

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y  
TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS  
LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA - LA  
DALIA MATAGALPA, 2005**

**Elaborado por: Br. Carmen Margarita Castillo Cerna**

**Asesores: Ing. Esteban Antonio Avilés Silva  
Ing. Msc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales**

**Managua, Nicaragua  
Septiembre 2005**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	ix
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	x
<b>SUMARY</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Objetivo general .....	3
1.2 Objetivos específicos .....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Tierras de ladera .....	4
2.2 Definición de suelos .....	4
<b>2.3 Propiedades físicas de los suelos</b> .....	5
2.3.1 Textura de los suelos .....	6
2.3.2 Estructura de los suelos .....	7
2.3.3 Porosidad del suelo .....	10
2.3.4 Resistencia mecánica de los suelos .....	11
2.3.5 Densidad aparente (Da) .....	13
2.3.6 Densidad real (Dr) .....	15
2.3.7 Color del suelo .....	16
2.3.8 Profundidad del suelo .....	16
<b>2.4 Propiedades químicas del suelo</b> .....	17
2.4.1 pH del suelo .....	17
2.4.2 Materia orgánica de los suelos (MO) .....	18
2.4.3 Nitrógeno disponible en el suelo (N) .....	19
2.4.4.Fósforo disponible .....	19

2.4.5 Potasio disponibles .....	20
2.4.6 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) .....	20
<b>2.5 Degradación de los suelos .....</b>	<b>21</b>
2.5.1 Factores que causan la degradación del suelo.....	21
2.5.2 Procesos de degradación del suelo .....	22
<b>2.6 Indicadores físicos de calidad de suelos.....</b>	<b>24</b>
2.6.1 Indicadores físico de calidad de suelos .....	24
2.6.2 Indicadores químicos de calidad de suelos .....	25
2.6.3 Indicadores biológicos de calidad de suelos .....	25
<b>2.7 Manejo de suelo .....</b>	<b>25</b>
2.7.1 Conocimiento local de los suelos .....	26
2.7.2 Indicadores locales de calidad de suelos .....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Descripción general del área de estudio .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Características Biofísicas .....</b>	<b>29</b>
3.2.1 Geomorfología y suelo .....	29
3.2.2 Hidrografía .....	29
3.2.3 Clima .....	29
3.2.4 Los suelos de la microcuenca Cuscamá .....	30
<b>3.3 Metodología .....</b>	<b>31</b>
3.3.1 Fase de pre- campo .....	31
3.3.2 Fase de campo .....	33
3.3.3 Fase de Post campo .....	40

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	41
<b>4.1 Análisis de las propiedades físicas y químicas de las toposecuencias</b> .....	41
4.1.1 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencias 1 .....	41
4.1.2 Análisis d las propiedades químicas de la toposecuencia 1 .....	45
4.1.3 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 2 .....	48
4.1.4 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 2 .....	51
4.1.5 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 3 .....	54
4.1.6 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 3 .....	58
4.1.7 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 4 .....	60
4.1.8 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 4 .....	64
4.1.9 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 5 .....	68
4.1.10 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 5 .....	72
<b>4.2 Indicadores locales de calidad de suelo identificados en la microcuena cuscamá</b> .....	75
4.2.1 Indicadores locales de suelos bueno .....	75
4.2.2 Indicadores locales de suelo malo .....	79
4.2.3 Resultados de los indicadores técnicos y locales que evaluaron los suelos de ladera de la microcuena Cuscamá. ....	82
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	86
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS</b> .....	87
<b>ANEXO</b> .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Clasificación de la textura .....	6
2. Clasificación de la estabilidad del suelo .....	10
3. Clasificación de la porosidad del suelo .....	11
4. Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos .....	13
5. Clasificación de la densidad aparente en los suelos .....	14
6. Densidad aparente según la textura .....	14
7. Clasificación de la densidad real en los suelos .....	15
8. Densidad real óptima .....	15
9. Clasificación de la profundidad del suelo para uso agrícola .....	17
10. Clasificación de la acidez del suelo .....	18
11. Clasificación de la materia orgánica .....	19
12. Clasificación de nitrógeno disponibles .....	19
13. Clasificación del fósforo disponibles .....	20
14. Clasificación de potasio disponible .....	20
15. Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico .....	21
16. Indicadores locales de indicadores de suelo .....	27
17. Indicadores de calidad de suelos evaluado en el campo .....	34
18. Indicadores de calidad de suelo evaluado en el laboratorio .....	35
19. Propiedades físicas de los suelos en la toposecuencia 1 .....	41
20. Propiedades químicas de los suelos de la toposecuencia 1.....	45
21. Propiedades físicas de los suelos de la toposecuencia 2 .....	48
22. Propiedades químicas de los suelos de la toposecuencia 2.....	52
23. Propiedades físicas en los suelos de la toposecuencia 3 .....	55
24. Análisis de las propiedades químicas en la toposecuencia 3.....	58
25. Propiedades físicas en la toposecuencia 4 .....	61
26. Propiedades químicas en suelos de la toposecuencia 4.....	65
27. Propiedades físicas en los suelos de la toposecuencia 5.....	68
28. Propiedades químicas en los suelos de la toposecuencia 5.....	72

29. Indicadores locales de suelos bueno .....	76
30. Plantas indicadoras locales de suelos bueno .....	78
31. Indicadores locales técnicos de calidad de suelos .....	80
32. Plantas como indicadoras locales de suelos malo .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Triángulo textura .....	7
2. Ubicación de toposecuencia .....	28
3. Selección de las toposecuencias .....	33
4. Indicadores técnicos evaluados en el campo .....	34
5. Suelos negro – lanilla .....	77
6. Plantas indicadoras de suelos bueno .....	78
7. Suelos erosionados por el sobre pastoreo .....	79
8. Plantas indicadoras de suelos malos .....	82

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico</b>	<b>Página</b>
1. Comportamiento de la estructura superficial y sub superficial en los suelos de la toposecuencia 1 .....	42
2. Comportamiento de la resistencia mecánica de los suelos en la toposecuencia 1 .....	44
3. Comportamiento de la CIC con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 1 .....	47
4. Comportamiento de la estructura superficial y sub superficial en los suelos de la toposecuencia 2 .....	49
5. Comportamiento de la densidad aparente con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 2 .....	49
6. Comportamiento de la CIC con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 3 .....	54
7. Comportamiento de la estructura superficial y sub superficial de los suelos de la toposecuencia 3 .....	56
8. Comportamiento del potasio en la toposecuencia 3 .....	60
9. Comportamiento de la estructura superficial y sub superficial de los suelos de la toposecuencia 4 .....	62
10. Comportamiento de la resistencia mecánica en los suelos de la toposecuencia 4 .....	64
11. Comportamiento del nitrógeno en los suelos de la toposecuencia 4 .....	66
12. Comportamiento de la CIC con respecto a la materia orgánica de los suelos de la toposecuencia 4 .....	67
13. Comportamiento de la estructura superficial y sub superficial de los suelos de la toposecuencia 5 .....	69
14. Comportamiento de los poros de los distintos tratamientos de la toposecuencia 5 .....	70



15. Comportamiento de la resistencia mecánica en los suelos de la toposecuencia 5 .....	71
16. Comportamiento del pH con respecto a la materia orgánica en toposecuencia 5 .....	73
17. Comportamiento de la CIC con respecto a la materia orgánica en los suelos de la toposecuencia 5 .....	75

### INDICE DE ANEXO

<b>Anexo</b>	<b>Pág.</b>
1. Encuesta de campo .....	91

## DEDICATORIA

A Dios mi Señor, por darme la vida y brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de tesis y llegar a ser una profesional.

A las personas más especiales de mi vida. Mi Padre Henry Castillo Pérez, mi Madre Carla Concepción Cerna de Castillo, Esteban Antonio Avilés Silva, mis hermanos, Fátima, Belén, Henry Antonio y mi querida abuelita Carmen por sus apoyo, comprensión, amor y cariño que me brindaron constantemente en todos los momentos.

A toda mi familia, y a la memoria de mi abuelito Alfonso Cerna Espinoza, mis tíos Matías Antonio Cerna y Ana Cerna por estar en los momentos más importantes de mi vida.

A mis amigos (as) que siempre me instaron a seguir adelante, los llevo en mi mente.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi colectivo de apoyo que durante el trabajo es tuvieron conmigo Alex Castellón, Wilford David, Eduardo Mendoza, Reynaldo Mendoza y Esteban Avilés quienes dedicaron todo su tiempo para recopilar los datos en el campo de la Micro cuenca Cuscamá - La Dalia, El Tuma Matagalpa.

Agradezco en especial a doña Martha Hernández y Eddy Hernández Herrera, líderes de esa comunidad y quienes me albergaron en su humilde casa, me facilitaron todo los datos para mi trabajo; también a todos aquellos productores que trabajaron en este estudio entre ellos don Crecencio, Eduardo Hernández, don Miguel y a aquellos que en este momento se me escapan sus nombres por ello pido disculpa.

Al Lic. Msc. Gustavo Valverde por considerarlo un buen compañero de trabajo, un buen profesor quien compartió sus conocimiento y su apoyo en la revisión de mi trabajo de tesis, y todos los trabajadores del Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA - UNA), sin dejar mencionar aquellos colaboradores anónimos que por una u otra razón no aparecen en este documento, a todos ellos gracias.

A mis asesores: Ing. Esteban Antonio Avilés y Ing. Reynaldo Bismarck Mendoza por sus consejos, disciplina y por haber creado entre nosotros una magnífica amistad que siempre la tendré presente.

## SUMMARY

The propose of this study is to identify and to evaluate indicators technical indicators of soil quality in situ they permit to evaluate the quality of the soils in Cuscamá water shed to contribute to sustainable management of this resource.

The study was carried out in the municipality Tuma La Dalia, Matagalpa, located between 13 04'23" to 13 06'25" of North latitude and 85°44'47" to 85°42'50". The area of study is 9.35 km<sup>2</sup>.

The methodology of the study consisted in the evaluation technical indicators upon the quality of soils in plots with different uses of management in five toposecuencias located watershed. In each plot the following indicators were evaluated soil compactation, structural stability, pores, color; at the laboratory bulk density, real density, organic matter, pH, nitrogen, capacity of exchange catiónico and the content of match and potassium available, were determined.

Accenting to results there are soils showing a high intensity of agriculture. Most profile present small layers little deep, in which the organic is from middle to hing level, good sub-superficial and superficial stability of the aggregates; available and the soils are poor, the catim exchange capacity is between level medium to hing and the soils sligtty acid to neutrons. However, these soils have a potential for the farm activity, whenever adequate practices of management be carried out, guaranteeing of this way the sustainability of the resource I am used.

On the other hand the organic matter is a very important to evaluate the quality of soil, however, is complemented with other indicators such as the structural stability of the soil, degree of compactation, productivity, soils as well as the presence of some plants that grow in these plots as Been acuta, Mucuna sp, Cyperus flat, Bindes pilosa, Digitaria bloodthirsty L. vatilla red, juancin, chanillo and moruno, for example.

## RESUMEN

El propósito de este estudio es identificar y evaluar indicadores técnicos locales de calidad de suelos que permitan evaluar la calidad de los suelos de la microcuenca Cuscamá, para contribuir a un uso y manejo sostenible de este recurso. El estudio se realizó en el municipio de El Tuma La Dalia, departamento de Matagalpa, ubicada entre las coordenadas 13°04'23" a 13°06'25" de latitud Norte y 85°44'47" a 85°42'50" de longitud, en una área de 9.35 km<sup>2</sup>.

La metodología del estudio consistió en la evaluación de indicadores técnicos y locales de calidad de suelos en parcelas con diferente usos, en cinco toposecuencias ubicadas en la microcuenca Cuscamá, El Tuma La Dalia. En cada parcela se evaluó los siguientes indicadores: compactación del suelo, estabilidad estructural, poros, color; en el laboratorio se determinaron densidad aparente, densidad real, materia orgánica, pH, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, contenido de fósforo y potasio disponible.

Los resultados indican que existen suelos sometidos altamente a la agricultura, los cuales en su mayoría presentan horizontes poco profundos, contiene niveles medio a alto de materia orgánica, buena estabilidad de los agregados del suelo superficial y sub-superficial; la mayoría de los suelos están compactados por el sobre pastoreo del ganado. Los niveles de fósforo y potasio disponible son pobre, la capacidad de intercambio de cationes oscila entre media a alta y son suelos ligeramente ácidos a neutros. Sin embargo, estos suelos tienen potencial para la actividad agropecuaria, siempre y cuando se realicen prácticas de manejo adecuadas, garantizando de éste manera la sostenibilidad del recurso suelo.

Por otro lado la materia orgánica es un indicador primordial para evaluar la calidad de suelo, sin embargo se complementa con otros indicadores tales como la estabilidad estructural del suelo, el grado de compactación, productividad, así como la presencia de algunas plantas que crecen en dichas parcelas como *Sida acuta*, *Mucuna sp*, *Cyperus rotundo*, *Bindes pilosa*, *Digitaria*

sanguinario L. vatilla colorada, juancin, chanillo y morupo,  
entre otras.

## I.- INTRODUCCIÓN

En Centroamérica por su relieve la mayoría de los suelos son en laderas, donde la gente cultiva sus granos básicos (el 85%) bajo condiciones difíciles. Una de estas limitantes es el uso inapropiado que el hombre le da a este recurso, lo que en corto tiempo se revierte en un recurso degradado. Consecuentemente, grandes áreas de campo productivo presentan procesos de degradación por erosión hídrica, quemas y deforestación de áreas cuya vocación es para protección o bosques (AMUNIC, 1997).

Sin embargo, la agricultura se ve sometida a una serie de factores que pueden afectar la producción. Uno de éstos factores es el hombre, quién a través del tiempo ha convertido grandes áreas de bosque en suelos degradados. Sin olvidar otros factores como: el uso inadecuado de los residuos de cosechas, agroquímicos, el mal manejo de la labranza, el sobre pastoreo, entre otros, han causado erosión (hídrica y eólica), disminución de la capacidad de infiltración y retención de agua en el suelo, cuyas consecuencias se evidencian en la reducción de la capacidad productiva de los suelos en laderas.

En Nicaragua existen dos grandes tipos de tierras involucradas en la producción agropecuaria: los valles o planicies (generalmente usados con agricultura intensiva) y las zonas de laderas (principalmente con agricultura de subsistencia). Hace 50 años las planicies eran muy productivas, pero esta productividad se ha reducido fuertemente, al punto que muchos productores han tenido que abandonarlas. Por esta y otras razones han tenido que emigrar a áreas de laderas que son más susceptibles a la erosión, provocándose considerables efectos negativos en el ambiente económico y social (Fassbender, *et al*, 1987).

Por ser ambas áreas importantes para la seguridad alimentarias de los productores y

del país en general, es necesario conocer los factores que determinan su estabilidad o degradación; en vista de la escasez creciente de tierra y la importancia de las áreas en las planicies, se vuelve impostergable la necesidad de conocer mejor los procesos de degradación de los suelos en dichas áreas.

En vista que en el ámbito científico-técnico, se cuenta con una variedad de indicadores para monitorear el estado del recurso suelo. Consideramos de gran importancia de validar indicadores locales de calidad de suelos en la microcuenca Cuscamá la Dalia, así como identificar aquellos indicadores que los productores utilizan para designar la calidad de los suelos.

En este sentido, se realizó el presente trabajo de investigación con el propósito de conocer el estado de los suelos de ladera de la microcuenca la Dalia, mediante la identificación de indicadores técnicos y locales de calidad de suelos, para generar información que contribuya a lograr un uso y manejo sostenible de los suelos, y poder de esta manera garantizar la seguridad alimentaria.



## **1.1 Objetivo general**

Conocer el estado de los suelos de laderas mediante la identificación y evaluación de indicadores locales y técnicos de calidad de suelos. Para facilitar información que contribuyan a un manejo sostenible del recurso suelo, que pueda garantizar la seguridad alimentaría presente y futura.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar las propiedades físico-químicas de los suelos de laderas en la microcuenca Cuscamá bajo diferentes usos cultivo, pasto y bosque, con métodos sencillos para identificar la calidad del suelo.
  
- Identificar los factores de cambio relacionado con el estado de degradación del suelo de la microcuenca Cuscamá, en tierras de laderas.
  
- Conocer aquellos indicadores que los productores de la microcuenca Cuscamá utilizan para designar la calidad de los suelos.

## **II.- REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Tierras de laderas**

La investigación agrícola ha ignorado la producción agrícola en tierras de laderas, en parte porque considera indeseable cultivar tierras tan susceptibles a la degradación. Idealmente, el uso de la tierras de laderas en los trópicos debería limitarse a las actividades que protejan los bosque naturales para estabilizar las cuencas de tierras altas. Sin embargo, en el futuro inmediato de muchos países en desarrollo, el crecimiento rápido de las actividades agrícolas en tierras de laderas tropicales ya existentes continuarán progresivamente, debido a las necesidades de subsistencia y a las presiones socio- político de los productores en tierras de laderas (FAO, 1982).

Las tierras de laderas juegan un papel clave en los ecosistemas ambientales y económicos de los países tropicales, por lo que la degradación de estos suelos marginales pueden resultar en consecuencia adversa; que se manifiestan en otros lugares y tiempos distantes donde ocurre la erosión. Estas investigación de las tierras de laderas tropicales han sido limitadas por obstáculos con raíces históricas culturales y políticas. Normalmente, los campesinos no tienen el poder socioeconómico requerido para impulsar iniciativas políticas e investigaciones, para apoyar un programa de acción enfocados en la conservación de suelos en tierras de laderas (FAO, 1982).

### **2.2 Definición de suelos**

El suelo físicamente son mezcla porosa inorgánica, materias orgánicas descompuestas, aire y agua. Pero el agricultor tiene su propia definición considerándolo como el medio en que crecen los cultivos. Aunque para el ingeniero civil el suelo es el material que sostienen edificios y caminos (Foth, 1985). Según Arias (1998), el suelo es un material no consolidado que está en

constante cambio, de origen variable, que sirve de nexo entre lo inorgánico (minerales provenientes de la descomposición de la roca) y lo orgánico (material vegetal y animal) formando un ecosistema semi-renovable, susceptible de clasificarse, proveedor de calor, aire, humedad, minerales y soporte a la plantas, transformador de la energía solar y es un cuerpo tridimensional. Por eso desde el punto de vista productivo, los suelos son considerados como el componente esencial de los sistemas agrarios, puesto que sustenta las plantas que son la base de la vida y la economía de un país.

Según (Foth, 1985), el suelo cumple las siguientes funciones:

1. Sostienen la actividad productividad y biodiversidad biológica, al asegurar producción de alimentos, forraje, energía renovable y materia prima.
2. Regulan y distribuyen flujos de agua, asegurando el equilibrio del ciclo del agua.
3. Funciona como un filtro, al inmovilizar sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas provenientes del campo, la industria y desecho urbanos.
4. Almacenan y reciclan nutrientes y otros elementos de la biosfera; actúa con un banco de nutrientes para la actividad humana, referido al espacio que utilizamos para establecer infraestructura urbana, parques, industrias, carreteras, entre otras.

### **2.3 Propiedades física de los suelo**

Las propiedades físicas del suelo tienen la responsabilidad del transporte del aire, calor, agua, sustancias solubles a través del suelo, éstas pueden ser deterioradas con la labranza haciendo al suelo menos permeables y más susceptible a pérdidas por escorrentía y erosión (Sánchez, 1989).

