

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SUELOS SEGÚN USO Y DIFERENTES  
PISOS ALTITUDINALES EN LA PARTE BAJA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO  
MOCAL, LEMPIRA.**

**POR:**

**MANUEL DE JESUS PEREZ QUINTERO**

**TESIS**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO**



**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS C.A.**

**DICIEMBRE 2013**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS SUELOS SEGÚN USO Y DIFERENTES  
PISOS ALTITUDINALES EN LA PARTE BAJA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO  
MOCAL, LEMPIRA.**

**POR:**

**MANUEL DE JESUS PEREZ QUINTERO**

**M.Sc. RAMÓN LEÓN CANACA.**

**Asesor principal**

**TESIS**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS, C.A.**

**DICEIMBRE 2013**

## DEDICATORIA

A **Dios todopoderoso** por haberme dado la oportunidad, la sabiduría, la fortaleza por alcanzar este objetivo tan importante en mi vida.

A mi Madre: **Valentina Quintero**, por ser lo más especial que Dios me ha dado por su humildad, amor, comprensión y por ser inspiración para mi continua superación.

A mis familiares: En especial a **Adrián Díaz Amador** y mis sobrinos, **Nelsy, Adriana, Andrés y Karlita** a mi tía, **María Santos Perez** por la humildad y motivación que me han dado para lograr esta meta y por significar algo importante en mi vida y en el desarrollo de este trabajo.

A mi padre: **Jacinto Perez Vásquez**, por darme ese apoyo tan importante en mi proceso de superación, y por su apoyo incondicional, por estar a mi lado en cualquier momento de mi vida.

A mis hermanas: **Sandra Perez Quintero, Olga Perez Quintero y Carmen Perez Quintero**, por ofrecerme la ayuda incondicional, amor, paciencia en todo mi proceso de superación

## AGRADECIMIENTO

**A Dios todo poderoso** por la gran bendición que me ha regalado para llegar a cumplir mi meta, por iluminarme y darme sabiduría en la toma de decisiones.

A mis padres: **José Jacinto Perez Vásquez y Valentina Quintero**, por el apoyo incondicional que me han dado en los momentos de alegría y tristezas.

A todos mis hermanos: **Sandra Ester Perez Quintero, Olga Perez Quintero, Elsa Perez Quintero, Carmen Perez Quintero, Josué Perez Quintero y a mi cuñado Adrián Díaz Amador**, por el apoyo y motivación en todo mi ciclo de preparación en esta etapa tan importante de mi vida.

A los **ITC de la Virtud, Candelaria Lempira**, al centro de regional la "FAO" en San Juan Intibucá, por brindarme ayuda en el desarrollo de la investigación.

A mis asesores de tesis, **M.Sc Ramón León Canaca, M.Sc José Trinidad Reyes Sandoval, Ing. Selvin Sarabia**, a ellos muchas gracias por la enseñanza, cooperación y respaldo en este largo proceso de aprendizaje.

A mis compañeros **Villalta, Dagoberto, Dexar, Roger, Elmer, Oscar, Cartagena, Efraín** y todos mis amigos, gracias por la amistad y apoyo que me han brindado.

## CONTENIDO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>                                     | <b>ii</b> |
| <b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>II.OBJETIVOS .....</b>                                    | <b>2</b>  |
| 2.1 General .....                                            | 2         |
| 2.2 Específicos.....                                         | 2         |
| <b>III REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                      | <b>3</b>  |
| 3.1 Suelo .....                                              | 3         |
| 3.1.1 La calidad del suelo o tierra .....                    | 3         |
| 3.1.2 Productividad del suelo .....                          | 4         |
| 3.2 Uso del suelo en cuencas .....                           | 4         |
| 3.3 Manejo de cuencas .....                                  | 5         |
| 3.3.1 Plan de manejo de la cuenca hidrográfica .....         | 5         |
| 3.3.2 La cuenca hidrográfica y su importancia.....           | 6         |
| 3.3.3 Problemática en las cuencas hidrográficas .....        | 6         |
| 3.4 Degradación y procesos degradativo. ....                 | 7         |
| 3.4.1 La degradación del suelo en términos físicos .....     | 7         |
| 3.5 Muestreo de suelos .....                                 | 8         |
| 3.5.1 Enfoques para el muestreo .....                        | 8         |
| 3.5.2 Muestreo representativo del suelo .....                | 9         |
| 3.5.3 Finalidad del muestreo de suelos.....                  | 9         |
| 3.6 Propiedades físicas del suelo.....                       | 10        |
| 3.6.1 Importancia de las propiedades físicas del suelo. .... | 10        |
| 3.6.2 Textura del suelo.....                                 | 11        |
| 3.6.3 Estructura del suelo.....                              | 11        |
| 3.6.4 Pedregosidad del suelo .....                           | 12        |
| 3.6.5 Color del suelo.....                                   | 13        |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6.6 Pendiente del suelo. ....                                                   | 13        |
| 3.6.7 Densidad aparente del suelo. ....                                           | 15        |
| 3.6.8 Densidad real del suelo.....                                                | 15        |
| 3.6.9 Porosidad del suelo .....                                                   | 15        |
| 3.6.10 Consistencia del suelo.....                                                | 16        |
| 3.6.11 Profundidad del suelo.....                                                 | 16        |
| 3.7 Unidad de mapeo .....                                                         | 17        |
| 3.8 Sistemas de Información Geográfica (SIG). ....                                | 17        |
| <b>IV MATERIALES Y MÉTODO.....</b>                                                | <b>19</b> |
| 4.1 Descripción del sitio de estudio. ....                                        | 19        |
| 4.3 Puntos de muestreos.....                                                      | 20        |
| 4.4. Localización de puntos y muestreos.....                                      | 20        |
| 4.4.1 Muestreo .....                                                              | 21        |
| 4.4.2 Preparación de la muestra .....                                             | 21        |
| 4.4.3 Identificación de la muestra .....                                          | 21        |
| 4.4.4 Análisis de la muestra .....                                                | 22        |
| 4.5 Determinación de la textura .....                                             | 22        |
| 4.6 Determinación de la estructura del suelo. ....                                | 22        |
| 4.8 Color del suelo .....                                                         | 23        |
| 4.9 Determinación de la pendiente.....                                            | 23        |
| 4.11 Determinación de la porosidad del suelo.....                                 | 25        |
| 4.12 Determinación consistencia del suelo. ....                                   | 25        |
| 4.13 Determinación de la profundidad de suelos.....                               | 25        |
| 4.14 Análisis de datos. ....                                                      | 26        |
| <b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                             | <b>27</b> |
| 5.1 Descripción de la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal .....             | 27        |
| 5.2 Determinación de uso de suelo parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal. .... | 27        |
| 5.3 Características físicas del suelo .....                                       | 28        |
| 5.3.1 Determinación de la textura del suelo. ....                                 | 28        |
| 5.3.2 Mapa de textura de los suelo .....                                          | 31        |
| 5.3.3 Mapa de la densidad aparente.....                                           | 33        |

|                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.3 Determinación de la pedregosidad del suelo.....                                                        | 35        |
| 5.3.4 Determinación del color del suelo .....                                                                | 36        |
| 5.3.5 Determinación de la densidad aparente del suelo .....                                                  | 37        |
| 5.3.6 Determinación de la porosidad del suelo .....                                                          | 39        |
| 5.3.7 Determinación de la consistencia del suelo .....                                                       | 40        |
| 5.3.9 Mapa de profundidad del suelo.....                                                                     | 42        |
| 5.3.10 Relación de las características físicas con el uso de suelo y diferentes pisos<br>altitudinales. .... | 44        |
| <b>VI CONCLUSIONES.....</b>                                                                                  | <b>47</b> |
| <b>VII RECOMENDACIONES .....</b>                                                                             | <b>48</b> |
| <b>VIII. BIBLIOGRAFÍAS .....</b>                                                                             | <b>49</b> |
| <b>IX ANEXO .....</b>                                                                                        | <b>53</b> |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Definición de los tamaños de las porciones de suelo. Fuente: (Jaramillo, 2002).....                | 11 |
| <b>Cuadro 2</b> Caracterización del tipo y de la clase de estructura del suelo ((Jaramillo, 2002).....              | 12 |
| <b>Cuadro 3</b> Calificación de la porosidad total del suelo (Jaramillo, 2002).....                                 | 16 |
| <b>Cuadro 4</b> Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del rio Mocal en el municipio de Gualcinse. ....  | 29 |
| <b>Cuadro 5.</b> Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del rio Mocal en el municipio de La Virtud.....  | 30 |
| <b>Cuadro 6.</b> Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del rio Mocal, en el municipio de Mapulaca. .... | 31 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa del sitio de investigación.....                                                                                                                                                   | 19 |
| <b>Figura 2.</b> Mapa de textura de los suelos en la parte baja de la subcuenca rio Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud .....                                                          | 32 |
| <b>Figura 3</b> Mapa de densidad aparente de los suelos en la parte baja de la subcuenca rio Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud.....                                                  | 33 |
| <b>Figura 4.</b> Porcentaje para cada tipo o forma de estructura, parte baja de la subcuenca del Rio Mocal en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca.....                                    | 34 |
| <b>Figura 5.</b> Pedregosidad del suelo en la clasificación de las características limitante y no limitante en porcentajes (%), en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca. ....              | 35 |
| <b>Figura 6.</b> Tipos de color del suelo y porcentajes (%) para cada uno, encontrados en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca. ....                                                       | 36 |
| <b>Figura 7</b> Promedio de Densidad Aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) según uso de suelo en toda el área de estudio, en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca..                         | 37 |
| <b>Figura 8.</b> Porcentaje de porosidad encontrada en toda el área de estudio para los diferentes usos de suelo en la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal.....                                       | 39 |
| <b>Figura 9.</b> Consistencia del suelo, su clasificación (%), para los diferentes usos de suelo de la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal, en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca..... | 40 |
| <b>Figura 10.</b> Profundidad del suelo (cm) para los diferentes usos de suelo de la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal, en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca. ....                  | 41 |
| <b>Figura 11.</b> Mapa de densidad aparente de los suelos en la parte baja de la subcuenca rio Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud. ..                                                 | 43 |
| <b>Figura 12.</b> Análisis clúster multivariado de las propiedades físicas del suelo en la parte baja de la subcuenca del rio Mocal, Lempira. ....                                                      | 44 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Descripción del Método del hidrómetro de Bouyoucos. ....                                                                               | 54 |
| <b>Anexo 2.</b> El triángulo textural del suelo de acuerdo a la FAO y el Dep. De Agricultura de USA. (Anadón, SF). Departamento de EE.UU. (USDA). .... | 56 |
| <b>Anexo 3.</b> Tipos de estructura del suelo. ....                                                                                                    | 57 |
| <b>Anexo 4.</b> Tabla Munsell y forma de nombrar o nomenclatura. ....                                                                                  | 58 |
| <b>Anexo 5.</b> Procedimiento para determinar el color del suelo. ....                                                                                 | 59 |
| <b>Anexo 6.</b> Procedimiento para determinar la densidad aparente. ....                                                                               | 60 |
| <b>Anexo 7.</b> Evaluación de la consistencia del suelo. ....                                                                                          | 61 |
| <b>Anexo 8.</b> Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos de la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal.....           | 56 |

**Perez Quintero, M.J. 2013.** Caracterización física de los suelos según su uso y diferentes pisos altitudinales en la parte baja de la Subcuenca del Río Mocal, Lempira. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras.

## **RESUMEN**

La investigación se realizó en los municipios de La Virtud, Mapulaca y Gualcince, entre los meses de julio y agosto del 2013 y cuyo objetivo principal fue la caracterización física de los suelos en la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal. En la investigación realizada se destacan elementos importantes que manifiestan el estado en que se encuentran las características físicas del suelo de esta sub cuenca. Para ello se determinó el uso de suelo, textura, estructura, pedregosidad, color del suelo, densidad aparente, porosidad, consistencia y profundidad del suelo. La condición del suelo está limitada por textura franco arenoso, estructura granular, pedregosidad limitante, color del suelo gris, grises oscuros, oscuros claros, marrón grisáceo, densidad aparente desde 0.44- 1.77 g/cm<sup>3</sup>, porosidad de 35-83%, consistencia suave ligeramente suave y suelos duros y profundidad del suelo muy poco profundo. Observándose usos adecuados y no adecuados en las actividades que se realizan actualmente. La caracterización de suelos en esta Subcuenca es de mucha importancia, para conocer el estado en que se encuentra el suelo y así adaptar cultivos que se sean de gran beneficio para los productores en cada área de cultivo, y orientar las actividades agrícolas de acuerdo a sus rendimientos. Por lo tanto, en base al estado del suelo, uso de suelo, y los sistemas de producción empleados en los municipios de La Virtud, Mapulaca y Gualcince, se encuentran debilidades, conflictos y problemáticas en la implementación de cultivos agrícolas, creando incertidumbre en el impacto del suelo.

**Palabras clave:** Caracterización física, uso de suelo, condición del suelo, sistemas de producción.

## **I.INTRODUCCIÓN**

El suelo además de conformar el sustrato para el establecimiento de numerosos organismos, es el portador e intermediario de casi todos los factores de crecimiento que necesitan las plantas en su desarrollo. Estos factores están relacionados con las propiedades físicas del suelo, las cuales son el resultado de un proceso dinámico de formación en el que intervienen fundamentalmente el clima y la vegetación, condicionado por las características del relieve durante un tiempo determinado.

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles.

En estudios ecológicos, por lo general, se realiza una serie de observaciones y de análisis del suelo, tales como contenido de humedad, textura, estructura, nutrientes, etc., que son determinantes en el grado de fertilidad del suelo. En nuestro país se le ha estado dando un manejo inapropiado al recurso suelo, porque generalmente se han mal orientado los programas de manejo, considerando que en las cuencas hidrográficas están contenidas en las laderas y todos los recursos naturales existentes y es por ello que es de mucha importancia caracterizar esta sub cuenca del Rio Mocal, ya que por medio de la física del suelo se conocerán los diferentes tipos de suelo aptos para diferentes cultivos y así obtener mejores rendimientos en producción agrícola.

## **II.OBJETIVOS**

### **2.1 General**

- Determinar las propiedades físicas de los suelos a diferentes pisos altitudinales y uso de suelo en la región sur de la sub cuenca del río Mocal, en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca, Lempira.

### **2.2 Específicos**

- Determinar las propiedades físicas de los suelos (textura, estructura, porosidad, pedregosidad, color, pendiente, densidad aparente, consistencia y profundidad efectiva) en la subcuenta del rio Mocal, en departamento de Lempira.
- Relacionar las propiedades físicas de los suelos de la parte baja de la Subcuenca del río Mocal con el uso actual y diferentes pisos altitudinales de la zona.
- Establecer las propiedades físicas que pueden emplearse como indicadores de la calidad suelo.
- Conocer el uso, manejo del suelo agrícola y forestal en la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal

### **III REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1 Suelo**

Es la parte externa de la corteza terrestre, que ha sufrido y sigue sufriendo acciones causadas por agentes atmosféricos y seres vivos, y sirve de soporte a la vegetación. No es un medio inerte y estable, sino que se altera con el paso del tiempo. El espesor del suelo varía desde unos pocos cm hasta 2-3 m. El suelo proporciona a las plantas un medio adecuado para el desarrollo de las raíces y la germinación de las semillas (Jiménez 2007).

Es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio, se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua (Lemus, 2011).

##### **3.1.1 La calidad del suelo o tierra**

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Cruz 2004). Sin embargo; este autor indica tierras de buena calidad son aquéllas que permitían maximizar la producción y minimizar la erosión; simultáneamente, calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso.

### **3.1.2 Productividad del suelo**

El concepto productividad del suelo se refiere a la capacidad de este para producir un cultivo, la cual depende de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, así como también del manejo del cultivo y de los factores climáticos (Villatoro, M. Sancho.S. 1999).

Según este autor, también; se van desarrollando diversos modelos mediante los cuales es posible estimar la productividad de un suelo. Existen desde muy sencillos hasta muy complejos dependiendo de la cantidad de datos que necesitan y de los cálculos que llevan a cabo. Algunos son el producto de regresiones sencillas, mientras que otros son la combinación de teorías físicas y químicas aplicadas. Una de las principales desventajas de algunos modelos es que requieren una gran cantidad de datos agroecológicos, que en la mayoría de los casos son muy difíciles de obtener.

