

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y DE LOS  
MACROORGANISMOS DEL SUELO DE CUATRO ÁREAS DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA.**

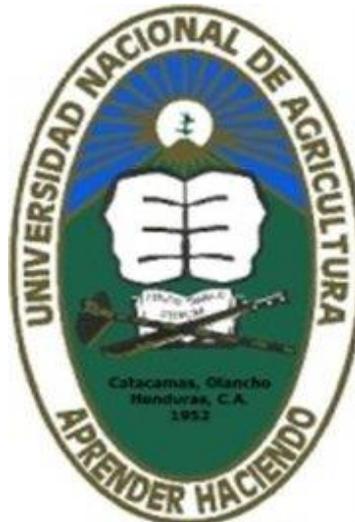
**POR:**

**YESTHIN ARIEL BACA GONZALEZ**

**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO**

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES**



**CATACAMAS,**

**OLANCHO**

**JUNIO, 2016**

**MONITOREO Y EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y DE LOS  
MACROORGANISMOS DEL SUELO DE CUATRO ÁREAS DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**POR:**

**YESTHIN ARIEL BACA GONZÁLEZ**

**GERARDO HUMBERTO MENCIA MEZA, M.Sc**

**Asesor principal**

**TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA  
OBTENCION DEL TITULO DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y  
AMBIENTE**

**CATACAMAS,**

**OLANCHO**

**JUNIO 2016**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE  
PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

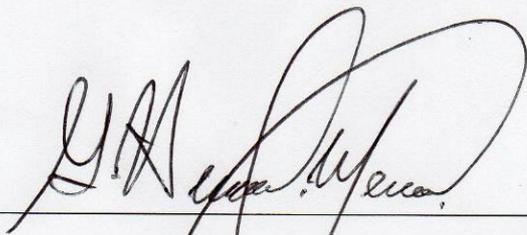
Reunidos en el Laboratorio de Suelos en el Departamento Académico de Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Nacional de Agricultura el: **M.Sc. GERARDO HUMBERTO MENCIA MEZA**, miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **YESTHIN ARIEL BACA GONZALEZ**, del IV Año de la carrera de Recursos Naturales y Ambiente, presentó su informe.

**“MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y DE LOS  
MACROORGANISMOS DEL SUELO DE CUATRO AREAS DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE AGRICULTURA”**

El cual a criterio del examinador, Aprobó este requisito para optar al título de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veintidós días del mes de junio del año dos mil dieciséis.

  
\_\_\_\_\_  
**M. Sc. GERARDO HUMBERTO MENCIA MEZA**  
Consejero/Principal

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODO PODEROSO**

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este tiempo.

### **A MIS PADRES**

**Nulvia Diamantina González Meza y José Gilberto Baca Ordoñez** por siempre estar presente en los momentos difíciles y por el sacrificio brindado para que mi sueño se allá podido cumplir y por su apoyo moral, económico y espiritual.

### **A MIS ABUELOS**

**Evelia Rutilia Meza y Luis de Jesús González Ruiz** porque más que mis abuelos fueron mis padres sus canas son sinónimo de sabiduría por enseñarme muchas cosas vitales para la vida y por ser lo más lindo para mi vida, por todo el tiempo de dedicación para mí, por su formación desde pequeño por los diferentes valores inculcados: morales, espirituales y de respeto así a los demás, porque soy quien soy debido a ellos, porque estuvieron en esos momentos donde no tenía a nadie y a pesar de las dificultades nunca dejaron de apoyarme, por sus consejos y sus regaños y por todo y más porque me encaminaron por el buen sendero

### **A MI NOVIA**

**Dania Stefhany Hernández Iscoa**, por todo su amor y cariño demostrado durante el tiempo que hemos estado juntos, por sus consejos, por estar en esos días de dificultad, por las alegrías, los bellos momentos juntos, y por haberle dado una dirección a mi vida en el momento que la necesitaba y porque ella fue la que me inspiro para que yo pudiera realizar este trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A **DIOS** por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y por darme sabiduría y salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A **MIS PADRES Nulvia Diamantina González Meza y José Gilberto Baca Ordoñez**, por haberme apoyado en todo momento, por los ejemplos de perseverancia y constancia que me han infundado y por el valor mostrado para salir adelante y más que todo por su amor.

A **MIS ABUELOS Evelia Rutilia Meza y Luis de Jesús González Ruiz** por ser el pilar fundamental en todo lo que soy en toda mi educación; tanto académica como de la vida por su apoyo incondicional brindado a través del tiempo y sobre todo por su amor.

A **MIS HERMANOS Luis Arturo González Meza, Ivi Alejandra Rodríguez Meza y Giselle Alejandra Baca** por ser mi motivo de superación en mi vida.

A **MI PRIMA Evelia Carolina González Ortiz** por ser parte importante en mi vida y por ser más que una prima el ejemplo de una hermana mayor con la cual pude contar económicamente y moralmente y por el apoyo recibido en los momentos difíciles.

A **MI ASESOR M.Sc GERARDO HUMBERTO MENCIA MEZA** por la excelente disposición y apoyo profesional ofrecidos en la duración de este trabajo de investigación.

A mi *alma mater* la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, donde el trabajo, responsabilidad, respeto, disciplina y conocimiento que he adquirido, estarán siempre presente en vida.

A **MIS COMPAÑEROS DE CUARTO DE H-5 C-49** por haber compartido con migo durante estos cuatro años, y haber disfrutado momentos bueno y experiencias inolvidables y más que todo por la amistad brindada la cual quedara para siempre

**A MIS COMPAÑEROS DE CLASES** por haber compartido muchos momentos inolvidables en clases, módulos, giras educativas y por todo las demás experiencias excelentes que vivimos.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
3.1. Qué es el suelo .....	3
3.1.1. Porque es importante el suelo.....	3
3.1.2. Proceso de cómo se forma el suelo .....	3
3.1.3. De que está compuesto el suelo.....	4
3.2. Propiedades físicas del suelo .....	5
3.2.1. Textura .....	5
3.2.2. Porosidad del suelo.....	7
3.2.3. Densidad aparente del suelo .....	7
3.2.4. Color del suelo .....	8
3.2.5. Infiltración.....	8
3.2.6. Estructura .....	9
3.3. Formas de estructura .....	9
3.3.1. Granular.....	9
3.3.2. Bloques.....	10
3.3.3. Prismática .....	10
3.3.4. Columnar.....	10

3.3.5. Laminar .....	11
3.4. La diversidad biológica del suelo .....	11
3.5. Macrofauna .....	11
3.6. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional .....	12
3.7. Características de la macrofauna como indicador biológico del estado conservación/ perturbación del suelo.....	13
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>14</b>
4.1. Ubicación del sitio de estudio .....	14
4.2. Materiales equipo y reactivo .....	15
4.3. Método .....	15
4.4. Etapa uno .....	15
4.4.1. Toma de la muestra .....	16
4.4.2. Toma de muestra para determinar textura, color, densidad aparente y porosidad .....	16
4.4.3. Toma de la muestra para determinar las pruebas de infiltración.....	16
4.4.4. Determinación de textura .....	17
4.4.5. Determinación de densidad aparente.....	18
4.4.6. Porosidad del suelo.....	19
4.4.7. Determinación de color .....	20
4.4.8. Determinación de infiltración.....	20
4.5. Etapa dos.....	21
4.5.1 Diseño del muestreo .....	21
4.5.2. Colecta de la macrofauna .....	22
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
5.1. Georeferenciación de los puntos de muestreo en los lotes de la Finca Agroecológica, Los Sauces, Cultivos Industriales y la Montañita. ....	23
5.2. Evaluación de datos obtenidos en el lote de los Sauces. ....	24
5.2.1. Textura .....	24
5.2.2. Color.....	25
5.2. 3. Densidad aparente, Porosidad e Infiltración .....	25
5.2.4. Macroorganismos .....	26
5.3. Evaluación de datos obtenidos en la Finca Agroecológica.....	27
5.3.1. Textura y Color. ....	27
5.3.1. Densidad Aparente .....	29

5.3.2. Porcentaje de porosidad .....	30
5.3.3. Infiltración .....	31
5.3.4. Macroorganismos .....	32
5.4. Evaluación de datos obtenidos en el lote de Cultivos Industriales .....	33
5.4.1. Color y Textura .....	33
5.4.2. Densidad Aparente .....	35
5.4.3. Porcentaje de porosidad .....	36
5.4.4. Infiltración .....	37
5.4.5. Macroorganismos .....	38
5.5. Evaluación de los datos obtenidos en el lote de la Montañita .....	39
5.5.1 Color y Textura .....	39
5.5.2. Densidad aparente .....	40
5.5.3. Porosidad promedio.....	41
5.5.4. Infiltración.....	42
5.5.5. Macroorganismos .....	43
5.6. Análisis comparativo entre los lotes de Sauce, la Finca Agroecológica, Cultivos Industriales y la Montañita .....	44
5.6.1 Color, textura y estructura.....	44
5.6.2. Densidad aparente, porosidad d infiltración.....	45
5.6.3 Macroorganismos .....	46
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Representación de la textura de un suelo de acuerdo a su tamaño.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Valores e interpretación de la porosidad total del suelo.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Lecturas disimétricas.....	18
<b>Cuadro 4.</b> Velocidades y clases de infiltración según (USDA 1999).....	20
<b>Cuadro 5.</b> Color presente en el lote de los Sauces.....	25
<b>Cuadro 6.</b> Densidad aparente, porosidad e Infiltración, del lote de los Sauces.....	25
<b>Cuadro 7.</b> Macroorganismos presentes a diferentes profundidades.....	26
<b>Cuadro 8.</b> Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas de la Fina Agroecológica.....	27
<b>Cuadro 9</b> Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.....	32
<b>Cuadro 10.</b> Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas de Cultivos Industriales.....	34
<b>Cuadro 11</b> Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.....	38
<b>Cuadro 12.</b> Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas la Montañita.....	40
<b>Cuadro 13.</b> Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.....	44
<b>Cuadro 14.</b> Datos obtenidos del color, textura y estructura de los lotes analizados.....	45
<b>Cuadro 15.</b> Valores obtenidos de Densidad aparente, porosidad e infiltración.....	46
<b>Cuadro 16.</b> Especies de macroorganismos abundantes en los lotes.....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de los lotes en la Universidad Nacional de Agricultura.....	14
<b>Figura 2.</b> Forma del monolito utilizado para la aplicación del método de TSBF.....	21
<b>Figura 3.</b> Distribución de las muestras agrupadas del lote de Sauces.....	23
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de las clases texturales presentes en el lote de Sauce.....	24
<b>Figura 5.</b> Densidad aparente del lote de la Finca Agroecológica.....	29
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de porosidad de las parcelas de la Finca Agroecológica. ....	30
<b>Figura 7.</b> Infiltración del lote de la Finca Agroecológica.....	31
<b>Figura 8.</b> Densidad aparente de las parcelas de Cultivos Industriales.....	35
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de porosidad de las parcelas de Cultivos Industriales.....	36
<b>Figura 10.</b> Infiltración del lote de Cultivos Industriales.....	37
<b>Figura 11.</b> Densidad aparente promedio de las parcelas de la Montañita.....	41
<b>Figura 12.</b> Porosidad promedio de las parcelas de la Montañita.....	42
<b>Figura 13.</b> Infiltración de las parcelas de la Montañita.....	43

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Mapa de los lotes con el área y la distribución de los puntos.....	54
<b>Anexo2.</b> Tipos de estructura del suelo.....	55
<b>Anexo 3</b> Triangulo de las clases texturales.....	56
<b>Anexo 4.</b> Perfil del suelo.....	56
<b>Anexo 5.</b> Descripción del color.....	57
<b>Anexo 6.</b> Procesos que se llevan a cabo para la formación del suelo.....	57
<b>Anexo 7.</b> Cuadro para la toma de datos de Macroorganismos en el campo.....	58

**BACA GONZALEZ, Y.** 2016. Monitoreo y evaluación de las propiedades físicas y de los macroorganismos del suelo de cuatro áreas de la Universidad Nacional de Agricultura. Tesis Recursos Naturales. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 71 p.

## **RESUMEN**

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Agricultura en el municipio de Catacamas Olancho, con el objetivo de cuantificar y monitorear las propiedades físicas y la macrofauna del suelo en las áreas de la Finca Agroecológica, los Sauces, Cultivos Industriales y la Montañita. Este trabajo se realizó en dos etapas la etapa uno, consistió en determinar las propiedades físicas y lo primero que se realizó fue hacer una malla de puntos con el programa Qgis. Se tomaron 56 muestras, distribuidos en las cuatro áreas. Las muestras se tomaron dependiendo las mediadas del área de cada lote; en la Finca Agroecológica las muestras fueron cada 35 m, en los sauces cada 30 m, en la Montañita cada 80 m y en cultivos industriales cada 40 m. En cada punto de muestreo se determinó la infiltración, la densidad aparente, estructura, textura y color. La etapa dos consistió en determinar la macrofauna para lo cual se dividió cada área en parcelas de acuerdo al uso del suelo, en total de 21 muestras donde se recolecto los macroorganismos encontrados de 3 tipos de profundidades de suelo cada 10 cm, en la finca agroecológica fue donde se presentó el mayor valor de densidad aparente y la Montañita el que presento el mayor porcentaje de porosidad, el color más frecuente fue el Marro muy oscuro y la textura que predomino en todos los lotes fue la franco arcillo arenoso los macroorganismos con mayor presencia fueron el ciempiés, termitas, hormigas y ácaros.

**Palabras claves:** Macroorganismos, muestras, propiedades, análisis, monitoreo.

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los elementos más fundamentales que se conocen ya que en este se desarrollan diferentes prácticas agrícolas para obtener el alimento, es por eso que se debe aprovechar y darle un uso adecuado para que las cosechas se lleven a cabo de una manera eficaz y eficiente. Existen propiedades del suelo que de manera conjunta determinan la calidad de este para un determinado uso, las propiedades físicas son densidad aparente, textura, infiltración, porosidad, color y textura; químicas y biológicas como ser los macroorganismos.

Las propiedades físicas de un suelo determinan en gran medida, la capacidad de aprovechamiento a los que el ser humano los somete. 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. Existen también indicadores de calidad del suelo ya que es un problema mundial y por esto es que se han utilizado variables para predecir la salud de suelo a través del estado de sus propiedades, en el caso de las propiedades biológicas se puede evaluar mediante la implementación de muestreos como por ejemplo la presencia de macroorganismos utilizando el método TSBF.

Por esta razón el objetivo de realizar este trabajo de investigación en los lotes de la Finca Agroecológica, Cultivos Industriales, los Sauces y la Montañita es el estudio de las propiedades físicas y macroorganismos de estos suelos, como una herramienta importante para conocer las condiciones actuales de los suelos que se utilizan en los diferentes departamentos de la Universidad, así como generar recomendaciones que se conviertan en un apoyo para el mejor uso de las mismas.

## **II OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Monitorear y evaluar las propiedades físicas y de los macroorganismos del suelo en las áreas de Finca Agroecológica, Sauce, Cultivos Industriales y la Montañita de la Universidad Nacional de Agricultura

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar y evaluar las propiedades físicas del suelo de las áreas de Finca Agroecológica, Sauce, Cultivos Industriales y la Montañita en la Universidad Nacional de Agricultura.

Proporcionar información mediante el monitoreo de las propiedades físicas del suelo, de algunas áreas de la Universidad Nacional de Agricultura que pueda servir como referencia a los técnicos y estudiantes para un mejor uso y aprovechamiento.

Clasificar los macro organismos del suelo encontrados en los puntos de muestreo, considerando la profundidad del suelo de las áreas de Finca Agroecológica, Sauce, Cultivos Industriales y la Montañita la Universidad Nacional de Agricultura.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Qué es el suelo**

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de las acciones de los seres vivos También es el proceso del resultado de la meteorización que a la hora de mezclarse el aire, agua, y restos orgánicos con productos rocosos de la meteorización se forman los suelos (Jiménez y Hernández 2008).

##### **3.1.1. Porque es importante el suelo**

Es uno de los tres elementos naturales considerado fundamental para la vida y tiene que ver con el hecho de que en el donde se llevan a cabo muchos procesos, también es fundamental ya que sostiene la producción de alimentos (granos básicos, hortalizas y frutas), la ganadería los bosques, y en general la biodiversidad, en él se apoya y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona (Vindel 2013).

##### **3.1.2. Proceso de cómo se forma el suelo**

La formación del suelo comprende una serie de procesos que transforman el material original (rocas), en donde en la primera etapa predomina la meteorización, que consiste en la transformación total o parcial de las rocas y sus minerales por las acciones de los agentes atmosféricos, a medida que el proceso avanza comienza la edafogénesis, que abarca los procesos que abarca directamente un suelo (Jiménez y Hernández 2008).

Estos procesos como los biológicos combinados con los procesos físicos y químicos en cada lugar y región climática forman el suelo, una vez formados los suelos cambian y se

desarrollan debido a estos procesos, muchos suelos diferentes pueden formarse con variaciones en la pendiente, clima y tipo de cubierta vegetal, y en yuxtaposición cercana con cualquier otro suelo, aunque el material parental puede ser bastante similar y también los procesos naturales de formación y desarrollo del suelo toman un tiempo considerable (Gliessman 2002).