### 2.3.1 Textura de los suelos

La textura se refiere a la proporción relativa de arena (a), limo (L) y arcilla (A) que existe en el suelo; esta caracterización se refiere a las partículas menores de 2 mm de diámetros.

Lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo requeridas (labranza, riego y fertilización); también puede utilizarse para evaluar y valorar tierras de acuerdo a su capacidad de uso (Henríquez y Cabalceta, 1999)

#### 2.3.1.1 Método de Bouyoucos (laboratorio)

El método Bouyoucos, consiste en determinar la cantidad de sólido en suspensión de acuerdo a la Ley de Stokes, la densidad de suspensión se mide por medio de un hidrómetro calibrado. La densidad de una suspensión de suelo a una profundidad se va haciendo menor a medida que se sedimentan las partículas. Su valor en diferentes tiempos se relaciona empíricamente con el tamaño de las partículas, de modo que seleccionando los tiempos, una lectura de la densidad puede servir de medida de limo + arcilla o de arcilla (Gavande, 1987).

Tabla 1. Clasificación de la Textura

Fracción de Suelos	USDA Diámetro límites (mm)	Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. Diámetro límites (mm)
Arena muy gruesa	2.00 a 1.00	2.00 a 0.20
Arena gruesa	1.00 a 0.50	
Arena media	0.50 a 0.25	0.20 a 0.02
Arena fina	0.25 a 0.10	
Limo	0.10 a 0.05	0.02 a 0.002
Arcilla	0.05 a 0.002	
	Menor de 0.002	Menor de 0.002

Fuente: Ortiz, 1990.

## ➤ Triángulo de textural

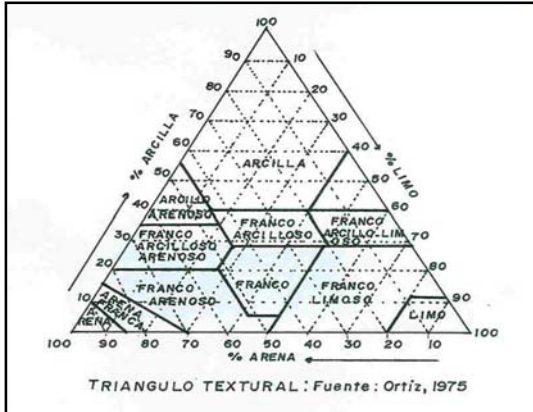


Figura 1. Triángulo textural, Ortiz 1975.

"Para dar nombres texturales a los suelos, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos emplea un método exacto y fundamental que se basa en el análisis mecánico como es el triángulo textural (Figura 1).

### 2.3.2 Estructura de los suelos

Según Sánchez (1981), define estructura del suelo como: "el tamaño, la forma y el arreglo de las partículas primarias que forman las partículas compuestas, y el tamaño, forma y arreglo de las partículas compuestas". Lo que se considera como buena estructura depende de la velocidad con que el aire y el agua se mueva a través del suelo.

La capacidad estructural del suelo se define: "como su capacidad para formar terrones espontáneamente y que estos terrones se dividen en pedazos pequeños granos, o agregados, sin la intervención del hombre" (Aguilera *et al.*, 1990).

La estabilidad estructural se refiere desde el punto de vista agrícola, a la capacidad que tiene el grano de retener su forma cuando se humedece y permitir el paso del agua a través del suelo (Gavande, 1987).

### **2.3.2.1 Clasificación de la estructura**

Según INTA/ FAO (2001), describe las diferentes formas de la estructura:

- **Laminar:** Los agregados del suelo se disponen en forma de lámina horizontal (en suelos vírgenes y subsuelo).
- **Prismático:** Se orientan verticalmente en forma de columnas, los cuales son más comunes en los horizontes inferiores de las regiones áridas y semiáridas.
- **Cuboides:** Los agregados se arreglan en forma de cubo o de bloques rectangulares. Casi todos se encuentran en los horizontes inferiores.
- **Granular:** Los agregados son redondeados, sueltos y fácilmente separables. Es la estructura más común de las capas superficiales y ricas en materia orgánica.

### **2.3.2.2 Estabilidad estructural de los suelos**

Según Sampat (1987), es la capacidad que tienen los granos de suelos de retener su forma cuando se humedecen, y permitir el paso del agua a través del suelo.

#### **a- Factores que afectan la estabilidad estructural de los suelos**

Los factores que afectan la estabilidad estructural son los siguientes:

- **Arcilla;** capas ligeras de arcilla cubren a las otras partículas del suelo y las mantienen juntas; estas reciben el nombre de cutículas de arcilla y en muchos casos ayudan hacer distinciones entre grupos de suelos.
- **Cementantes inorgánicos;** los principales son los sesquióxidos de hierro y aluminio que forma agregados irreversibles, o muy lentamente reversibles, y que ayudan a formar agregados estables del suelo a la acción del agua.
- **Plantas y residuos vegetales;** la excreción de compuestos orgánicos gelatinosos por las raíces sirven como ligamento entre las sustancias inorgánicas. La deshidratación del suelo por las raíz causa grieta al encogerse el suelo, lo que origina rompimientos y, posteriormente, formación de

agregados. El follaje de las plantas y sus residuos cubren el suelo y la protegen de los cambios bruscos de la temperatura y humedad y de los efectos de las gotas de la lluvia.

- Residuos vegetales; tanto del follaje como de las raíces, proporcionan la base alimenticia de los organismos del suelo, que son uno de los factores agregativos.
- Materia orgánica; las grasas, ceras, ligninas, proteínas, resinas y algunos otros compuestos orgánicos tienen efecto estabilizador directo. Los compuestos húmicos provenientes de la materia orgánica producen mayor agregación.
- Insectos del suelo; por ser los responsables de la producción del humus a través de procesos metabólicos.
- Microorganismo del suelo; durante los periodos de intensa actividad microbiana de descomposición las células y los microorganismos por si mismo mantiene unidos en forma mecánica, las partículas del suelo.
- La labranza del suelo; causa una desintegración de los agregados.

#### **b- Examen de estabilidad del suelo por el método de la caja estructural**

Esta variable es importante porque provee información sobre el grado de desarrollo estructural del suelo. Consiste en extraer agregados del suelo de 2 a 3 mm de grosor y de 6 a 8 mm de diámetro, tanto en la parte superficial como sub-superficial, se someterla a la acción del agua, en una caja con agua limpia que tiene 18 depósitos. Los agregados se coloca en el cernidor (con malla de 0.5 mm de separación) y son sumergido uno por uno en el depósito de la caja, en un intervalo de un segundo para observar el comportamiento respectivos de su estructura. Si no existe cambio alguno en su comportamiento se emerge y sumerge los agregados en ciclo de cinco ocasiones, y posteriormente, según comportamiento se le asigna su respectiva clasificación de acuerdo a la tabla 2

(CIAT, 2002).

Tabla 2. Clasificación de la estabilidad del suelo

Tipo de Estabilidad	Criterio para clasificación de Estabilidad
0	Muestra de suelo muy inestables (pasa a través del cedazo)
1	50% de la integridad estructural se pierde en 5 segundos de inmersiones en agua.
2	50% de la integridad estructural se pierde entre 5-30 segundos de inmersión en agua.
3	50% de la integridad estructural se pierde entre 30 - 300 segundos de inmersión en agua 0 < 10% del suelo permanece en el cedazo después de 5 ciclos de inmersiones.
4	10-25% del suelo permanece en el cedazo después de 5 ciclos de inmersiones.
5	25-75% del suelo permanece en el cedazo después de 5 ciclos de inmersiones.
6	75-100% del suelo permanece en el cedazo después de 5 ciclos de inmersiones.

Fuente: CIAT, 2002

### 2.3.3 Porosidad del suelo

La porosidad total se refiere a todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólida ,mineral u orgánica; diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo. De esta forma la porosidad total es referida en la siguiente ecuación y tabla de clasificación.

$$Pt = 1 - (da/dr) \text{ o } Pt = [1 - (da/ dr)] \times 100$$

Donde: **Pt** = Porosidad total  
**da** = densidad aparente  
**dr** = densidad real



Tabla 3. Clasificación de la porosidad del suelo

<b>Unidad (%)</b>	<b>Propiedades</b>
<40	Muy bajo
40 - 45	Bajo
45 - 55	Medio
55 - 65	Alto
>65	Muy alta

Fuente: Cairo, 1995

### **2.3.3.1 Factores que afectan la porosidad**

Según (Foth, 1985), los factores que afectan la porosidad total del suelo son los siguientes:

- Estructura; la granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y por tanto disminuye la densidad aparente. Cuando las condiciones estructurales son malas en los suelos, se facilitan las condiciones de compactación de los horizontes, con la consecuencia reducción del espacio poroso.
- La textura; los suelos de textura fina tienen una porosidad mayor que los de textura gruesa. Suelos arenosos tienen un 40%, suelos francos alcanzan un 50% mientras que los suelos de textura arcillosos alcanzan más de un 55 % de porosidad.
- Materia orgánica de los suelos; la cantidad y la naturaleza de la materia orgánica influyen positivamente en la porosidad, así como en la estructura del suelo.
- Otro factor que influye en la porosidad es la actividad biológica de los suelos, en especial de la mesofauna (insectos, lombrices, etc).

### **2.3.4 Resistencia mecánica de los suelos**

La resistencia mecánica esta dada por la fuerza que oponen los suelos a la

penetración de un objeto punzante; esta fuerza se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ .

Las actividades agrícolas, tales como preparación del suelo, el laboreo, el establecimiento de sistema de riego y drenaje, la cosecha mecanizada, etc., están muy relacionadas con las propiedades físico- químicas del suelo, por lo tanto debe dominarse bien como se manifiestan éstas con el uso intensivo del suelo (Cairo, 1995).

El suelo presenta una resistencia a la deformación, tanto a la compresión volumétrica como a la de formación lineal. Para un contenido de humedad dado, por lo general ambos tipos de resistencias a la deformación aumenta con la capacidad y con la densidad aparente. Al aumentar el contenido de humedad un suelo será más susceptible a la deformación, de ahí la mayor vulnerabilidad a la compactación en suelos húmedos (Porta *et al*, 1999).

Según Glins y Lipiec (1990), la compactación la define como:

- Un incremento de la densidad aparente del suelo.
- Un empaquetamiento de las partículas más denso.
- Una disminución de la porosidad, especialmente en lo referente a los macro poros.

#### **2.3.4.1 Determinación de la resistencia mecánica**

El penetrómetro de martillo es el equipo que se utiliza para medir la resistencia del suelo. Su principio de funcionamiento está basado en la determinación de la cantidad de impactos necesario para que la punta del penetrómetro se introduzca en el suelo a una profundidad determinada (Cairo, 1995).

$$R_s = (N \cdot W \cdot H) / V; (V = A_p \cdot h)$$

Donde:

**Rs** = Resistencia para deformar un volumen determinado de suelo ( $N/m^3$ )

**N** = Número de impacto dado para penetrar a profundidad  $h$ .

**W** = Peso del martillo (N)

**H** = Recorrido libre del martillo.

**V** = Volumen de suelo deformado ( $m^3$ )

**Ap** = Área de la punta de la varilla ( $m^2$ )

**h** = Profundidad penetrada en el suelo (m).

Tabla 4. Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos

Unidad de resistencia ( $kg/cm^2$ )	Dureza del suelo
< 10	Suelos muy suave
10 – 40	Suelos suave
40 – 80	Suelos duros
80 – 120	Suelos muy duros
> 120	Suelos extremadamente duros

Fuente: Cairo, 1995

### 2.3.5 Densidad aparente (Da)

La determinación de la densidad aparente tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que varía por la acción de agentes externos e internos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas respectivamente (Foth, 1987).

Se define como la relación entre la masa secado ( $P_{ss}$ ) al horno de las partículas de suelo y el volumen total ( $V_t$ ), incluyendo el espacio poroso que ocupan, a través de la ecuación y clasificarla mediante la tabla 5 (Forsythe, 1980).

$$Da = P_{ss} / V_t ; (g/cm^3)$$

Tabla 5. Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (Da) g/cm <sup>3</sup>	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 - 1.2	Bajo
1.2 - 1.45	Medio
1.45 - 1.60	Alto
>1.60	Muy alta

Fuente; Cairo, 1995

### 2.3.5.1 Factores que afectan la densidad aparente de los suelos

Según Pritchett (1990), describe los factores que afectan la densidad aparente de los suelos como:

- **Estructura.** La granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y por tanto disminuye en la densidad aparente. Como las condiciones estructurales son malas en los suelos, se facilitan las condiciones de compactación de los horizontes, con la consecuente reducción del espacio poroso.
- **Textura.** La textura de los suelos es una de las propiedades que afectan directamente a la densidad aparente (tabla 6) y está estrechamente relacionada a ella.

Tabla 6. Densidad aparente según la textura

Textura	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Arenas	1.6 a 1.7
Francos	1.3 a 1.4
Arcillas	1.0 a 1.2
Suelos orgánicos	0.7 a 1.0

Fuente: Pritchett, 1990

- **Compactación.** A medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente.
- **Materia orgánica.** La materia orgánica influye al facilitar y elevar la

granulación de la estructura de los suelos, aumentando la porosidad y disminuyendo la densidad aparente.

### 2.3.6 Densidad real (Dr)

La densidad real del suelo es la relación que existe entre el peso de éste, en seco ( $P_{ss}$ ) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas ( $V_p$ ). Usualmente se expresa en  $g/cm^3$  (Foth, 1897).

$$Dr = P_{ss} / V_p \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Tabla 7. Clasificación de la densidad real de los suelos

Densidad real ( $g/cm^3$ )	Clasificación
< 2.4	Muy bajo
2.4 - 2.60	Bajo
2.60 - 2.80	Medio
>2.80	Alto

Fuente: Cairo, 1995

El conocimiento del peso específico es necesario para calcular la porosidad de los suelo, primordialmente en la agricultura y, además da cierta orientación sobre el grado de desarrollo de los suelos; también, para conocer la relación entre la parte mineral y orgánica (Cairo, 1995).

Tabla 8. Densidad real óptima de algunos constituyentes de suelos

Componentes del suelo	Densidad real ( $g/cm^3$ )
Humus	1.3 a 1.5
Arcilla	1.2 a 2.6
Cuarzo	2.5 a 2.8
Hematinas	4.9 a 5.3

Fuente: Cairo, 1995

### 2.3.7 Color del Suelo

El color es indicador visible de otras características del suelo. La materia orgánica (humus y turba), el hierro en sus tres estado, oxidado, reducido e hidratado; el manganeso y el material parental intervienen en el color en condiciones específicas (Ortiz *et al*, 1990).

Según Arias (1998), por la coloración del suelo podemos asumir algunos de sus compuestos, como los siguientes:

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

### **2.3.8 Profundidad del Suelo**

La profundidad del suelo se refiere al espesor del material edáfico favorable para la penetración de las raíces de las plantas (Ortiz *et al*, 1990); mientras que Rodríguez (2001), la profundidad efectiva se refiere al espesor del suelo de la superficie hasta donde se desarrolla el sistema radicular de los cultivos.

Las profundidades de las raíces pueden estar limitadas por barreras físicas y químicas así como por niveles freáticos elevados. La profundidad del suelo puede medirse directamente en el perfil o a través de baremaciones (Ortiz *et al*, 1990).

Tabla 9. Clasificación de la profundidad del suelo para uso agrícola

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Clasificación</b>
Mayor de 90	Óptimo
60 a 90	Bueno
40 a 60	Moderado
30 a 40	Regular
Menor de 30	Marginal

Fuente: Rodríguez, 2001.

## **2.4 Propiedades químicas de los suelo**

Las propiedades químicas son de muchas importancia, ya que son las encargada de la nutrición de las plantas.

### **2.4.1 pH del suelo**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad, por lo general se considera como una propiedad muy importante ya que tiende a estar correlacionado con otras propiedades, tales como el grado de saturación de base. La determinación de la concentración de iones hidronios ( $H^+$ ) y iones hidróxilo ( $OH^-$ ) permite medir la acidez o alcalinidad.

Si hay mayor concentración de iones  $H^+$ , se dice que la relación es ácida pero si hay predominancia de iones  $OH^-$ , la relación es alcalina. La relación será neutra cuando la concentración de iones  $H^+$  sea igual a la iones  $OH^-$  (Enríquez y Cabalceta, 1999).

El pH, tiene una rango que va de 1 a 14 pH, los suelos con mejor rango para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 pH, para bosques se puede usar desde 3 hasta 8 pH, algunas plantas no resisten ambientes con muchas sales o pH mayores de 8, como los cítricos, sin embargo las palmeras como cocos son tolerantes (Watler y Thompson, 2002)

Tabal 10. Clasificación de la acidez del suelo

Rango del pH (H <sub>2</sub> O)	Clasificación
< 4.6	Extremadamente ácido
4.6 – 5.2	Muy frecuentemente ácido
5.2 – 5.6	Fuertemente ácido
5.6 – 6.2	Medianamente ácido
6.2 – 6.6	Ligeramente ácido
6.6 – 6.8	Muy ligeramente ácido
6.8 – 7.2	Neutro
7.2 – 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 – 8.4	Medianamente alcalino
8.4 - 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 – 9.4	Muy frecuentemente alcalino
> 9.4	Extremadamente alcalino

Fuente: Quintana et al, 1983.

#### 2.4.2 Materia orgánica de los suelos (M.O)

Según la recomendación de la Soil Science of América, la materia orgánica la define como: "Fracción orgánica del suelo que incluye residuo vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes de suelo" (Fasbender *et al.*,1987).

La materia orgánica del suelo tienen muchas funciones importantes, ayuda a unir entre sí las partículas finas para formar unidades estructurales (agregados del suelo), mejora la aireación del suelo y la percolación y el movimiento descendente del agua, los ácidos orgánicos, que son productos de la descomposición de la materia orgánica del suelo, solubilizan el fósforo y otros nutrientes del suelo, y los hacen asimilable para los cultivos (FAO, 1986).



Tabla 11. Clasificación de la materia orgánica para suelos agrícolas

Rango (%)	Clasificación
< 2	Pobre
2 – 4	Medio
> 4	Alto

Fuente: Quintana *et al*, 1983

### 2.4.3 Nitrógeno disponible en el suelo

El nitrógeno es exigido en altas cantidades por los cultivos como la papa, banano, caña de azúcar y algunas hortalizas. Esta disponibilidad en los suelos depende del contenido de materia orgánica. La deficiencia se verifican con mayor frecuencia en suelos degradados por su manejo inadecuado y con baja disponibilidad de materia orgánica, en condiciones desfavorables a los proceso de mineralización. La práctica de quema de rastrojos ha acentuado la deficiencia de materia orgánica en la mayoría de los suelos de ladera, y es reconocida por los campesinos cuando dicen que la tierra esta cansada o agotada (INTA/ FAO, 2001).

Tabal 12. Clasificación del nitrógeno disponible

Rango (%)	Clasificación
< 0.07	Pobre
0.07 – 0.15	Medio
> 0.15	Alto

Fuente: Quintana *et al*, 1983

### 2.4.4 Fósforo disponible en los suelos

Los suelos de Nicaragua contienen cantidades medias y bajas de fósforo disponible. El análisis de 4,867 muestras de suelos de Nicaragua, indica que el 36.8% contienen menos de 10 ppm. Por tanto, la fertilización fosfórica debe ser una práctica a considerarse. Mientras que los resultados de los trabajos de experimentación con fósforo realizados a partir de 1990, no mostraron efecto de la aplicación de fertilizante fosfórico en el rendimiento de frijol, maíz, tomate,

repollo, ajonjolí, y algodón, en suelos que contenían mas de 10 ppm de fósforos disponibles (INTA/ FAO, 2001). El contenido de fósforo en el suelo se puede clasificar de acuerdo a la tabla 13.