### **3.2 Uso del suelo en cuencas**

El uso del suelo es el aprovechamiento razonable técnico y económico que se realiza en los suelos de los ecosistemas terrestres y sus influencias en los ciclos de agua y alteraciones climáticas la modelación espacial de los cambios en el uso del suelo, se deriva de la combinación y uso de técnicas cartográficas, sistemas de información geográfica y modelos estadísticos multivalentes, siendo su objetivo principal identificar la magnitud y distribución espacial del cambio, proyectar y desplegar cartográficamente su probabilidad de ocurrencia en un futuro cercano (Girón, 2010 ).

### **3.2.1 Ordenamiento y uso de los suelos**

El ordenamiento del uso del suelo en la agricultura nacional ha sido muy discutido desde el punto de vista técnico y jurídico.

Para entender su aplicación se ha hecho necesario desarrollar procesos de investigación y análisis de áreas de estudios socio económicos, productivos y otros, con fines específicos determinar el ordenamiento del territorio urbano y rural, con las características generales y específicas de cada lugar en las áreas forestales, valles de vocación agrícolas y cuencas hídricas (Girón, 2010).

### **3.3 Manejo de cuencas**

Actualmente, se promueve que el concepto de manejo de cuencas trata del uso apropiado de los recursos naturales, en función de la intervención humana y sus necesidades. Las actividades que realiza el hombre, sus actitudes y la forma como desarrolla su sistema productivo en base a los recursos, constituyen el eje del manejo de cuencas. En este sentido, la finca es la unidad de intervención y manejo; y la cuenca, subcuenta y/o microcuenca es la unidad de análisis y planificación para ordenar, conocer las potencialidades y evaluar los impactos. El manejo de cuencas requiere de la participación directa de la población total, con un adecuado sistema de extensión, educación ambiental y mecanismo de coordinación interinstitucional (Zambrana, 2008).

#### **3.3.1 Plan de manejo de la cuenca hidrográfica**

El plan de ordenamiento y manejo de una cuenca debe estar orientado y enfocado al aprovechamiento racional de los recursos naturales, o sea, ordenar espacialmente el uso de estos e indicar su manejo adecuado; el cual debe contribuir a mantener o mejorar la calidad productiva de la tierra, las funciones hidrológicas, las condiciones económicas y sociales de la población que habita en la cuenca. Debe ser asumido en forma consciente y responsable por los gerentes, el personal operativo del proyecto y la población (Zambrana, 2008).

### **3.3.2 La cuenca hidrográfica y su importancia**

Cuenca hidrográfica como una unidad territorial que está delimitada por la influencia de un sistema de drenaje superficial, que tiene como límite físico la divisoria de las aguas hasta la confluencia del río principal a otro río mayor, lago o mar, y en la que se interrelacionan sistemáticamente procesos biofísicos, socioeconómico y ambientales. La cuenca, sus recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas y culturales que les confieren características que son particulares a cada cuenca. Además, facilitan la percepción del efecto negativo de las acciones que el hombre realiza sobre su entorno, sobre todo porque se refleja en la contaminación del agua (CATIE 2001, Citado por Zambrana, 2008).

### **3.3.3 Problemática en las cuencas hidrográficas**

Según Morales y Dardon (2002) citado por Barahona (2006), la problemática de las cuencas se deriva de la acción del hombre que acentúa problemas como: agotamiento de recursos naturales, pérdida de biodiversidad, deforestación, deterioro del suelo, asolvamiento de cauces, crecimiento demográfico y conflictos por utilización de agua. Para el caso la deforestación en Honduras entre 1965 a 1992, fue de 9,296 km<sup>2</sup> de bosque de pino y 13,941 km<sup>2</sup> de bosque latifoliado. Esto indica que las cuencas hondureñas no están en las condiciones óptimas para su buen funcionamiento debido a la excesiva explotación de dicho recurso.

La deforestación que afecta considerablemente los hábitats de las especies reduciendo eliminando los nichos reproductivos, alimenticios y de descanso de especies de fauna esto afecta directamente a la biodiversidad de especies. Los incendios forestales se han constituido como un grave problema del recurso bosque ya que según reporta la AFE-COHDEFOR se registran anualmente 2,500 incendios forestales de los que se combate solo un 75% de los mismos. Comúnmente la causa de dichos incendios son por quemas

agrícolas, accidentes, negligencias y en algunos casos por eventos naturales (SERNA, 2005), citado por Barahona (2006).

### **3.4 Degradación y procesos degradativo.**

La degradación es la reducción o pérdida de una o más características productivas de suelo causadas por intervención humana. Es el proceso complejo que ocasiona la caída de la capacidad productiva del suelo. Distinguen tres tipos de degradación del suelo: física, química y biológica estas son inducida por factores y procesos tales como: uso inapropiado de la tierra, deforestación y simplificación de ecosistemas (Amezquita, 2006).

Sin embargo este autor menciona; que los suelos difieren enormemente en su susceptibilidad a mejoramiento o degradación. En algunos suelos es posible subir rápidamente los niveles de productividad, pero también aceleradamente disminuye su capacidad productiva; en otros, suelos la sostenibilidad dura por más tiempo, pero posteriormente se llega a insostenibilidad; en otros, tipos de suelo se alcanza el mejoramiento a través del tiempo, permaneciendo esa sostenibilidad por largo tiempo si se maneja adecuadamente el suelo.

#### **3.4.1 La degradación del suelo en términos físicos**

Existen algunas aproximaciones cuantitativas de la degradación de los suelos a nivel global y continental, pero resulta frecuentemente difícil comparar datos provenientes de fuentes diferentes porque no se utilizaron los mismos criterios en la evaluación de la degradación (Zinck. A. 1990). Según este autor; todavía no se dispone de información adecuada sobre las tasas de degradación de tierras porque esto requiere seguimiento temporal. Se estima que cada segundo se pierde 8.5 hectáreas de tierras productivas.

### **3.5 Muestreo de suelos**

Para diagnosticar el estado de un suelo es necesario realizar un muestreo adecuado. El muestreo consiste en obtener porciones de suelo de un área homogénea para analizar sus características físicas y/o químicas. Para obtener resultados confiables de características físicas o químicas de un suelo, es importante realizar un buen muestreo, principalmente porque la muestra tomada representa al volumen que equivale aproximadamente al 0,0000005 % del peso medio de 1 ha (0 - 20 cm). Es importante mencionar que deben tomarse las mayores precauciones para la obtención de muestras para no contaminar las mismas, también es importante identificarlas correctamente (Canales y Acevedo 2010).

#### **3.5.1 Enfoques para el muestreo**

Existen tres enfoques básicos para el muestreo: selectivo, sistemático y al azar. El muestreo selectivo consiste en escoger sitios para el muestreo en base a diferencias obvias o típicas. En los estudios ambientales, el muestreo selectivo a menudo constituye la base de una investigación exploratoria. El muestreo sistemático o de rejilla es un método mediante el cual los puntos de muestreo seleccionados se ubican a distancias uniformes entre sí, a fin de brindar total cobertura a una población específica de suelo. El muestreo al azar se basa en la teoría de probabilidades y la necesidad de un riguroso análisis estadístico (Ministerio de Energía y Minas, 2000).

### **3.5.2 Muestreo representativo del suelo**

Un muestreo representativo del suelo garantiza que una muestra o grupo de muestras refleje de manera precisa la concentración del parámetro de preocupación en un momento dado. Los resultados analíticos de las muestras representativas también ilustran la variación en la presencia y concentración de contaminantes a lo largo de un sitio contaminado. Sin embargo, en razón de que los suelos son extremadamente complejos y variables, esto a menudo requiere de muchos métodos distintos de muestreo que se acomoden mejor a las necesidades y objetivos específicos del muestreo (Ministerio de Energía y Minas, 2000).

### **3.5.3 Finalidad del muestreo de suelos.**

El muestreo de suelos es una actividad muy importante en la agricultura, porque genera información base para un mejor manejo. En la actualidad, se realizan muestreos de suelos con diferentes propósitos, siendo los más importantes: para su clasificación, para la fertilización, para riego; así como para analizar problemas específicos como salinidad, toxicidad. Para que los resultados de los análisis químicos de suelos sean eficientes en la solución de problemas nutricionales, estos deben ser complementados con información sobre las características físicas y químicas del suelo y un amplio historial sobre los cultivos anteriores y el cultivo a instalar, o de abonamiento si se trata de mantenimiento en plantas anuales. (Canales y Acevedo 2010)

### **3.6 Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rucks, 2004).

#### **3.6.1 Importancia de las propiedades físicas del suelo.**

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo, son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad (Cruz, 2004).

### 3.6.2 Textura del suelo

La fase sólida está compuesta prevalentemente de partículas de naturaleza mineral, las que de acuerdo a su diámetro pueden ser clasificadas en fracciones de arena, limo y arcilla, además de grava gruesa, media y fina (FAO, 2000).

**Cuadro 1.** Definición de los tamaños de las porciones de suelo. Fuente: (Jaramillo, 2002).

| Separado | RANGO DE DIAMETRO DE PARTICULA (MM) |            |            |
|----------|-------------------------------------|------------|------------|
|          | USDA                                | ISSS       | DIN Y BSI  |
| Arena    | 2-0.05                              | 2-0.02     | 2-0.08     |
| Limo     | 0.05-0.002                          | 0.02-0.002 | 0.08-0.002 |
| Arcilla  | < 0.002                             | <0.002     | <0.002     |

### 3.6.3 Estructura del suelo

Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, partícula designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural) (Rucks, 2004).

Sin embargo para este autor; el arreglo entre las partículas del suelo, la estructura, determina el espacio entre las mismas, que son predominantemente macro porosos. Según el nivel de observación, se puede hablar de macro estructura o microestructura. La macro estructura, es el arreglo de las partículas secundarias y primarias visibles a simple vista. La microestructura es el arreglo de las partículas primarias para formar las secundarias; de ella depende en alto grado la macro estructura. Al atender la microestructura, se observa que los componentes coloidales del suelo (plasma) actúan como cemento de los granos más gruesos (esqueleto).

**Cuadro 2.** Caracterización del tipo y de la clase de estructura del suelo ((Jaramillo, 2002)

|                   | <b>Laminar</b> | <b>Prismática</b> | <b>Columnar</b> | <b>Bloque<br/>angulares</b> | <b>Bloques<br/>subangulares</b> | <b>Granular</b> | <b>Migajosa</b> |
|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Muy fina</b>   | <1             | <10               | <10             | < 5                         | < 5                             | < 1             | < 1             |
| <b>Fina</b>       | 1 a 2          | 10 a 20           | 10 a 20         | 5 a 10                      | 5 a 10                          | 1 a 2           | 1 a 2           |
| <b>Media</b>      | 2 a 5          | 20 a 50           | 20 a 50         | 10 a 20                     | 10 a 20                         | 2 a 5           | 2 a 5           |
| <b>Gruesa</b>     | 5 a 10         | 50 a 100          | 50 a 100        | 20 a 50                     | 20 a 50                         | 5 a 10          |                 |
| <b>Muy gruesa</b> | >10            | >100              | >100            | >50                         | >50                             | > 10            |                 |

#### 3.6.4 Pedregosidad del suelo

Es el porcentaje volumétrico de la cantidad de piedra, grava y fragmentos rocosos que existen en relación al área del suelo. El porcentaje alto de la Pedregosidad tiene una alta influencia sobre los cultivos y sistemas de producción implementados en la zona (Barahona, 2006)

También se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo. Incluye afloramientos rocosos, ya sea de materiales de origen o transportados como materiales aluviales (Melgar, SF).

### **3.6.5 Color del suelo**

El color es indicador visible de otras características del suelo. La materia orgánica (humus y turba), el hierro en sus tres estado, oxidado, reducido e hidratado; el manganeso y el material parental intervienen en el color en condiciones específicas (Castillo, 2005), sin embargo; aborda que para la coloración del suelo podemos asumir algunos de sus Compuestos, como los siguientes:

- El color rojizo se desarrolla por oxidación del hierro, lo que indica que es un suelo aireado, altamente meteorizado.
- El color amarillo en suelos tropicales se debe a la presencia de óxido de hierro hidratado (limonita), altamente meteorizado.
- El color gris indica abundancia de cuarzo que tiene un tono grisáceo, presenta una incipiente meteorización química y también indica ausencia de materia orgánica.
- El gris verdoso se debe a procesos de reducción de hierro.
- El color oscuro indica presencia de materia orgánica, la turba es generalmente de color pardo (café), y el humus de color negro.

### **3.6.6 Pendiente del suelo.**

La pendiente constituye el grado de inclinación del terreno, es un factor muy importante para clasificar la vocación de la tierra, ya que influye en el tipo de cultivo que se puede adaptar o sistema de producción más apropiado para esa región. A la vez que es un parámetro importante en el estudio del comportamiento del recurso hídrico (Reyes, 2004 citado por Barahona 2006).

Sheng y Michaelsen clasificaron la pendiente del suelo de la siguiente manera:

**0 - 12%:** Plano o suavemente ondulante.

Tierras cultivables en limpio sin prácticas mecánicas de conservación de suelos o aplicando medidas sencillas tales como las barreras vegetativas, barreras de piedras, bordas de tierras y en unidades grandes, terrazas de base ancha, de camellón, etc.

**12 – 30%:** Moderadamente ondulante.

Tierras cultivables con cultivos anuales mediante el sistema de terrazas de banco y para cultivos semi-permanentes con acequias de ladera. Terrazas individuales, hexágonos. La mecanización es posible tanto en la construcción de las obras de conservación como en el manejo de los cultivos.

**30 – 50%:** Fuertemente ondulante.

Tierras cultivables mediante la utilización del sistema de acequias de ladera y terrazas individuales con cultivos perennes. Para unidades pequeñas (minifundios) es posible realizar cultivos anuales con terrazas de banco. En la gran mayoría de los casos, los trabajos de construcción de las obras de conservación así como en el manejo de los cultivos se harán a mano.

**50 – 60%:** Muy fuertemente ondulante

Tierras para cultivos permanentes con el ecosistema de terrazas de huerto. Todas las actividades a mano.

**>60%:** Empinado. Cobertura forestal (Michaelsen T. 1997, citado por Ramírez 2012).

### **3.6.7 Densidad aparente del suelo.**

Es la masa de suelo seco, por volumen total de suelo, incluyendo espacio poroso, la densidad aparente varía entre 0.1 g/cm<sup>3</sup> o menos en los suelos orgánicos. 1.6 - 1.8 g/cm<sup>3</sup> en suelos arenosos y 2.0 g/cm<sup>3</sup> en suelos muy compactos (Romero, 2003). De igual forma afirma que la densidad aparente; es la relación que existe entre el peso de los sólidos y volumen del total de suelo

### **3.6.8 Densidad real del suelo.**

Es la masa seca o peso de suelo en una unidad de volumen sin incluir el espacio poroso, también se define como densidad de partículas, se expresa en g/cm<sup>3</sup> tiene un rango normal de valores que es influenciado por el tipo de material parental que dio origen al suelo, el contenido de materia orgánica, la predominancia de ciertos minerales etc. lo mismo para la densidad aparente (Romero, 2003).

### **3.6.9 Porosidad del suelo**

La porosidad, se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros, que es lo mismo, el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos (Rucks, L. et al 2004). También afirma que; la porosidad total se determina directamente, en muestras de suelo imperturbadas, es decir tal como están en el campo, sin ninguna deformación que altere la ubicación de las partículas sólidas, y por lo tanto los espacios que dejan entre ellas.

La porosidad total se refiere a todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida, mineral u orgánica; diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo (Castillo, 2005).

**Cuadro 3** Calificación de la porosidad total del suelo (Jaramillo, 2002)

| <b>Porosidad total (%)</b> | <b>Calificación</b> |
|----------------------------|---------------------|
| >70                        | Excesiva            |
| 55-70                      | Excelente           |
| 50-55                      | Satisfactoria       |
| 40-50                      | Baja                |
| <40                        | Muy baja            |

#### **3.6.10 Consistencia del suelo.**

Un terrón seco de arcilla es normalmente duro y resistente a la fractura; a medida que se agrega agua y este se humedece, su resistencia a la rotura se reduce; con más agua, en vez de fracturarse, tiende a formar una masa compacta e informe que cuando se la comprime se vuelve maleable y plástica; si se agrega más agua aún, tiende a adherirse a las manos (FAO, 2002)

#### **3.6.11 Profundidad del suelo**

La profundidad del suelo puede variar de unos pocos centímetros a varios metros. Las raíces de las plantas usan el suelo a profundidades que van de unos pocos centímetros a más de un metro; en algunos casos esas raíces pueden llegar a varios metros (FAO, 2000).