### **3.1.3. De que está compuesto el suelo**

El suelo tiene cuatro componentes importantes: minerales, materia orgánica, aire y agua. La parte sólida (mineral y orgánica) ocupa generalmente hasta 50% de su volumen total, la parte mineral está compuesta por tres tipos de partículas la arcilla, la arena y el limo, el otro 50 % lo ocupan la fase líquida (agua 25%) y la fase gaseosa (aire 25%), las que mantienen una proporción complementaria al llenar los poros que se originan entre los agregados y las partículas de la fase sólida (Fassbender 1975).

El suelo perfecto debe de tener una proporción similar en que se encuentran estos tres tipos de partículas del suelo, la retención de los nutrientes determina el grado en que estas partículas suministran elementos a las plantas teniendo en cuenta que las arcillas poseen la capacidad de retener más nutrientes que la arena y por lo tanto liberan más para las plantas. La materia orgánica al descomponerse forma el humus y la cual une a las partículas del suelo en agregados y también presenta una fuente de nutrientes para la planta, el contenido de materia orgánica puede variar considerablemente y los suelos altamente degradados con baja porosidad y bajo contenido de materia orgánica no tienen la capacidad para almacenar mucha agua y, por lo tanto, no tienen mucha disponibilidad de agua para el crecimiento del cultivo (Bunch 2001).

Los suelos que poseen una adecuada agregación permiten la circulación del aire y el agua, la penetración de las raíces y además facilitan un buen contacto entre las semillas y el suelo pero en general, para el crecimiento de la planta el suelo debe estar suelto, con buena formación de agregados de tal forma que permita la circulación del aire, el agua y los nutrientes y la penetración de las raíces. Las plantas que crecen en este tipo de suelo

gastan menos energía para el enraizamiento. El agua es necesaria para la germinación de la semilla y el crecimiento del cultivo (Bunch 2001).

### **3.2. Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas de un suelo, son aquellas que caracterizan al suelo, como en la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina y del cual se encuentra presente, por la cubierta vegetativa, por el tiempo en el cual ha actuado el proceso de descomposición de los minerales y rocas la cual esto ocurre sobre o cerca de la superficie de la tierra cuando estos materiales entran en contacto con agentes atmosféricos, hidrosféricos o biológicos, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades antropológicas (Volke *et al.* 2005).

Las propiedades físicas del suelo tienen que ver en gran parte con la capacidad que tiene el ser humano para darle un uso forestal, para la agricultura, minería, industria, asentamientos humanos, uso recreativo y otros. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, están íntimamente entrelazadas con las condiciones físicas del suelo (Porta *et al.* 2003).

#### **3.2.1. Textura**

Está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas que están representadas en porcentajes de peso y de diferentes tamaños (arena, limo, arcilla) que son las que contiene. La cantidad y la magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están determinadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, también determinan el tamaño la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la

productividad estas dependen de la región geográfica donde se encuentre (Buckman y Brady, 1966).

Las partículas de arena son de tamaño (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con el peso de la de limo y arcilla. La función que tienen en las actividades del suelo son insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas y facilitando el movimiento del agua y del aire de drenaje. El tamaño de las partículas de limo va de 0.002 a 0.05mm, y tiene una velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrientes para el crecimiento vegetal y gran capacidad de retener agua para el crecimiento vegetal, el tamaño de los suelos arcillosos es menor a 0.002mm; tiene la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad, el componente arcilloso de un suelo es fundamental para determinar muchas características de éste, debido a que las partículas de arcilla tienen un área superficial mayor (Buckman y Brady, 1966).

El predominio de partículas de un tamaño dado en la parte mineral del suelo, determina considerablemente las propiedades físicas del suelo, la relación entre el contenido y proporción de partículas de diferente tamaño, para la determinación se realiza análisis de composición mecánica, y en dependencia de los porcentajes de los grupos texturales y de acuerdo a su tamaño es que se clasifica la textura del suelo (Hernández *et al.* 2006).

Fracción	Tamaño en sistema americano (mm)
Arena muy gruesa	2.00-1.00
Arena gruesa	1.00-0.50
Arena media	0.50-0.25
Arena fina	0.25-0.10
Arena muy fina	0.10-0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	≤ 0.002

(Brady N y Weil R 1966)

**Cuadro 1.** Representación de la textura de un suelo de acuerdo a su tamaño.

### 3.2.2. Porosidad del suelo

Porcentaje de volumen del suelo que no está ocupado por el suelo sólido. En un suelo libre de agua, el espacio poroso está totalmente ocupado por aire. La mayoría de las determinaciones de porosidad del suelo están basadas en determinaciones de la densidad aparente del suelo a cierto contenido de humedad y de la densidad de las partículas del suelo (Bazán 1975).

% de porosidad total	Comportamiento
70	Porosidad excesiva
55-70	Porosidad excelente
50-55	Porosidad satisfactoria en capa arable
50	Porosidad escasa
40-25	Porosidad muy baja, problemas de asfixia

**Cuadro 2.** Valores e interpretación de la porosidad total del suelo.

### 3.2.3. Densidad aparente del suelo

Según aguilara (1989) la densidad aparente es la medida en peso del suelo por unidad de volumen, la cual se puede determinar con suelos secados en el horno a 110 oC o secado al aire, la densidad aparente está relacionada con el peso específico entre las partículas suelo mineral, orgánico y también la porosidad. Si se considera un cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo.

La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos del suelo y los resultados de las densidades aparentes son importantes para determinar los movimientos de la humedad, los grados de formación de arcillas y la acumulación de los carbonatos en los perfiles del suelo, también los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente que los suelos minerales. Cuando surge un crecimiento de la densidad aparente, la resistencia

mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos (Ingaramo *et al.* 2003).

#### **3.2.4. Color del suelo**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es uno de los atributos más relevantes utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los componentes sólidos del suelo, también refleja las condiciones presentes y pasadas de óxido-reducción del suelo. Está determinado por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o también puede ser por el color de la roca parental (FAO 2009).

La determinación del color del suelo, se realiza por la comparación de este con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell. Las tablas Munsell son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permite obtener una gama de colores que varía en función del matiz, brillo y croma (Moreno *et al.*).

La variable matiz denominada HUE en la tabla Munsell es la cual hace referencia al color dominante reflejado por el suelo y es definido en base a cinco colores o mezclas de estos: azul, verde, amarillo, rojo y morado. La pureza o croma es determinada por el número de longitudes de onda que refleja el suelo y normalmente la pureza del color de un suelo no excede un valor de 8 en la escala de 0-20. Y la luminosidad o intensidad o brillo es una medida de lo claro u oscuro del color de un suelo y presenta una escala de 0 a 10, siendo el 0 el color negro puro y 10 el blanco puro. Cada página de la tabla representa un valor de matiz, con la pureza aumentando de izquierda a derecha y la luminosidad aumentando desde la parte inferior a la superior de la hoja (Casanova 2005).

#### **3.2.5. Infiltración**

Proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y

después de la infiltración (Vélez et al 2002). La presencia de agua en el suelo afecta en la medición de la infiltración de agua adicional, por esto la velocidad de infiltración es mayor cuando el suelo se encuentra seco que cuando se encuentra en condiciones húmedas (USDA 1999).

La velocidad de infiltración es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo. Generalmente se mide con base en la profundidad del agua que logra penetrar en el suelo en una hora (Brouwer et al 1988). La infiltración es un proceso que depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de los cambios estructurales y de cuanto aire se encuentra atrapado en el suelo (Walker 1989). Hay varias características que influyen en la velocidad de infiltración como la textura y la textura, las grietas, las prácticas de cultivos, y la expansión del suelo cuando se humedece (Chen-Wuing et al 2003).

### **3.2.6. Estructura**

También conocida como agregados, lo cuales pueden tener diferentes grados de desarrollo (débil, moderado, fuerte), los agregados del suelo también pueden clasificarse en base al tipo o forma, reconociéndose la esférica, laminar, bloquosa, granular, prismática y columnar, las estructuras granulares son las más deseables para el crecimiento de las plantas, debido a que los espacios entre agregados permiten que el aire puede circular y el agua sea retenida en el interior del agregado (Casanova 2005).

## **3.3. Formas de estructura**

### **3.3.1. Granular**

Se trata de la estructura más deseable para el cultivo debido a la amplitud de los espacios entre los agregados. Los gránulos pueden retener suficiente agua dejando que el aire circule entre ellos. Las estructuras granulares suelen presentarse en el horizonte A, porque los agregados en los horizontes inferiores se hallan más comprimidos unos contra otros

debido al peso supe yacente, esta estructura granular generalmente porosa se designa también con el nombre de migajosa (Thompson 2002).

### **3.3.2. Bloques**

También llamados agregados poliédricos y poseen dimensiones verticales y horizontales que se encuentran aproximadamente equivalentes. Se distinguen de los gránulos por que los poliédricos encajan entre sí como si se tratara de un puzle pero horizontal tridimensional. Se distinguen dos tipos de bloques, la **angular** con poliedros de ángulos afilados con superficies planas, de aristas vivas y con vértices y típicamente en los horizontes B y la **subangular** con la mayoría de los ángulos redondeados, con superficies no muy planas, de aristas romas y sin formación de vértices y se presentan indistintamente en los horizontes A y B (Thompson 2002).

### **3.3.3. Prismática**

Los agregados prismáticos son más altos que anchos, y los suelos son bien desarrollados, presentan agregados con raras definidas y es a través de ellas que se realiza el contacto, rompiéndose los mismos por estas caras; son densos y menos porosos que los de la estructura granular. Los bloques se desarrollan en una posición (vertical) más que en los dos horizontes. Se encuentran presentes en los horizontes más arcillosos y en veces en los horizontes B Y C

### **3.3.4. Columnar**

Esta estructura es semejante a la prismática, pero los prismas tienen las bases redondeadas. Es consecuencia de una edad avanzada del suelo o de la presencia del sodio en la disolución del suelo. Presenta menor permeabilidad que la prismática y es característica de suelos de climas áridos y esta estructura es nefasta para la agricultura (Navarro 2013).

### **3.3.5. Laminar**

Los agregados son unidades de diferente espesor, con el eje horizontal más desarrollado y también presentan una forma achatada. Tiene una gran superficie, pero son delgados. Su disposición en el suelo origina conductos discontinuos que no permiten el desarrollo radicular, así como la penetración de aire y agua y normalmente se encuentran en suelos compactos y son típicos de los horizontes arenosos como los horizontes E (Navarro 2013).

### **3.4. La diversidad biológica del suelo**

La diversidad del suelo refleja una variabilidad entre los organismos vivientes que incluye una amplia variedad de organismos no visibles a simple vista, estos organismos interactúan con otros y con variadas plantas y animales en el ecosistema que constituye un complejo tejido de la diversidad biológica, y uno de los mayores retos que presenta la biología actual es el cuantificar la diversidad biológica debido a que a veces se tiene la responsabilidad de la toma de decisiones cruciales para la conservación de las muchas especies. Esto ha generado un cuestionamiento por parte de los investigadores sobre la posibilidad de un inventario total de especies, seleccionando lugar, especies, y los sitios determinados según la función de parámetros funcionales, genéticos o filogenéticos (Vane-Wright et al 1991).

### **3.5. Macrofauna**

Determinar los indicadores de calidad de suelo es un problema en todo el mundo, debido a lo esencial de este recurso para lo que es la producción vegetal y animal. Se han utilizado un grupo de variables para predecir las condiciones del suelo, a partir de cómo se encuentren las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En la evaluación del estado de conservación/ perturbación del suelo y el ecosistema se puede tomar encuentra la macrofauna edáfica, la cual se encuentran organismos mayores de 2 mm de diámetro (cabrera 2012).

Existen muchos organismos que son importantes para la modificación de las propiedades físicas del suelo: las lombrices de tierra, termitas y las hormigas, estas actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración del agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica (Cabrera et al 2011). Las comunidades de la macrofauna varían según su composición, abundancia y diversidad, dependiendo del estado de cómo se encuentre la tierra y los cambios que pueda sufrir, permitiendo que estas comunidades se comporten como indicadores de calidad, como lo pueden ser las lombrices de tierra (Ruiz 2007).

### **3.6. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional**

La fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana. Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración de oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones micro climáticas que pueden llegar hacer muy fuertes (Lavelle et al 1992).

La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por hectárea y su biomasa varias toneladas por hectáreas. Su diversidad podría llegar a superar al millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía se carece de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema presente (Ordaz et al 2001).

Según Lavelle (1997), la macrofauna puede subdividirse en organismos epigeos, endógenos y anecicos, presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría (los endógenos) pueden tener efectos distintos sobre el suelo (compactantes y descompactantes). Los epigeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macro artrópodos detritívoros, pequeñas lombrices de la

tierra pigmentadas), otros comen plantas vivas (larvas de mariposas, caracoles) y otros (arañas, hormigas, ciempiés y algunos escarabajos) son predadores del resto de la fauna.

### **3.7. Características de la macrofauna como indicador biológico del estado conservación/ perturbación del suelo**

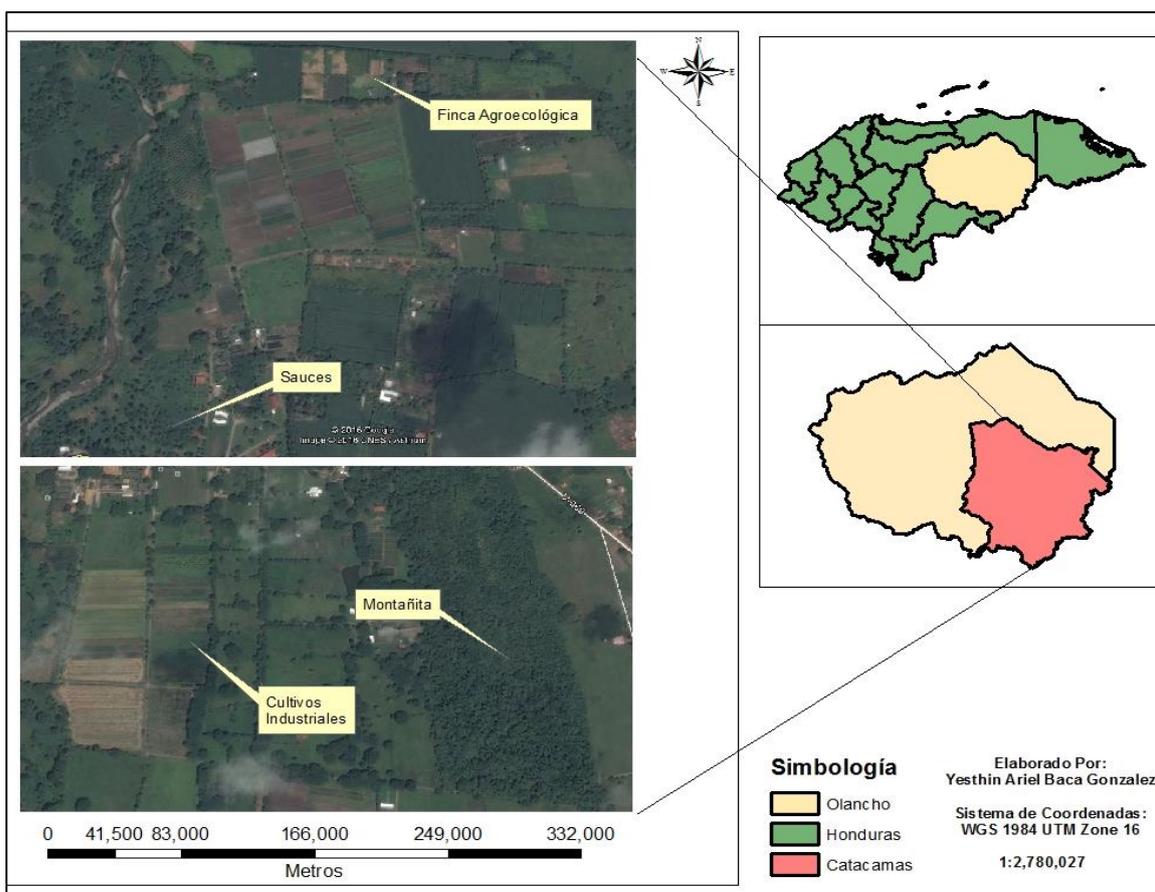
La macrofauna puede estar relacionada con atributos físicos y químicos, que a la vez manifiestan la productividad del ecosistema. Dentro de estos organismos se encuentran las lombrices de tierra, que por ser de cuerpo blando y limitada movilidad, son afectadas por el clima, la humedad, la alimentación, la textura y las condiciones químicas del suelo; por lo que manifiestan cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo las lombrices de tierra tiene la característica de prevalecer en ambientes húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica (Chocobar 2010).

También los organismos epigeos con función detritívora, representados por los diplodos (mil pies), isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gasterópodos (caracoles), pueden ser usados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfico. Ellos viven y se alimentan en la superficie del suelo, con lo que ayudan en el fraccionamiento de la hojarasca y en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica (Pereira 2013).

## IV. MATERIALES Y MÉTODO

### 4.1. Ubicación del sitio de estudio

El trabajo de práctica se llevó a cabo en los meses de, enero, febrero, marzo y abril en los sectores de Finca Agroecológica, Los Sauces, La Montañita y Cultivos Industriales de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en el barrio el Espino del municipio de Catacamas en el departamento de Olancho.