Tabla 13. Clasificación del fósforo disponible

Rango (ppm)	Clasificación
< 10	Pobre
10 – 20	Medio
> 20	Alto

Fuente: Quintana *et al*, 1983

#### 2.4.5 Potasio disponible en los suelos

El potasio es un nutriente vital para la plantas. Los suelos de la Región del Pacífico y Central de Nicaragua en general contienen cantidades adecuadas a altas de potasio disponible. El análisis de 4,867 muestras de suelo indicó que el 82 % de los suelos de Nicaragua contienen más de 0.5 meq/100 g de suelo, solamente un 4.4% contiene menos de 0.2 meq /100 g de suelo. En suelos donde la disponibilidad de este nutrimento es mayor de 1.5 meq/100g se ha presentado desbalance nutricional, donde la fertilización con potasio ha inducido deficiencia de Mg (FAO, 1996).

Tabla 14. Clasificación del potasio disponible

Rango (meq/100g suelo)	Clasificación
< 0.2	Pobre
0.2 – 0.3	Medio
> 0.3	Alto

Fuente: Quintana *et al*, 1983

#### 2.4.6 Capacidad intercambiable de cationes

Según INTA/ FAO (2001), la capacidad de intercambio de cationes trata de unas de las propiedades químicas mas importantes, y que muchos autores y estudiosos

la identifican con la fertilidad del suelo. El mecanismo de intercambio se lleva a cabo a través de las partículas más pequeñas del suelo que son las arcillas minerales y el humus, en estado de disolución parcial en el agua del suelo, que se conocen como complejo arcillo- húmico. La capacidad de intercambio de cationes se define como, la capacidad que tiene un suelo de retener y aportar los nutrientes de cargas positivas, llamados cationes.

Tabla 15. Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico

Rango de la CIC (meq/100g suelo)	Clasificación
< 5	Muy baja
5 – 15	Baja
15 – 25	Media
25 – 40	Alta
> 40	Muy alta

Fuente: Quintana *et al*, 1983.

Este fenómeno de intercambio catiónico se debe a las propiedades específicas del complejo coloidal de los suelos, que tienen carga electrostáticas y una gran superficie. La materia orgánica, las arcillas y los hidróxidos funcionan como cambiadores (Fassbender, 1987).

## 2.5 Degradación de los suelos

La FAO (1994), define la degradación de suelos como el cambio de una o más propiedades del suelo a condiciones inferiores a la originales, por medio de procesos físicos, químico y/o biológicos. Otro enfoque fue definido por Blum, (1998), quien define la degradación de los suelos como la pérdida o reducción de las funciones mediante el uso del suelo.

### 2.5.1 Factores que causan degradación de suelo inducida por el hombre

Según Mielniczuk (1984; citado por Morales, 2001), se han identificado 5 causas diferentes de intervención física que generan degradación de suelos,

siendo éstos:

- Deforestación y remoción de la vegetación natural.
- Sobre pastoreo.
- Inapropiado manejo de las actividades agrícolas.
- Sobreexplotación de la cobertura vegetal para uso doméstico.
- Actividades bio-industriales que conducen a la contaminación química.

## **2.5.2 Procesos de degradación de suelos**

Los procesos de degradación son los fenómenos causantes de los cambios que conllevan a la disminución de la calidad y productividad de los suelos; generalmente se inician con descensos en los niveles de materia orgánica y actividades biológica, con efectos desfavorables en la estructura del suelo, especialmente sobre los atributos funcionales de los poros para transmitir y retener agua y para facilitar el desarrollo de las raíces (Pla, 1994).

Otro proceso de degradación según Somarriba (1993), define la erosión como el proceso de degradación, transporte y disposición de materiales del suelos por agentes erosivos. En este proceso intervienen una energía de resistencia (suelo), y otras forma de energía activos (agua, viento, labranza y pisoteo) y un intermediario (coberturas) que regula sus relaciones.

Según la naturaleza de los procesos se diferencian tres tipos de degradación (Pla, 1994).

### **2.5.2.1 Degradación física**

La degradación física se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas de suelos tales como: formación de costra, reducción de la permeabilidad,

compactación, falta de aireación, degradación de la estructura (estabilidad estructural) y limitaciones al crecimiento radicular.

Las principales causas de la degradación física o estructural pueden ser originadas por el manejo (inadecuado de la labranza ya sea por uso excesivo de maquinaria agrícola pesada, o por el exceso de carga animal en un pastizal que da lugar a un sobre pastoreo que compactan los suelos de uso pecuarios), o ser de índole natural (los altos contenidos de limo y arena fina y muy fina, bajos contenidos de materia orgánica y presencia de minerales micáceos) (Pla, 1994).

#### **2.5.2.2 Degradación química**

Es la pérdida de nutrientes (N.P.K, Ca, Mg, Na, Bo) o de fertilidad, acidificación y alcalización, salinización y contaminación por uso indiscriminado de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes. Aparte de las pérdidas debidas a la erosión, los cultivos se van agotando paulatinamente los nutrientes del suelo, especialmente si se establece un monocultivo en la misma tierra. La degradación química puede ser acidificación o desaturación de Bases, en suelos con buen drenaje y poco CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) en los climas muy húmedos pierden sus bases por lixiviación, ésta pérdida de bases o desaturación hace que el suelo se vuelva ácido. (Pla, 1994).

#### **2.5.2.3 Degradación biológica**

La degradación biológica es conocida como las modificaciones y/o pérdidas de materia orgánica y actividades biológicas de los suelos (alteración de la flora fauna del suelo, microflora, lombrices, etc). Entre los problemas que ocasiona la pérdida de materia orgánica en el suelo podemos mencionar los siguientes (Pla, 1994):

- ◆ Modificación de las propiedades físicas (compactación, encostramiento,

retención de humedad, inestabilidad estructural y otros).

- ◆ Modificación de propiedades químicas (disminución de la capacidad de intercambio de cationes, desnitrificación, lixiviación, acidificación, fijación de nutrientes).
- ◆ Modificación de propiedades biológicas (disminución de la actividad de microorganismos del suelo).

## **2.6 Indicadores de calidad de suelos**

La degradación física se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas de suelos tales como: formación de costra, reducción de la permeabilidad, compactación, falta de aireación, degradación de la estructura (estabilidad estructural) y limitaciones al crecimiento radicular.

La principales causas de la degradación física o estructural puede ser originadas por el manejo (inadecuado de la labranza ya sea por uso excesivo de maquinaria agrícola pesada, o por el exceso de carga animal en un pastizal que da lugar a un sobre pastoreo que compactan los suelos de uso pecuarios), o ser de índole natural (los altos contenidos de limo y arena fina y muy fina, bajos contenidos de materia orgánica y presencia de minerales micáceos) (Pla, 1994).

### **2.6.1 Indicadores físicos de calidad de suelos**

El CIAT (2002), menciona los siguientes indicadores físicos de calidad de suelo :

- Textura
- Estabilidad estructural
- Resistencia mecánica (compactación)
- Capacidad de almacenar agua útil para los cultivos
- Color del suelo
- Profundidad máxima de exploración de las raíces

- Facilidad de laboreo

### **2.6.2 Indicadores químicos de calidad de suelos**

El CIAT (2002), menciona los siguientes indicadores químicos de calidad de suelo:

- El pH de los suelos
- Materia orgánica
- Disponibilidad de los nutrientes
- Conductividad eléctrica
- Pérdida de base

### **2.6.3 Indicadores biológicos de calidad de suelos**

Se refiere a la presencia de mesofauna en el suelo, procesos microbianos, tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo, biomasa microbiana, ciclo del nitrógeno y actividades enzimáticas (CIAT, 2002).

## **2.7 Manejo del suelo**

El pastoreo en las parcelas agrícolas es muy común en Nicaragua, y es inducido por la escasez de forraje durante la época seca. Aun productores que no poseen ganado, alquilan sus tierras para el pastoreo de los rastrojos o venden los rastrojos en manojos (INTA /FAO, 2001).

El pastoreo sin control es una de las practicas mas destructivas por las siguientes razones:

- Pulveriza y compacta el suelo con el pisoteo del ganado.

- Daña las obras de conservación (físicas y biológicas) .
- Reduce drásticamente los residuos y dejan al suelo sin protección.

La deforestación causada principalmente por el cambio de uso de la tierra, de forestal a cultivos anuales, ha llevado a cambios en el régimen de lluvias, pérdidas de biodiversidad y al desequilibrio que afecta la producción.

Muchos agricultores practican la quema de rastrojos porque les ofrece beneficios inmediatos como la facilidad de limpieza y la mejora temporal de los suelos muy pobres. A pesar de campañas educativas sobre la prevención de incendios forestales y limitar las quemas agrícolas, ésta sigue siendo una práctica agrícola muy peligrosa; causa múltiples daños económicos y ambientales, tales como pérdida de cobertura vegetal boscosa, la fertilidad del suelo, fauna nativa, daños a la salud, entre otros (INTA/ FAO, 2001).

En los últimos años se ha observado patrones climáticos irregulares que afectan la producción agrícola y por ende la seguridad alimentaría. La pérdida de la fertilidad de los suelos conlleva a la reducción del rendimiento de la cosechas (INTA /FAO, 2001).

### **2.7.1 Conocimiento local de los suelos**

El conocimiento tradicionales de los agricultores, corresponde a una lenguaje que ha sido adaptado en forma tradicional para describir características del suelo, a través de factores que afectan la producción tales como el manejo, la fertilidad, el clima, las enfermedades, etc (Ulloa *et al.*, 1994).

El conocimiento de los agricultores acerca de los suelos es un recurso valioso que se esta perdiendo poco a poco. El objetivo de utilizar indicadores locales de calidad de suelos es asociar lo mejor de la ciencia del suelo con el mejor conocimiento local que tienen los productores ( CIAT 2002).



### 2.7.2 Indicadores locales de calidad de suelos

Para el CIAT (2002), los indicadores de calidad de suelo corresponden a términos tradicionales adaptados por un grupo de agricultores para describir las características del suelo, de forma que puedan encontrarse entre ellos. Tal como se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Indicadores locales agrupados según un mismo significado

<b>Indicador de suelos buenos</b>	<b>Indicador de suelos malos</b>
Verdolaga, quelite, chichicaste, chango, picapica, guama	Tatascan, pino
Suelo profundo o grueso	Suelo delgado
Color negro	Colores claro, amarillos, colorados
Alta producción	Baja producción
Con manto en descomposición	Sin manto
Suelto, suave, terronosa	Tablones
Mucha penetración del arado	Poca penetración del arado
Poca piedra	Piedras grandes o muchas lajas
Poco declive	Falda
Franco	Barrialoso, mucha arena
Buen drenaje	Se aguachina, se empantana, no filtra agua

Fuente: CIAT, 2002

### III.- MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de la zona de estudio

El municipio El Tuma - La Dalia fue fundado en 1989, forma parte del departamento de Matagalpa, localizado en la parte central norte de Nicaragua. La micro cuenca Cuscamá drena a la subcuenca El Tuma, a través de numeroso tributarios. Se encuentra localizada en el Municipio El Tuma - La Dalia, Matagalpa, comarca El Granadillo, ubicada a 176 Km de la ciudad de Managua. Geográficamente esta ubicada entre las coordenadas 13°04'23" a 13°06'25" de latitud Norte y 85°44'47" a 85°42'50" de longitud Oeste de la carretera del Tuma La Dalia y posee un área de 9.35 km<sup>2</sup> (AMUNIC, 1997).

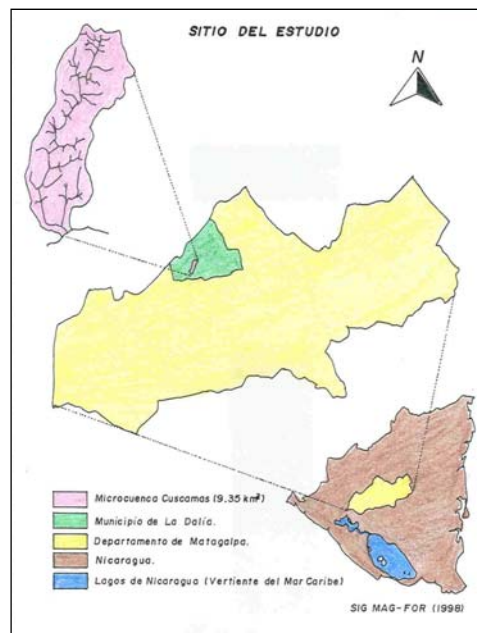


Figura 2. Ubicación de la micro cuenca del río Cuscamá Tuma - La Dalia, Matagalpa, 2003.

## **3.2 Características biofísicas**

### **3.2.1 Geomorfología y suelos**

El municipio se caracteriza por presentar una geografía montañosa, se estima que el 60% del territorio es accidentado, con pendientes que oscilan desde fuertemente ondulado a muy escarpado.

La profundidad de los suelos varía desde moderadamente profundo, poco profundo a superficial. Presentan un grado de erosión moderada a fuerte. Predominan los suelos del orden alfisoles, con textura de franco arcilloso y arcilloso, desarrollados a partir de rocas volcánicas intermedias y básicas. En menor extensión se encuentran los suelos de los órdenes molisoles y vertisoles.

La topografía accidentada con prácticas inadecuadas de uso del suelo; que favorecen alto riesgo de deslizamiento de tierras en períodos de precipitaciones muy elevadas

### **3.2.2 Hidrografía**

La hidrografía del municipio está compuesta por ríos y quebradas. El río más importante es el Cuscamá que atraviesa la micro cuenca.

### **3.2.3 Clima**

Se ubica climáticamente en la zona Monzónica Tropical según Kooppen (1984), con precipitaciones medias anuales de 1600 a > 2000 mm, temperaturas medias anuales de 23° a 24°C y una distribución de lluvias de 8 a 9 meses (SIG MAG-FOR,1998; citado por Walter y Thompsom, 2002).

### **3.2. 4 Los suelos de la microcuenca cuscamá**

Los suelos de la microcuenca Cuscamá presentan las siguientes características:

#### **➤ Toposecuencia 1**

Se ubica al norte en la parte alta de la microcuenca, presenta una área de 2.02 km<sup>2</sup> que representa el 21.61 % del área total de la microcuenca. Son suelos con pendientes que van de moderadamente escarpados a escarpados, con un clima monzonico tropical; con zonas climática (400 a 500 de altitud, mayor de 2000 PMA, 23 a 24°C TMA, 700 a 850 msnm). Son suelos profundos, mal drenado, con textura franco arcillosas a arcillosas, de colores que van desde gris claro a pardo gris oscuro.

#### **➤ Toposecuencia 2**

Se encuentra localizada al norte en la parte alta de la microcuenca, con un área de 0.0572 km<sup>2</sup> que constituye el 0.62 % del área total de la microcuenca. Son suelos profundos, con drenaje imperfecto, de color gris claro. Se deriva de materiales volcánicas, se encuentra en una pendiente que va desde escarpado a muy escarpado, clima monzonico tropical, con zona climática (400 a 500 de altitud, 1600 a 2000 PMA, de 23 a 24 °C TMA, 700 a 800 msnm), con pendiente predominante del 25 a 30% y textura que van de franco arcilloso a arcilloso.

#### **➤ Toposecuencia 3**

Tiene una extensión de 1.317 km<sup>2</sup> que constituye el 14.09 % del área total de la toposecuencia. Estos suelos son profundos y moderadamente superficial, con drenaje de bueno a imperfecto. Presenta clima monzonico tropical, con una zona climática (400 a 500 de altitud, 1600 a 2000 PMA, 23 a 24°C TMA, 700 a 800 msnm); estos suelos cuenta con una textura que va de franco arcillos a arcillo, con colores

gris oscuro a gris claro y pendiente del 35 a 50 %.

#### ➤ **Toposecuencia 4**

Se localiza en la parte alta de la microcuenca, cuenta con un área de 1.4054 km<sup>2</sup> que equivale a 15.04 % del área total de la toposecuencia. Son suelos con una profundidad de 0 a 90 cm, clima monzonica tropical, con zona climática (400 a 500 de altitud, mayor de 2000 PMA, 23 a 24 °C TMA, 700 a 800 msnm), con una topografía muy escarpada, la textura es similar a la anterior y el drenaje de bueno a imperfecto. El color en húmedo es café rojo a café claro; este material es permeable y el suelo presenta buena condiciones productivas.

#### ➤ **Toposecuencia 5**

Se ubica al sur en la parte baja de la microcuenca, cuenta con un área de 1.451 km<sup>2</sup> que representa el 15.57 %. Presenta suelos moderadamente profundos, consistente de materiales estratificados recientes, lavados de las tierras altas adyacentes, basalto, tobas y areniscas, que son depositadas por el río (Cuscamá) en las tierras bajas. Presenta una zona climática B (500 a 800 de altitud, 1600 a 2000 PMA, 24 a 25°C TMA, 300 a 500 msnm), con pendiente predominante mayor del 45 %, la textura es franco arcilloso a arcilloso, con drenaje de bueno a imperfecto, colores en húmedo pardo grisáceo oscuro a pardo rojizo.

### **3.3 Metodología del trabajo**

El estudio se realizó en las siguientes fases metodológicas:

#### **3.3.1 Fase de pre-campo**

Esta fase incluyó las siguientes actividades:

a) Fotointerpretación del área de estudio haciendo uso de fotografías aéreas,

escala 1: 40 000 (1996), con el objetivo de obtener un mapa de la Dalia.

- b) Delimitación de la microcuenca, haciendo uso de un mapa topográfico, escala 1: 50 000 (1987).
- c) Taller participativo, donde a través del análisis del mapa de la microcuenca, con los productores se ubicaron y seleccionaron los sitios de observación.
- d) A partir de la problemática que se encontró en los estudios, se planteo los siguientes criterios de selección de las toposecuencias donde se realizó el estudio:
  - Toposecuencia donde se reporten bajos rendimientos.
  - Toposecuencia donde los suelos presenten problemas de erosión.
  - Agricultores con al menos 10 años de trabajar la tierra.
  - Toposecuencia con distintos sistemas de manejo: cultivo, pasto y bosque.
  - Toposecuencia donde se evidencie fuerte pisoteo por el ganado. (figura 3).
- e) Gira de reconocimiento para la verificación de sitios. A finales del mes de Marzo e inicios de Abril del 2003 se realizó una gira de reconocimiento con la participación de los agricultores de la microcuenca Cuscamá; se visitó a cada productor preseleccionado para verificar si cumplía con los requisitos preestablecidos y saber de su participación en el estudio. Se obtuvo la lista definitiva de los productores en cuyas fincas se hizo la evaluación de los indicadores de calidad de suelos.