Es aquella profundidad que las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente para obtener agua y nutrimentos. Es la profundidad hasta cualquier capa en el perfil del suelo que difiere del material superficial en propiedades químicas y físicas, que en una u otra forma puede retardar el desarrollo y penetración de las raíces. Se mide en función de la existencia de un cuerpo que mecánicamente impide o limita el desarrollo radical, clase de roca, ripio o estratos compactados y/o endurecidos (Lemus, 2011).

Según Sheng y Michaelsen, la profundidad del suelo se mantiene como la profundidad efectiva, o toda la capa meteorizada sin tomar en cuenta horizontes desarrollados o que no están en ella.

**< 20 cm:** muy poco profundo; en este caso solo puede realizarse el cultivo en limpio en tierras casi a nivel o tierras planas.

**20 – 50 cm:** poco profundo; este solo puede cultivarse con tratamientos mecánicos de conservación en las pendientes con menos de 30% de pendiente.

**50 – 90 cm:** Moderadamente profundo; tierras para realizar terrazas de 2 m de ancho en una pendiente de 50%, haciendo un corte de aproximadamente 90 cm de profundidad.

**>90cm:** La profundidad no presenta un factor limitante. En el caso de Honduras especialmente en la zona montañosa central, este si es un factor muy limitante. (Michaelsen T. 1997, citado por Ramírez 2012).

### **3.7 Unidad de mapeo**

(Lemus, 2011). Es una parte de la superficie terrestre con un tamaño definido en función del nivel y escala de levantamiento y los criterios de clasificación de la tierra. Existen unidades puras, asociaciones, consociaciones, complejos.

### **3.8 Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

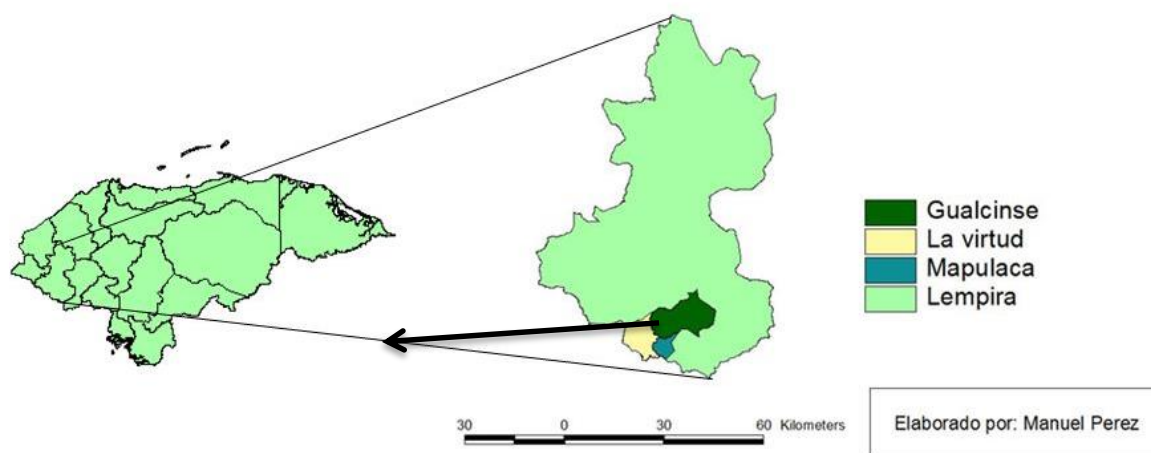
Los SIG son sistemas de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. En otras palabras el SIG es un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre (Barahona, 2006). También

para este actor; Un sistema de información geográfica es una herramienta de análisis de información, esta debe tener una referencia espacial y debe conservar sus características de topología y representación.

## IV MATERIALES Y MÉTODO

### 4.1 Descripción del sitio de estudio.

El trabajo de investigación se realizó en la parte baja de la sub cuenca que tributa al Río Mocal, específicamente en los municipios de Gualcince, La Virtud, Mapulaca. La precipitación promedio es de 1400 mm concentrados entre mayo y noviembre, y la temperatura oscila entre 17-25 °C, el clima es tipo trópico húmedo seco. El área de estudio de esta investigación comprende una zona de ladera que incorpora muchas de las características típicas de la pequeña agricultura, con una diferencia importante que desde el año de 1990, la agricultura de roza, tumba y quema que es común en esta región ha sido sustituido por un sistema de cultivo de roza y mantillo. Estos son declarados “Municipios Verdes” por su seguimiento a campañas de reforestación, la cero quema y el alto grado de concientización por parte de la población.



**Figura 1.** Mapa del sitio de investigación.

La topografía es irregular, con precipitaciones que favorecen el crecimiento de cultivos de granos básicos, frutales tradicionales para consumo familiar y el crecimiento de árboles maderables (López, 2005).

#### **4.2 Materiales y equipo**

Los materiales utilizados fueron:

Materiales de campo, GPS, calculadora, machete, cámara digital, pala, metro, barra, hojas cartográficas, bolsas plásticas cilindro de hierro. Materiales de oficina, computadora, programa gvSIG, sistemas de información geográfica. Materiales de laboratorio, balanza, hidrómetro o densímetro de Bouyoucos, marcadores, bolsas plásticas, termómetro de suelos, estufa, papel periódico, tamiz de 2mm, botellas plástico, agitador mecánico probetas de 1000 ml, espátula.

#### **4.3 Puntos de muestreos.**

Para definir los puntos de muestreos se hizo uso del programa SIG, gvSIG 1.11; para ello, se cargaron las capas del área de interés (municipios de La Virtud, Gualcinse, y Mapulaca) y se generó una capa de puntos en cuadrícula a una distancia de 1400 metros entre ellos. Posteriormente se obtuvieron las coordenadas geográficas y se ingresaron al GPS (Sistema de Posicionamiento Global) para su ubicación en el campo.

#### **4.4. Localización de puntos y muestreos**

En el sitio de interés se procedió a ubicar los puntos cuyas coordenadas previamente se ingresaron al GPS. Y se procedió a la búsqueda de ellos mediante la opción de la ruta el cual traza una línea recta entre el receptor, y el punto de interés.

#### **4.4.1 Muestreo**

Se realizó el muestreo aplicando el método sistemático, con 71 muestras distribuidas en los 3 municipios que forman la parte baja de la Subcuenca del río Mocal, de tal forma que permitan describir y confirmar los tipos de suelos encontrados a través del muestreo.

En cada sitio de muestreo se realizó una limpieza de plantas, malezas y hojarascas frescas (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm. Con una pala y barra se hizo un hueco en forma de “V” a una profundidad de 30cm y se tomó una porción de suelo, luego se cortó con cuchillo o machete y transfirió aproximadamente 200 a 300 g suelo a un balde plástico limpio. (La ventaja de hacer un muestreo con pala es que se pueden conservar unos agregados que son útiles para determinaciones físicas)

#### **4.4.2 Preparación de la muestra**

Cada muestra se secó sobre papel periódico, bajo sombra con buena ventilación natural, los terrones se mulleron con un rodillo de madera, posteriormente se homogenizó la muestra y se tamizó en una red de 2mm, y se guardaron en bolsas plásticas con toda la información de campo.

#### **4.4.3 Identificación de la muestra**

Estas se ubicaron en bolsas plásticas y se rotularon como muestras independientes enumerándolas de 1-71 para la futura determinación de parámetros físicos que se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Agricultura. Para cada muestra se contó con la siguiente información: Número de la muestra, Departamento, Municipio, Altura, Estructura, Profundidad efectiva, consistencia, uso actual del suelo.

#### 4.4.4 Análisis de la muestra

Se realizaron análisis físicos de cada una de las muestras en el laboratorio de la Universidad Nacional de Agricultura. Se hizo una clasificación y un ordenamiento de cada una de ellas y se procedió a determinar los parámetros físicos.

#### 4.5 Determinación de la textura

La textura del suelo, para los fines prácticos normales, se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos (anexo 1) y uso de las siguientes formulas.

$$\% \text{ arena} = 100 - (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla})$$

$$\% \text{ arcilla} = \frac{(\text{lectura hidrómetro corregida } 120') \times (100)}{\text{Peso seco de la muestra de suelo}}$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

En base a estos resultados se procedió a calcular las porciones de arena, limo, arcilla y clasificar el suelo de acuerdo a la clase textural usando el diagrama textural (USDA), (ver Anexo 2).

#### 4.6 Determinación de la estructura del suelo.

La determinación de los tipos de estructura se hizo morfológicamente, mediante la observación del tamaño, forma y ubicación. Los análisis estructurales se realizaron a nivel de campo al tacto y se determinaron mediante la comparación con cartillas estructurales (ver anexo 3).

#### **4.7 Pedregosidad del suelo**

La pedregosidad del suelo se determinó al momento de la toma de muestra mediante el siguiente criterio:

Pedregosidad interna no limitante: Cuando se encuentren rocas, gravas o fragmentos de roca en una cantidad de 35% o menos, por volumen en el perfil del suelo.

Pedregosidad interna limitante: Será limitante cuando dentro del perfil del suelo se encuentren fragmentos de grava o roca en más de 35% por volumen. Con fines de clasificación, se considera limitante si está en alguna de estas categorías, superficial, interna o ambas.

#### **4.8 Color del suelo**

El color del suelo se determinó por comparación a los colores que se encuentran recogidos en la tabla Munsell se utilizaron terrones húmedos y secos para obtener el nombre del color y su nomenclatura. Colocando la nomenclatura para determinar el color y así obtener los nombres y números oficiales (Anexo 4). La medición del color se realizó con suelo húmedo y suelo seco (ver anexo 5).

#### **4.9 Determinación de la pendiente.**

Estas fueron derivadas a partir de un modelo de elevación digital generado a partir de curvas de nivel y elevaciones auxiliares. Este procedimiento fue desarrollado con la ayuda del programa gvSIG 1.1.

Según, (C.T Sheng) Para poder definir y clasificar los diferentes grados de pendiente que existen en la zona de estudio, se tiene los siguientes rangos de pendiente:

Pendientes suaves (0 a 10%)

Moderadamente fuertes (10 a 30%)

Muy fuertes (30 a 50%)

Escarpadas (> 50%)

#### **4.10 Determinación de la densidad aparente del suelo**

La evaluación de la densidad aparente se realizó por el método cilindro, usando un cilindro de 10 cm de altura por 5.2 cm diámetro, (volumen del cilindro, 212.37 cm<sup>3</sup>). (Ver anexo 6)

La fórmula necesaria para esta determinación es:

$$Da: = \frac{PSS}{VC}$$

Dónde:

Da: densidad aparente: (g /m<sup>3</sup>)

Pss: peso del suelo seco en el horno (gr).

Vc: volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>).

#### **4.11 Determinación de la porosidad del suelo**

La porosidad total se determinó con los parámetros de densidad aparente y densidad real.

**Fórmula:**

$$PT = (1 - D_a/D_r) * 100$$

**Dónde:**

P: Porosidad total (%).

Da: Densidad aparente: gr/cm<sup>3</sup>

Dr: Densidad real (gr/ cm<sup>3</sup>)

Calificación de la porosidad total del suelo (cuadro. 3).

#### **4.12 Determinación consistencia del suelo.**

Se determinó a nivel de campo mediante el uso de una pequeña cantidad de suelo y se presionó entre el dedo pulgar y el índice. También se hizo apretándola con la palma de la mano. Se evaluó la consistencia del suelo seco de la siguiente manera (ver anexo 7).

#### **4.13 Determinación de la profundidad de suelos.**

Se determinaron en el momento de la ubicación del punto, con una barra se realizó un agujero hasta encontrar la existencia de un cuerpo que mecánicamente impide o limita el desarrollo radical, clase de roca, ripio o estratos compactados y/o endurecidos, se procedió a medir la profundidad del suelo utilizando como unidad de medida el centímetro (cm). Las diferentes profundidades se clasificaron mediante la metodología de Sheng y Michaelsen, donde toma en cuenta la cobertura y pendiente.

#### **4.14 Análisis de datos.**

Se realizó un análisis multivariado utilizando Clúster Análisis, con la cual se hizo un agrupamiento de las muestras de suelo de acuerdo a la similaridad de las propiedades físicas del suelo, también de acuerdo a los pisos altitudinales donde se obtuvieron las muestras, para hacer un análisis integral de los grupos resultantes. Para realizar este análisis utilizó el programa estadístico de SAS versión 9.1.

##### **4.14.1 Análisis multivariado.**

Además de realizar una primera comprobación entre muestras a través de parámetros individuales, se han considerado simultáneamente todos los parámetros determinados mediante lo que se conoce como métodos multivariantes de análisis. Se consigue así caracterizar el efecto conjunto de las distintas variables y las posibles relaciones entre ellas. Para ello, se ha utilizado el análisis de conglomerados jerárquicos o de clúster (HCA).

## **V RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Descripción de la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal**

La parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal se localiza en los municipios de la Virtud, Mapulaca y Gualcinde en el occidente de Honduras. El uso de suelo en dicha superficie se reparte en áreas de pastizales, bosques secundarios, cultivos agrícolas y barbechos. Cabe resaltar mediante observación que la sub cuenca se encuentra degradada por actividades antrópicas y por las altas pendientes que en la zona se encuentran. No obstante, la sub cuenca cuenta con un potencial hidrológico, y suelos que para fines de manejo son excelentes.

### **5.2 Determinación de uso de suelo parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal.**

La tierra en el área estudiada esta cultivada y distribuida en: pastizales, cultivo agrícola, bosque secundario, barbecho. La plantación varía en edad en los diferentes lugares y tipos de cultivo en los distintos pisos altitudinales de esta sub cuenca. Los pastizales eran de especies comunes como ser pasto otoreño (*Andropogum gallanus*) en mayores cantidades, también se encontraron otras especies en menores cantidades como ser *Brachiaria sp*, estos cultivos los productores los desarrollan en pequeñas cantidades y se desarrollan en suelos muy pocos profundos, pocos profundos. Cultivos agrícolas, se realizaron muestreos en parcelas de maíz (zeas maíz) en su mayoría, frijoles (*phaseolos vulgaris*) café (*coffea arabica*) y piña (ananas comocus) en pequeñas cantidades. Bosques secundarios, las especies que más predominan son; pino (*pinus sp*), laurel (*Cordia alliodora*), chaparro (*Curatella americana*), roble (*Quercus sp*) entre otras. Barbecho, estos suelos son los que se dejan descansar por uno o más años, en ellos se encuentran residuos de la cosecha anterior, malezas y otras. Esta clasificación se realizó de acuerdo

tipo de cobertura vegetal que se encontró por cada sitio localizado en los puntos seguidos por el GPS.

### **5.3 Características físicas del suelo**

#### **5.3.1 Determinación de la textura del suelo.**

En los resultados obtenidos para esta variable, el mayor porcentaje (69%) de los suelos corresponden a una textura franco arenoso.

En virtud de su textura relativamente suelta propiciada por la arena, fertilidad aportada por los limos, adecuada retención de humedad favorecida por la arcilla. La cualidad principal de este tipo de suelo es que no es demasiado arcilloso, ni muy limoso.

La textura en los análisis de suelo refleja en las 4 categorías un promedio de 73.78% de arena, 12.08% de limo y un 14.13% de arcilla, esto indica suelos franco arenoso con un alto porcentaje de arena suelos muy sueltos, con mayor cantidad de particular de arena, lo cual significa que este tiene partículas más grandes que aquellos que son menos arenosos (Cuadro, 4, 5 y 6).

En segundo lugar se encuentran suelos franco areno arcilloso y arena, con valores: 56-87% de arena, 4-25% de limo y 5-28% de arcilla. Estos resultados indican que los suelos son aptos para establecer cultivos de sistema radicular poco profundo como maíz, frijoles, sorgo, pastos nativos y pastos mejorados. Por ello un mantenimiento óptimo reduce al mínimo los inconvenientes que puedan surgir durante el crecimiento de los vegetales. También son suelos propicios para el cultivo de café, y se ubican en la parte alta, específicamente en el municipio de Gualcinse con una altura de 600-1650 msnm (Cuadro, 4). Cabe mencionar que son suelos con mayor protección vegetal, con especies de conífera y bosque secundario.