**Figura 1.** Localización de los lotes en la Universidad Nacional de Agricultura.

La Universidad se localiza en la región sureste del municipio de Catacamas con coordenadas geográficas de 14° 54' 31'' latitud norte y 85° 55' 31'' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Presenta una altitud de 346 m y una precipitación anual promedio de 1200 mm con 153 días de lluvia, una humedad relativa promedio de 74%, la temperatura media anual es de 27-28 °C, con una máxima de 30.2 °C y una mínima de 18.6 °C, en promedio, sin embargo ha llegado hasta los 35 °C, (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras 2016).

#### **4.2. Materiales equipo y reactivo**

Los instrumentos que se usaron para el trabajo de campo fueron: palin, pala, piocha, barra, machete, martillo, cilindro, cinta métrica, cámara fotográfica, GPS®, bolsas plásticas, balde y libreta de campo, y los instrumentos utilizados en oficina están: papel periódico, rodillo, probeta, beaker, matiz, marcadores, masquen, botellas plásticas, tabla munsell y los reactivos utilizados fueron: hexametafosfato de sodio, peróxido de hidrogeno y carbonato de sodio y el equipo que utilizo en la práctica fue el siguiente: horno, balanza granulométrica, hidrómetro de bouyucus, termómetro, reloj, estufa y agitador mecánico.

#### **4.3. Método**

Para describir las propiedades físicas y los macroorganismos del suelo, se dividió la practica en dos etapas, la etapa uno consistió en la determinación de las propiedades físicas, y la etapa dos consistió en el monitorear los macroorganismos del suelo.

#### **4.4. Etapa uno**

La etapa uno consiste en determinar las propiedades físicas del suelo, la cual lo primero que se hizo fue recorrer los sectores de la Finca Agroecológica, Los Sauces, La Montañita y Cultivos Industriales, esto para la toma de puntos de georeferencia para localizar y delimitar el área utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS®), y luego se determinaron los puntos de muestreo con el programa Qgis®.

Utilizando el programa se divide cada sector en parcelas, estas se subdividieron según el uso que se le esté dando al suelo, posteriormente se formó una cuadrícula o malla de puntos, para la realización de la malla de punto se tomó a una distancia entre puntos según el área de cada sector. En la Finca Agroecológica la distancia entre puntos se encuentra a cada 35m, los Sauces a una distancia de 40 m, Cultivos Industriales cada 50 m y la Montañita a una distancia de 80 m, cabe mencionar que las muestras de suelo se tomaron a cada 3 puntos en todas las áreas.

#### **4.4.1. Toma de la muestra**

Consiste en el trabajo de campo, comenzando con la recolección de las muestras para determinar las propiedades físicas del suelo a evaluar las cuales son: textura, estructura, color, densidad aparente, porosidad y también los ensayos de infiltración.

#### **4.4.2. Toma de muestra para determinar textura, color, densidad aparente y porosidad**

Para determinar textura, color, densidad aparente y porosidad se realizó el corte del suelo a una profundidad de 20 cm, y se introdujo el palin formando un agujero de manera que tenga la forma de ``V``, seleccionada del talud más limpio y correcto, posteriormente utilizando un cilindro de 5 cm diámetro y 10 cm de altura se introduce a la superficie del suelo haciendo una especie de cama en uno de los taludes se extrajo la muestra del suelo y se guardó en una bolsa debidamente rotulada y luego se lleva al laboratorio.

#### **4.4.3. Toma de la muestra para determinar las pruebas de infiltración**

Las muestras de infiltración se tomaron haciendo uso del método del cilindro, el cual tendrá la medida de 20 cm de diámetro y de 15 a 20 cm de altura, teniendo en cuenta los puntos de muestreo y de remover los residuos del lugar donde se pondrá el cilindro en el suelo, esto para que los residuos no intervengan la introducción del cilindro, pero es importante tratar de no removerlos todos.

Después se introdujo una bolsa plástica dentro del cilindro de modo que quedo bien forrado, luego se depositó el agua sobre el cilindro con la bolsa y con precaución de que no se escurriera por los lados, se retiró la bolsa con cuidado y se controló el tiempo para hacer las lecturas.

#### **4.4.4. Determinación de textura**

La determinación de la textura se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Agricultura mediante el método densímetro de bouyoucos, el cual se basa en medir en diferentes tiempos, la cantidad de sólidos en el material en suspensión. La densidad de la suspensión se mide por medio de un hidrómetro. El diámetro equivalente de estas partículas en suspensión se estima a través de la velocidad de sedimentación, se realizaron las lecturas a diferentes tiempos, obteniéndose una curva de distribución de tamaño de partículas.

#### **Preparación de la muestra mullido y tamizado**

Teniendo en cuenta que los elementos con mayor influencia en las propiedades del suelo son los incluidos en la fracción fina seguidamente las muestras del suelo fueron mullidas mediante el rodillo esto para la destrucción de agregados y después se tamizaron en un tamiz de 2 milímetros, luego se pesaron 20 g de las muestras tamizadas que fueron los gramos de suelo que se necesitaron y se guardaron en bolsas plásticas y respectivamente etiquetadas quedando listas para su análisis.

#### **Destrucción de agentes cementantes**

Los principales agentes cementantes en el suelo son la materia orgánica, carbonatos (calcio y magnesio), teniendo en cuenta la presencia de estos complejos en el suelo, fue necesario la destrucción de la materia orgánica para individualizar las partículas minerales y posteriormente se preparó cada muestra de suelo, colocando en un vaso de precipitado de 1000 ml 20 gramos de la muestra tamizada a 2 mm y se añadió unos 200

ml de agua y 50 ml de peróxido de hidrogeno y luego se agito la muestra, en el caso de las muestras que no presentaron efervescencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se les añadió otro 50 ml de peróxido de hidrogeno, todo este proceso se dejó actuar durante 6 horas.

Luego que se cumplieron las 6 horas se llevó la mezcla a 80° C en la estufa y durante el ataque se evitó la ebullición para que no se llegue a una consistencia patosa, las mezclas que presentaron ebullición se les añadió unas gotas de agua, posteriormente se dejó la mezcla durante dos horas, después de que se allá cumplido el tiempo se llevaron a ebullición durante diez minutos luego se dejaron enfriar y utilizando una varilla se limpiaron las paredes del vaso. Luego se depositó todo el contenido de la mezcla a una botella plástica de 500 ml y se le añadió 25 ml de hexametafosfato sódico y luego se colocaron las botellas en un agitador mecánico durante dos horas.

Cuando pasaron las dos horas con un embudo se trasladó todo el contenido de las botellas a las probetas de 1000 ml, luego se agito la probeta a modo de que no quedara ninguna partícula del suelo en el fondo y luego se introdujo el hidrómetro y se toman las lecturas a un tiempo de uno, tres, diez, treinta y noventa minutos y luego se realizaron los análisis.

<b>Tiempos (minutos)</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>90</b>
<b>Lecturas ( g/litros)</b>					

**Cuadro 3.** Lecturas densimétricas

#### **4.4.5. Determinación de densidad aparente**

Se determinó la densidad aparente para ver cuál es la masa del suelo seco de los sectores de la Universidad al volumen de dicho suelo en su estado natural, considerando el volumen que ocupan las partículas sólidas y los poros, se usó el método del cilindro, el cual determina la masa del suelo seco, las muestras se llevaron al horno del laboratorio el cual se utilizó el horno a 105° C de temperatura se dejaron las muestras durante un tiempo de 24 horas esto para que se pierda la humedad de los macro poros y los micro poros y luego se sacaron las muestras y se pesaron.

### **Fórmula para densidad aparente**

$$D = \frac{M}{V}$$

Donde:

M= peso del suelo seco en gramos

V= volumen del cilindro utilizado en mm

Volumen del cilindro:

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H$$

Donde:

D= diámetro del cilindro

H= altura

### **4.4.6. Porosidad del suelo**

La porosidad total se calculó, usando el dato de densidad aparente que sacamos y tomando que la densidad real del suelo es de 2.65 gr/ cm<sup>3</sup>.

Fórmula para determinar porosidad

$$PT = \left(1 - \frac{DA}{DR}\right) * 100$$

Donde:

PT= Porosidad total.

DA= Densidad aparente.

DR= Densidad real.

#### 4.4.7. Determinación de color

Para la determinación de color se usó la tabla munsell, la cual sirvió para la comparación de las diferentes muestras del suelo, para determinar se hizo la medición de color en suelo seco al aire y posteriormente se humedeció cuando se tomaron los valores, primero se tomó un terrón de cada muestra del suelo de unos 0.5-1 cm, y utilizando un dispersor de agua se le iba agregando gota por gota al terrón hasta que esté suficientemente húmedo y luego se procede a la comparación con la tabla munsell.

#### 4.4.8. Determinación de infiltración

Para la determinación de infiltración se utilizó el método del cilindro, cuando ya se ha encontrado el punto de muestreo, se observó que no hubiera ningún residuo cerca del punto, se procedió a colocar el cilindro sobre el suelo y con un martillo se golpea el cilindro hasta que alcance los 5 cm posteriormente se nivelo el cilindro, y se procedió a forrar el cilindro con una bolsa de plástico, y posteriormente se vertió el agua sobre la misma, se sacó la bolsa del cilindro con mucho cuidado, y se controla el tiempo con el cronometro durante una hora, cuando se cumplió el tiempo se midió con una regla cuanto fue el agua que se infiltró en cm.

<b>Velocidad de infiltración (minutos/ centímetros)</b>	<b>Velocidad de infiltración (minutos/hora)</b>	<b>Clase de infiltración</b>
<1.18	<15.24	Muy rápido
1.18-3.94	15.24-50.80	Rápido
3.94-11.81	50.80-15.24	Moderadamente rápido
11.81-39.37	15.24-5.08	Moderado
39.37-118.11	5.08-1.52	Moderadamente lento
118.11-393.70	1.52-0.51	Lento
393.70- 15,748.03	0.51-0.0038	Muy lento
>15,748.03	>0.0038	Impermeable

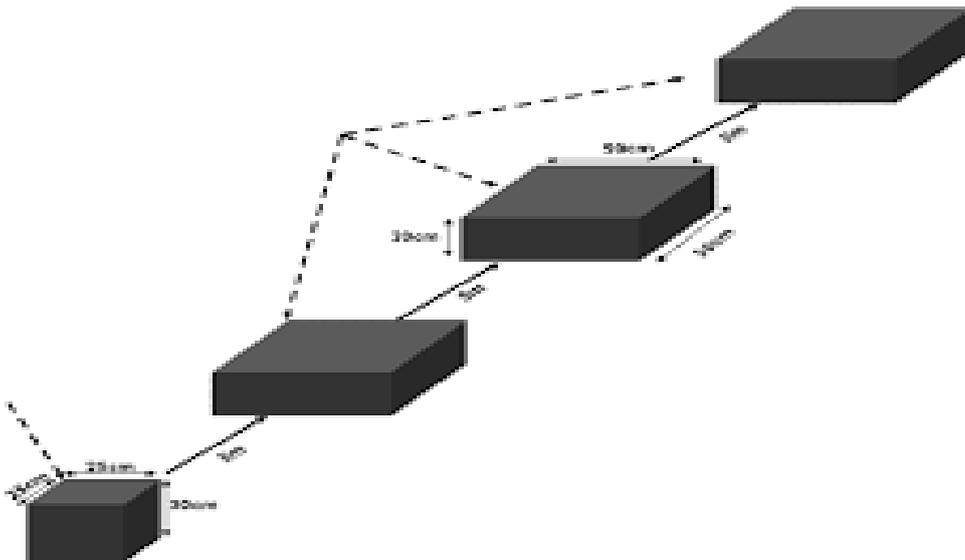
**Cuadro 4.** Velocidades y clases de infiltración según (USDA 1999).

## 4.5. Etapa dos

Esta etapa consistió en el levantamiento de muestras de los macroorganismos del suelo, el punto de partida se inició determinando los puntos de muestreo los cuales fueron tomados teniendo en cuenta las parcelas que se utilizaron para determinar las propiedades físicas del suelo. Las muestras en total se distribuyeron de la siguiente manera: cinco muestras en el lote de la Finca Agroecológica, tres muestras en Los Sauces, seis en Cultivos Industriales y ocho en la Montañita, el total de números de muestra por cada lote se tomó en consideración el área de cada lote, los que son más grandes tienen mayor número de muestras que los pequeños.

### 4.5.1 Diseño del muestreo

Para la recolección de la muestra se utilizó el método de **TSBF (tropical Soil Biology and Fertility)** el cual consiste en un diseño de un monolito de tierra extraída del suelo el cual cuenta con un área total de 652 cm cuadrados, la cual cuenta con una profundidad de 30 cm con tres partes iguales en donde cada parte representa un área de muestreo.



**Figura 2.** Forma del monolito utilizado para la aplicación del método de TSBF.

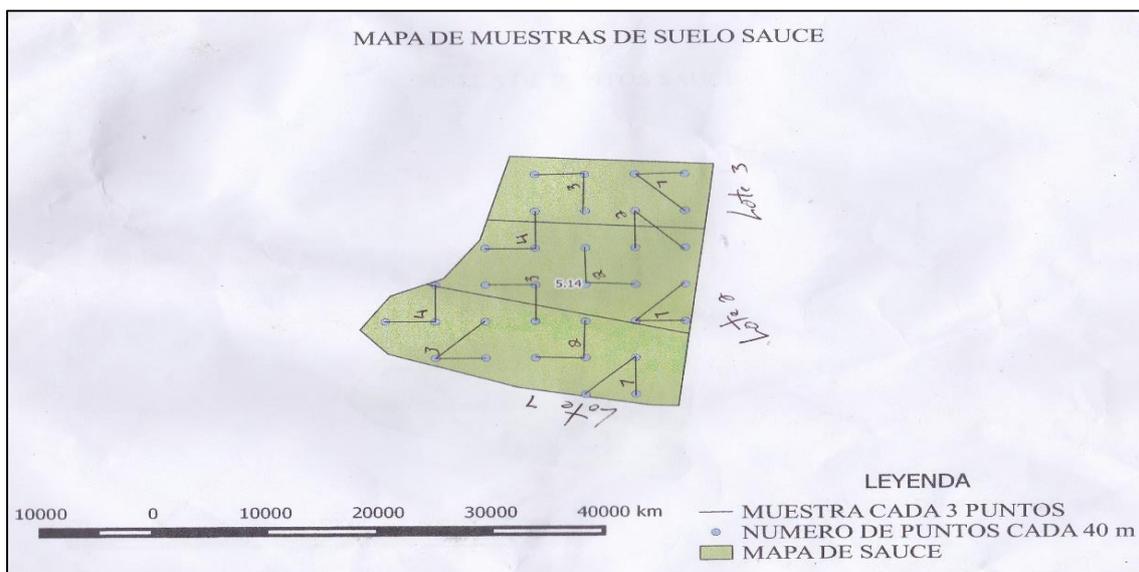
#### **4.5.2. Colecta de la macrofauna**

Se colecto la muestra extraída con una pala tomando en cuenta el área de  $25\text{ cm}^2$ , con una profundidad de 30 cm, cuando se extrajo el monolito se dividió en tres partes de 10 cm cada una, esto se realizó con un machete con buen filo para no tener complicaciones, luego las partes separadas se depositaron en un balde para posteriormente analizar y observar cuales son los organismos presentes en cada parcela.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Georeferenciación de los puntos de muestreo en los lotes de la Finca Agroecológica, Los Sauces, Cultivos Industriales y la Montañita.

De acuerdo a la malla de puntos realizada en cada lote se obtuvieron un total de 168 puntos de muestreo, y para su respectivo análisis fueron agrupados cada tres puntos esto para reducir la cantidad de muestras ya que se encontraron similitudes en estas. Teniendo el total de 56 puntos a muestrear los cuales están distribuidos de la siguiente manera el lote de Sauce se tomaron 11 puntos, el lote de la Finca Agroecológica se obtuvieron 12 puntos de muestreo distribuidos en cuatro parcelas (Sistemas Agroforestales, Moringa y Morera, Sistema de Producción y Sistema Silvopastoril), en el lote de Cultivos Industriales se tomaron 13 muestras las cuales se encuentran repartidas en cuatro parcelas (Plátano y Palmera, Sistema Agroforestal, Plátano y Papaya, Mango), y en la Montañita se tomaron 20 puntos de muestreo distribuidos en cuatro parcelas (Café, Cacao, Bosque Primario y Bosque Secundario).