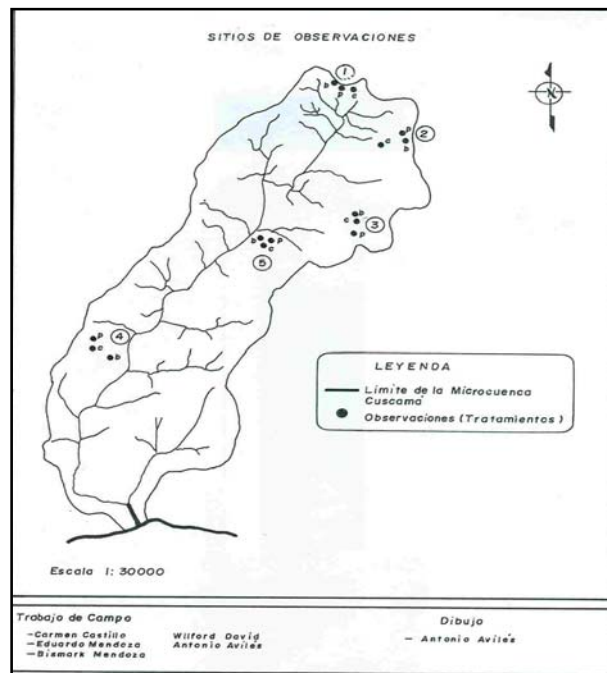


Figura 3. Selección de las toposecuencias, 2003

### 3.3.2 Fase de campo

Esta fase incluyó las siguientes actividades:

#### 3.3.2.1 Evaluación de indicadores de calidad de suelos

Los indicadores de calidad de suelo locales fueron identificados por lo productores, mediante el uso de la herramienta del diagnóstico participativo, en entrevista semi – estructurada así como talleres participativos (Geilfus, 1997).

En cada toposecuencia con sistemas de cultivo, pasto y bosque, se evaluaron los indicadores de calidad de suelos tanto física y químicas. Una parte de los indicadores se evaluó en campo (tabla 17 y figura 4).

Tabla 17. Indicadores de calidad de suelo evaluado en campo

<b>Indicadores de calidad de suelos</b>	<b>Método empleado en campo</b>
Estabilidad estructural	Caja de estabilidad
Resistencia mecánica	Penetrómetro de golpe
Color del suelo	Tabla munsell
Cobertura vegetal	Metro lineal
Textura	Al tacto
Profundidad del suelo	Calicata o perfil
Pendiente	Clinómetro de bolsillo
Sistema radicular	Cudriculas
Maleza (plantas indicadora de calidad de suelos)	Metro cuadrad



Figura 4. Indicadores técnicos evaluados en el campo, 2003

### 3.3.2.2 Recolección de muestras de suelos

Con el uso de un barreno se extrajo la muestra de suelos a una profundidad de 30 cm. Éstas muestras tomadas se llevaron al Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria, donde se realizaron los análisis correspondientes (tabla 18).



Tabla 18 Indicadores de calidad de suelos evaluados en el laboratorio, 2003

<b>Indicadores de calidad de suelos</b>	<b>Métodos usados en el laboratorio</b>
Textura	Bouyoucos
Densidad aparente (Da)	Cilindro de densidad aparente de 100 cm <sup>3</sup>
Densidad real (Dr)	Picnómetro
Porosidad	A través de la fórmula $(1-Da/Dr) * 100$
Materia orgánica (MO)	Walkle y Black
Acidez del suelo (pH)	pH chímetro de electrodos
Fósforo (P)	Olsen
Potasio (K)	Olsen
Capacidad de intercambio catiónico	Kjeldjhal

### **3.3.2.3 Entrevistas semi-estructuradas con los productores de cada toposecuencia**

Paralelo a la evaluación de indicadores locales de calidad de suelos, se realizó una entrevista semi-estructura (anexo 1) con los productores que viven en las toposecuencias, con el objetivo de obtener información sobre indicadores locales de calidad de suelo y problemas socioeconómicos y productivos que contribuyan a complementar y explicar la información obtenida.

### **3.3.2.4 Características y propiedades físicos y químicas de los suelos en la microcuena Cuscamá**

En este capítulo se describen las propiedades y características físicas y químicas de los suelos de la microcuena Cuscamá, obtenidos a partir de la evaluación de los indicadores locales de calidad del suelo así como los análisis del laboratorio, que continuación se detallan.

#### **❖ Descripción de las toposecuencias**

La Toposecuencia o secuencia catenaria, son las secuencias topográficas de suelos, con diferencia debido a los cambios de relieve. Por lo tanto, la toposecuencia de suelo es un conjunto de suelos adyacentes con diferentes propiedades, debido a las diferencias del relieve y a los diferentes factores genéticos afectados por éste.

### **a) Descripción de los tratamientos en la toposecuencia 1**

Esta toposecuencia esta ubicada en la parte alta de la microcuenca, pertenece al señor Clotilde Rugama y Martha Hernández, en ella se seleccionaron parcelas con diferente uso de manejo.

En la parcela con cultivo se obtiene una producción de maíz igual a 25 quintales por manzana y 10 quintales por manzanas de frijoles en los últimos años. El suelo presenta una textura arcillosa de 0 a los 30 centímetros de profundidad, con pendiente de 22 %. El color del suelo es café grisáceo. La parcela de pasto tenía zacate jaragua, el color del suelo es café, con pendientes del 26% y la textura del suelo va desde franco arcilloso (0 a 20cm) y franco (20 a 30cm). Por ser suelo de poca profundidad, se observaron presencia de erosión hídrica, eólica por el pisoteo del ganado. Por otro lado, la parcela con bosque (joven 6 años) con las siguientes especies: Café caturra (*Coffea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Roble (*Tabebuia rosea*), Cedro (*Cedrela odorata L.*), Guácimo de molenillo (*Luehea candica*), Laurel (*Cordia alliodora*), Mora (*Chlorofora tintoria*), Aguacate (*Persia americana*), mango (*Mangifera indica*), Acetuno (*Simarouba glauca A.*). Suelos arcilloso de 0 a 30 centímetros, presenta color café pálido, con una cobertura aérea del 90%, una altitud de 709 msnm y pendiente del 22%.

### **b) Descripción de los tratamientos en la toposecuencia 2**

Esta toposecuencia se localiza en la parte alta de la microcuenca al pie del cerro El Granadillo. Es compartida entre los productores Andrés Hernández, Calendario Sánchez y Tito Casto.

Los suelos de la parcela con cultivo son de color gris oscuro, en ella cultivan granos básicos tales como maíz (20 qq/ mz) y frijol (8 qq/ mz). Estas parcelas

presentan alto lavado de tierras por escurrimiento debido a su pendiente 30%. La textura del suelo va de franco arcilloso (0 a 10 y 20 a 30 cm) y arcilla de los 10 a 20 centímetros de profundidad. En la parcela para pasto siembra zacate taiwán, presenta un color gris, pendiente del 25 % siendo estos suelos escarpados y la textura va de franco arenosa (0 a 10 cm), franco arcilloso (20 a 30 cm) de profundidad. Mucha presencia de rocas en la superficie. El bosque se encuentra al pie del cerro El Granadillo 1, la textura de esos suelos es franco arcilloso de los 10 a 20 cm y arcilloso a los 20 centímetros de profundidad, el color del suelo es rojizo oscuro. Tiene una cobertura vegetal de 70% y aérea del 40%, presenta una pendiente de 25%, con altitud de 709 msnm. Existen especies de Mango (*Mangifera indica*), Guacímulo de molinillo (*Leucea candica*), Jocote (*Spondias purpurea*), Pijibay (*Guillielma gasipaes*), Aguacate (*Persia americanan*), Cedro (*Cedrrla odorata L*), Laurel (*Cordia olliadora*), Zapote (*Diospyros digyna*), Arayan, Cacaguillo, Acetuno (*Simarouba glauca A*) y Gavilán (*Schizolobium parahybum*).

### **c) Descripción de los tratamientos en la toposecuencia 3**

Esta toposecuencia se encuentra ubicada costado sur del bosque de reserva, la cual pertenece al señor Tito Castro. Se seleccionaron tres parcelas con distintos tratamientos.

En la parcela con cultivo se cosecha 35 qq/ mz de maíz y de frijoles 20 quintales por manzana en los últimos años. Estos suelos presentan color café rojizo, poca presencia de rastros en la superficie y tiene una pendiente del 50% . La textura es franco arcilloso (0 a 10cm), arcilla (10 a 20cm) y franco arcilloso (20 a 30cm). No se encontró plantas indicadores de suelos, por estar sin cobertura en la superficie del suelo. En la parcela con pasto siembran zacate jaragua, delicioso para el ganado. El suelo es de color café grisáceo, la pendiente es del 35%, éstos suelos poseen una textura franco arcillosa (0 a 20cm) y arcilloso arenoso (20 a 30cm) de profundidad. Con mucha presencia de rocas en la superficie y

huellas de erosión por el pisoteo del ganado. Mientras que el bosque es un área de reserva ( mayor de 80 años) por lo habitantes de la microcuenca. La textura de los suelos va desde franco arcilloso (10 a 20cm) y arcilloso a los 30cm, el color del suelo es café rojizo oscuro. Tienen una cobertura vegetal de 100% y área del 80%, una altitud de 734 msnm y pendiente del 45 % clasificándose como suelos extremadamente escarpados. Se encontraron las siguientes especies Elequeme (*Erythrina peopigiana*), Laurel (*Cordia alliodora*), Cachito (*Stemmadania obovata*), Guácimo de molenillo (*Luhea candida*), Guarumo, Pochote (*Bombocopsis quinata*), Maderonegro (*Gliricidia sepium*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*).

#### **d) Descripción de los tratamientos en la toposecuencia 4**

En esta toposecuencia, se encuentra el productor Trinidad Arauz y esta ubicada al oeste en la parte media de la microcuenca. Para fines de evaluar indicadores de calidad de suelo, se seleccionaron tres parcelas con distinto uso de manejo.

En la parcela con cultivo se cosechan de 18 a 20 quintales/manzana de frijoles y de 8 a 15 quintales/manzana de maíz. El suelo es de color café rojizo oscuro, con poca presencia de rastrojos en la superficie y pendiente del 33%. La textura de éstos suelos es franco arcillosa (0 a 10 cm) y franco arenoso (10 a 30 cm). En la parcela con pasto había grama, el suelo es de color café grisáceo, la pendiente del 3 %, los suelos son arcilloso (0 a 20cm) y franco arcilloso (20 a los 30 cm). Con presencia de grietas de que alcanza una profundidad de 45 cm por ser suelos con contenido de arcilla. El bosque de galería (con más de 35 años de edad) presentan suelos con textura que van de franco arcilloso (10 cm) y arcilloso (0 a 30cm), presenta un color café rojizo. La cobertura aérea es 70% y del 80 % la vegetal, con una altitud de 528 msnm y una pendiente del 54%. Especies existente: Laurel (*Cordia alliodora*), Jocote (*Spondias purpurea*), Guayaba (*Ssidium guajava*), Guácimo de ternero (*Guazuma ulmifolia* L), Papaturre,

Jiñocuabo (*Bursera simaruba* L), Palo de agua (*Vochysia guatemalensis*) y Pochote (*Bombacopsis quinata*).

### **e) Descripción de los tratamientos en la toposecuencia 5**

Esta toposecuencia se ubicada en la parte plana de la microcuenca a orilla del río Cuscamá, en ella se encuentra la finca de don Faustino Sotelo y doña Felipa Flores. Se seleccionaron tres parcelas con diferentes tratamientos cultivo, pasto y bosque para evaluar indicadores de calidad de suelos tanto locales así como técnicos; en suelos de dicha toposecuencia.

En la parcela con cultivo, se cosechan 25 quintales por manzanas de maíz y 15 quintales por manzanas de frijoles en asocio. El suelo presenta un color café oscuro grisáceo y pendiente del 15 %, la textura de éstos suelos va de franco arcilloso (0 a 20cm) y arcilloso (20 a 30 cm) de profundidad. La parcela con pasto contenía zacate guinea, el color del suelo es gris rojizo, la pendiente similar a la anterior y la cobertura vegetal es del 100 %. El bosque es de galería (mayor de 40 años), los suelos presentan una textura de franco arcilloso (10 a 20 cm) y arcilloso a los 30 centímetros de profundidad, el color de estos suelos es gris rojizo. Tiene una cobertura aérea del 70% y vegetal 100%, con una altitud de 463 msnm. Se encontraron las siguientes especies: Cacaguillo , Helequeme (*Eyhtrina poeppigiana*), Guácimo de ternero (*Guazuma ulmifolia* L), Guaba (*Inga vera*), Pochote (*Bombacopsis quinata*), Cachito (*Stemmadenia obovata*), Café caturra (*Coffea*) y Musáceas.

### **3.3.3 Fase de post-campo**

Esta fase incluye las siguientes actividades:

### **3.3.3.1 Elaboración del informe final**

Finalizadas las actividades de campo se procedió a organizar información que se obtuvo en la evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la organización de los resultados de las entrevistas con los productores así como la interpretación de los datos del laboratorio.

### **3.3.3.2 Análisis de los resultados**

Para el procesamiento y el análisis de los datos se utilizó la triangulación de la información de campo y laboratorio; se utilizó el método estadístico descriptivo para auxiliar la interpretación de los datos.

## IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de las propiedades físicas y químicas de las toposecuencias

#### 4.1.1 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 1.

Se resumen las características y propiedades físicas de los suelos de la finca antes mencionada con diferente uso de manejo. Tabla 19

Tabla 19. Propiedades físicas de los suelos en la toposecuencia 1, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundad cm	Estabilidad		Da g/cm <sup>3</sup>	Dr g/cm <sup>3</sup>	Poros %	Color del suelo		Resistencia mecánica (golpes)	Textura
			Sup	Sub				En Seco	En Húmedo		
Cultivo	22	10	6	6	1.2	2.26	46.9	Café grisáceo	Negro	27	A
		20			1.3	2.12	38.6			47	A
		30			1.3	2.21	41.1			54	A
Pasto	26	10	6	6	1.2	2.27	47.1	Café	Café oscuro grisáceo	49	FA
		20			1.3	2.37	45.1			73	FA
		30			1.1	2.30	52.1			79	FA
Bosque	22	10	6	6	1.2	2.32	48.2	Café pálido	Negro	40	A
		20			1.2	2.23	46.1			63	A
		30			1.4	2.32	39.6			86	A

#### a. Estabilidad estructural del suelo

De acuerdo a los datos de la gráfico 1, estos suelos presentan una estabilidad estructural de agregados muy alta; tanto superficial y sub-superficial. Según CIAT (2002), cuando la estabilidad es muy alta, significa que; 75 a 100 % de los agregados del suelo permanecen en el cedazo después de cinco ciclos de inmersión.

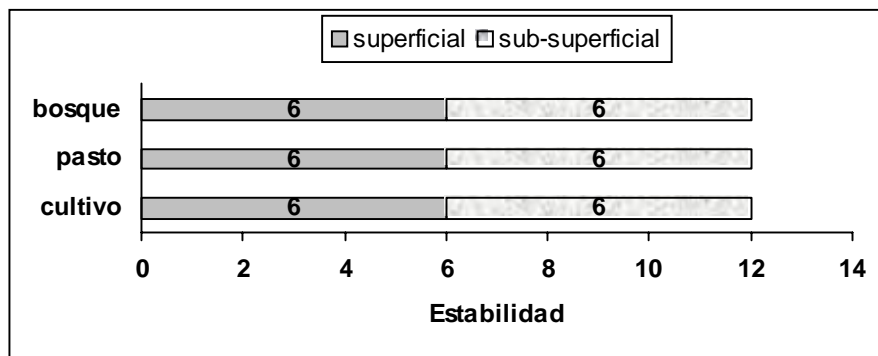


Gráfico 1. Comportamiento de la estructura superficial y sub-superficial, en los suelos de la toposecuencia 1, 2003

Una alta estabilidad estructural, es debido a la textura arcillosa y alto contenido de materia orgánica. Tanto las partículas de arcilla como de humus, facilitan la formación de agregados de suelos a mantenerlo unidos, resistiendo el efecto dispersante del agua.

#### **b. Densidad aparente (Da)**

A través de la densidad aparente podemos conocer el grado de dureza del suelo. La densidad aparente de los tratamientos de cultivo, pasto y bosque (1.2 a 1.26 g/cm<sup>3</sup>); puede clasificarse de baja a media. Según Pritchett (1990), los suelos arcilloso presentan una densidad aparente (1.0 a 1.2 g/cm<sup>3</sup>), y a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente.

#### **c. Densidad real (Dr)**

La densidad real que presentaron los suelos con cultivo, pasto y bosque; se consideran muy bajo (2.12 a 2.37 g/cm<sup>3</sup>), debido a que las arcillas minerales contienen o están revestida por finas capas con óxido de hierro y aluminio. Según Cairo (1995), considera que los suelos arcillosos presentan una densidad real de 1.2 a 2.6 g/cm<sup>3</sup>, similar a los resultado obtenidos en la tabal 19.



#### **d. Porosidad total**

El porcentaje de poros en las parcelas con cultivo y pasto van de 42 a 44 %, se considera bajo en porosidad, por encontrarse inferior a lo reportado para la textura arcillosa que es del 58 % de porosidad. Al aparecer esta relacionado con la compactación, la que ha reducido la proporción de poros y es de esperarse que predominen los poros finos, lo cual dificultan la circulación del agua y del aire, de igual manera la penetración de las raíces.

Mientras que en la parcela con bosque la porosidad es media (48 %), debido a que en éstos suelos existe actividad biológica (raíces, lombrices de tierra, chicharras y termitas); puede que aquí exista un mayor equilibrio entre los poros finos y medios.

#### **e. Color del suelo**

El color de estos suelos varía, en la parcela con cultivo es de café grisáceo, en el pasto es café y en la parcela con bosque el color café pálido. El color gris, puede estar relacionado por abundancia de cuarzo y el color oscuro (húmedo) es un indicador de presencia de materia orgánica (Arias, 1998).

#### **f. Textura**

Se encontró que los suelos de esta toposecuencia presentan textura que van desde arcilloso en la parcela con cultivo y pasto (0 a 30 cm), y franco arcilloso en la parcela con bosque (0 a 30 cm). Este resultado conforma lo expuesto por Watler y Tompson (2002), que los suelos de la toposecuencia 1, poseen una textura que va desde arcilloso a franco arcilloso.

### g. Resistencia mecánica (Rm)

Con cierto número de golpes usado para determinar la resistencia mecánica que a los 10 centímetros de profundidad en la parcela con cultivo, el suelo estaba semi-denso como consecuencia del rastrojo encontrado en dicha parcela. El comportamiento cambia a los 20 centímetros de profundidad, ya que aquí el suelo se vuelve denso, es decir que a esta profundidad el suelo se encuentra más compactado por las altas precipitaciones y el pisoteo del ganado, por otro lado el trabajo fue realizado en época seca entre los meses de marzo y abril.

El número de golpes usados para determinar la resistencia mecánica, nos muestra que en los suelos de las parcelas con pasto y bosque de 0 a los 30 centímetros de profundidad, el suelo es denso (gráfico 2). El problema de compactación persiste en el pasto y el bosque por considerarse muy joven (5 años de haberse instalado) y por ser suelos de uso agrícola.

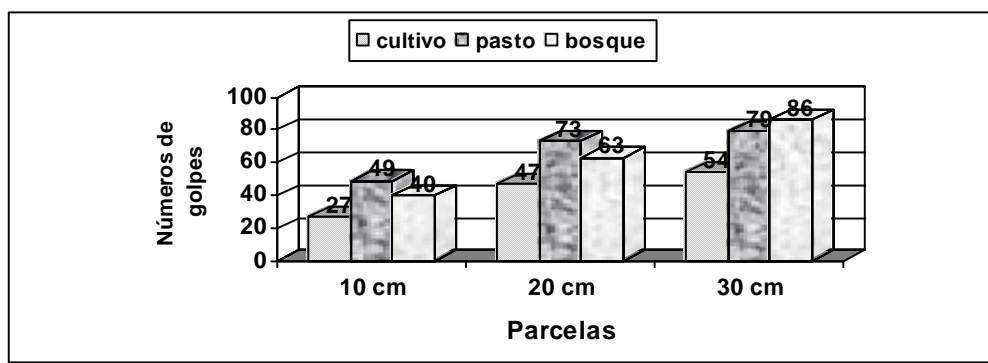


Gráfico 2. Comportamiento de la resistencia mecánica de los suelos de la toposecucia 1, 2003

#### 4.1.2 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 1

El resumen de los análisis estadísticos de las propiedades químicas de los suelos de las parcelas con cultivo, pasto y bosque de la toposecuencia estudiada, los cuales se detallan a continuación en la tabla 20.