Existen dos propiedades físicas muy importantes que influyen mucho en los suelos franco arenoso, la pendiente y la profundidad las cuales minimizan la calidad de esta clase textural.

Si tenemos suelos francos pero con alto porcentaje de pendiente y baja profundidad genera una problemática bastante compleja por ser suelos sueltos ya que se lavan fácilmente y terminan contaminando el agua y desapareciendo del suelo demasiado rápido para que las plantas lo absorban, cabe mencionar la tasa alta de drenaje hace que las plantas se marchiten. Por esta razón es de mucha importancia conocer las características de los suelos para establecer cultivos para la conservación del suelo y para mejorar producción (Ramírez, 2012).

**Cuadro 4.** Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del río Mocal en el municipio de Gualcinse.

| # Muestra | Lugar     | Distribución Porcentual |        |        | Clase Textural         |
|-----------|-----------|-------------------------|--------|--------|------------------------|
|           |           | % Arcilla               | % Limo | %Arena |                        |
| 15        | Gualcinse | 15.2                    | 11.96  | 72.84  | Franco arenoso         |
| 6         | Gualcinse | 11.6                    | 6.56   | 81.84  | Arenoso franco         |
| 33        | Gualcinse | 9.6                     | 4.92   | 85.48  | Arena                  |
| 19        | Gualcinse | 13.6                    | 12.92  | 73.48  | Franco arenoso         |
| 34        | Gualcinse | 9.6                     | 17.28  | 73.12  | Franco arenoso         |
| 1         | Gualcinse | 16.6                    | 14.28  | 69.12  | Franco arenoso         |
| 21        | Gualcinse | 10.6                    | 14.28  | 75.12  | Franco arenoso         |
| 12        | Gualcinse | 11.36                   | 8.52   | 80.12  | Arenoso franco         |
| 23        | Gualcinse | 9.32                    | 5.56   | 85.12  | Arenoso franco         |
| 5         | Gualcinse | 18.32                   | 10.56  | 71.12  | Franco arenoso         |
| 30        | Gualcinse | 14.32                   | 11.56  | 74.12  | Franco arenoso         |
| 22        | Gualcinse | 8.32                    | 4.56   | 87.12  | Arena                  |
| 26        | Gualcinse | 8.32                    | 4.56   | 87.12  | Arena                  |
| 14        | Gualcinse | 9.92                    | 32.04  | 58.04  | Franco arenoso         |
| 28        | Gualcinse | 20.32                   | 17.64  | 62.04  | Franco arcillo arenoso |
| 3         | Gualcinse | 13.32                   | 13.64  | 73.04  | Franco arenoso         |
| 27        | Gualcinse | 11.92                   | 14.04  | 74.04  | Franco arenoso         |
| 29        | Gualcinse | 12.24                   | 14.72  | 73.04  | Franco arenoso         |
| 8         | Gualcinse | 15.88                   | 16.64  | 67.48  | Franco arenoso         |

|    |           |       |        |        |                        |
|----|-----------|-------|--------|--------|------------------------|
| 7  | Gualcince | 10    | 6.16   | 83.84  | Arenoso franco         |
| 17 | Gualcince | 13.04 | 9.12   | 77.84  | Franco arenoso         |
| 2  | Gualcince | 15.24 | 11.92  | 72.84  | Franco arenoso         |
| 13 | Gualcince | 9.6   | 5.776  | 84.624 | Arenoso franco         |
| 10 | Gualcince | 17.24 | 9.28   | 73.48  | Franco arenoso         |
| 31 | Gualcince | 13.6  | 12.56  | 73.84  | Franco arenoso         |
| 18 | Gualcince | 13.8  | 14.36  | 71.84  | Franco arenoso         |
| 9  | Gualcince | 12.6  | 13.92  | 73.48  | Franco arenoso         |
| 35 | Gualcince | 28.32 | 13.44  | 58.24  | Franco arcillo arenoso |
| 25 | Gualcince | 10.96 | 9.2    | 79.84  | Franco arenoso         |
| 16 | Gualcince | 10.96 | 8.2    | 80.84  | Franco arenoso         |
| 24 | Gualcince | 6.96  | 11.2   | 81.84  | Arenoso franco         |
| 11 | Gualcince | 6.6   | 13.92  | 79.48  | Arenoso franco         |
| 36 | Gualcince | 29.2  | 14.488 | 56.312 | Franco arcillo arenoso |
| 32 | Gualcince | 12.6  | 17.088 | 70.312 | Franco arenoso         |
| 4  | Gualcince | 5.6   | 21.6   | 72.8   | Franco arenoso         |

**Cuadro 5.**Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del rio Mocal en el municipio de La Virtud.

| # Muestra | Lugar     | Distribución Porcentual |        |        | Clase Textural         |
|-----------|-----------|-------------------------|--------|--------|------------------------|
|           |           | % Arcilla               | % Limo | %Arena |                        |
| 28        | La Virtud | 10                      | 13.24  | 76.76  | Franco arenoso         |
| 36        | La Virtud | 23.6                    | 11.64  | 64.76  | Franco arcillo arenoso |
| 44        | La Virtud | 28.2                    | 13.04  | 58.76  | Franco arcillo arenoso |
| 40        | La Virtud | 11.2                    | 9.4    | 79.4   | Franco arenoso         |
| 2         | La Virtud | 13.6                    | 9.24   | 77.16  | Franco arenoso         |
| 10        | La Virtud | 16                      | 15.64  | 68.36  | Franco arenoso         |
| 35        | La Virtud | 15.6                    | 15.64  | 68.76  | Franco arenoso         |
| 38        | La Virtud | 7.6                     | 6.04   | 86.36  | Arenoso franco         |
| 12        | La Virtud | 13.2                    | 12.04  | 74.76  | Franco arenoso         |
| 39        | La Virtud | 13.6                    | 11.64  | 74.76  | Franco arenoso         |
| 41        | La Virtud | 11.6                    | 16     | 72.4   | Franco arenoso         |
| 27        | La Virtud | 11.4                    | 8.6    | 80     | Franco arenoso         |
| 14        | La Virtud | 13.6                    | 15     | 71.4   | Franco arenoso         |
| 18        | La Virtud | 12.2                    | 8.84   | 78.96  | franco arenoso         |
| 19        | La Virtud | 19.4                    | 15     | 65.6   | franco arenoso         |

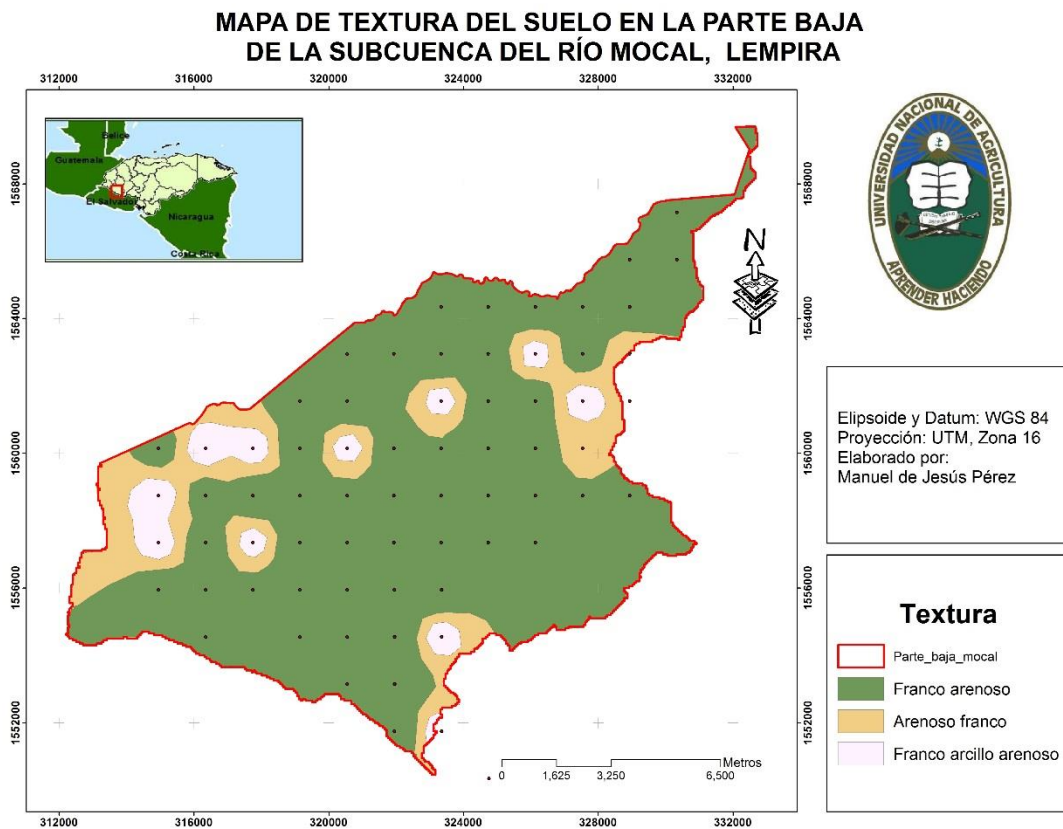
|    |           |        |       |        |                        |
|----|-----------|--------|-------|--------|------------------------|
| 20 | La Virtud | 12.2   | 7.416 | 80.384 | Franco arenoso         |
| 21 | La Virtud | 14.2   | 10.28 | 75.52  | Franco arenoso         |
| 22 | La Virtud | 13.416 | 7.984 | 78.6   | Franco arenoso         |
| 23 | La Virtud | 22.56  | 8.776 | 68.664 | franco arcillo arenoso |
| 26 | La Virtud | 21.56  | 10.56 | 67.88  | franco arcillo arenoso |
| 24 | La Virtud | 15.56  | 12.56 | 71.88  | Franco arenoso         |
| 25 | La Virtud | 24.2   | 12.92 | 62.88  | franco arcillo arenoso |
| 31 | La Virtud | 19.2   | 14.56 | 66.24  | Franco arenoso         |
| 32 | La Virtud | 27.56  | 11.12 | 61.32  | franco arcillo arenoso |
| 34 | La Virtud | 19.2   | 10.2  | 70.6   | Franco arenoso         |
| 42 | La Virtud | 13.2   | 13.28 | 73.52  | Franco arenoso         |
| 33 | La Virtud | 21.4   | 16.2  | 62.4   | franco arcillo arenoso |
| 13 | La Virtud | 25     | 14.04 | 60.96  | franco arcillo arenoso |
| 37 | La Virtud | 11.6   | 14    | 74.4   | Franco arenoso         |
| 11 | La Virtud | 17.6   | 15    | 67.4   | Franco arenoso         |

**Cuadro 6.** Tipos de textura de la parte baja de la Subcuenca del río Mocal, en el municipio de Mapulaca.

| # Muestra | Lugar    | Distribución Porcentual |        |        | Clase Textural |
|-----------|----------|-------------------------|--------|--------|----------------|
|           |          | % Arcilla               | % Limo | %Arena |                |
| 7         | Mapulaca | 9.6                     | 7.64   | 82.76  | Franco arenoso |
| 6         | Mapulaca | 7.6                     | 10     | 82.4   | Arenoso franco |
| 4         | Mapulaca | 8.32                    | 25.84  | 65.84  | Franco arenoso |
| 2         | Mapulaca | 18.32                   | 16.56  | 65.12  | Franco arenoso |
| 3         | Mapulaca | 10.32                   | 11.64  | 78.04  | Franco arenoso |
| 1         | Mapulaca | 11.8                    | 12.16  | 76.04  | franco arenoso |

### 5.3.2 Mapa de textura de los suelo

El mapa de textura representa la proporción en la que se encuentran distribuidas varias partículas elementales que pueden conformar un sustrato, según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua se puede clasificar en tres grupos básicos: arena, limo y arcilla estos son los que forman las clases texturales (ver cuadro 4) encontradas en parte baja de la subcuenca del río Mocal, Lempira, observe la (Figura, 11)

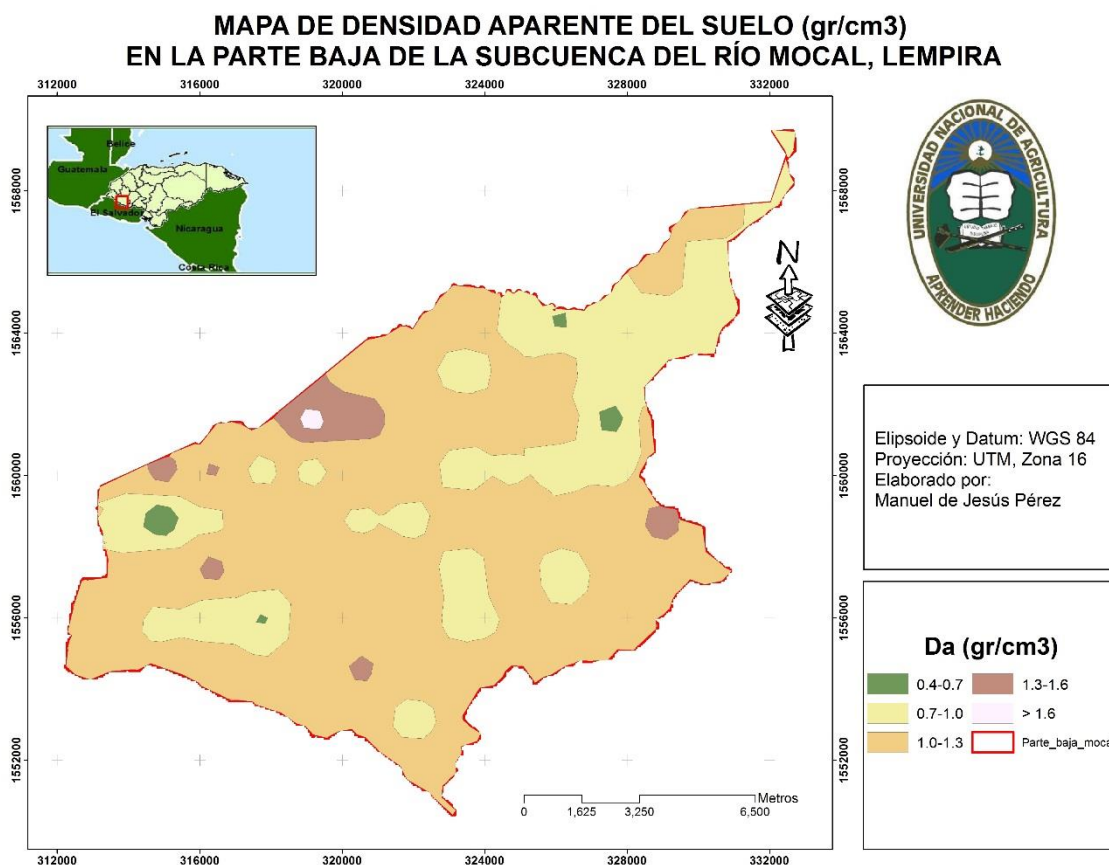


**Figura 2.** Mapa de textura de los suelos en la parte baja de la subcuenca río Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud

En la figura 6 expresa tres clases texturales que definen la textura del suelo en los suelos de esta subcuenca entre ellas están franco arenoso, arenoso franco, franco arcillo arenoso. En un área de 164 km<sup>2</sup> (16,400 ha) que forman la parte baja de la subcuenca del río Mocal, los suelos franco arenosos son los que más resaltan con 129.2 km<sup>2</sup> (12,920 ha) distribuido en tres municipios y en mayores cantidades, para los suelos arenoso franco se encuentran 25.8km<sup>2</sup> (2,580 ha) distribuidos en la parte baja, al este del municipio de la virtud, al o este del municipio de Gualcinse y suelos franco arcillo arenoso 9.0km<sup>2</sup> (900 ha), distribuido al este, o este y centro de la subcuenca.

### 5.3.3 Mapa de la densidad aparente.

Los niveles de densidad están representados en rangos, donde 1.0-1.3g/cm<sup>3</sup> cuya proporción representa mayor área, 114.4 km<sup>2</sup> (11,440 ha) distribuidos en los tres municipios que limitan la subcuenca (figura 12).