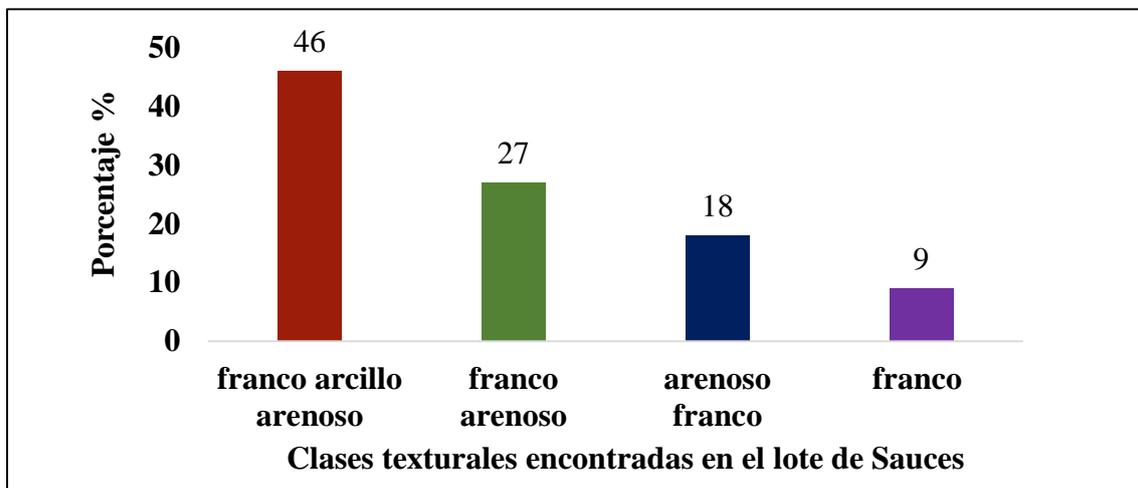
**Figura 3.** Distribución de las muestras agrupadas del lote de Sauces.

Estos puntos de muestreo se encuentran ubicados a una distancia que va de acuerdo al área total de cada lote en el caso de la Finca Agroecológica los puntos de muestreo están ubicados a una distancia de 35 m, Los Sauces cada 40 m, Cultivos Industriales cada 50 m y la Montañita cada 80 m.

## 5.2. Evaluación de datos obtenidos en el lote de los Sauces.

### 5.2.1. Textura

Luego de haber realizado el análisis del parámetro de textura los resultados encontrados fueron los siguientes del total del 100% de las muestras determinadas en el lote de los Sauces las clases texturales que presentaron un mayor porcentaje de abundancia fue la de franco arcillo arenoso con un 46%, y la clase textural franco arenosa con un 27%, las clases que presentaron menor textura se encuentran la de arenosa franco con un porcentaje de 18% y la clase de franco con un 9% del total encontrado.



**Figura 4.** Porcentaje de las clases texturales presentes en el lote de Sauce.

### 5.2.2. Color

Del total de las muestras analizadas los colores que se presentaron en este lote de los Sauces fue el color marrón con un 100% y los códigos que se observaron fue el 7.5YR 4/3 con un 64% de abundancia y el 36% restante le corresponde Al código 7.5YR 5/3, con estos valores se ve reflejado que este lote presenta una gran similitud en lo que es toda el área, esto se le puede atribuir a que en estos suelos no se practican actividades agrícolas si no que solo hay presencia de especies forestales y pasto, el color que se encontró es un referente de materia orgánica esta se debe a la acumulación de la biomasa.

Color	Código	Porcentaje
Marrón	7.5YR 4/3	64%
Marrón	7.5YR 5/3	36%

**Cuadro 5.** Color presente en el lote de los Sauces.

### 5.2. 3. Densidad aparente, Porosidad e Infiltración

Como se observa en el cuadro 6 la densidad aparente encontrada en estos suelos es de 1.37 g/cm<sup>3</sup> un rango medio en donde este suelo no presenta compactación debido a que en esta zona no hay presencia de maquinaria pesada y en donde estos suelos no son cultivados y no presentan remoción del terreno, pero pueden ser que presenten un nivel mínimo de compactación esto pueda ser por el pisoteo de los estudiantes que cruzan por este lugar o porque cuando llueve este lote se inunda y quedan agregados en la zona.

Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	Porosidad %	Infiltración cm/h
1.37 g/cm <sup>3</sup>	48.16%	5.1 cm/h

**Cuadro 6.** Densidad aparente, porosidad e Infiltración, del lote de los Sauces.

El porcentaje de porosidad encontrado en este lote fue de 48.16% el nivel de comportamiento de esta área es de muy escaso porcentaje, este dato se relaciona con la densidad aparente en donde el pisoteo, los agregados son los que contribuyen para que se

de este valor, como otra causa podemos atribuirle a que en el lote existen zonas donde la cantidad de especies es poca y la materia orgánica disminuye. El nivel de infiltración que presento es de 5.1 cm/h encontrándose en la clase de moderadamente rápido, este valor se presenta porque el porcentaje de porosidad escasa y la cantidad de macroorganismos es poca y la existencia de macroporos es baja.

#### 5.2.4. Macroorganismos

Orden	Familia	Especie	Nombre común	10cm	20cm	30cm
Hemíptera	Pentatòmidae	Disdercus sp	Chinche	7	4	0
Hymenoptera	Formicidae	Solenopsis sp	hormigas	14	8	6
Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus terrestris	lombriz	12	8	6
Geophilomorfa	Himantariidae	Haplophilus subterrancus	Cienpies	8	9	7
Hymenoptera	Formicidae	Atta sp	zompopo	9	7	5
			caracol	4	3	5
Araneae	Araneidae	Araniella sp	araña	2	1	0
Coleoptera	Scarabacidae	Phyllophaga sp	Gallina ciega	4	4	6
<b>Total</b>				60	44	35

**Cuadro 7.** Macroorganismos presentes a diferentes profundidades.

Se contabilizo la cantidad de organismos en base 3 diferentes profundidades del suelo, en donde podemos observar la cantidad presente de cada organismos la profundidad que presento mayor cantidad de especies fue la de los 10 cm con un total de 60 organismos, y la que presento menor cantidad fue la profundidad de 30 cm con un total de 35 especies, uno de los puntos importantes son los organismos que presentaron mayor cantidad, los cuales están *Solenopsis sp* (hormigas), *Lumbricus terrestris* (lombriz de tierra) y *Haplophilus subterrancus* (Cienpies).

La presencia de hormigas en estos suelos es importante debido a que este favorece la porosidad, capacidad de infiltración, descomposición de la materia orgánica y la aceleración del reciclado de nutrientes gracias a su poder de haploidizacion-bioturbacion (movimientos verticales de los materiales del suelo), esto se relaciona con el porcentaje de porosidad y la infiltración que se dio en este suelo, la lombriz de tierra es importante

porque ayuda a que la tierra no presente un grado de compactación alto y el suelo se encuentra un poco más suelto, los ciempiés juegan un papel importante por que rompen el material vegetal muerto que se encuentra en el suelo por lo que son un eslabón importante en el reciclaje de la materia orgánica .

### 5.3. Evaluación de datos obtenidos en la Finca Agroecológica.

#### 5.3.1. Textura y Color.

En las parcelas del lote de la Finca Agroecológica se encontraron los siguientes resultados, en la parcela de Sistema agroforestal se tomaron tres muestras de las cuales dos presentaron la clase textural de franco arcillo arenoso y la muestra restante presento la textura de franco arcilloso. En la zona de la Moringa y Morera se obtuvieron tres puntos de muestreo de los cuales dos de ellos presentaron la textura de arcillo arenoso, y uno presento la textura de arenoso franco. En la parcela de Sistema de producción se tomaron dos muestras las cuales las dos obtuvieron clases texturales de franco arcillo arenoso. En el área de Sistema Silvopastoril de las cuatro muestras analizadas tres presentaron textura de franco arcillo arenoso y la otra presento textura de arcillo arenoso (Ver cuadro 8).

Parcela	Muestra	Textura	Codigo	Color
sistema agroforestal	1	franco arcilloso	10YR 3/3	Marron Oscuro
	2	franco arcillo arenoso	7.5YR 4/3	Marron
	3	franco arcillo arenoso	7.5 YR 2.5/2	Marron Muy Oscuro
Moringa y Morera	1	arcillo arenoso	10YR 3/2	Marron Muy Oscuro
	2	arenoso franco	7.5YR 4/3	Marron
	3	arcillo arenoso	10YR 3/2	Marron Muy Oscuro
Sistema de produccion	1	franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Marron Muy Oscuro
	2	franco arcillo arenoso	7.5RY 4/3	Marron
Sistema silvopastoril	1	franco arcillo arenoso	7.5YR 2.5/2	Marron muy Oscuro
	2	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy Oscuro
	3	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy Oscuro
	4	arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy Oscuro

**Cuadro 8.** Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas de la Finca Agroecológica.

En el cuadro 8 se puede ver el color que presenta este suelo, en la parcela de los Sistemas Agroforestales de las tres muestras analizadas el 33% es de color marrón oscuro, 33% de color Marrón y el otro 33 % de color marrón muy oscuro, presentando una gran diversidad en cuanto al color, la zona de la Moringa y Morera se tomaron tres muestras de las cuales el 67% presento un color Marrón Muy Oscuro y un 33% le corresponde al Marrón, en el área de Sistema de Producción se analizaron dos muestras de las cuales el 50 % fue de color Marrón muy Fuerte y el otro 50% fue color Marrón, la parcela del Sistema Silvopastoril presento un 100% de color Marrón muy Oscuro.

De los códigos encontrados en las 12 muestras de las parcelas de la Finca Agroecológica las que presentaron mayor abundancia son el 10YR 2/2, 10YR 3/2 y el 7.5YR 4/3 con tres muestras, también hay dos muestras que presentaron 7.5YR 2.5/2 y otra muestra con código de 10YR 3/3, estos códigos se presentaron con muestras de suelo húmedo. Las muestras húmedas presentan un valor más alto, lo que presentan colores un poco más oscuros, esto se debe a que la humedad tiene la capacidad de resaltar el color oscuro de la materia orgánica, sin importar que sea muy poca su presencia en el suelo.

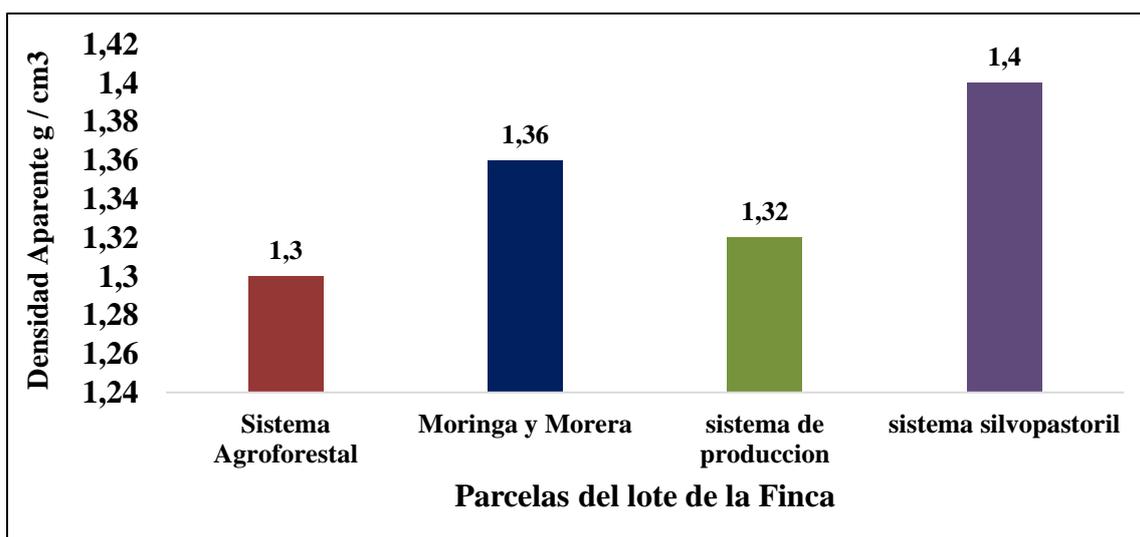
La parcela del Sistema Silvopastoril presento en su totalidad un color Marrón muy Oscuro, el color Marrón es sinónimo de materia orgánica parcialmente descompuesto, esto se relaciona a la cantidad de estiércol presente en esta parcela debido al ganado bovino que se encuentra y que aporta materia orgánica al suelo y que el área es pequeña en comparación con la cantidad de especies presentes, esta cantidad de materia orgánica también se atribuye a que existen especies forestales que con la caída de las hojas aportan materia orgánica al suelo, lo mismo ocurre en la parcela de Sistema Silvopastoril ya que se encuentran diferentes animales en el área.

En el suelo de la parcela de los sistemas agroforestales presenta un color Marrón y color Marrón muy oscuro, esto significa que en este suelo hay presencia de Materia Orgánica esto debido a que en este suelo hay cultivado abonos verdes que aportan materia orgánica al suelo (Canavalia y Madreado), también existen otros cultivos que le aportan materia orgánica al suelo como lo son el cacao, café, achiote y algunos frutales, estas especies lo

hacen cuando las hojas caen al suelo y descomponen el material muerto con la ayuda de los macroorganismos, en la parcela de la Moringa y Morera los colores encontrados son el Marrón y el Marrón muy oscuro, esto se debe a que estas especies aportan materia orgánica y nutrientes al suelo esto debido a que estas especies se podan y el material vegetal muerto se descompone el área.

### 5.3.1. Densidad Aparente

En la zona del Sistema Agroforestal presento una densidad aparente de 1.3 g /cm<sup>3</sup>, este valor es de un suelo no compacto esto por la presencia de materia Orgánica que puede presentar este suelo debido a las diferentes especies de abonos verdes que presenta la parcela y esto hace que la compactación sea escasa, en la parcela de la Moringa y Morera los valores de densidad aparente que presentaron son de 1.36 g / cm<sup>3</sup> estos valores se deben a que en los suelos siempre hay presencia de hojas la poda de estas especies ayuda a que el suelo siempre este cubierto y también la presencia de algunos macroorganismos colaboran a que este suelo no presente valores altos de densidad aparente.

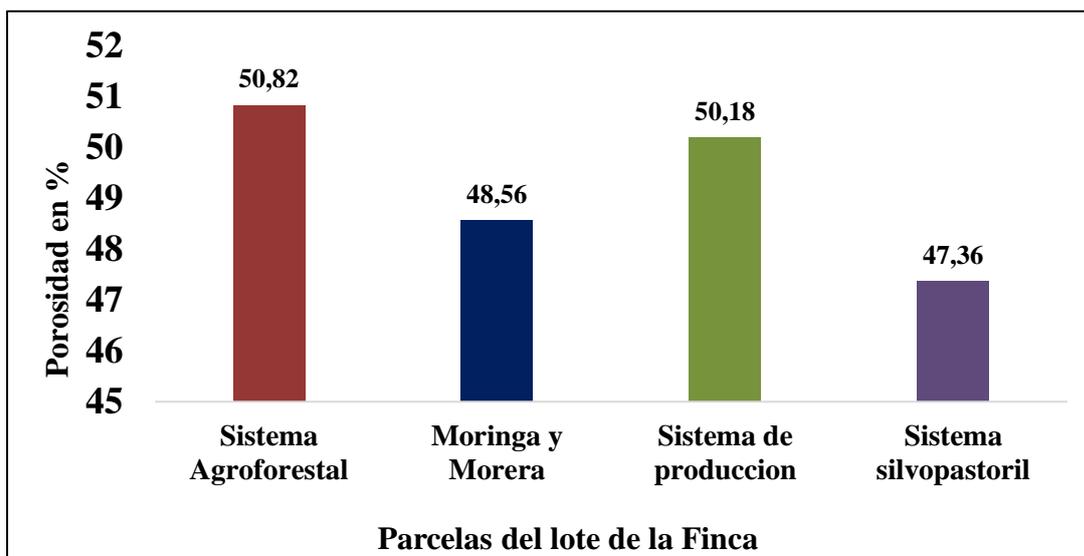


**Figura 5.** Densidad aparente del lote de la Finca Agroecológica.

con un valor de 1.32 g/cm<sup>3</sup> de densidad aparente se encuentra la p cela de Sistema de Producción este valor se puede relacionar a que el suelo siempre está cubierto de pasto y la cantidad animales que hay en esta parcela es poca y no afecta el suelo para que este pueda presentar un valor alto de densidad, pero de todas la parcelas presentes en el lote de la Finca el que presento un valor más alto de compactación en relación a los demás es la parcela del Sistema Silvopastoril con un 1.4 g /cm<sup>3</sup> este valor se puede asociar a que en este suelo hay presencia de ganado y el pisoteo de este afecta en un mínimo porcentaje.

### 5.3.2. Porcentaje de porosidad

En la figura 6 se muestra el porcentaje de porosidad presente en las cuatro parcelas de la finca agroecológicas la parcela del Sistema Agroforestal presento 50.82 % de porosidad siendo el comportamiento satisfactorio, la materia orgánica siendo sinónimo de porosidad aquí se puede ver que el porcentaje de este es bueno y la cantidad de macroorganismos que pueden presentar debe ser aceptable, la parcela de por Moringa y Morera se observó que el porcentaje de porosidad es 48.56 % siendo una porosidad escasa, esto se relaciona con que este valor puede relacionarse con que la cantidad de plantas es mínima y la cantidad de macroporos es escasa.

