áspera y moderadamente brillante luego de apretarlo entre los dedos, es pegajoso y granuloso a muy granuloso  |                           |                       | 20-35          |
|     |   | Franco arcilloso          | FYA                   |                |
| 3.  | Es posible enrollar y formar un cordón chorizo de más o menos 3mm de diámetro de un lápiz) y formar un aro de 2-3cm de diámetro, cohesivo, pegajoso, rechinarlo entre los dientes, tiene una superficie moderadamente brillante luego de apretarlo entre los dedos. |                           |                       |                |
| 3.1 | Muy granuloso   |                           |                       | 35-55          |
|     |   | Arcillo arenoso           | YA                    |                |
| 3.2 | Se ve y se sienten algunos granos, rechinarlo   |                           |                       |                |

|     |   |                         |     |  |       |
|-----|---|-------------------------|-----|--|-------|
|     | entre los dientes   |                         |     |  |       |
|     | • Moderadamente plástico, superficie moderadamente brillante                  | Franco arcilloso        | FY  |  | 25-40 |
|     | • Alta plasticidad, superficie brillante:                                     | Arcilloso               | Y   |  | 40-60 |
| 3.3 | Mo hay granos visibles, ni se sienten, no hay rechinamiento entre los dientes |                         |     |  |       |
|     | • Plasticidad baja  | Franco arcilloso limoso | FYL |  | 25-40 |
|     | • Plasticidad alta, superficie moderadamente brillante                        | Arcilloso limoso        | YL  |  | 40-60 |
|     | • Plasticidad alta, superficie brillante                                      | Arcilla pesada          | YP  |  | >60   |

## 2. CLAVE PARA LA DESCRIPCIÓN DE HUMEDAD DE SUELOS POR PRUEBA MANUAL

|                           |  |                          |                    |                  |   |
|---------------------------|--|--------------------------|--------------------|------------------|---|
|                           |  |                          |                    |                  |   |
| <b>Polvoriento o duro</b> | No es posible                            | Tornado muy oscuro       | No liviano         | Muy seco         | 5 |
| <b>No polvoriento</b>     | No es posible                            | Tornado oscuro           | Dific. Liviano     | seco             | 4 |
| <b>No polvoriento</b>     | Posible (no arena)                       | Tornado levemente oscuro | Obviamente liviano | Levemente húmedo | 3 |
| <b>Es adherente</b>       | Dedo húmedo y frío, débilmente brillante | Sin cambio de color      | Obviamente liviano | húmedo           | 2 |
| <b>Agua libre</b>         | Gotas de agua                            | Sin cambio de color      |                    | Saturado?        | 1 |
| <b>Agua libre</b>         | Gotas de agua sin aplastar               | Sin cambio de color      |                    | Muy mojado       | 0 |

## 3. CLAVE PARA DESCRIBIR LA PRESENCIA DE CARBONATOS EN SUELOS POR PRUEBA DE REACCIÓN CON HCl

|           |         |                         |  |
|-----------|---------|-------------------------|--|
|           |         |                         |  |
| <b>N</b>  | 0       | No calcáreo             | No detectable visiblemente ni efervescencia audible                    |
| <b>SL</b> | ≈ 0-2   | Ligeramente calcáreo    | Se escucha la efervescencia pero no es visible.                        |
| <b>MO</b> | ≈ 2-10  | Moderadamente calcáreo  | Efervescencia visible.   |
| <b>ST</b> | ≈ 10-25 | Fuertemente calcáreo    | Efervescencia fuertemente visible. Las burbujas forman poca espuma.    |
| <b>EX</b> | ≈ >25   | Extremadamente calcáreo | Reacción extremadamente fuerte. Se forma la espuma espesa rápidamente. |