Tabla 20. Propiedades químicas de los suelos en la toposecuencia 1, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundidad cm	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O %	N %	P ppm	K meq/100g	C.I.C meq/100g
Cultivo	22		6.1	5.38	0.26	5.75	0.32	35.54
		20	6.4	3.53	0.17	2.55	0.13	35.44
		30	6.6	1.85	0.09	0.25	0.08	45.74
Pasto	26	10	6.2	6.67	0.33	0.01	0.03	29.76
		20	6.2	3.98	0.19	0.31	0.01	28.66
		30	6.4	1.85	0.09	0.01	0.04	30.98
Bosque	22	10	6.4	6.18	0.3	2.35	0.35	29.24
		20	6.5	4.03	0.2	0.44	0.05	24.18
		30	6.5	4.31	0.21	2.55	0.01	24.46

##### a. pH del suelo

De acuerdo a la clasificación de Quintana *et al* (1983), los suelos de estas parcelas reflejan suelos ligeramente ácidos ( 6.2 a 6.6 pH), considerándose un pH apropiados para ciertos cultivos y algunas hortalizas que demandan pH que van desde 5.5 a 6.5.

##### b. Materia orgánica (MO)

Las parcelas con pasto y bosque son suelos alto en materia orgánica ( mayor 4 %), la cual está relacionada a ciertas prácticas de manejo que se realizan en estas

parcelas tales como no quema e incorporación de rastrojos.

El contenido de materia orgánica en las parcelas con pasto y bosque es alta debido a aporte de hojarasca, raíces, y presencia de flora y fauna del suelo. El contenido de materia orgánica de los suelos está influenciado por la vegetación, el pH, la microbiología del suelos, las características físico-químicos del suelo y otros factores como tipo y duración de la explotación del suelo (Fassbender, 1984).

Por otro lado, la parcela con cultivo presenta suelos con niveles medio de materia orgánica (3.5 %), lo que puede estar asociado a las prácticas inadecuadas (la quema y la no incorporación de rastrojos) y a la pérdida de la capa superficial del suelo por erosión.

#### **c. Nitrógeno disponible**

El nivel de nitrógeno disponible en estos suelos son altos (>0.15 %) considerado por Quintana *et al* (1983), por estar relacionado con el alto contenido de materia orgánica en las parcelas antes mencionadas. La necesidad de nitrógeno de los principales cultivos como el maíz y el frijol son variable, dependen del suelo y los organismos vivos ya que favorece el desarrollo de los tejidos participando en los principales procesos metabólicos de las plantas.

#### **d. Fósforo disponible**

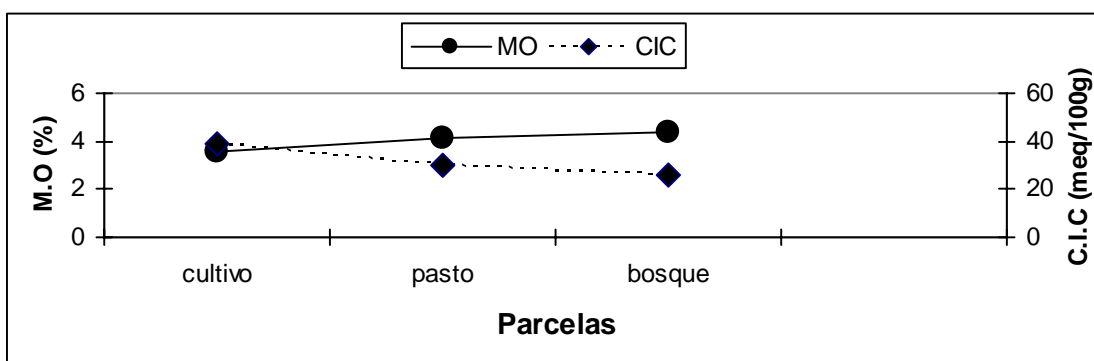
En todas las parcelas estudiadas en esta toposecuencia el contenido de fósforo disponible es bajo. El bajo contenido de fósforo disponibles en estos suelos pueden estar relacionado a la fijación que realizan de este elemento los compuestos de óxido de hierro y óxido de aluminio, volviendo al elemento (fósforo) no disponible.

### e. Potasio disponible

De igual manera se comporta el potasio disponible en estos suelos considerándose como suelos pobre de potasio; posiblemente este cambio esté relacionado con la alta movilidad de éste elemento (es el más móvil después del nitrógeno), ya que este elemento es absorbidos a las superficie de la arcillas debido al comportamiento dinámico del intercambio permanente con la solución del suelo, creando de esta forma la doble capa difusa, donde se establecen gradientes de concentraciones de elementos hacia la superficie que lo vuelve susceptible a las pérdidas por lavado y erosión.

### f. Capacidad de intercambio catiónico

De acuerdo a los análisis de laboratorio la capacidad de intercambio de cationes en las parcelas estudiadas se consideran alta, los alto valores están relacionados con la textura, el contenido de materia orgánica y el pH de estos suelos. Las partículas del suelo como el humus y la arcilla son las responsables de disminuir la



capacidad de intercambio catiónico, por el contenido alto de materia orgánica la capacidad de intercambio de cationes es mayor (ver gráfico 3).

Gráfico 3. Comportamiento de la capacidad de intercambio cationico con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 1, 2003

#### 4.1.3 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 2

En la tabla 21 se resumen las características y propiedades físicas de los suelos de parcelas con cultivo, pasto y bosque ubicado dentro de la finca 2.

Tabla 21. Propiedades físicas de los suelos de la toposecuencia 2, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundidad cm	Estabilidad		Da g/cm <sup>3</sup>	Dr g/cm <sup>3</sup>	Poros %	Color del suelo		R.M (golpe)	Textura
			Sup	Sub				En Seco	En Húmedo		
Cultivo	30	10	6	6	1.2	2.60	59.8	Gris oscuro	Negro	40	FA
		20			1.2	2.07	42.0			47	A
		30			1.3	2.15	39.5			39	FA
Pasto	25	10	5.7	6	1.1	2.25	51.1	Gris	Negro	23	FAa
		20			1.1	2.22	50.4			32	FA
		30			1.2	2.46	31.2			42	FA
Bosque	25	10	6	6	1.3	2.35	44.6	Rojizo gris	Café	31	FA
		20			1.1	2.43	54.7			50	FA
		30			1.1	2.57	57.2			77	A

##### a. Estabilidad estructural del suelo

De acuerdo a los resultados las parcelas con cultivo, pasto y bosque presentan una estabilidad estructural sub - superficial alta, la cual disminuye superficialmente en la parcela con cultivo. Por el pisoteo del ganado la estabilidad estructural del suelo tiende a disminuir en el pasto (gráfico 4), lo cual debe estar relacionado con los agregados, el sistema radicular del pasto, favoreciendo la actividad biológica del suelo. No así en la superficie donde las pezuñas del ganado tiende a compactar los agregados a cierta profundidad y dedregarlos en la superficie por el sobre pastoreo.

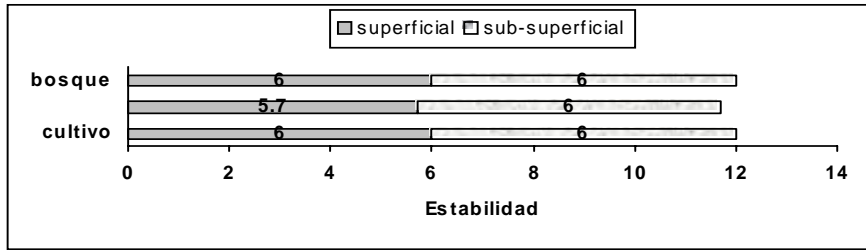


Gráfico 4. Comportamiento de la estructura superficial y sub-superficial, en los suelos de la toposecuencia 2, 2003

### b. Densidad aparente (Da)

El comportamiento de la densidad aparente en el cultivo es medio mientras que en las parcelas con pasto y bosque es baja, lo que está relacionado con el bajo peso específico de los materiales volcánicos que dieron origen y al efecto benéfico de la materia orgánica. Por otro lado, la materia orgánica disminuye la densidad aparente al influir positivamente en la porosidad tal como se observa en la gráfica 5.

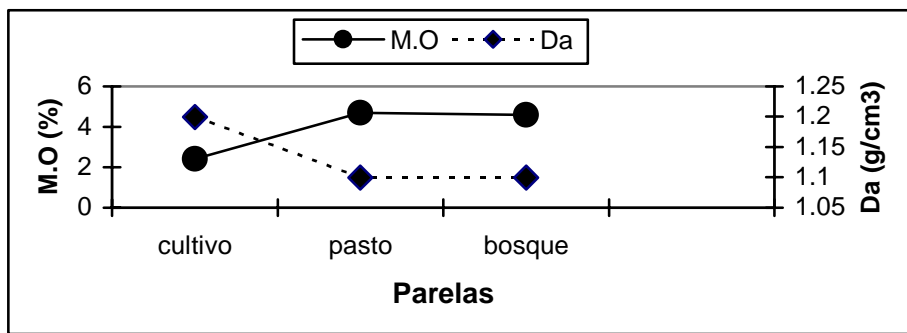


Gráfico 5. Comportamiento de la densidad aparente con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 2, 2003

### **c. Densidad real (Dr)**

El comportamiento de la densidad real es muy bajo. Según Rodríguez (2002), señala que estos suelos presentan poco peso específico debido a que fueron originados a partir de materiales volcánicos.

### **d. Porosidad (Pr)**

Las parcelas con cultivo y bosque presentan una porosidad medio (45 a 55 %), considerándose óptimos por entrarse en el rango establecidos (55 % de poros) en suelos con textura franco arcilloso (Quintana *et al*, 1983) y de acuerdo con los resultados de los análisis del laboratorio.

Pero en la parcela con pasto la porosidad bajó debido a la compactación, la cual reduce el número y tamaño de las poros del suelo permitiendo así el sellamiento de las galerías de las micro y macro fauna, a la vez dificultando el desarrollo del sistema radicular de las plantas.

La poca existencia de poros en el sistema de pasto aunque presente una materia orgánica alta (mayor 4.7 %), indica que los espacios porosos están sellados por la sobrecarga animal, lo cual está por encima de los normal (13 animal / manzana). Lo apropiado es 1 a 2 animales por amanzana que debe corresponder Según INTA / FAO (2001), de lo contrario se considera una sobre carga como es el caso de la microcuenca Cuscamá..



#### **e. Color del suelo**

Los colores de estos suelos suelen ser variados, en la parcela con cultivo es de gris oscuro, en el pasto es gris y en la parcela con bosque el color es rojizo gris. El color gris es por abundancia de cuarzo y el color rojizo puede estar dado a los materiales rico en óxidos de hierro que les dieron origen.

#### **f. Textura**

La textura en el suelo con cultivo va de arcilloso a franco arcilloso, en el pasto a los 10 cm se nota un ligero cambio (franco arcilloso arenoso) producto de las pérdidas de las partículas finas del suelo causada por la erosión, como es el caso del limo que puede ser removido más fácilmente por la acción del agua y del viento. Según el bosque muestra una textura arcilloso a franco arcilloso en las tres profundidades.

#### **g. Resistencia mecánica (Rm)**

La resistencia mecánica en las parcelas con cultivo y boque presentan suelos densos, en parte por estar ubicado al pie del cerro El Granadillo donde existe presencia de rosas volcánica en la superficie. Por otro lado, son suelos arcillosos y por el sobre pastoreo que se pudo observar al momento del estudio. Estos suelos con alto contenidos de arcillas , en época seca produce un capa compactada, que se convierte en un obstáculo para la penetración de las raíces, la circulación del agua y del aire.

En la parcela con pasto el suelo es semi-denso, por ser una de las parcela con una alta cantidad de materia orgánica.

#### 4.1.4 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 2.

El resumen estadísticos de las características químicas de los suelos de las parcelas con cultivo, pasto y bosque de la finca estudiada se encuentra en la tabla 22.

Tabla 22. Propiedades química en los suelos de la toposecuencia 2, 2003

Tratamiento	Pendiente (%)	Profundidad cm	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O %	N %	P ppm	K meq/100g	C.I.C meg/100g
Cultivo	30	10	6.4	4.14	0.2	2.16	0.04	40.44
		20	6.8	1.73	0.08	0.08	0.01	43.94
		30	6.9	1.51	0.07	0.38	0.01	49.28
Pasto	25	10	6.6	6.72	0.33	14.64	0.26	51.56
		20	6.7	4.31	0.21	24.29	0.17	34.20
		30	6.9	3.25	0.16	29.09	1.81	37.80
Bosque	25	10	6.5	5.88	0.29	42.29	2.1	37.54
		20	6.6	4.87	0.24	28.2	0.28	36.28
		30	6.4	3.25	0.16	20.35	0.72	34.22

##### a. El pH

La acidez de los suelos en las parcelas con cultivo y pasto es muy ligeramente ácido, lo cual esta relacionado con el contenido de la materia orgánica (alta a media) y de la misma manera los suelos de la parcela con bosque presentan un pH ligeramente ácido, por contener alto contenido de materia orgánica que el mismo bosque incorpora al suelo. Estos resultados de pH se considera satisfactorio (5.5 a 6.5) para la mayoría de los cultivos cosechada en esta zona.

## **b. Materia orgánica (MO)**

El comportamiento de la materia orgánica en el cultivo es medio, esta relacionada con prácticas inadecuadas (quema y la no incorporación de rastrojos) y la pérdida de la capa superficial por erosión.

En la parcela con pasto y bosque la materia orgánica se comporta muy alta (4.76 %). Una de las fuentes principales de la materia orgánica son los restos vegetales, y en los terrenos agrícolas lo constituye en su mayoría los residuos de cosecha, hojarasca, raíces y fauna aportado por el bosque.

## **c. Nitrógeno disponible**

Debido al alto contenido de materia orgánica en las parcelas con pasto y bosque, el nitrógeno es alto. En áreas boscosas muestran una marcada acumulación de materia orgánica en el horizonte "A" como resultado de caída de hojarasca, lo que viene dar al suelo mayor aportación de nitrógeno.

Mientras que en la parcela con cultivo el nitrógeno disponible es medio, por considerarse éste elemento un nutriente exigido en altas cantidades por los cultivos cosechados en esta zona como la papa, banano y lagunas hortalizas.

## **d. Fósforo disponible**

Las parcelas con pasto y bosque presentan alto contenido (22.6 a 30.28 ppm), no así en la parcela con cultivo (0.87 ppm), clasificándose éstos como suelos muy pobres. El bajo contenido de fósforo en el cultivo puede estar relacionado con la fijación que realiza de éste elemento con los compuestos de hierro y aluminio, volviendo al fósforo no disponible. En suelos ligeramente ácidos los fosfatos de

hierro y aluminio formado son prácticamente insoluble y por lo tanto irrecuperable para el cultivo (Fuentes, 1994).

#### **e. Potasio disponible**

El elemento potasio en las parcelas de pastos y bosque (0.74 a 1.22 meq/100g suelo), son altos. Por otro lado el potasio disponible en el cultivo es muy pobre (0.01 meq/100g suelo), probablemente por estar relacionado con la alta movilidad de éste elemento (se moviliza mucho), que lo vuelve susceptible a las pérdidas por lavado y erosión. Por otro lado, el contenido en la disolución del suelo queda atrapado entre las capas de algunas arcillas cristalina, lo que impide su absorción por las plantas. Sin embargo este potasio retenido entre las capa de las arcillas no se pierden definitivamente para las plantas, sino que al cabo del tiempo, bajo la acción de determinada condiciones queda libre pasando de nuevo a la disolución del suelo.

#### **f. Capacidad de intercambio de cationes (CIC)**

La capacidad de intercambio de cationes de estos suelos es muy alta en las parcelas de cultivo y pasto (44.55 a 41.18 meq/100g suelo).

Mientras que en el bosque la capacidad de intercambio catiónico es alta (gráfico 6), puede estar relacionados con la textura, el contenido de materia orgánica y el pH de estos suelos, además de las partículas del suelo como el humus y la arcilla que son las responsable de incrementar la capacidad de intercambio catiónico.

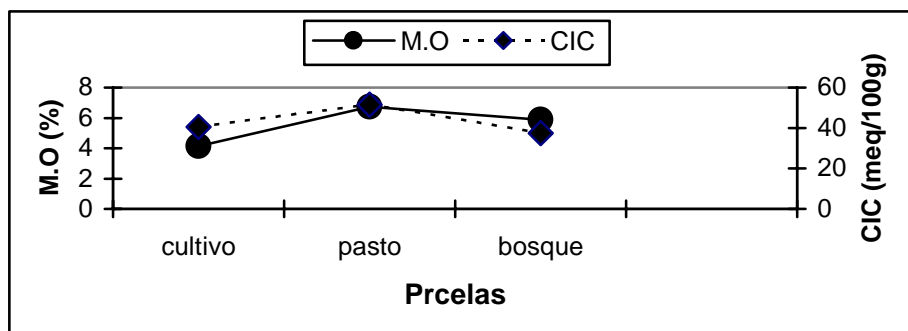


Gráfico 6. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónicos con respecto a la materia orgánica, en los suelos de la toposecuencia 2, 2003

#### 4.1.5 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 3

El resumen de los análisis de las propiedades físicas de los suelos de las parcelas con cultivo, pasto y bosque de la finca estudiada, los cuales se detallan a continuación en la tabla 23.

Tabla 23. Propiedades físicas en los suelos de la toposecuencia 3, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundad cm	Estabilidad		Da g/cm <sup>3</sup>	Dr g/cm <sup>3</sup>	Poros %	Color del suelo		R.M (golpe)	Textura
			Sup	Sub				En Seco	En Húmedo		
Cultivo	50	10	5.4	5.8	1.2	2.40	50.0	Café rojizo oscuro	Café rojizo más oscuro	26	FA
		20			1.1	2.32	52.5			24	A
		30			1.1	2.44	54.9			50	A
Pasto	35	10	6	6	1.1	2.10	47.6	Café grisáceo oscuro	Café grisáceo oscuro	87	FA
		20			1.1	2.55	56.8			52	FA
		30			1.1	2.42	54.5			34	A a
Bosque	45	10	6	6	0.9	2.18	58.7	Café rojizo oscuro	Café rojizo más oscuro	13	FA
		20			1.0	2.09	52.1			36	FA
		30			1.2	2.50	52.0			50	A

##### a. Estabilidad estructural del suelo

La parcela con cultivo presenta una estabilidad superficial y sub-superficial buena, como consecuencia del sistema radicular del cultivo y maleza que crecen en dicha

áreas (gráfico 7). Por otro lado, el comportamiento de la estabilidad estructural de los suelos de las parcelas con pasto y bosque presentan alta estabilidad estructural, por la fuerte cohesión entre las partículas del suelo; debido también a una serie de combinaciones de factores que favorecen la agregación del suelo tales como el alto contenido de materia orgánica, contenido de arcilla y la actividad biológica como raíces, lombrices y termitas.