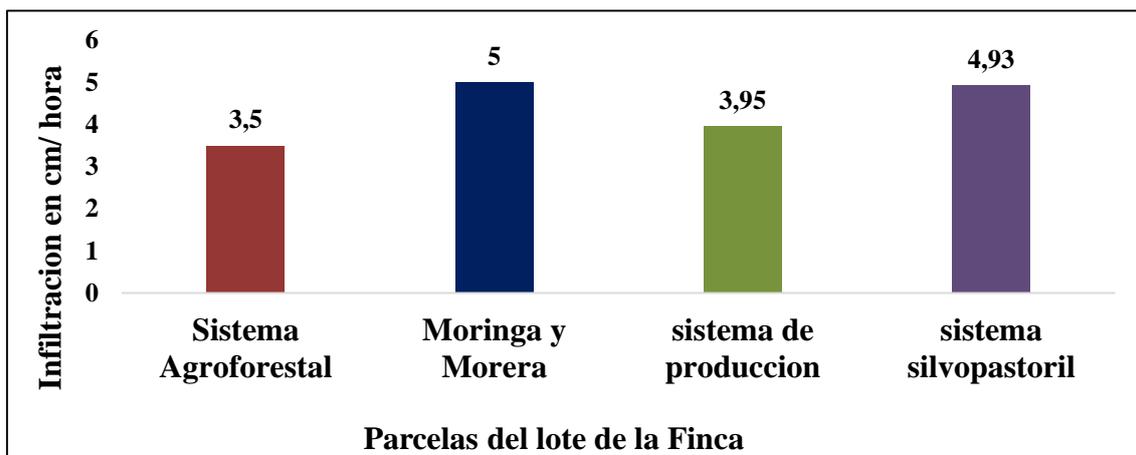


**Figura 6.** Porcentaje de porosidad de las parcelas de la Finca Agroecológica.

En la parcela de Sistemas de Producción presento una porosidad de 50.18% encontrándose en un nivel satisfactorio, y siendo uno de los más altos en este lote, esto se debe a que existe una densidad aparente baja y en donde hay buena presencia de macroporos, también se relación a que en la parcela existe un riego casi permanente hacia el pasto y esto ayuda a mantener humedad más la presencia de materia orgánica ayuda a que los macroorganismos se proliferen y así tener una mayor cantidad de macro y micro poros en el área, con un 47.36 % de porosidad el área del Sistema Silvopastoril fue la que presento más bajo porcentaje de todo el lote, esto debido a que el suelo se presenta una densidad aparente alta, la cantidad de ganado en relación al área son la causa principal de que se presenten estos valores

### 5.3.3. Infiltración

Se puede observar claramente en la figura 7 que la parcela de Moringa y Morera presento la mayor cantidad de infiltración 5 cm/h encontrándose en un nivel de moderadamente rápido esto debido al tipo de textura arcillo arenosa que presento este suelo, y habría que ver el porcentaje de arena que se obtuvo , la Parcela del Sistema Silvopastoril presento un valor de 4.93 cm/h también encontrándose en el nivel de modernamente rápido, se debe a que la clase textural de este suelo es franco arcillo arenoso, esto a que el Sistema Silvopastoril presento la densidad aparente y la Porosidad más baja de esta área.



**Figura 7.** Infiltración del lote de la Finca Agroecológica.

En la parcela del Sistema Agroforestal se observa que la infiltración del suelo anduvo en un 3.5 cm/h con una clase de infiltración rápido la clase textural que más predominó en esta parcela fue la de Franco Arcillo Arenoso y que la porosidad fue de 50.82 se puede relacionar a que en este sistema Agroforestal hay bastante vegetación y el suelo casi nunca pasa descubierto y a la hora de regar el suelo siempre queda con un grado de humedad, esto también pasa con el Sistema de Producción donde la humedad siempre está presente y pueda ser que sea un factor importante junto con la clase textural de franco arcillo arenosos para que presente este valor.

### 5.3.4. Macroorganismos

Se muestra la riqueza y densidad de los macroorganismos recolectados, se utiliza el término general haciendo énfasis sobre los resultados recolectados de los análisis realizados en cada una de las parcelas seleccionadas, se puede observar que la riqueza de los siete organismos encontrados difiere entre ellos, donde se pueden observar las fluctuaciones de cada uno de los organismos, uno de los puntos importantes es la presencia de estos siete organismos que se encuentran en las tres profundidades definidas. Se puede observar que la mayor abundancia de macroorganismos en la profundidad de 0-10 cm se encuentra en la parcela de Moringa y Morera, en la profundidad de 10-20 cm y 20-30 cm la parcela de Sistema Agroforestal.

Organismo	Sistema agroforestal				Moringa y Morera				Sistemas de producción				Sistemas Silvopastoril			
	Profundidad en cm															
	10	20	30	Total	10	20	30	total	10	20	30	total	10	20	30	total
Ciempies	9	12	18	39	10	8	12	30	9	7	11	27	12	7	10	29
Lombriz	10	6	4	24	6	14	7	27	12	10	7	29	12	8	11	31
Colémbolos	8	10	8	26	25	8	6	39	5	4	2	11	7	5	3	15
Zompopos					4	2	1	7								
Milpiés	9	8	6	23												
Hormigas	12	9	6	27	13	7	4	24	18	9	7	34	12	6	4	22
Mariquitas													2	1	1	4
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>45</b>	<b>44</b>		<b>58</b>	<b>39</b>	<b>30</b>		<b>44</b>	<b>27</b>	<b>28</b>		<b>46</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	

**Cuadro 9** Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.

La parcela que presento mayor cantidad de organismos fue la parcela de Sistema Agroforestal presentando en su totalidad 137 individuos y la parcela de menor cantidad de individuos es la de Sistemas de Producción con 99 unidades. Las diferentes especies encontradas juegan un papel determinante en la formación del suelo, siendo este el caso de las Hormigas las cuales se destacan en el reciclaje de la materia y como buenos consumidores de la hojarasca permitiendo la aireación y polinización, los Colémbolos que aportan al suelo abundante materia orgánica, y las lombrices aportan sus excrementos al suelo el cual es el humus, dichos resultados se relacionan con el porcentaje de porosidad y color que presentan estos suelos.

#### **5.4. Evaluación de datos obtenidos en el lote de Cultivos Industriales**

##### **5.4.1. Color y Textura**

En la parcela Plátano y Palmera se analizaron cuatro muestras, de las cuales el 100% presento una clase textural franco arcillo arenoso, en la parcela del Sistema Agroforestal se tomaron dos muestras de las cuales el 50% presento una textura franco arcillo arenoso y el otro 50% una textura arcillo arenoso, en la parcela de Plátano y Papaya de las cuatro muestras analizadas el 75% presento una textura franco arcillo arenoso y el 25% restante presento una clase textural franco arcilloso, en el área de los Mangos se analizaron tres muestras de las cuales el 75% presentaron la clase textural franco arcilloso y el 25% franco arcillo arenoso. Según los resultados encontrados en este lote se puede apreciar que hay una gran similitud entre la textura de estas parcelas, en donde el 61% son franco arcillo arenosos y el 39% restante es franco arcilloso y arcillo arenoso.

En el cuadro 10 se expresan los diferentes colores referentes a las parcelas en estudio, en las cuatro muestras analizadas en el área de Plátano y Palmera el 100% representa el color marrón, en cambio en la parcela de Sistema Agroforestal el 50% presento el color pardo grisáceo oscuro y 50% grisáceo muy oscuro, mientras en el área del Plátano y Papaya el color pardo grisáceo muy oscuro representa el 75% y el marrón muy oscuro

representa el 25% restante, en la parcela de Mango se analizaron tres muestras de las cuales el 75% representan el pardo grisáceo muy oscuro y el 25% restante el color marrón muy oscuro.

<b>Parcelas</b>	<b>Muestra</b>	<b>Textura</b>	<b>Código</b>	<b>Color</b>
Plátano y Palmera	1	Franco arcillo arenoso	7.5YR 4/3	Marrón
	2	Franco arcillo arenoso	7.5YR 4/2	Marrón
	3	Franco arcillo arenoso	7.5YR 4/2	Marrón
	4	Franco arcillo arenoso	7.5YR 4/2	Marrón
Sistema Agroforestal	1	Franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro
	2	Franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Grisáceo muy oscuro
Plátano y Papaya	1	Franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marrón muy oscuro
	2	Franco arcillosos	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro
	3	Franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro
	4	Franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro
Mango	1	Franco arcilloso	10YR 2/2	Marrón muy oscuro
	2	Franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro
	3	Franco arcilloso	10YR 3/2	Pardo Gris muy oscuro

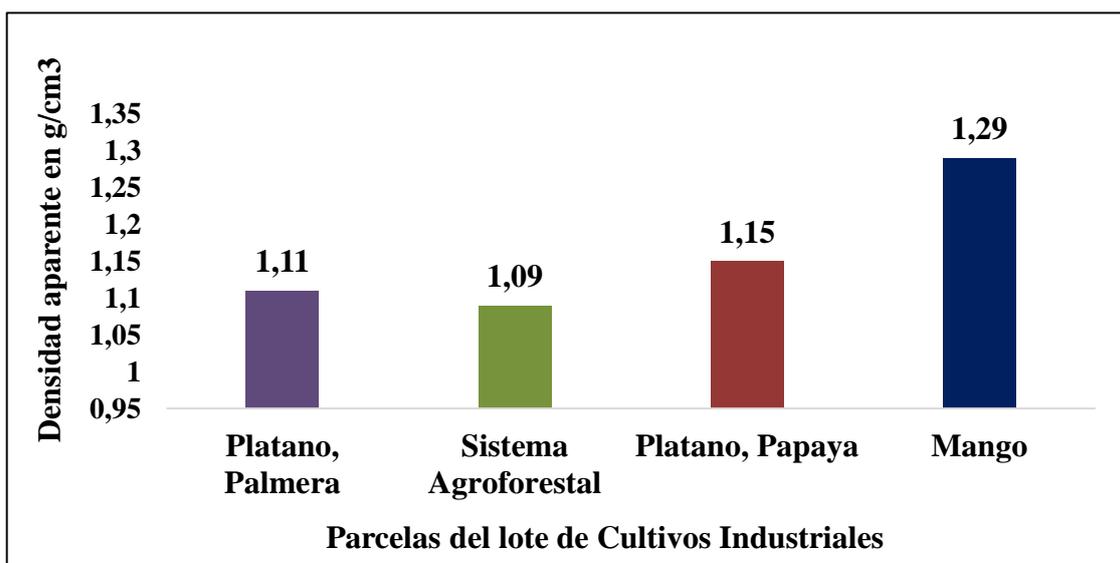
**Cuadro 10.** Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas de Cultivos Industriales.

Del total de las 13 muestras analizadas los códigos que presentaron mayor abundancia son los siguientes: con siete muestras el código 10YR 3/2 es el que presenta el primer lugar en abundancia luego se encuentra con tres muestras el 7.5YR 4/2 estando casi presente en su totalidad en la parcela de Plátano y Palmera, y solo una muestra se encuentra el código 7.5YR 4/3, en el cuadro 10 se observa que el color que más se encontró fue el Pardo grisáceo muy oscuro, este se presenta ya que en ocasiones estos suelos se saturan de agua, siendo desplazado el oxígeno del espacio poroso, el color marrón fue el segundo que presento mayor abundancia y se asocia a los estados intermedios de alteración del suelo, y con niveles medios de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad.

### 5.4.2. Densidad Aparente

En la figura 8 se observa los resultados obtenidos de la densidad aparente, en los cuales la parcela de Plátano y Palmera presento una densidad de 1.11 g/cm<sup>3</sup>, este se relaciona con la clase textural de este suelo ya que este dato se relaciona con textura fina y arcilla, y a las variaciones de cultivos que se realizan en la parcela. La densidad aparente que obtuvo la parcela de Sistema Agroforestal es de 1.09 g/cm<sup>3</sup>, asociado este valor a la cantidad de materia orgánica presente a causa de las diferentes especies que se encuentran y a la cantidad de macroorganismos presentes como ser la Lombriz de tierra.

La parcela del Plátano y Papaya presento una densidad aparente que tiene un valor de 1.15 g/cm<sup>3</sup> estos valores encontrados son semejantes a los de las parcelas anteriores y esto debido a que en todo el lote de Cultivos Industriales se emplea lo que es la rotación de cultivo y también se cultivan abonos verde proporcionan materia orgánica, la parcela que presento un mayor dato de densidad aparente fue el área de los mangos con un valor de 1.29 g/cm<sup>3</sup>, pero siempre el rango de textura fina, este valor se debe a que en esta parcela se encuentra la menor cantidad de macroorganismos del todo el lote y por eso los macroporos se encuentran reducidos.

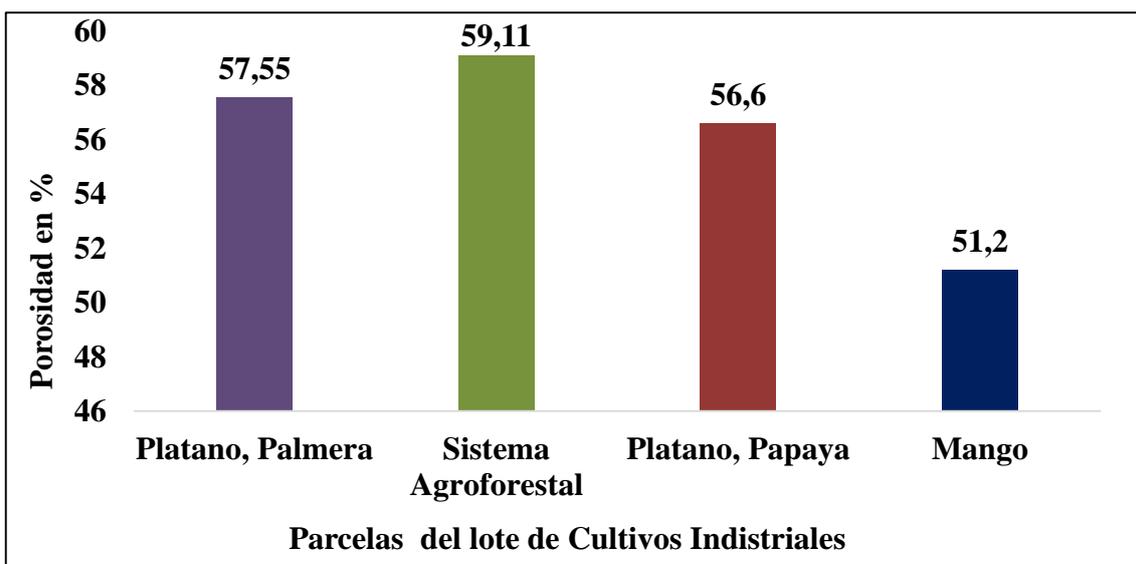


**Figura 8.** Densidad aparente de las parcelas de Cultivos Industriales.

### 5.4.3. Porcentaje de porosidad

En la figura 9 se observan los resultados obtenidos del porcentaje de porosidad que presentan las parcelas de Cultivos Industriales en donde la área de Sistema Agroforestal presento una porosidad excelente, esto nos indica que la densidad aparente que presento este suelo es buena y con presencia de materia orgánica y por lo tanto este suelo presenta una la cantidad de macro y micro poros ideal. En la parcela de Plátano y Papaya para la determinación del porcentaje de porosidad se puede concretar que el porcentaje se encuentra en un comportamiento excelente, este es el reflejo de la cantidad de macro y micro poros debido a que esta parcela fue la que presento la mayor cantidad de macroorganismos de todo el lote.

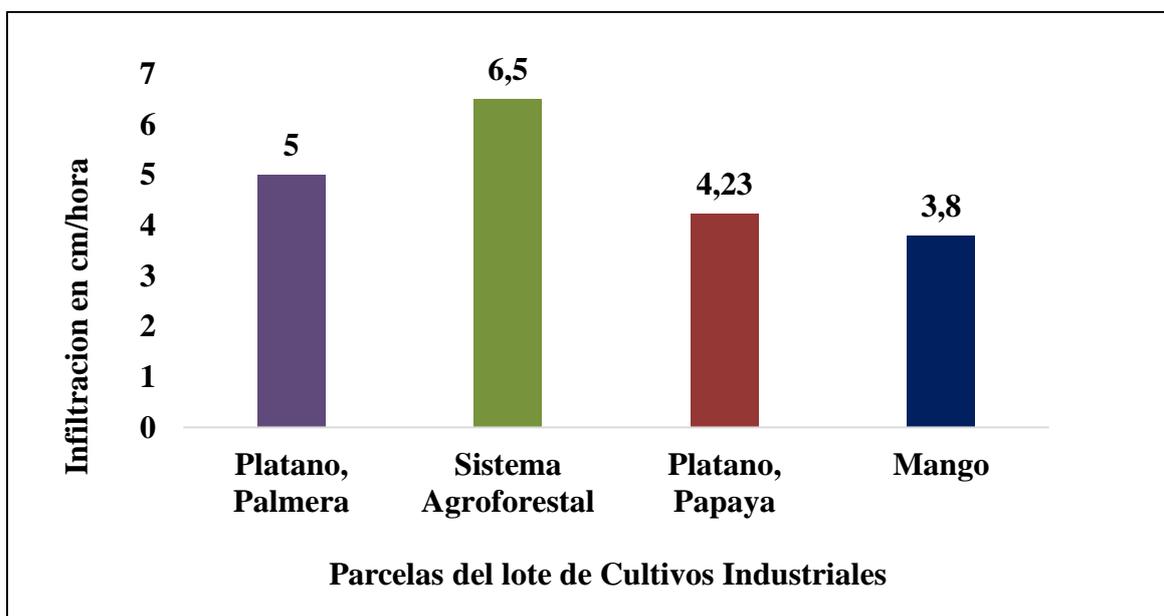
Los porcentajes más bajos de porosidad de todo el lote se encontraron en la parcela de Plátano y Papaya pero siempre presentando un nivel de comportamiento excelente este valor se asocia a que en esta parcela se encuentra la segunda mayor cantidad de macroorganismos y esto ayuda a que existan una mayor cantidad de macro y micro poros. La parcela del Mango presento un porcentaje de porosidad de 51.2% encontrándose en un comportamiento satisfactorio en capa arable esto debido a que en esta parcela no hay cultivado ningún otra especie y la materia orgánica es baja.