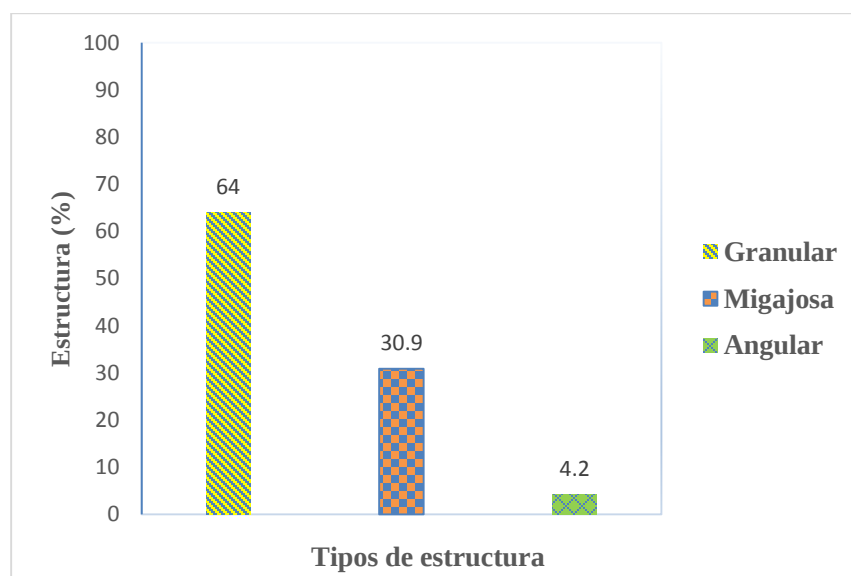
**Figura 3** Mapa de densidad aparente de los suelos en la parte baja de la subcuenca río Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud.

En segundo lugar se encuentra un rango de 0.7-1.0g/cm<sup>3</sup> con 42.8 km<sup>2</sup> (4,280 ha) distribuido en distintas parte de la subcuenca representando una densidad aparente baja, para el nivel de 1.3-1.6 g/cm<sup>3</sup> con un área de 5.3 km<sup>2</sup> (530 ha) con una densidad aparente normal en la zona de San José y la Trinidad la virtud, en un rango 0.4-0.7g/cm<sup>3</sup> dicha proporción representa 1.14 km<sup>2</sup> (114 ha) representa baja área y baja densidad aparente, se

encuentra en La Cuesta y La Majada en el municipio de La Virtud, Los Planes en el municipio de Mapulaca. Para una densidad normal de  $> 1.6$  con un área  $0.3 \text{ km}^2$  (30 ha) se encuentra en La Cuesta al norte del municipio de la virtud.

#### 5.3.4 Determinación de la estructura del suelo

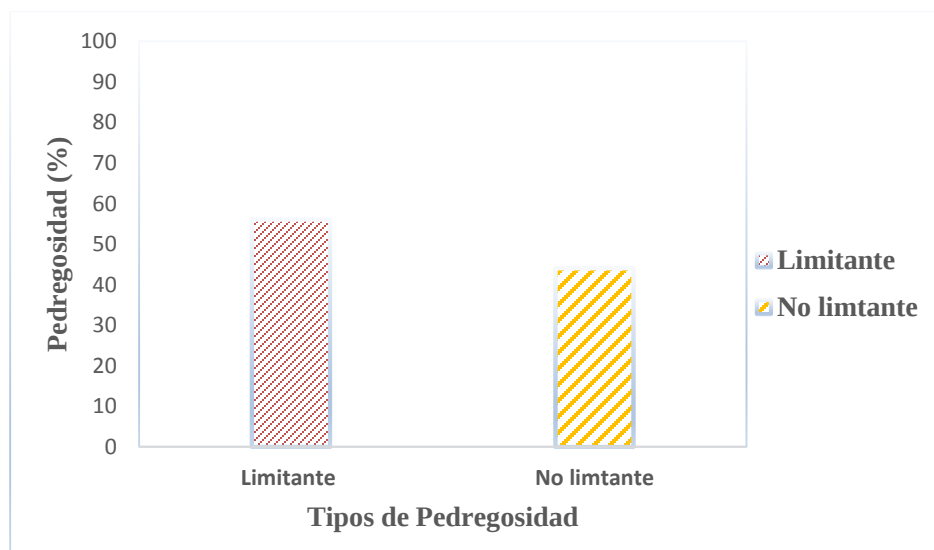
Los tipos de estructura encontradas a nivel de campo en esta subcuenca son las siguientes: en forma granular (64%), migajosa (30.9%) y bloques angulares (4.2%), son las más comunes en la parte superficial en toda el área de estudio. La forma granular y migajosa se presenta en mayor cantidad con un tamaño de partículas, gruesas, medianas y finas, y encontrándose los grados débil y moderados (Anexo 1).



**Figura 4.** Porcentaje para cada tipo o forma de estructura, parte baja de la subcuenca del Río Mocal en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

La forma o tipo de estructura granular (64%) que se encuentran en estos suelos mantienen condiciones de aireación y drenaje, indica que son suelos bien estructurados con un tamaño apropiado de agregados. (Barbosa 2011), muestra que los suelos granulares tienen una buena velocidad de infiltración inicial, que no se reduce a un valor bajo cuando se mojan. En suelos bien estructurados la mayor parte del agua que sale es remplazada por aire en los espacios porosos.

### 5.3.3 Determinación de la pedregosidad del suelo.

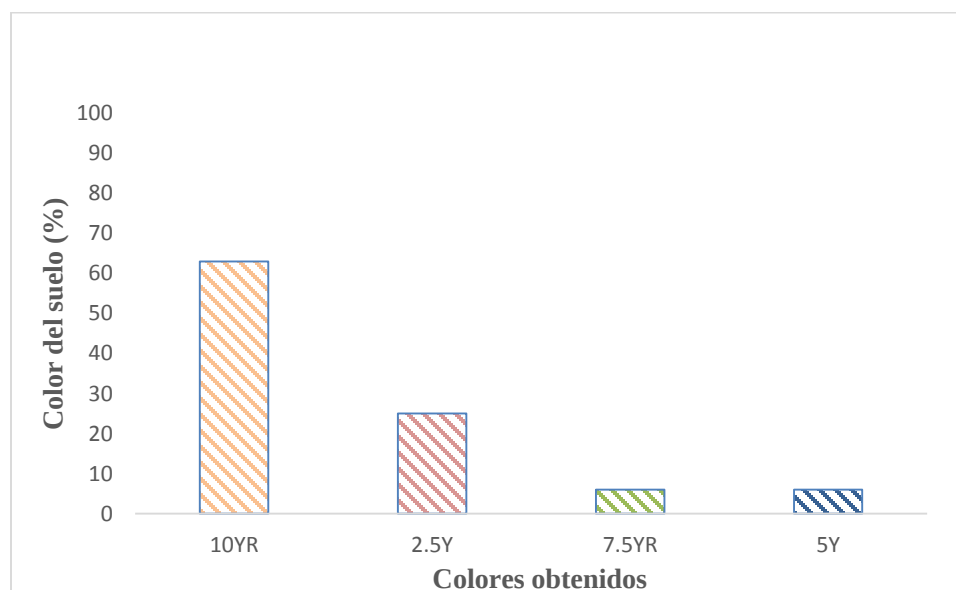


**Figura 5.** Pedregosidad del suelo en la clasificación de las características limitante y no limitante en porcentajes (%), en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

La pedregosidad en los suelos descritos se encontró problemas por pedregosidad interna limitante (56%) en su mayoría en cultivos agrícolas como maíz, frijol y pastizales donde se encuentra problemas en el crecimiento de estos cultivos, la pedregosidad limitante es una característica muy observable en esta subcuenca. Estas zonas pedregosas desde el punto de vista de la conservación del suelo, pueden llegar a ser eficaces porque cuando la vegetación es escasa el golpeo de las gotas de agua sobre las piedras protege al suelo de la dispersión y

arrastre de partículas. También se encuentran suelos con pedregosidad internas no limitantes(44%), específicamente en la parte norte de la Subcuenca en la parte alta del municipio de Gualcince donde es mayor la profundidad y el cultivos que más predomina es el café (Anexo 8 ). Según (Andrades, et al. 2007) muestra en su investigación de suelos, la caracterización de los suelos pedregosos permite hacer predicciones acerca de su comportamiento, sus potencialidades y limitaciones para el logro de un aprovechamiento sostenible.

### 5.3.4 Determinación del color del suelo



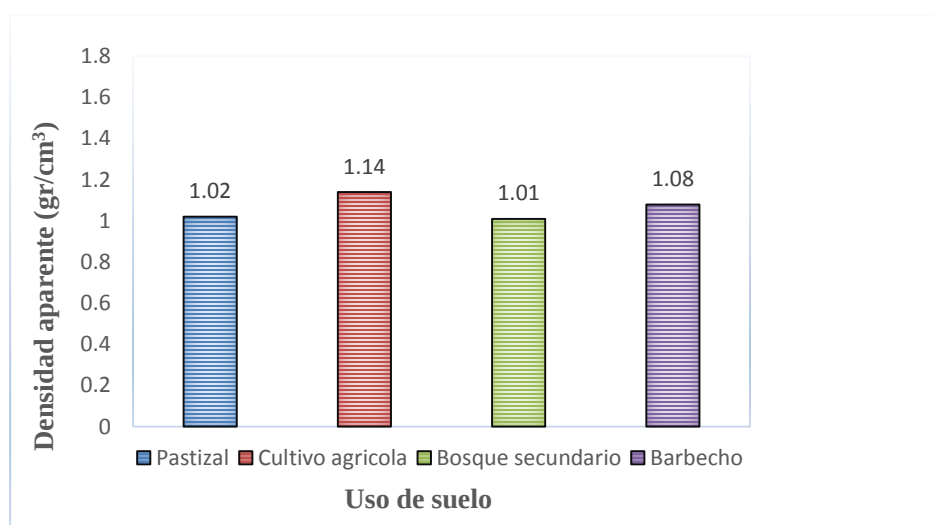
**Figura 6.** Tipos de color del suelo y porcentajes (%) para cada uno, encontrados en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

Los colores del suelo fueron obtenidos en suelo húmedo y suelo seco los más dominantes fueron: 10YR (63%), 2.5Y (25%), 7.5YR (6%) y 5Y (6%). En estos suelos prevalecen los colores marron palido, marrón grisáceo, gris, grises oscuros, oscuros claros, (ver anexo 9). Estudios realizados por (Escoto, 2009), indica que los suelos prevalecen los colores oscuros y oscuros con un alto croma ( $\geq 3$ ) y bajo valor ( $\leq 4$ ) como consecuencias de condiciones de

mal drenaje. Para (Castillo, 2005) El color gris indica abundancia de cuarzo que tiene un tono grisáceo, presenta una incipiente meteorización química y también indica ausencia de materia orgánica.

### 5.3.5 Determinación de la densidad aparente del suelo

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los mismos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire).



**Figura 7** Promedio de Densidad Aparente (gr/cm<sup>3</sup>) según uso de suelo en toda el área de estudio, en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

El estudio de esta sub cuenca en base a densidad aparente es un buen indicador para conocer ciertas características del suelo como ser: porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración.

Los resultados obtenidos en laboratorio se obtuvo un rango de densidad aparente desde 0.44- 1.77 g/cm<sup>3</sup>, este tipo de estudio indica para cada variable son densidades aparentes normales ya que son suelos arenosos, con textura franca arenosa (ver anexo 9).

En **barbecho** se obtuvieron densidades aparente entre un rango de  $0.56 \text{ gr/cm}^3$  a  $1.7 \text{ gr/cm}^3$ , con un valor medio de  $1.08 \text{ gr/cm}^3$ , **uso de suelo (residuos de la cosecha anterior, maíz (*zeas maíz*) gramíneas, pasto otoreño (*andropogon gayanus*), jaragua (*hipharremia rufa*), zacate estrella (*cynodon nlemfluentis*), malva (*malva sylvestris*) y otros)** indica densidad aparente normal (Romero 2003) ya que estos son suelos que han sido cultivados constantemente por muchos años, y en la mayoría en las observaciones realizadas se encuentran residuos de cosecha anterior, cabe mencionar que estos suelos han sido utilizados para pastoreo en épocas de verano donde los habitantes como de costumbre pastorean su ganado con el rastrojo de la cosecha anterior y estos en su mayoría solo están en descanso por un año.

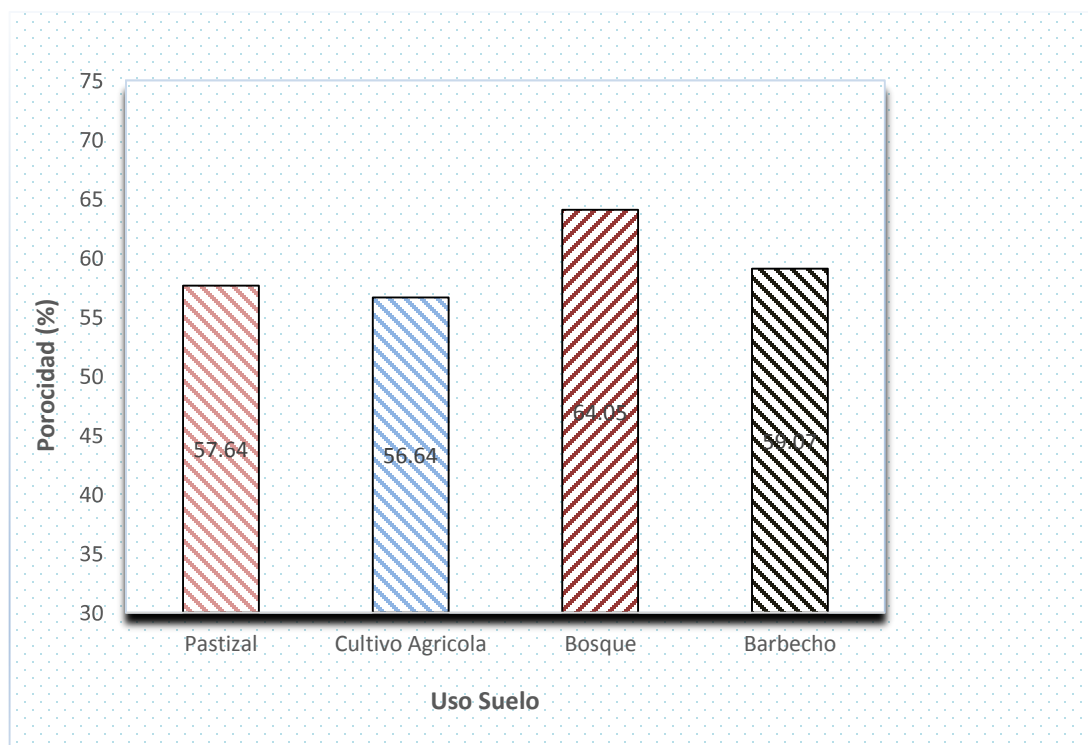
Para **Cultivo agrícola** se obtuvieron densidades aparente entre un rango de  $0.74 \text{ gr/cm}^3$  a  $1.52 \text{ gr/cm}^3$ , con un valor medio de  $1.14 \text{ gr/cm}^3$ , uso de suelos (granos básicos, **maíz (*zeas maíz*), frijoles (*phasiolus vulgaris*), sorgo (*sorgum sp*), piña (*ananas comosus*), calabaza (*cucúrbita pepo*), café (*coffea arábica*) y otros)** la cual es una densidad normal, estos suelos son los que están cultivados actualmente de maíz, frijol y sorgo en mayor cantidades. Las densidades normales en estos suelos se han dado por uso, monocultivos, pastoreos en épocas de verano para aprovechar el rastrojo.

El uso suelo en **Pastizales** se obtuvieron densidades aparente entre un rango de  $0.67 \text{ gr/cm}^3$  a  $1.39 \text{ gr/cm}^3$ , con un valor medio de  $1.02 \text{ g/cm}^3$ , uso de suelo (*brachiarias mombaza*, *brizanta*, **pasto totoreño (*andropogon gayanus*), jaragua (*hipharremia rufa*) y otros)** en comparación con las anteriores son suelos con una densidad aparente baja (Romero 2003), lo cual es reflejado por la ganadería extensiva que se encuentra en esta zona, los pequeños ganaderos pastorean sus ganado en grandes extensiones de tierra sin realizar un sobrepastoreo esto ayuda a no compactar los suelos, además estos son rotados en época de varano a los rastrojos de cultivos agrícolas.