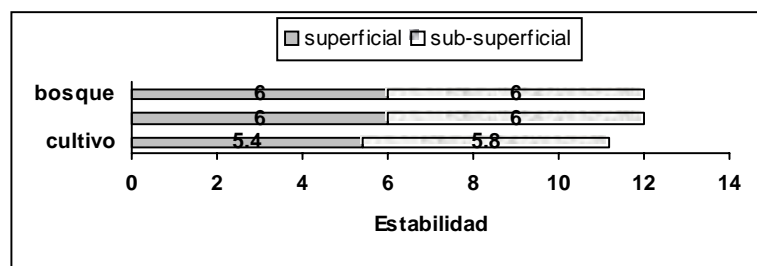


Gráfico 7. Comportamiento de la estructura superficial y sub-superficial, en los suelos de la toposecuencia 3, 2003

### b. Densidad aparente (Da)

En las parcelas con cultivo y pasto la densidad aparente es baja (1.13 a 1.10 g/cm<sup>3</sup>), lo que está relacionado con el bajo peso específico de los materiales volcánicos que le dieron origen y al efecto biofísico de la materia orgánica, disminuyendo en la porosidad al influir positivamente en la porosidad, por lo que también en el bosque la densidad aparente es muy baja (1.0 g/cm<sup>3</sup>).

### c. Densidad real (Dr)

La densidad real tiene un comportamiento muy bajo, en el cultivo, pasto y bosque, debido al contenido de materia orgánica y los minerales.

#### **d. Porosidad (Pr)**

Los suelos de las parcelas con cultivo, pasto y bosque presentan una porosidad media (45 a 55 %), un poco por debajo de lo establecido (Fitz, 1987), que el 55 % de poros es óptimos para suelos con textura franco arcilloso. Los análisis de poros que muestra tabla 23, muestran una ligera reducción de poros, facilitando a la compactación el control, número y tamaño de los poros del suelo y de su posición; lo que permite el sellamiento de las galería de la micro y macro fauna y a la vez dificulta el desarrollo radicular de la plantas. El conocimiento de la densidad aparente y de la densidad real es necesario para calcular la porosidad del suelo y además da cierta orientación sobre el grado de desarrollo del suelo o indica la parte mineral y orgánica.

#### **e. Color del suelo**

El color de los suelos en las parcela con distintos manejo tienden a variar; en la parcela con cultivo el color del suelo es de café rojizo oscuro, de color café grisáceo en los suelos de pasto y en la parcela con bosque el color es café rojizo oscuro. Se cree que el color rojizo se desarrolla por oxidación de hierro, lo que nos indica que es un suelo aireado; altamente meteorizado (Arias, 1998).

#### **f. Textura**

La textura en las parcelas con cultivo y bosque, presentan textura arcilloso a franco arcilloso, no así en la parcela con pasto a los 30 cm presentando una textura arcilloso arenoso, por encontrarse a poca profanidad del material madre y por la erosión.

### g. Resistencia mecánica (Rm)

Los suelos de las parcelas con pasto y bosque presentan suelos semi-denso (10 a 40 golpes), por poseer contenido de materia orgánica medio y alta en el bosque y la parcela con cultivo la cual limita con el bosque.

Pero en la parcela con pasto se obtuvo mayor cantidad de golpes (57), por lo que se considera que estos suelos son resistente; lo que puede estar relacionado por el sobre pastoreo, la remoción de partículas de la estructura del suelo y con ella la erosión hídrica y eólica, creando suelos degradados (INTA /FAO, 2001).

#### 4.1.6 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 3

El resumen las características y propiedades químicas de los suelos en la finca de estudio se presenta en la siguiente tabla 24.

Tabla 24. Análisis de las propiedades química en la toposecuencia 3, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundad cm	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O %	N %	P ppm	K meq/100g	C.I.C meq/100g
Cultivo	50	10	6.7	4.76	0.23	24.47	0.17	33.22
		20	6.8	2.63	0.13	3.79	0.03	44.14
		30	6.9	1.72	0.80	3.15	0.15	11.54
Pasto	35	10	6.7	4.11	0.20	5.54	0.23	43.38
		20	7.0	2.52	0.12	5.20	0.16	37.38
		30	7.0	1.47	0.07	7.07	0.09	26.42
Bosque	45	10	6.5	8.00	0.40	18.67	0.46	36.22
		20	6.7	7.74	0.38	8.93	0.09	36.92
		30	6.6	2.76	0.13	2.93	0.02	46.56



### **a. El pH**

Los suelos de las parcelas con cultivo y pasto son considerado como suelos neutro (6.8 a 6.9 pH), lo cual puede ser inicio de una pérdida de bases. Mientras que en la parcela con bosque (6.6 pH), el suelo es ligeramente ácido; por encontrarse alto contenido de materia orgánica, considerándose satisfactorio para la agricultura que oscilan entre 5.5 a 6.5 pH.

### **b. Materia orgánica (MO)**

La materia orgánica en las parcelas con cultivo y pasto se consideran medio, debido a que estos suelos han perdido buena parte de la capa superficial (donde existe mayor cantidad de materia orgánica) a causa de la erosión según la tabla 24. Mientras que en la parcela con bosque la materia orgánica es alta (6.16 %), por las prácticas de manejo que los productores realizan en esos suelos (no quema e introducción de rastrojos al suelo) lo que vienen a favorecer al incremento de la materia orgánica.

### **c. Nitrógeno disponible**

Podemos apreciar un alto contenido de nitrógeno disponible en las parcelas con cultivo y bosque (0.38 a 0.30 %), como consecuencia del alto contenido de materia orgánica en las parcelas, mientras que en la parcela con pasto el contenido de nitrógeno disponible es medio, debido a que el aporte de la materia orgánica es menor por el continuo pastoreo que es meno denso.

#### d. Fósforo disponible

Los datos del fósforo disponible se encuentran en niveles que va de pobre (5.54 a 7.07 ppm) en el pasto y medio en los suelos de las parcelas con cultivo y bosque. El fósforo disponible se encuentra en niveles bajos y medios por se de textura de franco arcilloso a arcilloso, lo que juega un papel importante en el contenido de fósforo debido a su poca movilidad en la solución del suelo.

#### e. Potasio disponible

El potasio disponible que se encontró en los suelos de las parcelas con cultivo, pasto y bosque es menor de 0.20 meq/100g suelo, considera como suelos muy pobre en potasio disponible (gráfico 8). El potasio está íntimamente relacionado con la absorción y retención del agua en las arcillas y la vez se relaciona con la alto inmovilidad de éste elemento (potasio).

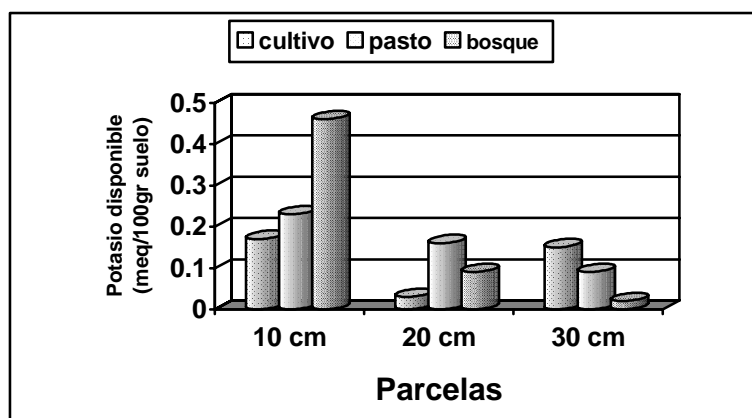


Gráfico 8. Comportamiento del potasio en los suelos de la toposecuencia 3, 2003

## f. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico en las parcelas con cultivo, pasto y bosque es alto (26.42 meq/100g suelos). Este comportamiento lo podemos relacionar con el alto contenido de materia orgánica, la textura y el pH principalmente a los 10 centímetros de profundidad, debido a que las partículas de suelos como el humus y las arcillas son responsables del incremento de dicha capacidad de intercambio catiónico.

### 4.1.7 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 4

En la tabla 25 se resumen los análisis de las propiedades físicas de los suelos en la finca antes mencionada, en parcelas con cultivo, pasto y bosque.

Tabla 25. Propiedades físicas en la toposecuencia 4, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundidad cm	Estabilidad		Da g/cm <sup>3</sup>	Dr g/cm <sup>3</sup>	Poros %	Color del suelo		R.M (golpe)	Textura
			Sup	Sub				En Seco	En Húmedo		
Cultivo	33	10	5.1	4.5	1.3	2.59	49.8	Rojizo	Café rojizo	66	FA
		20			1.3	2.52	48.4	Café	oscura	55	FAa
		30			1.1	2.34	52.9	oscuro		41	FAa
Pasto	3	10	6	6	1.4	2.17	35.4	Café	Café	108	A
		20			1.3	2.23	41.7	grisáceo	oscuro	115	A
		30			1.3	2.27	42.7	o		115	FA
Bosque	54	10	6	6	1.1	2.25	51.1	Café	Café rojizo	35	FA
		20			1.1	2.38	53.7	rojizo	oscuro	47	A
		30			1.1	2.13	48.3			40	A

### a. Estabilidad estructural del suelo

La estabilidad estructural de los suelos de las parcelas con pasto y bosque presentan una estabilidad estructural alta, debido al alto contenido de materia

orgánica de estos suelos tanto superficial como sub-superficial (gráfico 9), y en la parcela con cultivo la estabilidad estructural es buena en la superficie (5.1) y regular a nivel sub-superficial (4.5). Lo cual esta relacionado con efecto de las actividades ganaderas provocando degradación, compactación y erosión superficial, tomando en cuenta la presión que ejerce el peso del cuerpo de un animal vacuno adulto sobre la pezuña que afirma en el suelo al caminar.

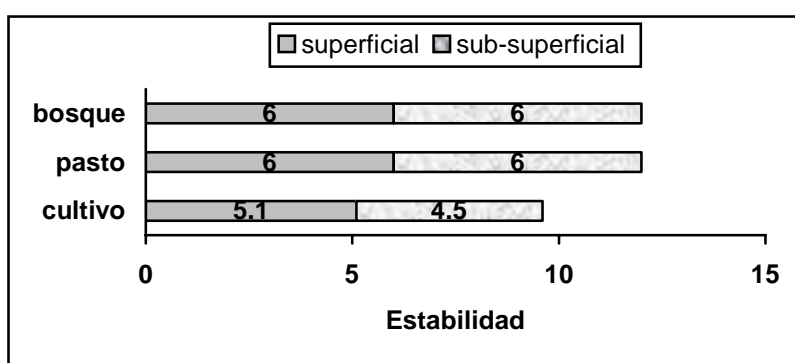


Gráfico 9. Comportamiento de la estructura superficial y sub-superficial, en los suelos de la toposecuencia 4, 2003

#### b. Densidad aparente (Da)

La densidad aparente que muestran el cultivo y pasto (1.23 a 1.33 g/cm<sup>3</sup>), es clasificado como suelos medio, y en relación a la parcela con bosque que presenta una densidad aparente bajo (1.1 g/cm<sup>3</sup>). Este bajo comportamiento de la densidad aparente se debe al origen de formación de estos suelos (materiales volcánicos con bajo peso específico), y estar directamente relacionado con el contenido de materia orgánica en los suelos, que favorece en gran medida la regulación de la densidad aparente de estos suelos.

### **c. Densidad real (Dr)**

La densidad real de las parcelas con pasto y bosque (2.22 a 2.25 g/cm<sup>3</sup>), son considerado muy bajo, mientras que en la parcela con cultivo es bajo (2.48 g/cm<sup>3</sup>).

### **d. Porosidad total**

La porosidad total en las parcelas con cultivo y bosque es medio, siendo parecido al comportamiento de la parcela anterior, presentando niveles por debajo de los (55 %), los cuales se considera como óptimo de acuerdo a la clase textural de estos suelos. Los suelos con textura franco arcilloso presentan porosidad de 55%, que es lo recomendado para uso agrícola (Cairo, 1995).

En la parcela con pasto encontramos un contenido muy bajo de poros ( menor de 40%), lo cual se debe a los problemas de compactación que presentan estos suelos, que reduce el número de poros. La reducción de los espacios porosos puede estar relacionado por problema de sobre pastoreo, la no incorporación del rastrojos al suelo, por servir de alimento al ganado y el mal manejo de los sistemas de producción. Según la clasificación de capacidad de uso de la tierra, un terreno con una pendiente mayor de 30 % no es apto para cultivos anuales, semiperenne ni pastoreo y estos suelos (tabla 24) presentan pendiente de 33%.

### **e. Color del suelo**

Los color de los suelos de éstas parcela varía, en el cultivo el color del suelo es rojizo café oscuro, en el pasto es de color café grisáceo y en la parcela con bosque el color es café rojizo. Algunas veces este color, si ha tenido buen drenaje, es heredado del material madre, como son las areniscas rojizas.

#### f. Textura

Estos suelos tienen una comportamiento textural similar a las otras toposecuencias que van desde arcilloso a franco arcilloso.

#### g. Resistencia mecánica (Rm)

La resistencia mecánica en las parcelas con cultivo y bosque se clasifican como suelos denso, en el bosque es debido al efecto agregante de la materia orgánica, tales como raíces, hojarasca y la actividad biológica (termitas, zompopo y lombrices), y en el la parcela con cultivo por el rastrojo incorporado al suelo en poca cantidad (2.55%), como se puede observar en el gráfico 10.

No así en la parcela con pasto que presentó suelo muy denso (103 golpes), debido a la compactación causada por la labranza inadecuada en estos suelos y el sobre pastoreo de ganado. Son suelos muy arcillosos que al mojarse se hinchan y al secarse se contraen formando grietas grandes (40 a 45 cm de profundidad), permanecen abiertas durante la estación seca.

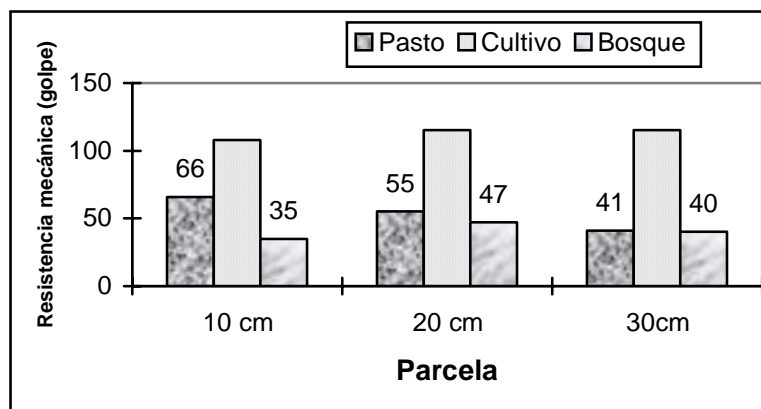


Gráfico 10. Comportamiento de la resistencia mecánica en los suelos de la toposecuencia 4, 2003

#### 4.1.8 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 4

La tabla 26 muestra el resumen de los análisis y características de las propiedades químicas de los suelos con parcelas de cultivo, pasto y bosque evaluadas.

Tabla 26. Propiedades químicas en los suelos de la toposecuencia 4, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundidad cm	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O %	N %	P ppm	K meq/100g	C.I.C meg/100g
<b>Cultivo</b>	33	<b>10</b>	6.5	4.73	0.23	4.31	0.20	41.20
		<b>20</b>	6.8	1.96	0.09	1.28	0.01	39.08
		<b>30</b>	7.0	0.98	0.04	1.86	0.02	53.96
<b>Pasto</b>	3	<b>10</b>	6.7	3.68	0.18	4.18	0.11	41.06
		<b>20</b>	6.8	1.35	0.06	1.80	0.05	56.80
		<b>30</b>	6.9	0.92	0.04	1.54	0.09	35.78
<b>Bosque</b>	54	<b>10</b>	6.5	6.88	0.34	2.65	0.12	35.66
		<b>20</b>	6.6	3.81	0.19	1.80	0.04	46.28
		<b>30</b>	6.5	1.84	0.09	0.64	0.02	68.02

##### a. pH

El pH en las parcelas con cultivo y pasto es muy ligeramente ácido (6.5 a 6.8 pH) en los primeros 10 cm, los cuales aumentan a mayor profundidad, excepto en la parcela con bosque donde el pH es ligeramente ácido (6.5 pH). El comportamiento de la acidez en el bosque es debido al grado de descomposición de la materia orgánica, la cual regula la acidez del suelo. Este comportamiento en el cultivo y pasto puede ser inicio de una pérdida de bases al proceso de formación de éstos suelos y a la naturaleza variable de los materiales de los cuales se han originados.

## b. Materia orgánica (MO)

La materia orgánica obtenido de los análisis, se puede observar que el suelo del bosque es considerado muy alto (4.14%), como consecuencia de la hojarasca que los árboles provee al suelo ocasionando una lenta liberación de nutrientes. En el sistema con cultivo la materia orgánica tiende a disminuir (nivel medio) debido a la remoción del suelo con el cincel del arado y al sobre pastoreo del ganado, el cual consume los rastrojos como alimentos dejando de esta forma desnudo al suelo. En la parcela con pasto, se debe al mal manejo de los sistemas de producción, lo cual va degradando poco a poco el suelo de esta finca.

## c. Nitrógeno disponible

El nitrógeno se presenta en la parcela con cultivo alto (0.23 %) a los 10 centímetros y desciende de forma gradual conforme a la profundidad (tabla 26), de la misma manera que se presenta en el pasto, alto (0.18 %) a los primeros 10 centímetros, pero desciende a mayor profundidad. Por otro lado, en la parcela con bosque el nivel del nitrógeno es alto ( 0.34 a 0.19 %) en los primeros 20 centímetros (gráfico 11). La mayor cantidad de nitrógeno se encuentra en el bosque y la menor en el pasto. La baja cantidad de nitrógeno de el cultivo es por consecuencia de extracción hecha por las misma plantas, pasto y el sobre pastoreo.

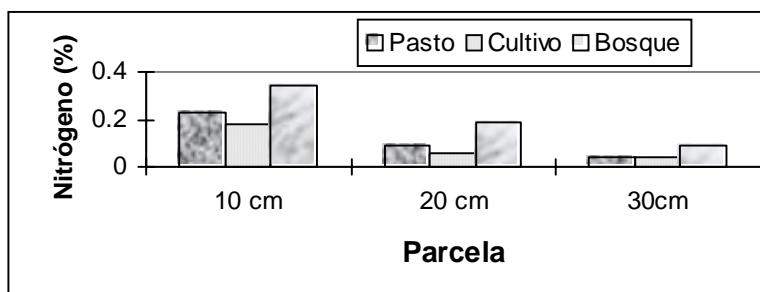


Gráfico 11. Comportamiento del nitrógeno en los suelos de la toposecuencia 4, 2003



#### **d. Fósforo disponible**

Según los resultados obtenidos, muestran que los suelos con parcelas de cultivo, pasto y bosque son considerado muy pobre (menores de 10 ppm), consideramos que es por el comportamiento del pH, a medida se vuelve neutro el fósforo precipitado con la cal pasa a soluble con relativa facilidad y ya no es recuperable.

#### **e. Potasio disponible**

De igual manera responde el potasio disponible en los distintos tratamientos (cultivo, pasto y bosque), considerándose como suelos pobre en potasio disponible (menores de 0.02 meq/100g suelo), puede estar relacionado por el potasio extraído por las plantas y la retención de este elemento (potasio) por las partículas de la arcillas.