**Figura 9.** Porcentaje de porosidad de las parcelas de Cultivos Industriales.

#### 5.4.4. Infiltración

En la figura 10, se observan los resultados del análisis realizado a las muestras del suelo, en donde todas las muestras presentaron una infiltración moderadamente rápida y rápida de acuerdo a las clases de infiltración de USDA (Cuadro 5), en los análisis se observa que la parcela de Sistema Agroforestal presento el nivel más alto de infiltración esto debido a que el porcentaje de porosidad es alto, y las parcelas de Plátano Palmera y Plátano Papaya el valor obtenido se le atribuye a la cantidad de macroporos que presentan estos suelo esto por efecto de los macroorganismos presentes ya que fueron las dos parcelas que mayor cantidad de especies presentaron en el lote. La parcela de Mango es la que obtuvo el valor más bajo de infiltración 3.8 cm/h, y se debe a que el porcentaje de porosidad que presento este suelo es bajo y la densidad aparente es alta en comparación con las demás parcelas, y la cantidad de macroporos es baja debido a que esta parcela presento la más baja cantidad de macroorganismos.



**Figura 10.** Infiltración del lote de Cultivos Industriales.

### 5.4.5. Macroorganismos

La hormiga fue el organismo más encontrado en las parcelas muestreadas con un total de 56 especies en relación a todos los otros organismos encontrados, también se presentaron una gran cantidad de especies de Lombriz de tierra, siendo la parcela de Plátano y Palmera la que presentó mayor número con 16 unidades, de las cuatro parcelas de las que se recogieron muestras la que presentó mayor cantidad de individuos es la de Plátano y palmera con un total de 76 especies y en el área que se obtuvo menor cantidad es la del Mango con 49 organismos, también se contabilizó la cantidad de organismos en base a las tres diferentes profundidades del suelo en centímetros, donde se puede observar que en todas las parcelas en la profundidad de 0-10 cm es donde se encuentra la mayor parte de los macroorganismos y en la profundidad de 20-30 es la que presenta la menor cantidad de individuos.

Organismo	Plátano y Palmera				Sistema Agroforestal				Plátano y Papaya				Mango			
	Profundidad en cm															
	10	20	30	Total	10	20	30	total	10	20	30	total	10	20	30	total
Lombriz	8	4	4	<b>16</b>	10	3	2	<b>15</b>	7	6	3	<b>16</b>	6	4	2	<b>12</b>
Gallina c.	5	2	3	<b>10</b>	2	1	1	<b>4</b>	1	1	0	<b>2</b>				
Ciempíes	10	5	3	<b>18</b>	6	3	2	<b>11</b>	8	3	2	<b>13</b>	6	2	2	<b>10</b>
Hormigas	11	7	5	<b>23</b>	8	5	3	<b>16</b>	9	6	4	<b>19</b>	12	6	2	<b>20</b>
Chinches	2	1	2	<b>5</b>	1	2	0	<b>3</b>	1	1	0	<b>2</b>	1	1		<b>2</b>
Escarabajo	2	1	1	<b>4</b>					4	2	1	<b>7</b>				
Mariquita													3	1	1	<b>5</b>
Colémbolos					5	2	1	<b>8</b>								
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>18</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>9</b>		<b>30</b>	<b>19</b>	<b>10</b>		<b>28</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	

**Cuadro 11** Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.

## **5.5. Evaluación de los datos obtenidos en el lote de la Montañita**

### **5.5.1 Color y Textura**

Como se puede ver en el cuadro 12, en la parcela del Café se recogieron cuatro muestras de las cuales el 75% representan la clase textural de arcillo arenoso y el otro 25% representa la textura de franco arcillo arenoso, en el área del Cacao se recogieron tres muestras de las cuales el 75% representa la clase textural arcilla y el 25% la textura franco arenoso, en la parcela del Bosque Primario por ser una área muy grande se recogieron cinco muestras de las cuales el 60% de ellas corresponde a la textura franco arcillo arenoso y el 40% a la clase textural de franco arcilloso, en la parcela de Bosque secundario se tomaron ocho muestras de las cuales el 63% de estas son de textura franco arcillo arenosos y el 37% restante es de la clase textural de franco arcilloso.

El color que presento mayor abundancia en la Montañita fue el marrón muy oscuro, y la parcela de Café se encontró 50% de este color, 25% de marrón muy oscuro y 25% de grisáceo muy oscuro, en la parcela del Cacao el 75% pertenece al color marrón y el 25% restante al marrón muy oscuro, la parcela de Bosque primario presento 40% de color marrón muy oscuro y con otro 40% de color grisáceo muy oscuro, el 20% restante corresponde al color negro, el área de Bosque secundario se observó el color marrón muy oscuro con 63%, el color marrón oscuro con 25%, y con 12% el color marrón.

De las 20 muestras que se recolectaron en la Montañita, los códigos que se presentaron son el código 10YR 2/2 con un seis muestras, el código 7.5YR 2.5/2 con 3 muestras e igual número de presento el código 10YR 3/2, los códigos 7.5YR 3/3 y 7.5YR 4/2 se encontraron en dos muestras cada uno. Como se puede observar en el cuadro el color marrón estuvo presente en toda la Montañita, este color está relacionado con la cantidad de materia orgánica que se encuentra presente en el lote.

Parcela	Muestra	Textura	Codigo	Color
Café	1	arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy oscuro
	2	arcillo arenoso	7.5YR 3/2	Marron oscuro
	3	arcillo arenoso	10YR 3/3	Marron oscuro
	4	franco arcillo arenoso	10YR 3/2	Grisaceo muy oscuro
Cacao	1	arcilla	7.5YR 4/2	Marron
	2	arcilla	10YR 2/2	Marron muy oscuro
	3	franco arenoso	7.5YR 4/2	Marron
Bosque primario	1	franco arcillo arenoso	10YR 2/1	Negro
	2	franco arenoso	10YR 3/2	Grisaceo muy oscuro
	3	franco arcilloso	10YR 3/2	Grisaceo muy oscuro
	4	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy oscuro
	5	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy oscuro
Bosque secundario	1	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy oscuro
	2	franco arcillo arenoso	10YR 2/2	Marron muy oscuro
	3	franco arcillo arenoso	7.5YR 4/3	Marron
	4	franco arcilloso	7.5YR 2.5/2	Marron muy oscuro
	5	franco arcilloso	7.5YR 3/3	Marron oscuro
	6	franco arcillo arenoso	7.5YR 3/3	Marron oscuro
	7	franco arcilloso	7.5YR 2.5/2	Marron muy oscuro
	8	franco arcillo arenoso	7.5YR 2.5/2	Marron muy oscuro

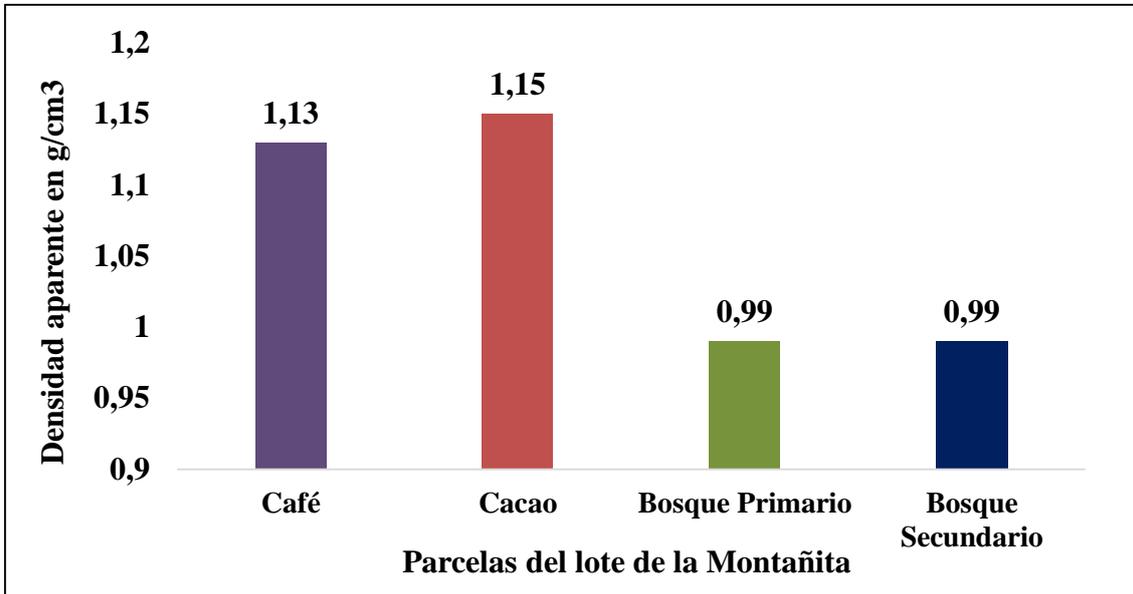
**Cuadro 12.** Tipos de clases texturales y el color encontradas en las parcelas la Montañita.

### 5.5.2. Densidad aparente

De los valores encontrados en las parcelas muestreadas se obtuvieron los siguientes resultados que van desde 0.99 a 1.15 g/cm<sup>3</sup>, estos promedios están distribuidos de la siguiente manera, la parcela del Café presento una densidad aparente la cual es de 1.13 g/cm<sup>3</sup> este dato se relaciona con la textura en donde se presenta entre el rango de textura fina y suelo arcillosos igualmente está asociado al color del suelo que es marrón y que presenta materia orgánica esta debido a las fertilizaciones que se realizan en esta parcela. Encontramos que en el Cacao la densidad promedio es de 1.15 g/cm<sup>3</sup> sabiendo el color del suelo se puede decir que este suelo se encuentra en condiciones adecuadas y no compactadas.

Los valores de las parcelas muestreadas de Bosque Primario y Bosque Secundario tuvieron el siguiente resultado de 0.99 g/ cm<sup>3</sup> de densidad aparente, este valor se asocia a que en estas parcelas existen diferentes especies forestales y en donde posiblemente nunca ha entrado una maquinaria o ganados, y más que en estas áreas son pocas o casi

nada las actividades humanas que se realizan, también la acumulación de biomasa al suelo es un factor importante para que este suelo no este compactado.

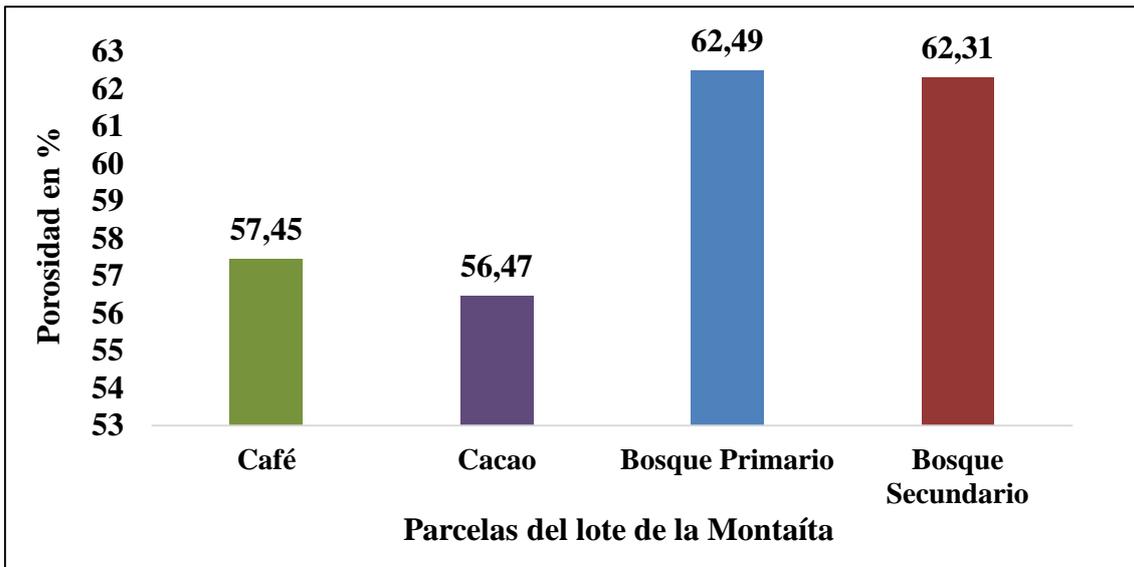


**Figura 11.** Densidad aparente promedio de las parcelas de la Montañita.

### 5.5.3. Porosidad promedio

En la figura 12 se puede identificar el porcentaje de porosidad promedio encontrados en el área del Café e de 57.45% encontrándose en el nivel de porosidad excelente, esto se debe a que hay una densidad aparente baja y el suelo no está compactado, también porque presenta una cantidad de materia orgánica considerable debido a las fertilizaciones orgánicas que se realizan, la parcela del Cacao presento un porcentaje de porosidad de 56.47% estando igual que la parcela anterior en un nivel excelente de porosidad, como se sabe esta parcela presenta un bajo porcentaje de densidad aparente debido a que hay materia orgánica presente por toda el área y debido a que existe una cantidad alta de macroorganismos.

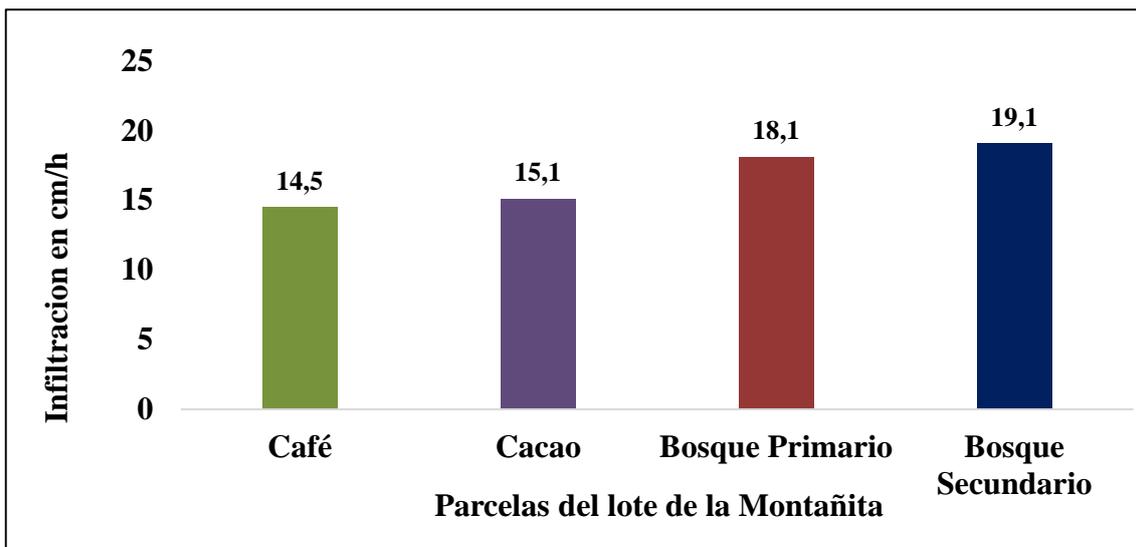
En las parcelas de Bosque Primario y Bosque secundario el porcentaje promedio de porosidad fue de 62.49% en la primera y 62.31% en la segunda, queda claro que la materia orgánica juega un papel fundamental a la hora de que se presente el valor y por consiguiente la porosidad de este suelo es excelente, este valor se asocia a que existe una buena cantidad de macroporos debido a que hay una gran presencia de macroorganismos.



**Figura 12.** Porosidad promedio de las parcelas de la Montañita.

#### 5.5.4. Infiltración

En la figura 13 se observa que la infiltración de las diferentes parcelas de la Montañita anduvieron entre 14.5 cm/h y 19.1 cm/h presentando una infiltración moderada. La parcela del Café presentó una infiltración de 14.5 cm/h esto se atribuye al porcentaje de porosidad que presentó y a que la densidad de este suelo no presenta valor de compactación, de la misma manera sucede en la parcela del Cacao en donde la infiltración tuvo un valor de 15.1 cm/h. En las parcelas de Bosque Primario y Bosque Secundario los niveles de infiltración fueron moderados presentando 18.1 cm/h en la primera parcela y 19.1 cm/h en la segunda, estos datos se le atribuye a que la densidad aparente es baja, la porosidad alta y la cantidad de macroporos buena debido a la presencia alta de macroorganismos que presentaron estos suelos.



**Figura 13.** Infiltración de las parcelas de la Montañita.

#### 5.5.5. Macroorganismos

En el cuadro 13 se puede observar en el lote de la Montañita se presentaron diversos organismos en donde en la parcela de Café la Lombriz de tierra va en descenso con respecto a mayor profundidad del suelo igual pasa con las Termitas, los Cienpies y las hormigas, la parcela de Cacao se encontraron varios organismos pero el que más sobresalió por su abundancia fue la Ácaros con 232 individuos, esta parcela es la única que presento este organismo y esto debido a que en el área hay bastante hojas y algunas ramas de árboles y siendo uno de los atributo de los Ácaros la degradadores de materia orgánica.