También esta sub cuenca se encuentra ubicada en los municipios verdes donde se evita la tala y la quema, lo cual se encuentra el uso de suelo en **bosques secundarios** se obtuvieron densidades aparente entre un rango de 0.44 gr/cm<sup>3</sup> a 1.77 gr/cm<sup>3</sup>, con un valor medio de 1.01 gr/cm<sup>3</sup> (**bosque regenerado, por roble (*Quercus sp*) pino (*Pinus sp*), laurel blanco (*Cordia olliadora*) indio desnudo (*Bursera simarua*) chaparro (*Curatella americana*) algunas leguminosas como madreño (*Gliricidia sepium*)** entre otras, la densidad aparente en este uso suelo es baja, esto indica suelos porosos, con buena infiltración debido a la protección del suelo con la cubierta vegetal.

### 5.3.6 Determinación de la porosidad del suelo

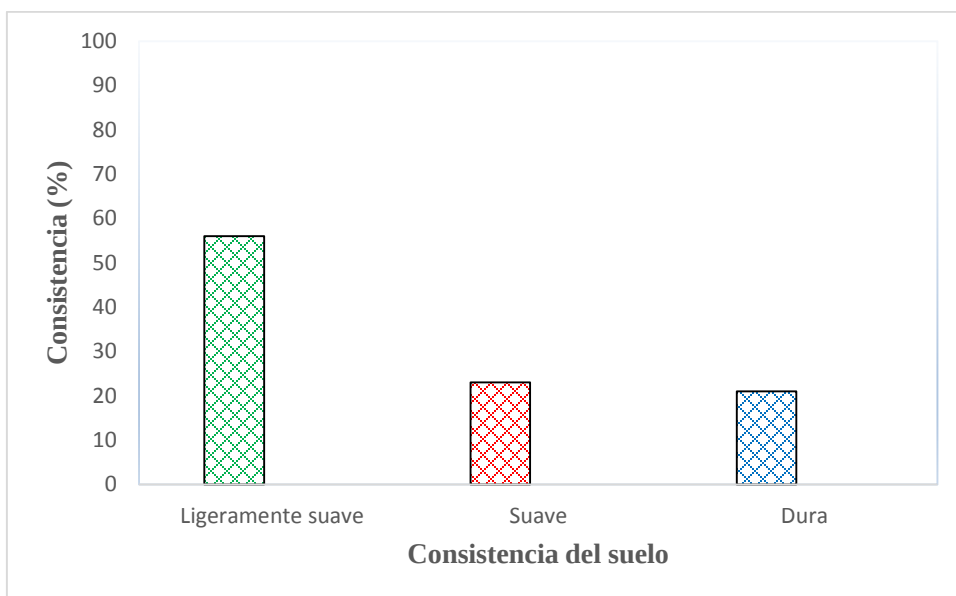
La porosidad del suelo es el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo.



**Figura 8.** Porcentaje de porosidad encontrada en toda el área de estudio para los diferentes usos de suelo en la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal.

La porosidad encontrada es de un rango de 35-83%, el uso de suelo que presenta una mejor porosidad fue el bosque (64.5%), esto debe a que no hay intervención de labores agrícolas u otras actividades que favorecen la compactación del suelo como pisoteo del ganado entre otros. para uso de suelo en barbecho 59.07%, pastizal 57.64, y en cultivos agrícolas 56.64 (ver anexo 9). Estos valores de porosidad son excelentes y están relacionados con la textura del suelo por ser suelos franco arenoso lo cual indica suelos ricos en macro poros.

### 5.3.7 Determinación de la consistencia del suelo

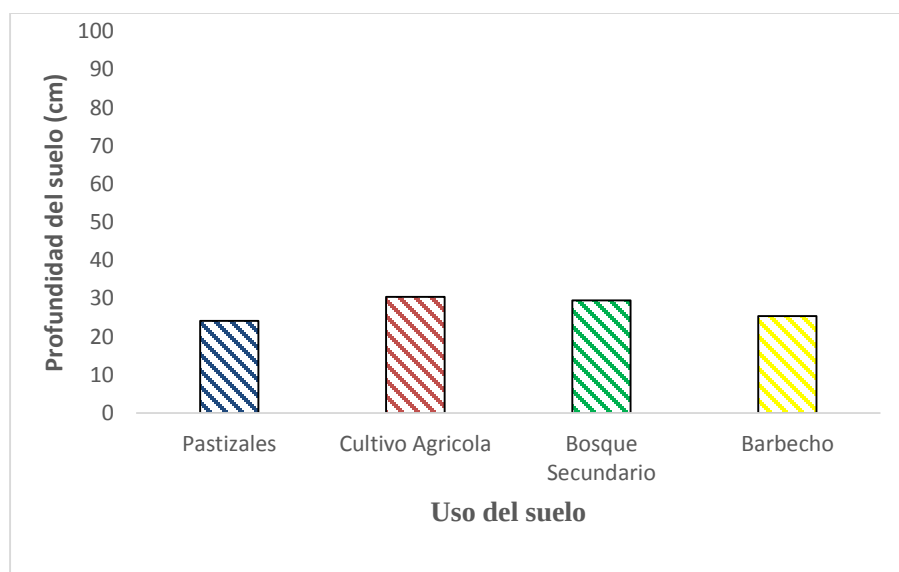


**Figura 9.** Consistencia del suelo, su clasificación (%), para los diferentes usos de suelo de la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal, en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

La consistencia del suelo está definida por la firmeza con que se unen los materiales que lo componen. En los suelos del área de estudio la consistencia a nivel de campo, las más dominantes son: ligeramente suave (56%), suave (23%) y dura (21%), esto esta relaciona con la estructura granular que tienen estos suelos por ende son suelos sueltos (ver anexo 9).

### 5.3.8 Profundidad efectiva del suelo en la parte baja de la Subcuenca del Rio Mocal

La profundidad efectiva está representada por tres categorías de profundidad: moderadamente profundo, poco profundo y muy poco profundo.



**Figura 10.** Profundidad del suelo (cm) para los diferentes usos de suelo de la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal, en los municipios de Gualcince, La Virtud y Mapulaca.

Los suelos moderadamente profundos con profundidades (50-90 cm), se ubican al norte de la parte baja de la Subcuenca especialmente en la parte media y alta del municipio de Gualcince, donde el principal cultivo es el café donde predominan bosques de pino principal y secundario los suelos de este piso altitudinal manifiestan buen estado, propicio para cultivos agrícolas y en especial cultivo de café.

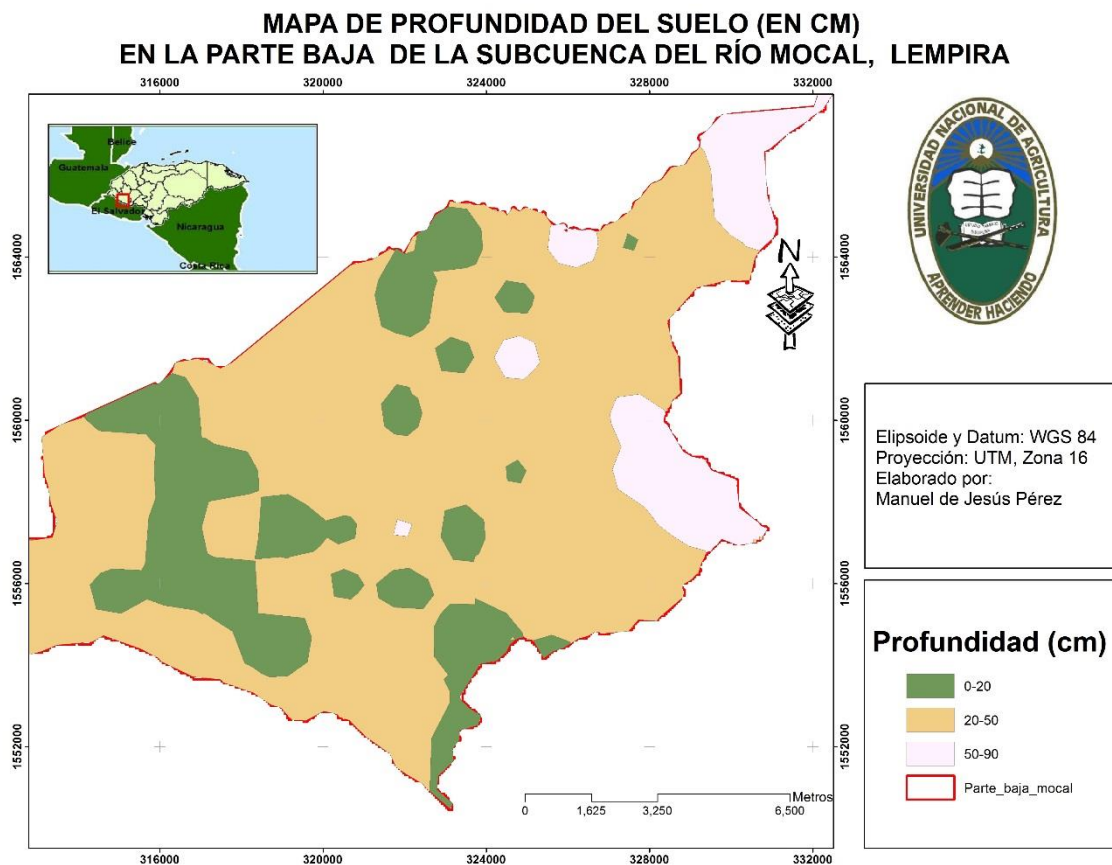
Los suelos poco profundos (20- 50cm). Están distribuidos en el centro y sur de la subcuenca especialmente en la parte media de Gualcince, parte alta de Mapulaca y parte alta de La Virtud. Estos son suelos aptos para cultivos agrícolas de sistema radicular

pequeño como, frijol, maíz, sorgo y pastos, coincidiendo con los mismos resultados en la misma región por Ramírez (2012).

Los suelos muy poco profundos <20 cm que tienen la misma ubicación que los poco profundos en donde realizan las mismas prácticas agrícolas. En los suelos pocos profundos estos cultivos son más afectados debido a la muy pobre profundidad de los mismo. En cuanto la profundidad efectiva para suelos, muy poco profundos es una característica principal de la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal (Anexo 1).

#### **5.3.9 Mapa de profundidad del suelo**

El mapa de profundidad efectiva representa tres categorías de profundidad; moderadamente profundo, poco profundo y muy poco profundo que están comprendidas en un área de 164.00 km<sup>2</sup> con 16,400 ha respectivamente, figura 13.

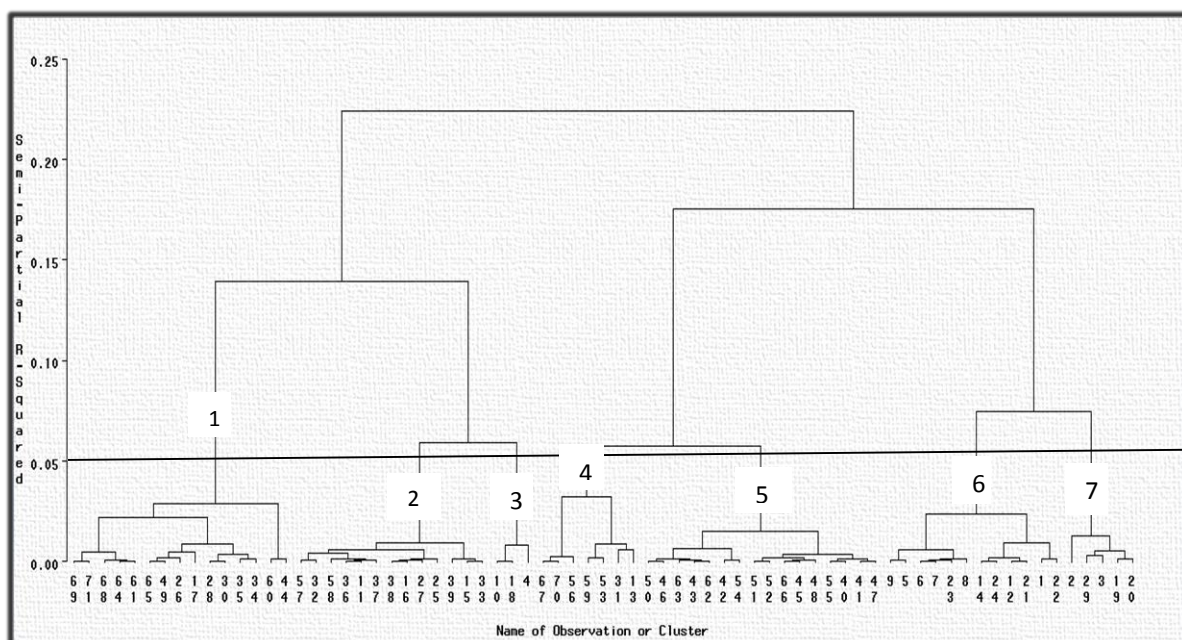


**Figura 11.** Mapa de densidad aparente de los suelos en la parte baja de la subcuenca río Mocal, municipios de Gualcinse, Mapulaca y La Virtud.

La figura 13 representa los diferentes rangos de profundidad en afectiva, para suelo poco profundo con comprendido desde 20-50cm, son las que se encuentra en mayor cantidades distribuidos en toda la parte baja de la subcuenca con un área de 116.9 km<sup>2</sup> (11,690 ha). También se encuentra suelos muy poco profundos desde 0-20 cm con un área de 32 km<sup>2</sup> (3200 ha) se concentran en su mayoría en la parte baja de los municipios de Mapulaca y La Virtud. Los suelos moderadamente profundos se encuentran en su mayoría en la parte media y alta del municipio de Gualcinse, su uso común de suelo es el bosque con un área de 15 km<sup>2</sup> (1500 ha) y son suelos aptos para el cultivo de café.

### 5.3.10 Relación de las características físicas con el uso de suelo y diferentes pisos altitudinales.

En el análisis multivariado (**clúster análisis**) se agrupan variables tratando de lograr la máxima similitud en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. En este caso se agrupan las variables de textura, estructura, pedregosidad, color, densidad aparente, porosidad, consistencia y profundidad del suelo bajo la influencia de los usos de suelo y los gradientes de altitud en la zona bajo estudio. Para reflejar los conglomerados o agrupaciones que se forman, se realiza a través de un dendograma (figura 14)



**Figura 12.** Análisis clúster multivariado de las propiedades físicas del suelo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, Lempira.

El dendograma indica un índice de similitud por bajo 0.05 en todos los puntos muestreados, se formaron siete grupos de suelo con propiedades similares bajo los diferentes usos de suelo.

El primer grupo homogéneo está conformado por 15 muestras, desde la muestra 69 (izquierda de la gráfica) hasta la muestra 44 (hacia la derecha), donde el uso de suelo en

común es pastizal y barbecho, con clase textural franco arenosa y franca arcillo arenoso, estructura migajosa y granular, densidad aparente  $0.44 - 1.28\text{g/cm}^3$ , porosidad excelente, color suelo seco gris y marrón, color suelo húmedo marron oscuro, consistencia ligeramente suave y dura, profundidad muy poco profundo, pedregosidad limitante, la altitud que predomina es de 176-500 msnm.

El segundo grupo homogéneo está conformado por 13 muestras, desde la muestra 57 (izquierda de la gráfica) hasta la muestra 33 (hacia el centro), donde el uso de suelo en común es pastizal y barbecho, con clase textural franco arenoso, estructura granular, densidad aparente  $0.87 - 1.27\text{g/cm}^3$ , porosidad excelente, color suelo seco marrón amarillento, color suelo húmedo oscuro marron amarillento, consistencia ligeramente suave y dura, profundidad muy poco profundo, pedregosidad limitante, la altitud que predomina es de 190-813 msnm.