#### **f. Capacidad de intercambio de cationes (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico en la toposecuencia 4, se comportan muy alta (mayor de 40 meq/100g suelos), tanto en las parcelas con cultivo, pasto y bosque. Estos valores pueden estar relacionados con la textura arcillosa y el contenido de la materia orgánica, que representa de medio a alto en estos suelos, ya que tanto la arcilla como el humus son las partículas que tienen la capacidad de intercambiar cationes como se observa en el gráfico 12.

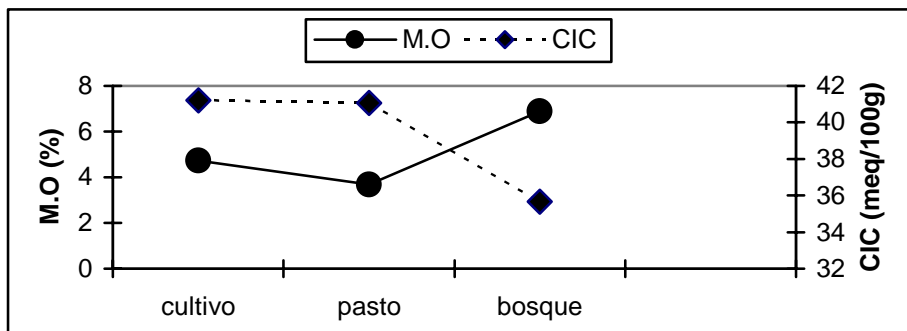


Gráfico 12. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 4, 2003

#### 4.1.9 Análisis de las propiedades físicas de la toposecuencia 5

La tabla 27 contiene el resumen de las características y propiedades físicas de los suelos en la toposecuencia antes mencionada, en parcelas con cultivo, pasto y bosque

Tabla 27. Propiedades físicas en los suelos de la Toposecuencia 5, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundad cm	Estabilidad		Da g/cm <sup>3</sup>	Dr g/cm <sup>3</sup>	Poros %	Color del suelo		R.M (golpe)	Textura
			Sup	Sub				En Seco	En Húmedo		
Cultivo	15	10	5.5	5.1	1.2	2.06	41.7	Café Oscuro Grisáceo	Gris muy oscuro	96	FA
		20			1.1	2.22	50.4			109	FA
		30			1.2	2.11	43.1			83	A
Pasto	15	10	6	6	1.1	2.06	46.6	Gris. Rojizo.	Gris rojizo oscuro	35	A
		20			1.2	2.12	43.4			47	A
		30			1.3	2.36	44.9			50	A
Bosque	15	10	6	6	1.2	2.25	46.6	Gris rojizo	Café rojizo oscuro	17	FA
		20			1.2	2.28	47.3			64	FA
		30			1.2	2.21	45.7			44	A

### a. Estabilidad estructural del suelo

La estabilidad estructural del suelo en las parcelas con pasto y bosque es alta, significa que el 100% de los agregados del suelo permanecen en el cedazo durante los cinco ciclo de inmersión y esta relacionado con el efecto agregante del suelo causado por la materia orgánica y la actividad biológica (gráfico 13).

Mientras que la parcela con cultivo la estabilidad estructural es buena tanto superficial como sub-superficial (5.5 a 5.1), mostrando así que el 25 a 75% de los agregados de los suelos permanecen en el cedazo durante los cinco ciclos de inmersión (CIAT, 2002). Pese a que estos suelos tienen una clase textural variada que va de arcilloso a franco arcilloso, el pisoteo del ganado esta afectando la estructura del suelo tanto superficial así como sub-superficial en la parcela con cultivo, tal como se muestra en el gráfico 13..

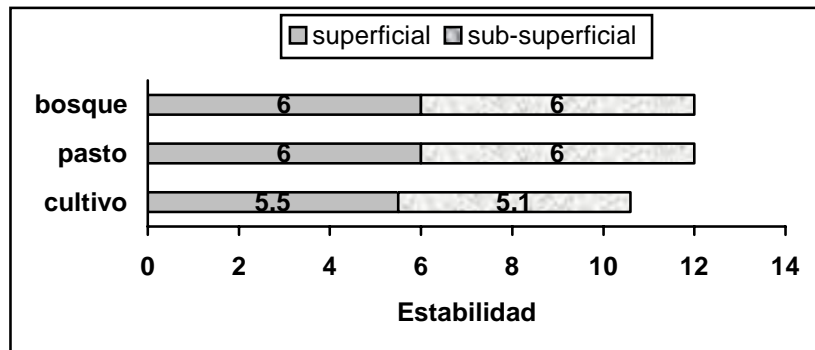


Gráfico 13. Comportamiento de la estructura superficial sub-superficial, en los suelos de la toposecuencia 5, 2003

### b. Densidad aparente (Da)

La densidad aparente que muestran las parcelas con cultivo, pasto y bosque es baja (1.0 a 1.20 g/cm<sup>3</sup>), por contener estas parcelas rastrosos en la superficies al momento del estudio.

Consideramos que la densidad aparente está directamente relacionada con el contenido de materia orgánica de éstos suelos, por presentar altos contenido que favorece en gran medida la regulación de la densidad aparente de los mismos.

#### **c. Densidad real (Dr)**

Al igual de la densidad aparente, la densidad real se presenta muy bajo en los tres sistema (2.13 a 1.91 g/cm<sup>3</sup>), son suelos considerado muy bajo respecto al peso específico. Los suelos con densidad real bajo es producto de de los minerales con arcillas que poseen una densidad real de 2.00 a 2.65 g/cm<sup>3</sup> (Porta, 1999).

#### **d. Porosidad (Pr)**

El contenido de poros en las parcelas con cultivo y bosque es considerado como medio (45 a 46 %), pero resultó ser más bajo en la parcela con pasto (44 %), como consecuencia de suelos compactados y poca materia orgánica, tal como se puede apreciar en la tabla 26. De acuerdo a la clasificación de Cairo (1995), los suelos de textura franco arcillosa presenta porosidad de 55%, que es lo recomendable para uso agrícola, por lo que estos suelos están por debajo de lo establecido.

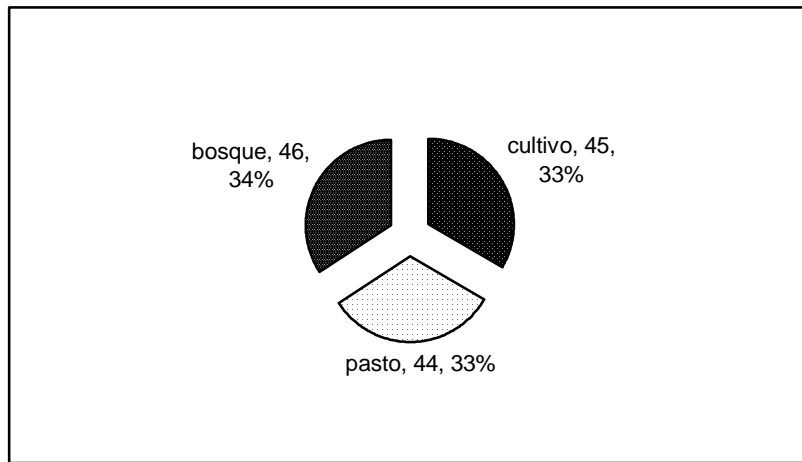


Gráfico 14. Comportamiento de los poros de los distintos tratamientos en la toposecuencia 4, 2003

#### e. Color del suelo

Estos suelos presentan colores variados; en la parcela con cultivo el color es café oscuro grisáceo, por otro lado en la parcelas con pasto y bosque el color del suelo es gris rojizo. El color gris indica puede indicar abundancia de cuarzo o también estos suelos presenta una incipiente meteorización química y en algunos casos indica ausencia de materia orgánica .

#### f. Textura

La textura es éstos suelos son similares en los tres tratamientos que van desde arcilloso a franco arcilloso a las distintas profundidades (0 a 30 cm) que se realizó el trabajo.

#### g. Resistencia mecánica (Rm)

La resistencia mecánica de los suelos de las parcelas con pasto y bosque, se clasifican como suelos denso (44 a 41 golpes), no así en el cultivo que se comporta como suelo muy denso (gráfico 15). La resistencia mecánica es un

índice muy importante para el estudio de las propiedades físico – químicas de un suelo, así como el comportamiento de ésta bajo diferentes condiciones de la humedad o estados de estructuras. En la parcela con cultivo la compactación está influenciada por el sobre pastoreo, y al manejo inadecuado de las medidas de conservación de éstos recursos.

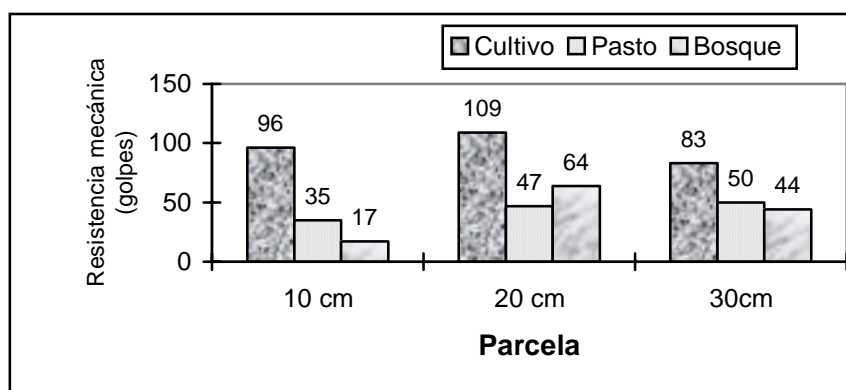


Gráfico 15. Comportamiento de la resistencia mecánica en los suelos de la toposecuencia 5, 2003

#### 4.1.10 Análisis de las propiedades químicas de la toposecuencia 5

En la tabla 28 se resumen las características y propiedades químicas de los suelos en la toposecuencia antes mencionada, en parcelas con cultivo, pasto y bosque.

Tabla 28. Propiedades químicas en los suelos de la Toposecuencia 5, 2003

Tratamiento	Pendiente %	Profundidad cm	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O %	N %	P ppm	K meq/100g	C.I.C meg/100g
Cultivo	15	10	6.4	5.9	0.29	5.33	0.32	37.62
		20	6.6	3.44	0.17	2.45	0.22	37.62
		30	6.8	1.41	0.07	0.83	0.09	36.94
Pasto	15	10	6.5	4.42	0.22	7.14	0.21	44.98
		20	6.6	2.27	0.13	2.35	0.03	31.18
		30	6.7	1.35	0.06	1.99	0.03	33.92

Bosque	15	10	7.3	6.26	0.31	7.57	0.28	38.18
		20	7.5	4.05	0.20	7.43	0.25	41.74
		30	7.6	2.88	0.14	3.77	0.23	78.63

### a. El pH

En las parcelas estudiadas con cultivo y pasto el pH es muy ligeramente ácido (6.6 pH), lo cual difiere con lo reportado por Watler y Thompson (2002). Gráfico 16.

Mientras que en la parcela con bosque la acidez del pH es muy ligeramente alcalino (7.4 pH); lo que indica que estos suelos están sobre un material ligeramente básico, el cual esta incidiendo directamente en la acidez del suelo en el horizonte "A", pero mayormente a mayor profundidad.

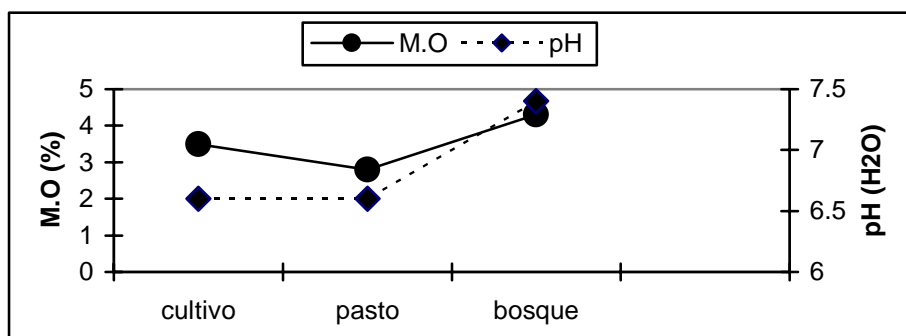


Gráfico 16. Comportamiento del pH con respecto a la materia orgánica en la Toposecuencia 5, 2003

### b. Materia orgánica (MO)

La materia orgánica encontrada en las parcelas con cultivo y pasto es considerada medio (2.8 a 3.5%), debido a la pérdida de la capa superficial del suelo por erosión hídrica y eólica, así como por la mineralización de la materia orgánica favorecida por el laboreo continuo. La pobreza de materia orgánica en la parcela de pasto se debe al sobre pastoreo de ésta y la poca incorporación del rastrojos al suelo, por lo que sirve de alimento al ganado.

Por otro lado, los resultados con respecto al contenido de la materia orgánica en la parcela con bosque indican que el contenido de es alto (6.26 %), lo cual esta relacionado con el material que esta constituido por aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumula en el suelo o se va incorporando a él.

### **c. Nitrógeno disponible**

El nitrógeno disponible encontrado en las parcelas con cultivo y boque es alto (0.17 a 0.21 %), por estar relación con el contenido de la materia orgánica, no así en la parcela con pasto que el nivel de nitrógeno disponible es medio, debido al sobre pastoreo y al mal manejo.

### **d. Fósforo disponible**

El fósforo disponible en estos suelos son pobre, debido a la presencia de minerales alcalinos en la superficie de la parcela con bosque. Por otro lado INTA/FAO (2001), manifiesta que en los suelos alcalinos el fósforo es fijado por compuestos insolubles de calcio y magnesio.

### **e. Potasio disponible**

El comporta del potasio disponible en las parcelas con cultivo y bosque es medio (0.21 a 0.23 meq/100g suelo), y pobre en la parcela con pasto (0.09 meq/100g suelo). Los suelos tanto Central y Pacífico de Nicaragua, son de origen volcánico considerándose éstos suelos ricos en potasio, pero el mal manejo del suelo y la no restitución durante más de 30 años de extracción intensivas de éste elemento, han inducido a su deficiencia en muchos suelos agrícolas.



#### f. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La mayor capacidad de intercambio de cationes se encontró en la parcela con bosque (52.85 meq/100g suelo) siendo éste muy alto, y los suelos de las parcelas con cultivo y pasto alta. El comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en las parcelas con bosque, es debido al contenido de materia orgánica que ésta tiene en la superficie del suelo. La capacidad de intercambio catiónico depende del contenido de arcilla y de materia orgánica, a medida que aumenta el contenido de la materia orgánica aumenta la capacidad de intercambio catiónico tal como se demuestra en el gráfico 17.

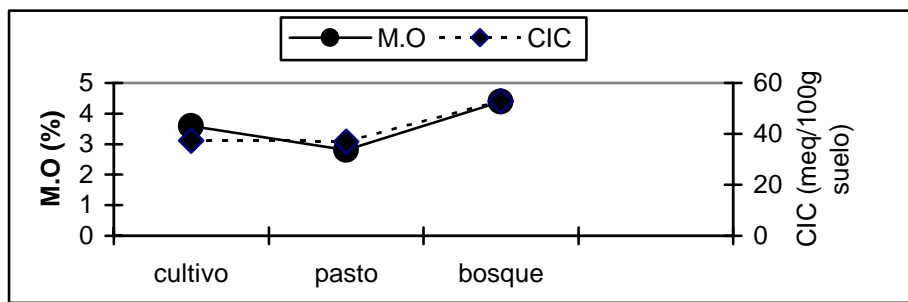


Gráfico 17. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico con respecto a la materia orgánica en la toposecuencia 5, 2003

#### 4.2 Indicadores locales de calidad de suelos identificados en la microcuencia Cusamá

Un indicador es parámetro que se usa para medir algo. Un descriptor puede tener varios indicadores. Para cada descriptor se buscan uno o varios indicadores que midan el cambio.

Los indicadores de calidad de suelos identificados por los agricultores fueron agrupados en dos categorías:

- a- Indicadores de buena calidad de la tierra (suelos bueno)

b- Indicador de tierras degradada (suelo malo)

Los indicadores locales corresponde a un lenguaje (palabras sencillas por ellos mismos) que ha sido adoptado en forma tradicional por los productores de La Dalia.

#### 4.2.1 Indicadores locales de suelo bueno

Los productores por su basta experiencia en el campo conoce cuando un suelo es bueno y lo define: “como aquellos suelos que presentan un color oscuro, suelo suave, porosos, con mucha hojarasca en la superficie, donde el agua no se aguachina, presencia de animalitos, buen rendimiento y la presencia de algunas plantas como indicadoras de suelos fértiles tales como varilla colorada, juancin, picapica, chanillo, etc”. La calidad del suelo es asociada con las características antes mencionada (indicadores locales), los cuales están relacionada o involucradas a algunas funciones del suelo agrícola y los agricultores lograron identificar 11 de ellos presentado en la tabla 29.

Tabla 29. Indicadores locales de suelo bueno calidad de uso agrícola, 2003.

<b>Indicadores de suelo Bueno por los productores</b>	<b>Relacionado con los indicadores Técnicos</b>	<b>Prioridad</b>
- Tierra negra	- Materia orgánica	1
- Suelos profundas (más de 45cm)	- Profundidad efectiva	2
- Contenido de basura en descomposición (rastrojo en las superficie)	- Manejo	3
- Suelos suelto	- Estructura	4
- Suelos poroso	- Mazo poros	5
- Buen escurrimiento de agua	- Capacidad de infiltración	6
- Suelos no erosionado	- Profundidad efectiva	7
- Fácil de labrar	- Resistencia mecánica	8
- Buen rendimientos	- Fertilidad	9
- Abundantes mazamorras	- Actividad biológica	10
- Juancin, zacate guinea, chanillo, picapica, dormilona, moruno, varilla colorada	- Fertilidad del suelo o diversidad de maleza	11

El valor que se acerca a 1 representa la mayor prioridad según la escala determinada por los agricultores.

De acuerdo a la Tabla 29, se justifica que el indicador principal de la calidad de suelo es la materia orgánica, por mantener una gran capacidad de mantener los nutrimentos en forma intercambiables, mejora las condiciones físicas, incrementa la actividad biológica, mejorando las formaciones de estructuras granulares así como las propiedades químicas.

#### ❖ Suelo Negro - Lanilla



Este suelos encuentra en la parte Este de la microcuenca y en el costado Norte el río, se caracteriza por tener una capa negra en la superficie, sobre un material blanco, llamado localmente como "lanilla", es un talpetate antiguo. Este material es permeable y el suelo presenta la mejor fertilidad en la zona. El espesor superficial es

de 22 centímetros.

Figura 5. Suelo negro - Lanilla,  
Cuscamá La Dalia, 2003.

#### ❖ Plantas indicadoras de suelos bueno

Los datos que se encuentra en la Tabla 30, nos permite cuantificar las plantas indicadoras de suelos buenos, por toposecuencia y tratamientos; siendo la toposecuencia 3, la que muestra mayor cantidad de plantas, al contrario a la toposecuencia 4 que es la muestra menor cantidad de plantas indicadoras de

suelos bueno encontradas. Los productores, por su experiencia en el campo aciertan con seguridad que las plantas mencionadas en la tabla 30, se caracterizan por crecer en los suelos donde la producción ha desminuido por encontrarse el suelo duro. La figura 6 muestra algunas plantas indicadoras de suelos bueno, encontradas en la microcuenca Cuscamá.

Tabla 30. Plantas locales de suelos bueno para uso agrícola, microcuenca,2003.