En la parcela de Bosque Primario y Bosque secundario se observa que los macroorganismos que presentaron mayor número individuos son los Termitas con 82 y 90, en estas parcelas también se encuentran presentes organismos como Hormigas y Lombriz de tierra, la presencia de estos organismos se debe a que hay bastante material vegetal muerto y los organismos encontrados presentan características de estas zonas, como ser las termitas que se alimentan de la madera y otras están presentes en el humus

de las lombriz de tierra y otras en la hojarasca la cual se presenta en cantidades grandes, también están presentes el Cienpiés que es que rompen el material vegetal.

La cantidad de organismos se contabilizo en base a tres diferentes profundidades del suelo en cada uno de los lotes y como se puede observar en el cuadro 11, la profundidad en la que se presentó la mayor cantidad de organismos es la de 0-10 cm en las cuatro parcelas y el organismo que mayor abundancia tiene y está presente en todo el lote es la Termita con un total de 267 individuos.

Organismo	Café				Cacao				Bosque Primario				Bosque Secundario			
	Profundidad en cm															
	10	20	30	Total	10	20	30	total	10	20	30	total	10	20	30	total
Lombriz	10	8	4	22	4	6	4	14	8	7	4	19	9	6	5	20
Gallina c.	2	0	0	2												
Cienpiés	13	8	4	25	12	5	4	21	8	6	4	18	7	4	2	13
Hormigas	11	6	7	24					22	10	7	39	31	10	4	45
Ácaros					125	77	30	232								
Termita	25	8	5	38	32	15	10	57	60	14	8	82	75	10	5	90
Milpiés	3	1	2	6	15	3	2	20	6	1	2	9	5	2	2	9
<b>Total</b>			22				50			47	25			32	18	

**Cuadro 13.** Especies de macroorganismos encontrados en cada parcela.

## 5.6. Análisis comparativo entre los lotes de Sauce, la Finca Agroecológica, Cultivos Industriales y la Montañita

### 5.6.1 Color, textura y estructura

En el cuadro 14 se puede observar que los colores presentes en estos suelos van desde colores que están asociados a estados iniciales de alteración de suelo y con niveles medios a bajos de materia orgánica y con un rango muy variable de fertilidad y es el caso del color marrón y marrón muy oscuro que se presentó en el lote de los Sauces .la Finca y la Montañita, Cultivos Industriales presento un color de pardo grisáceo muy oscuro siendo un indicativo de un ambiente anaeróbico y sucede cuando el suelo se satura con agua. También se puede ver que todos los lotes presentaron una textura de franco arcillo

arenosos con un buen equilibrio entre las partículas del suelo, en el cuadro 14 también se observa que la estructura sub angular es la que predomina en el lote de la Finca, Cultivos Industriales y la Montañita y están ligados a que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua.

<b>Lotes</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Estructura</b>
<b>Los Sauces</b>	Marrón	Franco arcillo arenoso	Angular
<b>Finca Agroecológica</b>	Marrón muy oscuro	Franco arcillo arenoso	Sub angular
<b>Cultivos Industriales</b>	Pardo grisáceo muy oscuro	Franco arcillo arenoso	Sub angular
<b>La Montañita</b>	Marrón muy oscuro	Franco arcillo arenoso	Sub angular

**Cuadro 14.** Datos obtenidos del color, textura y estructura de los lotes analizados.

### **5.6.2. Densidad aparente, porosidad d infiltración**

Los resultados obtenidos en el cuadro 15 se puede observar que la densidad aparente de los lotes de los Sauces tiene gran similitud con la Finca agroecológica, y Cultivos Industriales es semejante al lote de la finca, la densidad aparente que es menor que 1.40 g/cm<sup>3</sup>, esto nos indica que son suelos no compactados, y que son suelos muy porosos o sueltos, los porcentajes de porosidad que presentaron estos suelos son los siguientes: el lote de Sauce presento un 48.16% siendo el que menos cantidad obtuvo de todos los lotes y estando en un comportamiento de porosidad satisfactoria en capa arable, la Finca Agroecológica también presento este comportamiento de porosidad satisfactorio, pero los lotes de Cultivos Industriales y la Montañita presentaron un comportamiento de porosidad excelente.

En el cuadro 15 se puede ver que la velocidad de infiltración va desde moderada, rápida y moderadamente rápida, las infiltraciones del suelo de Sauces, la Finca Agroecológica y

Cultivos Industriales se encuentran en moderadamente rápida y moderada, y el lote de la Montañita presento una valor alto de infiltración y de tipo moderado, esto debido a que estos lotes cuentan con suelos permeables.

<b>Lotes</b>	<b>Densidad aparente g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Porosidad %</b>	<b>Infiltración cm/h</b>
<b>Los Sauces</b>	1.37 g/cm <sup>3</sup>	48.16%	5.1 cm/h
<b>Finca Agroecológica</b>	1.35 g/cm <sup>3</sup>	49.23%	4.35 cm/h
<b>Cultivos Industriales</b>	1.16 g/cm <sup>3</sup>	56.12%	4.88 cm/h
<b>La Montañita</b>	1.07 g/cm <sup>3</sup>	59.68%	16.7 cm/h

**Cuadro 15.** Valores obtenidos de Densidad aparente, porosidad e infiltración.

### 5.6.3 Macroorganismos

Los organismos que presentaron mayor cantidad de abundancia en todos los lotes son Hormigas, Lombrices de tierra, Ciempiés, Ácaros y Termitas, con cantidades bastantes altas en el lote de la Finca Agroecológica y la Montañita, estos resultados nos dicen que en los suelos de la Universidad hay presencia de estos organismos cuales trabajan en la conservación, reciclaje y aporte de materia orgánica.

<b>Organismo</b>	<b>Finca Agroecológica</b>	<b>Sauces</b>	<b>Cultivos Industriales</b>	<b>La Montañita</b>
<b>Hormigas</b>	107	38	78	130
<b>Lombriz</b>	111	36	59	
<b>Ciempíes</b>	115	24	52	
<b>Ácaros</b>				232
<b>Termita</b>				267

**Cuadro 16.** Especies de macroorganismos abundantes en los lotes.

## VI CONCLUSIONES

Los suelos de la Universidad Nacional de Agricultura de los lotes muestreados presentaron una densidad que va desde 1.07 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.37 g/cm<sup>3</sup>, y un porcentaje de porosidad de 48.16% hasta 59.68% y en base a los rangos encontrados estos suelos se encuentran en buenas condiciones de densidad aparente y la porosidad en la mayoría de parcelas esta satisfactoria.

Los suelos de Cultivos Industriales presentaron una densidad aparente que va desde 1.09 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.29 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad que va desde 51.2 % hasta 59.11 y en base a los rangos ya establecidos estos suelos están en condiciones excelentes.

En el lote de la Montañita los datos de densidad aparente anduvieron en un mínimo de 0.99 gcm<sup>3</sup> y un máximo de 1.15 gcm<sup>3</sup> y el porcentaje de porosidad esta desde 56.47% hasta 62.49% y en cuanto a los rangos establecidos estos suelos están en excelentes condiciones y presentan una buena cantidad de materia orgánica.

El lote de los Sauces presento una densidad aparente de 1.37 gcm<sup>3</sup> estando en un rango bueno y la porosidad anduvo en un porcentaje de 48.16% con un comportamiento escaso de porosidad.

Las texturas encontradas en la mayoría de suelos de la Universidad Nacional de Agricultura es de textura de franco arcillo arenoso, con algunos suelo con textura arcillo arenoso y franco arcilloso.

El color que más frecuencia presento en los suelos muestreados fueron el Marrón en Sauces, el Marrón muy oscuro en la Finca Agroecológica, el Marrón y el Pardo grisáceo muy oscuro en la Cultivos Industriales y en el lote de la Montañita se observó el Marrón oscuro, Marrón muy oscuro y el Grisáceo muy oscuro.

La mayor actividad biológica de los macroorganismos presentes en los Cuatro lotes ocurre entre 10-20 cm de profundidad del suelo.

Las especies de macroorganismos que más se encuentran en los lotes de la Universidad son las Hormigas, Ciempiés, Lombriz de tierra, Termita y Ácaros siendo estos un indicador de estado de conservación y perturbación.

Los suelos de los lote de la Finca Agroecológica, Sauces, Cultivos Industriales y la Montañita los suelos presentaron una textura de franco arcillo arenoso la cual es buena para cultivar diferentes productos.

La Montañita presento en las parcelas de Bosque Primario y Bosque Secundario la cantidad de porosidad más alta de todas las parcelas muestreadas, esto debido a que presentaron una buena cantidad de materia orgánica y por lo tanto la cantidad de macroorganismos es bastante considerable.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Hacer uso de enmiendas orgánicas para que exista un adecuado aporte de nutrientes y mayor actividad de los macroorganismos ya que en algunas parcelas se realiza un uso excesivo de la tierra, y practicar rotaciones de cultivos con la presencia de abonos verdes en las parcelas para que exista otro aporte nutricional al suelo.

Darle seguimiento a las parcelas que presentaron un valor de densidad aparente mayor en comparación con las parcelas del mismo lote y realizar análisis mensuales a estas parcelas para ver si ha habido cambios.

Hacer un plan de recolección de materia orgánica en los lotes que presentaron color marrón y utilizarlo en la realización de abonos orgánicos o cultivar especies para que se pueda aprovechar la materia orgánica del suelo.

Realizar un análisis químico del suelo para todos los lotes, esto para correlacionarlo con las propiedades físicas y biológicas observar el comportamiento de estos suelos y tener una referencia de las condiciones actuales de los mismos para un mejor aprovechamiento de ellos.

Darle seguimiento a este trabajo de investigación para observar cómo sigue el comportamiento de estas propiedades y realizar las acciones correspondientes para mejorar las que presenten datos que no se encuentren dentro del rango adecuado.

Realizar la práctica de macroorganismos del suelo en la época de invierno, para hacer una comparación, debido a que esta práctica se realizó en la época de verano y la presencia de Lombrices de tierra encontrada fue muy escasa.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Aguilera N. 1989 Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.

Alberto Hernández, J; Ascanio García, MO; Morales Díaz, M; García Paredes, JD. El suelo: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Ed. 1era. Nayarit, MX. Universidad Autónoma de Nayarit. 231 p.

Bazán, R. 1975. Los suelos del proyecto alcoa. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 44 p.

Bunch, R. 2001. La cantidad de nutrientes o el acceso de nutrientes? Una nueva comprensión de cómo mantener Manojó, R la fertilidad del suelo en los trópicos.

Buckman Harry and N.C. Brady. 1966. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 p.

Brady N y Weil R. 1966. The nature and properties of soils Universidad de Maruland en college park.

Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Heibloem, M. 1988. Irrigation water management: Irrigation methods. Training manual no 5. FAO Land and water development division, FAO, Rome.

Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Pastos y Forrajes 35(4):349-363. (En línea) Consultado el 1 de mayo 2016. Disponible en

<http://www.redalyc.org/pdf/2691/2691/25514007.pdf>

Cabrera, G; Robaina, N y Ponce de León, D. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34:331.

Casanova Olivo, EF. 2005. *Introducción a la ciencia del suelo*. Segunda edición. Caracas VN. Universidad Central de Venezuela. 453 p.

Chocobar, EA.2010. *Edafofauna como indicador de la calidad de un suelo sometido a diferentes tipos de manejo en un experimento de larga duración*. Tesis presentada en opción de título académico de Master en Ciencias, colegio de Postgraduados, Edo. De México. 63 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación). 2009. *Guía para la descripción de los suelos*. Ed 4arta. Trad por Ronald Vargas Rojas. Roma.

Gliessman Stephen R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba CR. CATIE. Impre. LITOCAT. 359 p.

Hans W. Fassbender. 1975. *Química de los suelos con énfasis en suelos de américa latina*. Ed 1era. Turrialba CR. IICA. 377 p.

Imgaramo, OE; Paz González, A; Dugo Paton, M. 2003. *Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos del suelo, en el NO de la península ibérica*. (En línea). Consultado el 24 de abril 2016. Disponible en

<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>

Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol.* 24:93-132.2000. ecological challenges for soil science. *Soil Sci.* 165:73-86.

Levelle, P; E. blanchart, A. Martin, A.V. Spain y S. Martin. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soil in the humid tropics. Pp. 157-185. En: R. Lal y P.A. Sanchez. *Myths and science of soil in the tropics*. SSSA Special Publication No. 29, Madison.

Liu, C-W., Cheng, S-W., Yu, W-S., Chen, S-K. 2003. Water infiltration rate in cracked paddy soil. *Geoderma*. 117, 169–181.

Moreno, HR; Blanquear, JM; Ibáñez Asencio, S. El color del suelo. Universidad Politécnica de Valencia. (En línea). Consultado el 24 de abril 2016. Disponible en

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf>

Navarro García, G; Navarro García, S. 2013. Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Tercera edición. Madrid ES. Editora Mundi-prensa. 639 p.

Ordaz et al. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica. 31 p. 3-7. Solo resumen. (En línea) consultado el 1 de mayo del 2016. Disponible en

[http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI\\_SistFiloDiverAntrop/julian\\_bueno/Brown2001.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_SistFiloDiverAntrop/julian_bueno/Brown2001.pdf)

Pepa Jiménez, M; Sebastián Hernández, R. 2008. Modulo agro tecnología. (En línea). Consultado 18 abril 2016. Disponible en

[http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos\\_tema\\_1.pdf](http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_1.pdf)

Pepa Jiménez, M; Sebastián Hernández, R. 2008. Modulo agro tecnología. (En línea). Consultado 28 octubre 2015. Disponible en

[http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos\\_tema\\_1.pdf](http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_1.pdf)

Porta Casanellas, J., López Acevedo M., Roquero De Laburu C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Edic 3era; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa. 929 p.

Ruiz, DH. 2007. Comunidades de macro invertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso de la tierra en la parte media de la cuenca del Rio Otún (Risaralda, Colombia). Tesis presentada en opción al título académico de Master en Zoología y Ecología Animal, Mención Invertebrados. Universidad de la Habana. 95 p.

Thompson, L.M; Troeh, F.R. 2002. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires-Caracas-México. Editorial REVERTE. S.A. 639 p.

USDA (United States Department of Agriculture). 1999. Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. United States Department of Agriculture Handbook. Segunda edición por. By Soil Survey Staff. 436 p.

Walker, W.R. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO, Rome.

Vane-Wright R.I; C.J. Humphries Y P.H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. Biological Conservation, 55: 235-254. Número especial 1:1-10 (2001).

Volke Sepúlveda, T., Velasco Trejo, J.A., de la Rosa Pérez, D.A. 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. 19-31 p.

Vélez, M., Vélez., J. 2002. Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica.