El tercer grupo homogéneo está conformado por 3 muestras, desde la muestra 10 (izquierda de la gráfica) hasta la muestra 4 (hacia el centro), donde el uso de suelo en común es pastizal, con clase textural arenoso franco, estructura migajosa, densidad aparente  $0.56 - 1.14\text{ g/cm}^3$ , porosidad excesiva, color suelo seco marron grisáceo, color suelo húmedo pardo grisáceo muy oscuro, consistencia ligeramente suave, profundidad poco profundo, pedregosidad no limitante, la altitud que predomina es de 480-730 msnm.

El cuarto grupo homogéneo está conformado por 7 muestras, desde la muestra 67 (centro de la gráfica) hasta la muestra 13 (hacia la derecha), donde el uso de suelo en común es pastizal, barbecho y cultivo agrícola, con clase textural franco arenoso, estructura granular, densidad aparente  $1.36 - 1.77\text{g/cm}^3$ , porosidad baja, color suelo seco gris claro, color suelo húmedo marron, consistencia ligeramente suave, profundidad muy poco profundo y poco profundo, pedregosidad no limitante, la altitud que predomina es de 216-981 msnm.

El grupo cinco está conformado por 16 muestras, desde la muestra 50 (centro de la gráfica) hasta la muestra 47 (hacia la derecha), donde el uso de suelo en común es pastizal, con

clase textural franco arenoso, estructura granular, densidad aparente  $0.93 - 1.36 \text{ g/cm}^3$ , porosidad excelente, color suelo marrón, color suelo húmedo marron oscuro, consistencia ligeramente suave, profundidad poco profundo, pedregosidad limitante, la altitud que predomina es de 222-537 msnm.

El grupo 6 está conformado por 12 muestras, desde la muestra 9 (centro de la gráfica) hasta la muestra 22 (hacia la derecha), este grupo ordena las muestras y se cruzan varias variables, el uso de suelo predominan cultivo agrícola, barbecho y pastizal, con clase textural franco arenoso, estructura granular, densidad aparente  $0.84 - 1.25 \text{ g/cm}^3$ , porosidad excelente, color suelos grises, color suelo húmedo grises muy oscuro, consistencia ligeramente suave, profundidad poco profundo, pedregosidad no limitante, la altitud que predomina es de 295-1147 msnm.

El grupo 7 está conformado por 5 muestras, desde la muestra 2 (centro de la gráfica) hasta la muestra 20 (hacia la derecha), el uso de suelo predominan cultivo barbecho y pastizal, con clase textural franco arcillo arenoso, estructura granular y migajosa, densidad aparente  $0.72 - 1.14 \text{ g/cm}^3$ , porosidad excelente, color suelos marron grisaseo, color suelo húmedo grises muy oscuro, consistencia suave, profundidad moderadamente profundo, pedregosidad no limitante, la altitud que predomina es de 363-1592 msnm.

## **VI CONCLUSIONES**

El uso de suelo de la parte baja de la sub cuenca Rio Mocal, se subdividen en áreas de pastizales, bosques secundarios, cultivos agrícolas y barbechos, tales parámetros, explican en gran medida la agricultura de subsistencia en la zona y la necesidad de innovar en las actividades productivas que se realizan en la misma.

La textura corresponde a una textura franco arenoso, lo que contempla a la mayoría de ellos como suelos adecuados para cultivos por su elevada productividad agrícola, estos suelos muy sueltos, con mayor cantidad de partículas de arena.

Los usos de suelo que presentaron una mejor densidad aparente fue el bosque secundario esto muestra una mejor porosidad para el mismo.

La pendientes muy pronunciadas y las bajas profundidades que predominan en el occidente de Honduras específicamente en el sur del departamento de Lempira, genera una problemática bastante compleja por ser suelos sueltos y con las elevadas pendientes se lavan fácilmente y terminan contaminando el agua y desapareciendo del suelo demasiado rápido para que las plantas lo absorban.

Considerando su riqueza natural, la zona cuenta con un elevado potencial para la producción de bienes y servicios ambientales; iniciativas de esta naturaleza son fundamentales y necesarios para mejorar las condiciones de vida de la población y conservar los suelos de esta subcuenca.

## **VII RECOMENDACIONES**

Es necesario crear las capacidades locales de la población para poner en práctica los lineamientos de manejo de los suelos de esta subcuenca, estas capacidades hacen referencia a organizaciones comunales, institucionales y el gobierno local.

Seguir realizando investigaciones en el área de suelos debido que este factor es uno de los más importantes en el potencial de producción, y a si establecer leyes de acuerdo a la dinámica social, ambiental y económica de la población.

Establecer proyectos que se enfoquen en técnicas de producción y conservación del suelo y establecer un conjunto de métodos para darle seguimiento al desarrollo de las actividades agrícolas según el tipo de cultivos que se establezcan y se adapten a esta zona.

No permitir los establecimientos de cultivos, a pendientes muy pronunciadas sin prácticas de conservación de suelo.

Involucrar y concientizar a todas las comunidades de la zona baja que son las más beneficiadas con el uso del agua de esta subcuenca, a la protección de los recursos naturales de la zona.

## VIII. BIBLIOGRAFÍAS

**Amezquita, E. 1998.** Hacia la Sostenibilidad de los Suelos en los Llanos Orientales de Colombia: Degradación y procesos degradativos. Cali, Colombia. I.A. Ph. D Físico de Suelos, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), A.A. 6713.

**Anadón, R. Fernández, C. SF.** Características, Origen y Tipos de Suelo: La componente estructural de un suelo. Granulometría. Universidad de OVIEDO. Pág. 4.

**Barbosa A. HF. 2011.** Remediación de suelos: tipos de estructuras. Los Reyes, La Paz, Estado de México. Pág. 77.

**Barahona C, JF. 2006.** Caracterización paisajística y definición de lineamientos de manejo de “montaña grande”: zona de recarga de las microcuencas de la Soledad, las cañas y el cobre, Valle de Ángeles y Santa Lucia: Pedregosidad. Tesis Ing. Agr. UNAH. Catacamas, Olancho, HND. Pág. 8.

**Castillo C, CM. 2005.** Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cusamá el Tuma – la Dalia Matagalpa, 2005: Color del suelo. Tesis Diplomado. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua. Pág. 10.

**Cruz. AB. et al. 2004.** La calidad del suelo y sus indicadores: Indicadores físicos. España. ISBN 1697-2473.

**Canales G, O y Acevedo O, A.** Primera aproximación para la identificación de los diferentes tipos de suelo agrícola en el valle del río Mantaro: Conceptos de muestreos de suelos. Yamina Silva Vidal. Lima, Perú. Pág. 14.

**Cerrato F, R.** 2003. Identificación de los sitios con mayor capacidad de almacenamiento de agua en suelos de la microcuenca del río Pueblo Viejo. Subcuenca. Tesis Ing. Agr. UNAH. Catacamas, Olancho HND. pág. 11.

**Días M, JM.** 2009. Estimación de usos del suelo mediante técnicas cartográficas y de muestreo en Galicia: Mapa de cobertura y uso de suelos. Santiago Chile.

**Escoto D, FJ.** Estudio semidetallado de los suelos de la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras, para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*): Color del suelo. Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Francisco Morazán HND. Pág. 19.

**Figuerola B, AE.** 1999. Metodología de análisis de suelos del laboratorio de la fundación hondureña agrícola (FIA): Determinación de la textura del suelo. Catacamas, Olancho. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho HND. Pág. 13.

**Flores B, AH.** 2005. Estudio y análisis de las variaciones de los caudales de los ríos de las microcuencas; Río Olancho, Pueblo Viejo y Cuyamapa: la cuenca, formación de cuencas. Tesis Ing. Agrónomo. UNAH. Catacamas, Olancho, HND. Pág. 4, 5.

**Girón A, LA.** 2010. El uso actual del suelo agrícola en la cuenca alta del río Guacerique: conceptualización del uso actual del suelo. Tesis M.Sc. Universidad Pedagógica Francisco Morazán. Tegucigalpa, HND. Pág. 29.

**Jaramillo J, DJ. 2002.** Introducción a la ciencia: Determinación de la textura del suelo. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. Pág. 163.

**Jiménez M, P, Hernández R. S. 2007.** Módulo de Agro tecnología: Suelos. Consultado 26 de abril: Disponible en:  
[http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos\\_tema\\_1.pd](http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_1.pd)

**Lemus A, AL. 2011.** Estudio de capacidad de uso de la tierra en el área de protección especial sierra Santa Cruz, Livingston, Izabal: Tierra. Diploma de Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala, Facultad de Ingeniería. Pág. 7.

**López, J. F. 2005.** Intervención del Proyecto Lempira Sur en el manejo de los recursos naturales en la mancomunidad SOL (Sur oeste de Lempira). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. 101. p.

**Melgar C, M. SF.** Manual para el desarrollo de estudios de capacidad de uso de la tierra –ECUT. Consultado 25 de junio. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com>

**Ministerio de Energía y Minas, 2000.** XV restauración de suelos en instalaciones de refinación y producción petrolera: Enfoques para el muestreo. República del Perú. Pág., 3 y 7.

**Ramírez Núñez, NJ. 2012.** Caracterización de los sistemas de producción de cultivos y determinación de la capacidad de uso de los suelos en el municipio de Tómalá, Lempira. Tesis Ing. Agro. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 10.

**Romero V, MS. 2003.** Estudio edafotécnico para elaborar programas de riego en el área de frutales y cultivos no tradicionales de la Universidad Nacional de Agricultura. Propiedades físicas del suelo. Tesis Ing. Agr. UNA. Catacamas, Olancho, HND. Pág. 3,4.

**Rucks, L.et al. 2004.** Propiedades Físicas del Suelo: Porosidad. Facultad de Agronomía Universidad de la República. Montevideo-Uruguay.

**Vázquez G, I. 2009.** Estudio geoquímico de suelos y aguas como base para evaluar la contaminación: relación roca-suelo-agua. Análisis multivariado. Memoria para optar al grado de doctor. Universidad Complutense de Madrid. Madrid España.

**Vides A, EM. 2005.** Pago por servicios ambientales y mecanismos para su internalización en la microcuenca del Río Catacamas: La gestión del recurso hídrico a nivel de cuencas. Tesis Ing. Agr. UNAH. Catacamas, Olancho HND. Pág. 5.

**Zinck, A 1990.** Suelos información y sociedad: La degradación del suelo en términos (ITC). Holanda. P.O. Box 6. 7500 AA Enschede, Holanda.

XI Congreso Nacional agronómico. III Congreso nacional de suelos 1999.

**Zambrana S, YY. 2008.** Plan de Manejo y Gestión de la Subcuenca del Río San Francisco Matagalpa-Nicaragua: La cuenca hidrográfica y su importancia. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, NIC. Pág. 3,7, 8.

# **IX ANEXO**

## **Anexo 1.** Descripción del Método del hidrómetro de Bouyoucos.

El método de hidrómetro de Bouyoucos, se basa en medir la densidad de una suspensión, en gramos de suelo entre un litro de agua, en un tiempo de sedimentación ya establecido. Entre más partículas de suspensión, mayor será la densidad del agua y más alto flotara el hidrómetro.

El procedimiento consiste en lo siguiente

- Se pesa el suelo recolectado, previamente tamizado, por ejemplo 20 g, Se coloca en un beaker de 600 ml. se agrega 200 ml de agua destilada y dejar en remojo el suelo por 10 minutos
- Agregar 50 ml de peróxido de hidrogeno (agua oxigenada) y dejar en reposo durante dos horas (calentando para eliminar materia orgánica)
- Pasar la suspensión a la batidora eléctrica, en botellas de 500 ml, y se agrega 25 ml de solución dispersante, con el cuidado de que no quede nada de residuos en los beaker.
- Agite el suelo durante 5 minutos, en el caso que se genere espuma en el proceso se agregan tres gotas de alcohol isoamilico.
- Se trasfiere al cilindro de 1000 ml y se completa con agua destilada el volumen total del cilindro
- Medir la temperatura de la solución.
- Tomar la lectura del hidrómetro

Descripción de la fórmula para calcular proporción de arena de un suelo.

Se realizara la primera lectura del hidrómetro a los 40 segundos, pues se ha establecido que en este tiempo ha caído al fondo del cilindro toda la arena, quedando en suspensión las partículas menores como el limo y la arcilla. Entonces obtendremos la porción de arena.

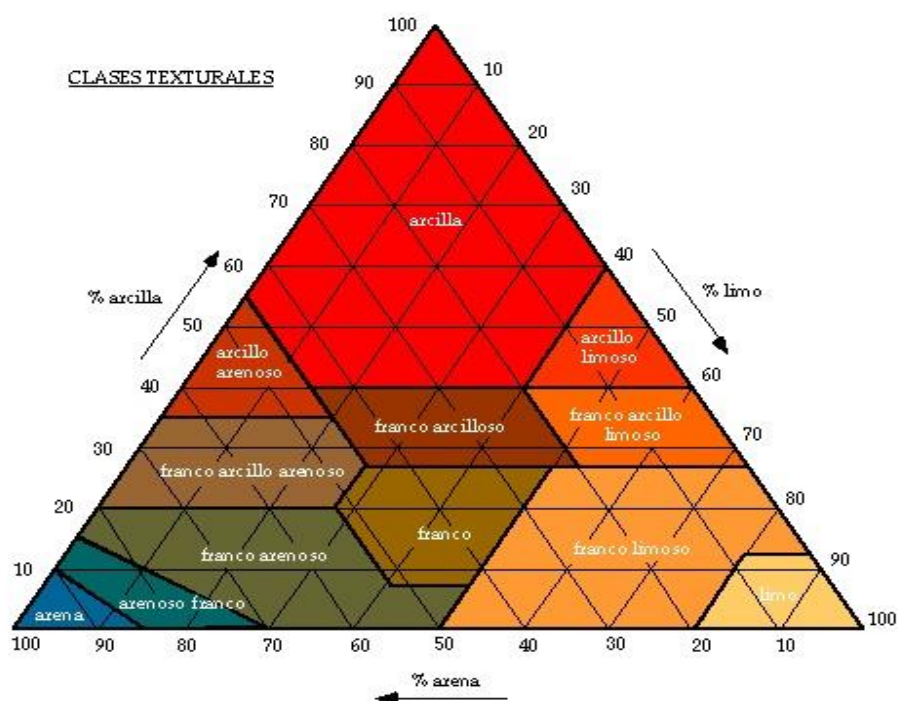
Descripción de la fórmula para calcular proporción de limo de un suelo.

Al cabo de 2 horas de haber depositado el cilindro sobre la mesa, volver a insertar el hidrómetro y hacer la lectura. Tomar la temperatura. A las dos horas todo el limo se habrá precipitado y quedaran solo la arcilla en suspensión la lectura del hidrómetro a este punto dará la cantidad de limo en suspensión.

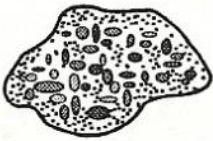
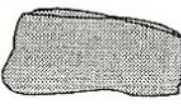
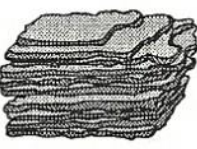
Descripción de la fórmula para calcular proporción de arcilla de un suelo

También 2 horas de haber depositado el cilindro sobre la mesa, volver a insertar el hidrómetro y hacer la lectura. Tomar la temperatura. Con la segunda lectura también se calcula la proporción de partículas de arcilla, será lo que quede una vez que se haya calculado las partículas más grandes, que ya estarán en el fondo del cilindro.

**Anexo 2.** El triángulo textural del suelo de acuerdo a la FAO y el Dep. De Agricultura de USA. (Anadón, SF). Departamento de Agricultura de Estados unidos (USDA).