Toposecuencia	Tratamientos	Nombre común	Cantidad	Porcentaje %
1	Cultivo	Juancin	14	8.75
		Picapica	2	1.25
			<b>16</b>	<b>10.00</b>
	Pasto	Chanillo	4	2.50
Picapica		3	1.87	
		<b>7</b>	<b>4.37</b>	
2	Cultivo	0	0	0.00
	Pasto	Chanillo	17	3.85
			<b>17</b>	<b>19.32</b>
3	Cultivo	0	0	0.00
	Pasto	Chanillo	10	20.40
		Morupo	12	24.48
			<b>22.00</b>	<b>44.89</b>
4	Cultivo	Dormilona	5	7.35
		Chanillo	7	10.29
			<b>12.00</b>	<b>17.64</b>
5	Pasto	0	0	0.00
	Pasto	Chanillo	16	18.18
Zacate		1	1.14	
guinea		<b>17</b>	<b>19.32</b>	

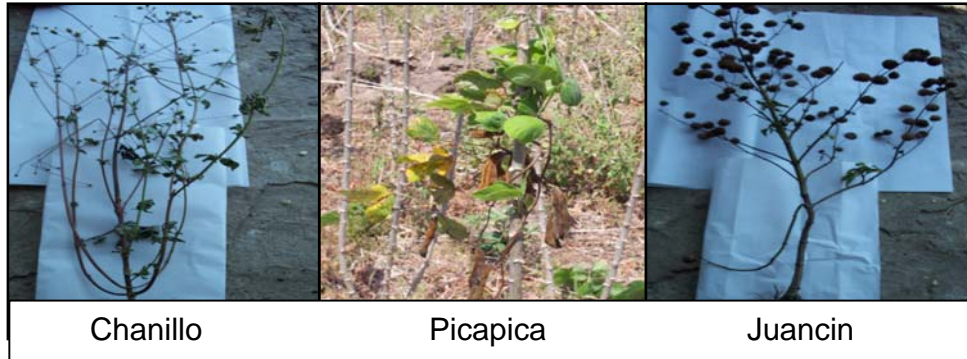


Figura 6. Plantas indicadoras de suelos bueno, para suelos agrícolas Cuscamá, 2003

#### 4.2.2 Indicadores locales de suelo malo

Adicionalmente se realizó un proceso interactivo con los agricultores para determinar aquellos indicadores que pueden ayudar a identificar el grado de degradación de un terreno, considerándose como suelo malo aquellos que tienen una profundidad menor de 44 centímetros (figura 7). No hay presencia de animalitos, el suelo es duro (compactado), sin materia orgánica en la superficie, el agua se aguachina, las raíces no penetran y se obtiene un bajo rendimiento.

#### ❖ Suelo malo (degradado)



Se localiza en la parte este de la microcuenca y costado norte del río Cuscamá, sobre un material blanco llamado localmente “cascajo” y es utilizada para revestir caminos, presenta una profundidad superficial de 25.4 centímetros.

Figura 7. Suelo erosionado por el sobre pastoreo

I

Al igual que para los indicadores usados para los suelos de buena calidad, los productores manejan diferentes indicadores para determinar un suelo presenta una baja calidad para producir alimentos, los cuales están relacionados con algunas funciones del suelo, tales como presencia y abundancia de plantas y niveles de rendimiento de cultivo. Se lograron identificar a 9 indicadores por productores tal como aparece en la tabla 31.

Tabla 31. Indicadores locales de calidad suelos malos para uso agrícola, 2003.

<b>Indicadores de suelo malo por los productores</b>	<b>Relacionado con los indicadores Técnicos</b>	<b>Prioridad</b>
- Tierra clara o amarilla	- Presencia de minerales de (Fe y Al)	1
- Suelo poco profundo	- Profundidad efectiva	2
- Suelo lanilla o barriales	- Textura	3
- Suelos cascajoso	- Erosión	4
- Suelos aguachinado	- Capacidad de retención de agua	5
- Suelos sin basura	- Materia orgánica	6
- Poca penetración del arado	- Resistencia mecánica	7
- Bajo rendimiento	- Fertilidad	8
- Poca presencia animalito	- Actividad biológica	9
- Manga larga, Coyolillo, Jaragua, Mozote, Varilla colorada y escoba lisa.	- Fertilidad del suelo o biodiversidad de planta	10

Como se puede apreciar en la tabla 31, los productores señalan la presencia y abundancia de malezas como indicador de calidad de un suelo. Este indicador se basa en el supuesto que a medida que las características físicas, químicas y biológicas cambian a través del tiempo, la composición y abundancia de malezas también cambia.

❖ **Plantas indicadoras de suelo malo**

De acuerdo a la información presentada en la tabla 31, podemos asegurar que las plantas indicadoras de suelo malo (degradados), se aprecian en mayor cantidad en relación con las plantas indicadoras de suelo bueno (tabla 30) en cada tratamientos y toposecuencia. Al igual que las plantas indicadoras de suelos bueno, los productores aciertan que las plantas antes mencionadas se caracterizan por crecer en los suelos donde la producción ha disminuido por encontrarse el suelo duro. Por otro lado podemos apreciar plantas como indicadoras de suelo malo creciendo en las parcelas con cultivo y pato (figura 8)

Tabla 32. Plantas como indicadoras locales de suelos malo, Cusamá, 2003

Toposecuencia	Tratamientos	Planta	Cantidad	Porcentaje %
1	Cultivo	-Manga larga	7	4.37
		Coyolillo	5	3.12
		Jaragua	30	18.75
		Mozote	5	3.12
			<b>47</b>	<b>29.37</b>
	Pasto	Jaragua	50	31.25
Coyolillo		30	18.75	
Mozote		10	6.22	
		<b>90</b>	<b>56.25</b>	
2	Cultivo	Jaragua	37	42.04
	Pasto	Matador	20	22.72
		Coyolillo	14	15.90
		<b>34</b>	<b>38.64</b>	
3	Cultivo	Gramma	10	20.4
	Pasto	Varilla colorada	5	10.20
		Zacate sabana	12	24.50
			<b>17</b>	<b>34.68</b>
4	Cultivo	Escoba lisa	3	4.41
		Coyolillo	8	11.76
			<b>11</b>	<b>16.18</b>
	Pasto	Escoba lisa	10	14.70
		Zacate sabana	35	51.47

			<b>45</b>	<b>66.17</b>
5	Cultivo	Zacate millón	55	62.50
	Pasto	Coyolillo	16	18.18
			<b>71</b>	<b>80.68</b>

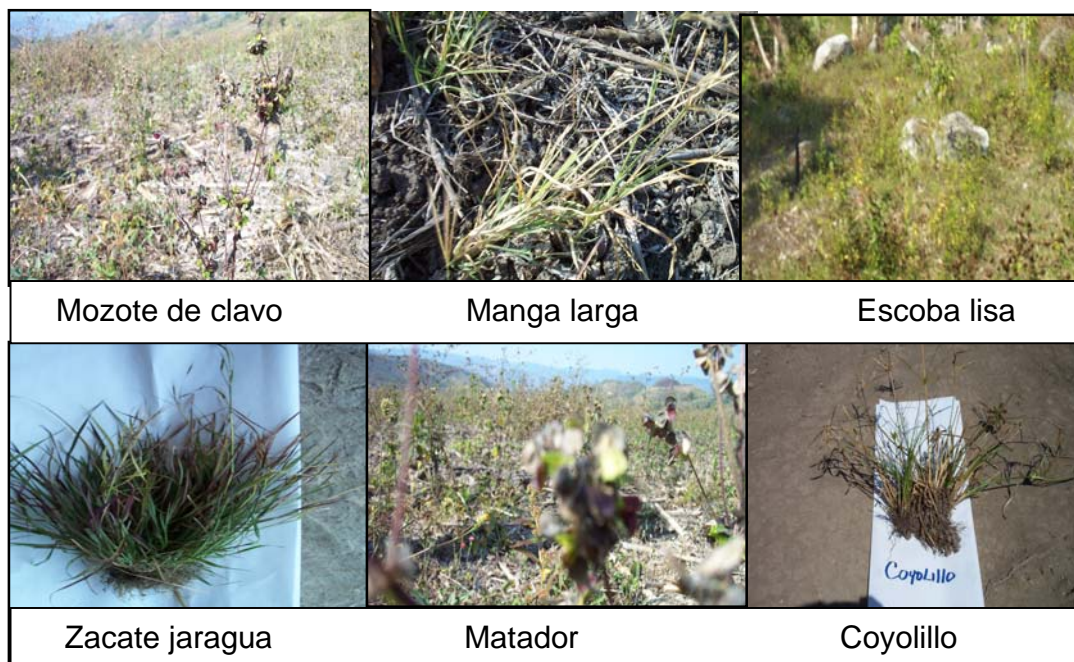


Figura 8. Plantas indicadoras de suelos malo en la microcuenca Cuscamá, 2003.

Es de vital importancia integrar la experiencia de los productores con el conocimiento científico-técnico, donde se pueda de éstos dos conocimientos unificarlo para una mejor comprensión respecto al suelo y, tomar mejor decisiones para el manejo del recurso suelo.

#### **4.2.3 Resultados de los indicadores técnicos y locales que evaluaron los suelos de laderas en la microcuenca Cuscamás.**

Los resultados de este trabajo demuestra que el mal manejo de los suelos afectan varias de sus propiedades físicas y como consecuencia se produce inestabilidad



en las propiedades químicas y biológicas. El uso y las practicas de manejo inapropiado de los suelos marcan la dirección y el cambio en su calidad en el tiempo (CIAT, 2002).

Varios de los indicadores locales utilizados por los productores para describir los suelos de buena calidad para uso agrícola, tales como el color negro, suelos sueltos, buen drenaje, suelo que retienen el agua, fauna en el suelo, están relacionados con el alto contenido de materia orgánica, por lo que la materia orgánica se convierte en un indicador importante para determinar la calidad de un suelo, y como segundo lugar consideramos se encuentran las plantas indicadoras de calidad de suelo.

## V.- CONCLUSIONES

- ❖ Los suelos de las distintas toposecuencias de la microcuenca Cuscamá, tienen potencial para las actividades agropecuarias; sin embargo, se requiere de prácticas adecuadas de manejo de suelos, que garantice la sostenibilidad de éste recurso y de los agro ecosistema.
  
- ❖ Los suelos de los tratamientos con cultivos, pasto y bosque en las toposecuencias presentan diferencias en cuanto a la densidad aparente, resistencia mecánica, pH, materia orgánica, textura, nitrógeno, fósforo y potasio disponible. No así, la estabilidad estructural, la densidad real, porosidad y capacidad de intercambio catiónico.
  
- ❖ Basado en la evaluación de los indicadores técnico y locales de calidad de suelo, es posible decir que los suelos de estas toposecuencias y principalmente en la parcela con pasto y cultivo presentan problemas de compactación, son deficientes en fósforo y potasio disponible indicando que están degradados químicamente y físicamente, a demás presentan susceptibilidad a la erosión.
  
- ❖ Los indicadores más utilizados por los agricultores en las toposecuencias estudiadas son el color y contenido de humedad del suelo. La importancia de estos parámetros fue corroborado con los indicadores técnicos de calidad de suelo evaluados, refiriéndose al contenido de materia orgánica y la resistencia mecánica.

- ❖ Ciertas plantas que crecen en los suelos cultivados como indicadores de calidad; debido a la dinámica de éstas responden a cambio en las características físicas, químicas y biológicas de los suelos. Por lo que, los productores ubican en primeros lugar; la materia orgánica, el color y la humedad, por su influencia con muchas propiedades físico- químicas, después la dureza ( compactado) del suelo y por último, las plantas como indicadores de suelos.
  
- ❖ Los indicadores técnicos de calidad de suelos utilizados en esta investigación reflejan considerables atributos para medir la calidad de suelos y, son de gran confiabilidad debido a la interpretación de los resultados.

## VI.- RECOMENDACIONES

- ☞ Promover un adecuado manejo de la materia orgánica mediante la no quema, así como la incorporación de rastrojos al suelo con el fin de mejorar las propiedades física y química del suelo.
  
- ☞ Implementar la Agro-forestería en las áreas que están destinadas a pastos, y la reforestación en aquellas áreas que se han talado, por el avance de la frontera agrícola, de lo contrario el problema de degradación de suelos incrementará.
  
- ☞ Implementar una mejor distribución de la carga animal, así como el corte de pasto para reducir el problema de compactación y erosión del suelo provocado por el sobre pastoreo.
  
- ☞ En la microcuenca cuscamá existen suelos degradados físicamente y químicamente, por lo que es necesario implementar obras de conservación de suelos y tomar en cuenta sí realmente estas parcelas son apropiadas para pasto o cultivos semiperenne y perenne.

## VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera C. M. y Martínez E. 1990. Relaciones Agua, Suelos, Planta y Atmósfera. Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 321p.

Arias Jiménez Ana, 1998. Suelos tropicales. Universidad Estatal Distancia. Edición San José, Costa Rica. 168 pp.

Asociación de Municipios de Nicaragua. 1997. Característica Municipal del Tuma La Dalia. 17 pp.

Blandino, C. y Malespín J. 2003. Caracterización Socioeconómica de la microcuenca Cuscamá El Tuma – La Dalia, Matagalpa. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 71 pp.

Boul S.W., Hole F.D., y McCracken R.J. 1991. Génesis y Clasificación se Suelos. Editorial Trillas S.A. de C.V, México, D.F. 527p.

Cairo P. 1995. La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. UNA - Managua, Nicaragua. 228p.

CIAT 2002. Método participativo para identificar y clasificar indicadores locales del suelo a nivel de microcuenca. Guía 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Banco Internacional de Desarrollo (BID), (CIID), COSUDE). Impreso en Cali, Colombia. 255p.

Cierra, M. 1980. Diagnóstico Socioeconómico del sector agropecuario de Estelí. Managua, Nicaragua. 120p.

FAO, 1986. Guía de Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Tipo-lito SAGRAF - Napoli. Vía delle Terme di Caracalla, 00100 roma, Italia. 198p.

FAO 1994. Erosión de suelos en América Latina. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Santiago de Chile. 160p.

FAO, 1996. Planificación y manejo integrados de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Primera Edición. Santiago de Chile. 230p.

- Faustino J. 1996. Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales. Curso corto. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 136p.
- Fassbender, H. W; Bormesza E. 1987. Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José Costa Rica. 440p.
- Fitz Patrick, E.A. 1987. Suelos su formación, clasificación y distribución. Compañía Editorial CONTENC.V. Calz. De Tlalpan Núm. 4620, México 22, DF 430p.
- Foth H.D. 1987. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía editorial Continental, S.A. de C.V. Calz. De Tlalpan número 4620, México 22, D.F. 433p.
- Forsythe Warren, 1980. Física de Suelo, manuela de laboratorio. Editorial II CA San José Costa Rica. 212 pp.
- Fuentes Y.J.L. 1994. el suelo y los fertilizantes. Ediciones MUNDI-PRENSA. Castellón, 37.28001 Madrid. 327 p.
- Gavande A. S. 1987. Física de Suelos, principios y aplicaciones. editorial LIMUSA, S.A. de C.V., Balderas 95, primer piso, 06040, México, D.F. 352p.
- Geilfus F. 1997. 80 Herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, la planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Internacional de Cooperación para Agricultura, IICA-GTZ, San Salvador, El Salvador. 208p.
- Gliski, J. Y Lipie, J . 1990. Soil Phifical Condition y Plant Ruots. C. R. C. Presa Inc. Florida, 250 pp.
- Henriquez H. y Cabalceta G. 1999. Guía práctica para el estudio Introdutorio de los suelos con un enfoque agrícola. 1ra. Edición- San José Costa Rica: ACC. 111 pp.
- INTA/ FAO, 2001. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua. Proyecto (Manual del extensionista) GCP /NIC /025 /NOR. INTA/ FAO. Gobierno de Nicaragua y Noruega. 130 pp.
- Juárez. B. y Rodríguez R. 1986. Mecánica de Suelos. Tomo I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Balderas 95, Primer piso, 06040, México. 642p.
- Koppen W. 1984. La división de los climas sobre la base de temperatura, precipitación y el cursos de las estaciones climáticas. México D.F. 2-45p.

- Morales J. 2001. Planificación y manejo Integrado de Cuencas hidrográficas. FARENA- UNA. Managua, Nicaragua. 118 pp.
- Ortíz V. B. Ortíz S. C. A. 1990. Edafología. Editora V. Gómez Cueva. Universidad Autónoma de Chapingo. Carretera México - Texcoco Km 38.5. 394 p.
- Plá Santis I. 1994. Labranza y Propiedades físicas de los suelo. Cursos sobre los efectos de labranzas en las propiedades física de los Suelos. Buenos Aires, Argentina. 80p.
- Porta, J. López, M y Roquero, C 1999. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. Mudi – Presa México S.A. de C.V Río Pánuco, 141 – Col. Cauhtémoc. 06500 México D:F. 849 pp.
- Quintana ,J. O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva Yor. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua, Nicaragua. 60p.
- Rodríguez I. Aquirrez C y Mendoza R. 2000. Actualización del estado del recurso suelos, y capacidad de uso de la Tierra, de los Municipios de Santa Teresa y Nandaime. Universidad Nacional Agraria. Proyecto Sur - Oeste. Managua, Nicaragua. 68p.
- Rodríguez I. 2001. Taller de Capacitación en Aspectos Básicos de la Ciencia del Suelo y Clasificación de la Capacidad de uso de la Tierra. Universidad Nacional Agraria. Proyecto Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en el Sur Oeste de Nicaragua., DR-GTZ. Managua, Nicaragua. 208 p.
- Sampat, G,S. 1987. Física de suelos, principios y aplicaciones. Editorial LIMUSA. México, D:F, 352 pp.
- Sánchez P.A. 1981. Suelos del Trópico, Características y Manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 634p.
- Somarriba Ch. M. 1993. Texto básico de Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria, Managua Nicaragua. 70 pp.
- Ulloa S. et al 1994. Transferencia de Tecnología para el desarrollo Rural. Retos, Problemas y Perspectivas. Programa de Apoyo para la Agricultura Sostenible en Ladera de América Central, Managua, Nicaragua. 46 pp
- Watler R.W.J. y Thompson C.D.D. 2002. Clasificación y Caracterización

Taxonómica Agrológica de los suelos de la Microcuenca Cuscamá, con una propuesta Agro ecológica del uso mayor de la Tierra. El Tuma - La Dalia, Municipios del Departamento de Matagalpa. Periodo 2001 al 2002. UNA - Managua, Nicaragua. 151p.



ANEXO

Anexo 1. Encuesta de campo, 2003.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS

Encuesta de campo

Dueño: \_\_\_\_\_ Finca : \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Pendiente % \_\_\_\_\_ Área: \_\_\_\_\_ Uso actual: \_\_\_\_\_

1. ¿Tiempo que tiene de habitar en la finca? \_\_\_\_\_

2. Cuál es el uso de la finca: \_\_\_\_\_

3. ¿Cómo tiene distribuida la finca? \_\_\_\_\_

4. ¿Cómo describe un suelo excelente, regular y malo? \_\_\_\_\_

5. ¿A que cree usted que se debe estos bajos rendimientos? \_\_\_\_\_

6. ¿Cree usted que toda la finca tienen el mismo tipo de suelos? \_\_\_\_\_

7. ¿Cómo un agricultor identifica tierras degrada en el campo? \_\_\_\_\_

8. ¿Qué tipo de labranza utiliza en su finca? \_\_\_\_\_

9. ¿Conoce usted algún tipo de plantas (no cultivada) que crece dentro de su suelos malo? \_\_\_\_\_

10. ¿Conoce usted algún tipo de plantas (no cultiva) que crece dentro de sus suelos malo? \_\_\_\_\_

11. Dibuje su finca con sus parcelas. \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_