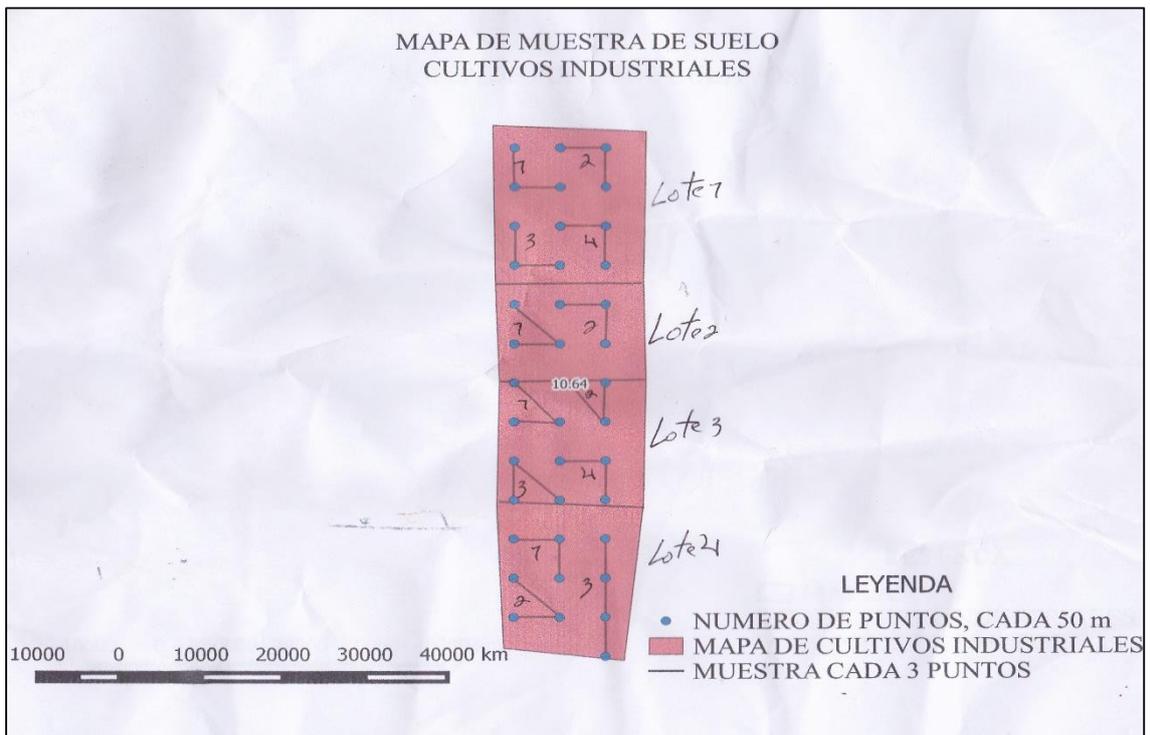
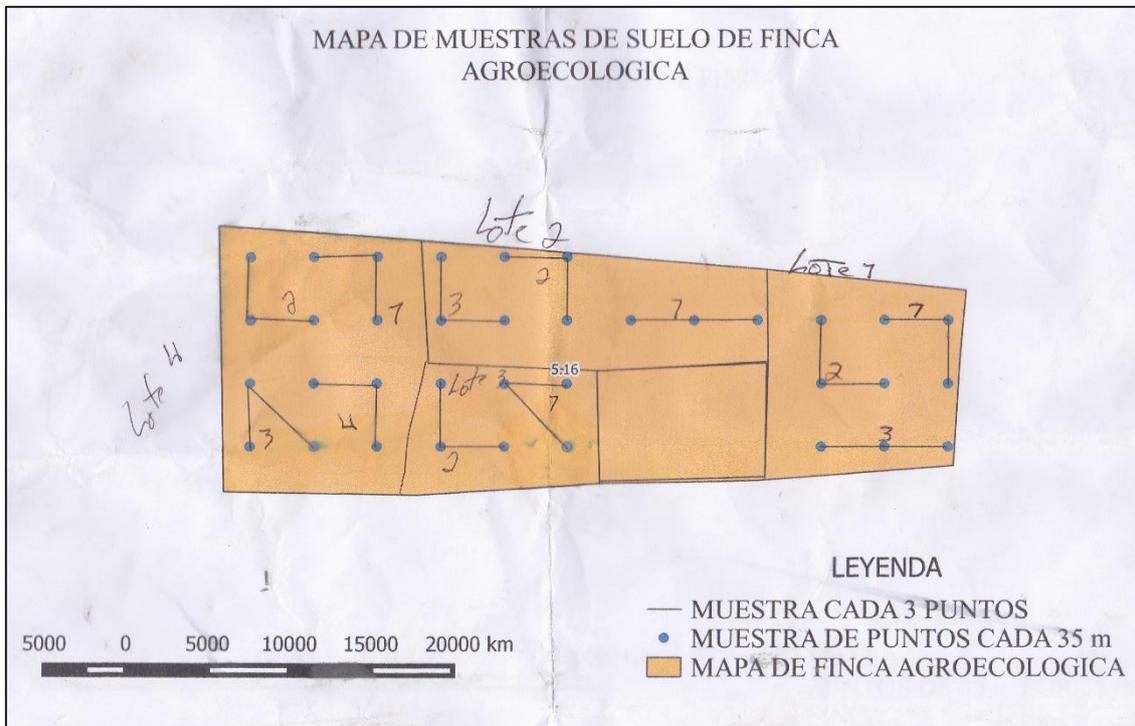
Vindel Pereira, C. 2013. Caracterización de la macrofauna edáfica en las secciones de agronomía e Investigación Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura. Tesis ingeniera Agronómica. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 72 p.

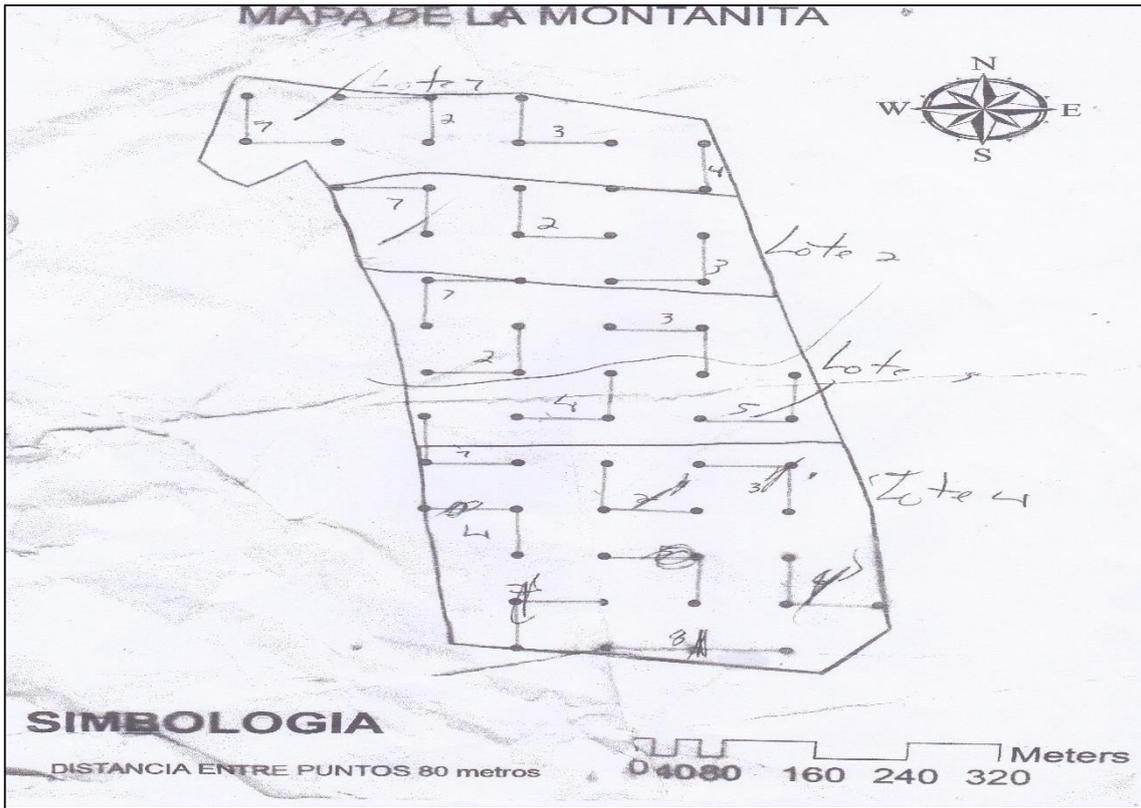
USDA, 1999. Guía para la evaluación de la calidad y la salud del suelo (en línea). Consultado el 10 junio 2016. 88 p. Disponible en:

[http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb\\_1044786.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb_1044786.pdf)

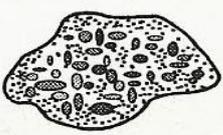
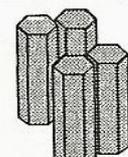
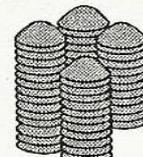
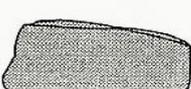
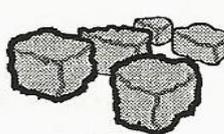
# ANEXOS

**Anexo 1. Mapa de los lotes con el área y la distribución de los puntos**

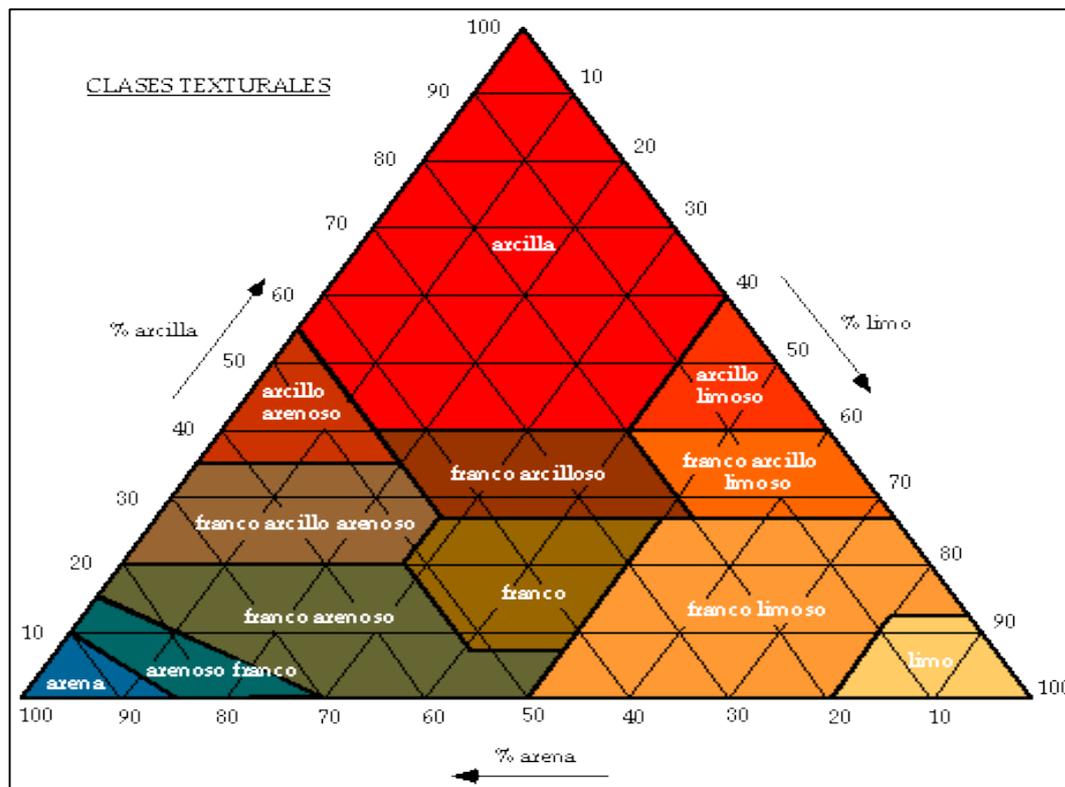




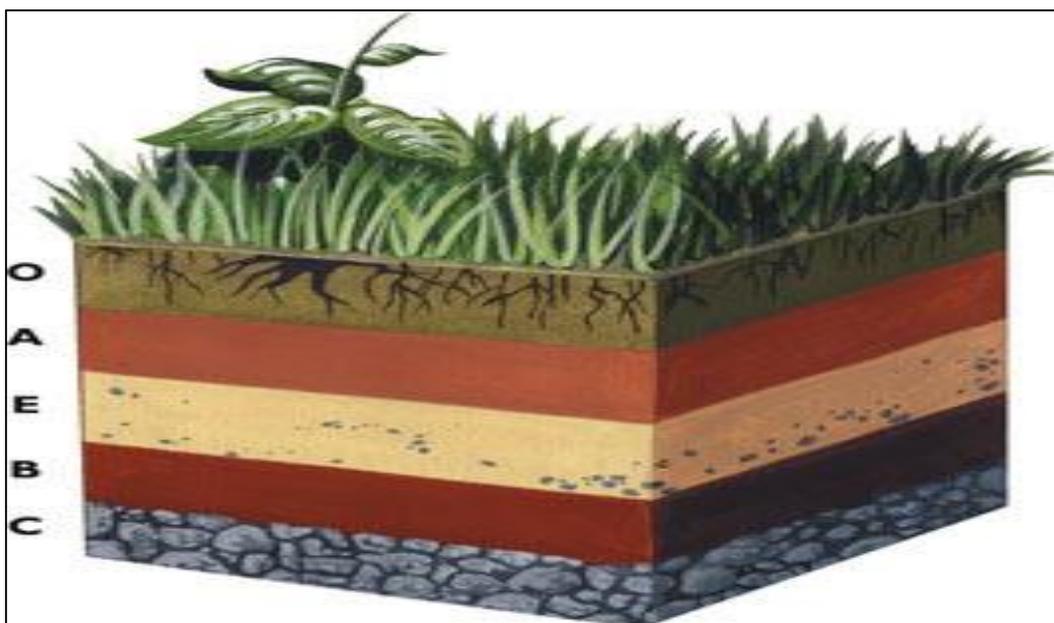
**Anexo2.** Tipos de estructura del suelo

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

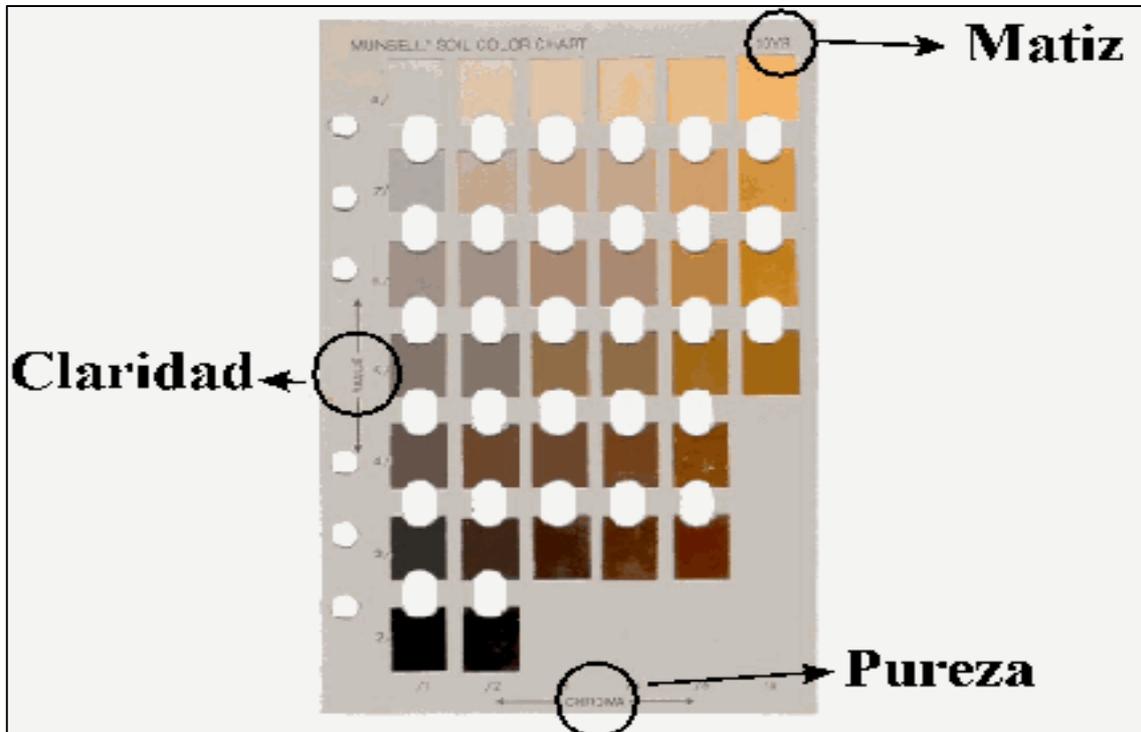
### Anexo 3 Triangulo de las clases texturales



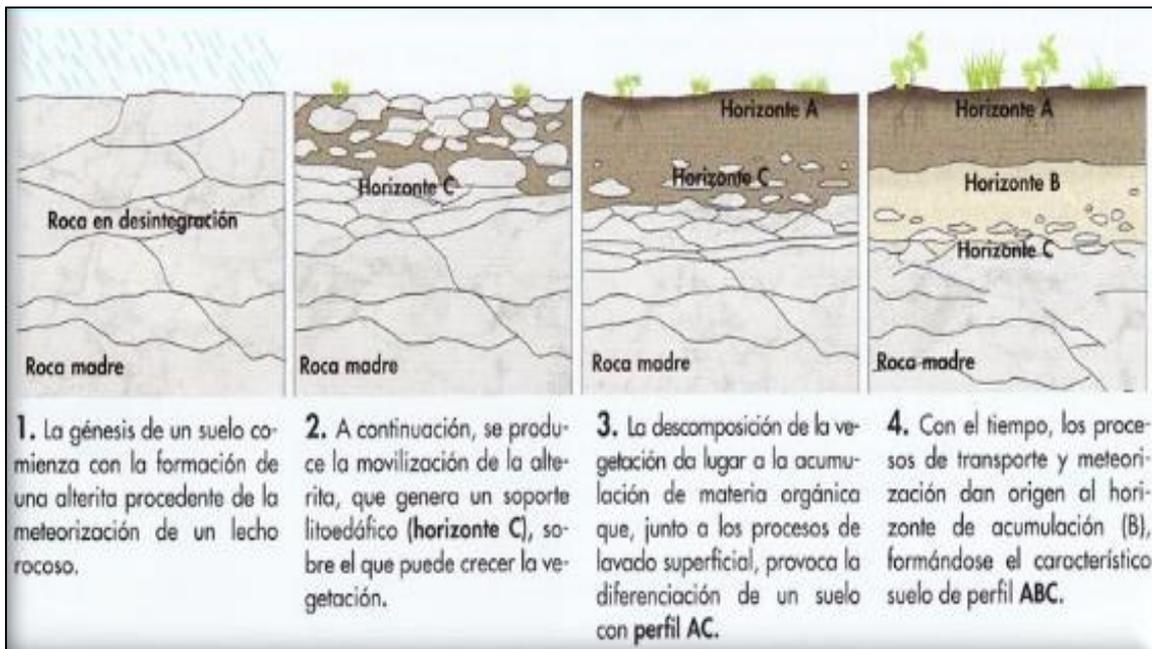
### Anexo 4. Perfil del suelo



## Anexo 5. Descripción del color



## Anexo 6. Procesos que se llevan a cabo para la formación del suelo



**Anexo 7.** Cuadro para la toma de datos de Macroorganismos en el campo.

Lugar	Parcela	Organismos	Monolito Ind. /m3			Observaciones
			0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	