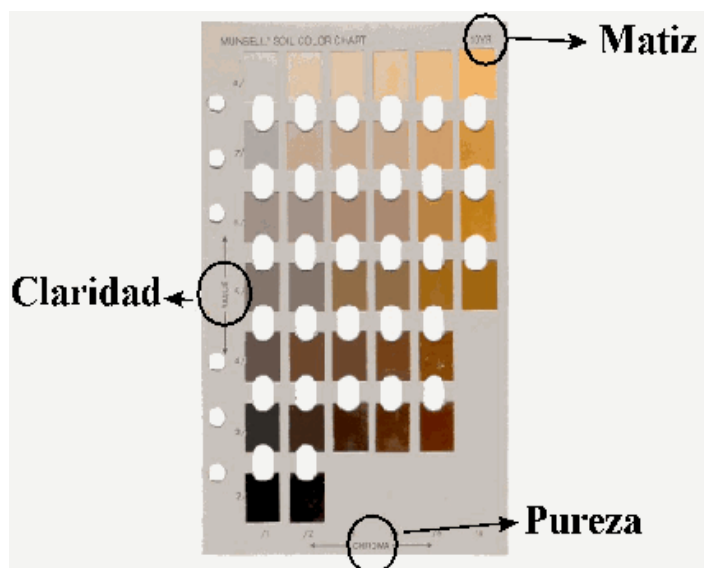


**Anexo 3.** Tipos de estructura del suelo.

| ESTRUCTURA DEL SUELO                                                                                                  |                                                                                                                          |                                                                                                                                  |                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESFEROIDAL                                                                                                            |                                                                                                                          | EN FORMA DE PRISMA                                                                                                               |                                                                                                                                       |
|  <p><b>GRANULAR</b><br/>(POROSA)</p> |  <p><b>MIGAJÓN</b><br/>(MUY POROSA)</p> |  <p><b>PRISMÁTICA</b><br/>(CÚSPIDES PLANAS)</p> |  <p><b>COLUMNAR</b><br/>(CÚSPIDES REDONDEADAS)</p> |
|  <p><b>MASIVA</b></p>                | LAMINAR                                                                                                                  | DE BLOQUE                                                                                                                        |                                                                                                                                       |
|                                                                                                                       |  <p><b>EN PLACAS</b></p>               |  <p><b>EN BLOQUES</b></p>                     |  <p><b>UNIGRANULAR</b></p>                         |

Fuente: (Neyoy, 20012)

**Anexo 4.** Tabla Munsell y forma de nombrar o nomenclatura.



Fuente: (Ovalles, 2003)

El matiz (Hue) se expresa en una escala angular con un arco de  $3,6^\circ$  para cada hoja, se basa en cinco matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P); así como los cinco matices combinados de los anteriores (YR, GY, BG, PB y RP), cada uno de los matices tiene diferentes tonalidades que se especifican mediante números entre cero (0) y diez (10) colocados antes de la letra correspondiente. La claridad (Value) y pureza (Chroma) se expresan en una escala lineal con una relación de 2,5:1 entre ellos.

## **Anexo 5. Procedimiento para determinar el color del suelo.**

### **Medición cuando la muestra está húmeda.**

1. Se tomara una muestra de suelo de 5 cm (2 pulgadas). Si es parte de un terrón determine el color en la parte de la muestra que estaba adherida al terrón (la parte que ha estado expuesta puede estar afectada).
2. Se determinara el color del suelo utilizando directamente la tabla Munsell.
3. Anote el color en la hoja de resultados.
4. Anótela también en el cuadro del instructor.

### **Medición cuando la muestra este en seco al aire.**

1. Se tomara una muestra de suelo de 5 cm (2 pulgadas) si es parte de un terrón determine el color en la parte de la muestra que estaba adherida al terrón ( la parte que ha estado expuesta puede estar afectada)
2. Determine el color del suelo utilizando directamente la tabla Munsell
3. Anote el color en su hoja de resultados.
4. Anote también en el cuadro de su instructor.

**Anexo 6.** Procedimiento para determinar la densidad aparente.

1. La metodología del cilindro consiste en extraer el suelo sin disturbar, utilizando un cilindro de volumen conocido.
2. Se ubicara el cilindro sobre la superficie.
3. Con la ayuda del martillo o el mazo se da golpes suaves para que pueda penetrar el cilindro dentro del suelo.
4. La profundidad que introducirá el cilindro será a los 15 cm.
5. Cuando el suelo es extraído se lleva al laboratorio.
6. Se recomienda pesar el suelo traído del campo.
7. El siguiente paso es el secado en hornos a  $110^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas

Después de 24 horas se pesa el suelo ya es el peso que necesitamos para determinar la densidad aparente del suelo.

## **Anexo 7.** Evaluación de la consistencia del suelo.

**Blando**, si el suelo tiene débil coherencia y friabilidad, se deshace en polvo o granos sueltos bajo muy ligera presión; o suelto, si el suelo no tiene coherencia (estructura de grano suelto);

**Ligeramente duro**, si el suelo resiste una presión ligera, pero se puede romper fácilmente entre el pulgar y el índice

**Duro**, si el suelo resiste una presión moderada, apenas se puede romper entre el pulgar y el índice, pero se puede romper en las manos sin dificultad;

**Muy duro**, si el suelo resiste una gran presión, no se puede romper entre el pulgar y el índice, pero se puede romper en las manos con dificultad;

**Extremadamente duro**, si el suelo resiste una presión extrema y no se puede romper en las manos<sup>2</sup>

**Anexo 8.** Descripción de las características morfológicas y físicas de los suelos de la parte baja de la sub cuenca del Rio Mocal

| Punto | Textura | Tipo de estructura |       |        | Pedregosidad | Color     |          | Pendiente | Da<br>g/cm | Porosidad | Consistencia | Profundidad |
|-------|---------|--------------------|-------|--------|--------------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|--------------|-------------|
|       |         | Tipo               | Clase | Grados |              | Seco      | Húmedo   |           |            |           |              |             |
| 29MG  | FA      | G                  | F     | D      | NL           | 2.5Y 6/4  | 3/2.     |           | 1.55       | ET        | S            | MP          |
| 28 MG | FArA    | A                  | G     | D      | NL           | 10YR 6/3  | 4/3.     |           | 1.14       | ET        | S            | MP          |
| 27 MG | FA      | G                  | G     | D      | NL           | 2.5Y 6/3  | 10YR 4/4 |           | 0.97       | EV        | S            | MP          |
| 20 MG | AF      | M                  | F     | D      | NL           | 5YR 6/6   | 4/6.     |           | 1.02       | EV        | LS           | PP          |
| 19 MG | FA      | M                  | G     | M      | NL           | 10YR 5/2  | 3/2.     |           | 1.7        | S         | D            | PP          |
| 18 MG | FA      | G                  | M     | M      | NL           | 10YR 6/4  | 4/6.     |           | 1.55       | ET        | D            | PP          |
| 17 MG | FA      | G                  | M     | D      | NL           | 7.5YR 5/2 | 4/2.     |           | 1.32       | ET        | LS           | PP          |
| 7 MG  | AF      | G                  | G     | D      | NL           | 10YR 6/1  | 4/3.     |           | 1.61       | ET        | LS           | PP          |
| 8 MG  | FA      | G                  | G     | M      | NL           | 10YR 5/2  | 3/2.     |           | 1.55       | ET        | D            | PP          |
| 6 MG  | AF      | M                  | G     | D      | L            | 2.5Y 7/2  | 10YR 5/3 |           | 1          | EV        | S            | MPP         |
| 4 MG  | FA      | G                  | M     | F      | L            | 2.5Y 4/1  | 3/1.     |           | 1.52       | ET        | D            | PP          |
| 31 MG | FA      | G                  | F     | M      | NL           | 10YR 3/4  | 3/3.     |           | 1.43       | ET        | LS           | PP          |
| 32 MG | FA      | G                  | F     | M      | NL           | 10YR 4/3  | 3/2.     |           | 1.39       | B         | LS           | PP          |
| 25 MG | FA      | G                  | MG    | M      | NL           | 10YR 4/4  | 3/4.     |           | 1.2        | ET        | LS           | PP          |
| 22 MG | A       | G                  | MG    | M      | L            | 10YR 4/3  | 3/3.     |           | 1.38       | ET        | LS           | MPP         |
| 24 MG | AF      | G                  | G     | M      | L            | 10YR 6/2  | 4/2.     |           | 1.19       | ET        | LS           | MPP         |
| 11 MG | AF      | A                  | F     | D      | L            | 2.5Y 4/3  | 3/3.     |           | 1.16       | ET        | D            | MPP         |
| 13 MG | AF      | M                  | G     | D      | L            | 10YR 6/6  | 5/6.     |           | 0.89       | EV        | 1            | MPP         |
| 36 MG | FArA    | A                  | G     | D      | NL           | 10YR 6/4  | 4/3.     |           | 1.14       | ET        | D            | MP          |
| 35 MG | FArA    | M                  | G     | D      | NL           | 10YR 6/2  | 4/2.     |           | 1.11       | ET        | S            | MP          |
| 34 MG | FA      | G                  | M     | D      | NL           | 2.5Y 6/1  | 10YR 4/3 |           | 1.1        | ET        | S            | PP          |
| 33 MG | A       | G                  | M     | M      | NL           | 10YR 4/3  | 3/3.     |           | 1.31       | ET        | S            | MP          |
| 12 MG | AF      | G                  | M     | D      | NL           | 2.5Y 4/2  | 3/2.     |           | 1.14       | ET        | LS           | PP          |
| 23 MG | AF      | M                  | G     | M      | NL           | 2.5Y 4/2  | 3/3.     |           | 1.28       | ET        | S            | MP          |

|        |      |   |    |   |    |           |          |      |    |    |     |
|--------|------|---|----|---|----|-----------|----------|------|----|----|-----|
| 10 MG  | FA   | G | G  | F | L  | 10YR 6/3  | 4/3.     | 1.28 | ET | LS | PP  |
| 1 MG   | FA   | G | G  | M | L  | 5YR 6/4   | 2/2.     | 0    | O  | LS | MPP |
| 2 MG   | FA   | G | G  | D | L  | 10YR 6/2  | 4/3.     | 1.72 | S  | LS | MPP |
| 9 MG   | FA   | M | G  | D | L  | 10YR 6/3  | 4/3.     | 1.43 | ET | LS | MPP |
| 14 MG  | FA   | M | F  | M | NL | 10YR 6/1  | 4/1.     | 1.05 | EV | S  | MP  |
| 3 MG   | FA   | M | M  | M | L  | 10YR 6/6  | 3/6.     | 1.47 | ET | S  | MPP |
| 5 MG   | FA   | M | F  | M | NL | 7.5YR 6/3 | 4/4.     | 5    | B  | S  | MP  |
| 16 MG  | FA   | G | G  | M | L  | 2.5Y 7/2  | 6/3.     | 1.21 | ET | D  | MPP |
| 26 MG  | FA   | G | G  | D | L  | 2.5Y 6/1  | 10YR 4/2 | 1.57 | ET | LS | PP  |
| 21 MG  | FA   | M | M  | D | L  | 10YR 6/2  | 4/1.     | 1.74 | S  | LS | PP  |
| 15 MG  | FA   | M | M  | D | L  | 10YR 7/6  | 5/4.     | 1.32 | ET | LS | PP  |
| 3 MM   | FA   | G | F  | M | L  | 10YR 5/3  | 5/4.     | 1.67 | S  | LS | PP  |
| 4 MM   | FA   | G | F  | M | NL | 2.5Y 6/2  | 4/4.     | 1.6  | ET | S  | MPP |
| 6 MM   | AF   | M | M  | M | L  | 10YR 6/1  | 4/3.     | 1.61 | ET | S  | MPP |
| 7 MM   | FA   | G | F  | M | NL | 10YR 5/2  | 2/2.     | 1.49 | ET | S  | MPP |
| 2 MM   | FA   | G | G  | M | NL | 5Y 6/2    | 4/3.     | 1.5  | ET | LS | PP  |
| 1 MM   | FA   | G | G  | M | NL | 2.5Y 7/2  | 4/2.     | 1.54 | ET | LS | PP  |
| 34 MLV | FA   | M | G  | M | L  | 10YR 6/4  | 4/4.     | 1.89 | B  | LS | PP  |
| 35 MLV | FA   | G | G  | M | L  | 5Y 8/1    | 4/2.     | 1.63 | S  | S  | PP  |
| 25 MLV | FArA | M | F  | F | L  | 7.5YR 5/2 | 4/2.     | 0.63 | EV | D  | MPP |
| 21 MLV | FA   | G | M  | D | L  | 10YR 5/2  | 3/2.     | 1.78 | S  | S  | PP  |
| 2 MLV  | FA   | G | G  | D | L  | 10YR 5/6  | 4/2.     | 1.68 | S  | LS | PP  |
| 10 MLV | FA   | G | G  | M | NL | 10YR 6/2  | 3/2.     | 1.75 | S  | LS | PP  |
| 12 MLV | FA   | G | MG | D | NL | 10YR 6/3  | 4/2.     | 1.42 | ET | LS | PP  |
| 13 MLV | FArA | G | M  | D | L  | 2.5Y 7/2  | 4/3.     | 0.73 | EV | LS | MPP |
| 43 MLV | FArA | G | M  | M | L  | 10YR 5/2  | 3/3.     | 1.54 | ET | LS | PP  |
| 42 MLV | FA   | G | G  | D | L  | 10YR 5/2  | 3/2.     | 1.56 | ET | LS | PP  |
| 41 MLV | FA   | G | G  | M | L  | 10YR 5/2  | 3/2.     | 1.59 | ET | LS | PP  |
| 37 MLV | FA   | G | G  | D | NL | 10YR 6/2  | 4/2.     | 2.06 | B  | LS | PP  |

|        |      |   |   |   |    |           |          |      |    |    |     |
|--------|------|---|---|---|----|-----------|----------|------|----|----|-----|
| 36 MLV | FArA | G | G | F | NL | 10YR 4/2  | 3/2.     | 1.61 | ET | LS | PP  |
| 38 MLV | FA   | G | F | M | NL | 10YR 6/1  | 4/2.     | 1.46 | ET | LS | PP  |
| 33 MLV | FArA | G | G | M | L  | 2.5Y 5/1  | 3/1.     | 1.77 | MJ | LS | MPP |
| 39 MLV | FA   | G | F | D | L  | 2.5Y 6/2  | 4/3.     | 1.29 | ET | D  | MPP |
| 40 MLV | FA   | G | G | D | L  | 10YR 6/2  | 3/2.     | 1.73 | ET | LS | MPP |
| 31 MLV | FA   | G | G | F | NL | 7.5YR 4/3 | 3/2.     | 2.31 | MJ | LS | PP  |
| 32 MLV | FArA | M | G | M | L  | 10YR 7/4  | 5/4.     | 0.91 | EV | LS | MPP |
| 27 MLV | FA   | M | M | M | L  | 2.5Y 6/4  | 7/2.     | 1.42 | ET | D  | MPP |
| 28 MLV | FA   | M | M | D | L  | 10YR 7/2  | 4/2.     | 1.27 | ET | S  | PP  |
| 26 MLV | FArA | M | F | M | L  | 10YR 7/2  | 5/3.     | 1.64 | S  | S  | PP  |
| 19 MLV | FA   | M | G | M | L  | 2.5Y 8/2  | 6/4.     | 1.44 | ET | LS | MPP |
| 18 MLV | FA   | M | F | D | L  | 10YR 5/3  | 3/3.     | 1.09 | ET | D  | MPP |
| 14 MLV | FA   | M | G | M | NL | 2.5Y 8/2  | 6/4.     | 1.31 | ET | LS | PP  |
| 20 MLV | FA   | G | M | F | L  | 10YR 4/2  | 2.5Y 3/2 | 1.84 | B  | LS | MPP |
| 24 MLV | FA   | G | M | M | L  | 10YR 5/3  | 3/3.     | 1.29 | ET | LS | MPP |
| 23 MLV | FArA | G | F | M | L  | 10YR7/4   | 5/4.     | 1.42 | ET | D  | MPP |
| 22 MLV | FA   | G | G | D | L  | 10YR 5/3  | 3/3.     | 1.92 | B  | S  | MPP |
| 11 MLV | FA   | G | G | M | L  | 10YR7/4   | 5/4.     | 1.44 | ET | LS | MPP |

Simbología: Municipios: MG: Gualcinco, MM: Mapulaca, MLV: La Virtud. Textura: A: Arenoso, FA: Franco arenoso, FArA: Franco arcillo arenoso. Estructura: tipo G: Granular, M: Migajosa, A: Angular, Clase: F: Fina, M: Mediana, G: Gruesa, Grados: D: Débil, M: Moderado, F: Fuerte. Pedregosidad: L: Limitante, NL: No limitante. Porosidad: B: Baja, MJ: Muy baja, S: Satisfactoria, ET: Excelente, EV: Excesiva. Consistencia: S: Suave, LS: Ligeramente suave, D: Dura. Profundidad: PP: Poco profundo, MPP: Muy poco profundo, MP: Moderadamente profundo.

