

**EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS
GENERADO POR EL MANEJO DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL EN
SISTEMAS DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*), MORA (*Rubus
glaucus*), Y GANADERÍA EN COMPARACIÓN CON BOSQUES
SECUNDARIOS EN LA ASOCIACIÓN SANTIAGO-PUTUMAYO.**

**MYLEIDI ANDREA MUÑOZ CAICEDO
ESTEFANNY CAROLINA TAQUEZ CALVACHE
MARIVI DE LOS ANGELES DIAZ TIMARAN**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2016**

**EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS
GENERADO POR EL MANEJO DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL EN
SISTEMAS DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*), MORA (*Rubus
glaucus*), Y GANADERÍA EN COMPARACIÓN CON BOSQUES
SECUNDARIOS EN LA ASOCIACIÓN SANTIAGO-PUTUMAYO.**

**MYLEIDI ANDREA MUÑOZ CAICEDO
ESTEFANNY CAROLINA TAQUEZ CALVACHE
MARIVI DE LOS ANGELES DIAZ TIMÁRAN**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para
optar el Título de Tecnólogo Ambiental**

Asesora:

ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA I.A. Esp. M.Sc

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2016**

NOTA

“Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo”. (CIECYT)

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado 1

Jurado 2

Jurado 3

Adriana del socorro Guerra Acosta I.A. Esp. M.Sc
Asesora.

Sibundoy Putumayo, Noviembre del 2016.

DEDICATORIA

Todo este proyecto va dedicado principalmente a Dios quien me ha dado la fortaleza necesaria para seguir luchando por mis sueños, y lograr mis objetivos propuestos.

A mi padres Marina Calvache y Julio Táquez por ser el motor de mi vida, por acompañarme paso a paso en este camino lleno de alegrías y tristezas, triunfos y fracasos; depositando en mí su confianza, amor y dedicación, por brindarme su apoyo tanto afectivo e intelectual como económico; y aprender que los golpes y errores no fueron la causa para darme por vencida, sino que fueron motivos para levantarme y seguir adelante, porque el que persevera alcanza.

A mis hermanos Viviana y Camilo quienes con sus consejos, su forma de ser me han impulsado a comprometerme de lleno con mi responsabilidad de estudiante para cumplir con una de mis metas, por estar en los momentos más difíciles siendo mi apoyo incondicional y mi mano amiga.

A mis tías, abuelos, primos (as), y demás familiares por brindarme su apoyo y confianza, alentándome con sus buenos deseos para salir adelante.

A la Magister Adriana Guerra Acosta, por ser nuestro apoyo, guía y amiga transmitiéndonos todos sus conocimientos y valores que nos hacen crecer como seres humanos y en especial por el respaldo brindado a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A todos mis profesores y administrativos que con su entrega, paciencia y gestión; me abrieron las puertas de esta institución donde me forme como profesional para ser de gran utilidad a la sociedad que me rodea.

A Aura Caicedo por convertirse en una segunda madre, quien se ha preocupado para que lleguemos con éxito hasta este punto, motivándonos para salir adelante, brindándonos todo su amor, confianza, paciencia, y comprensión.

A todos mis compañeros y amigos, en especial a Myleidi Andrea Muñoz y Marivi de los Ángeles Díaz, por compartir su tiempo lo largo de estos años convirtiéndose en mi segunda familia, por su compromiso y dedicación al cumplir con todas las actividades diarias programadas, pese a todas las dificultades que se pudiesen presentar.

ESTEFANNY CAROLINA TÁQUEZ CALVACHE

DEDICATORIA

Dedico estas tesis a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor; a mis padres Robert Díaz revelo y Leyla del Carmen Timaran por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi abuela Claudia Mavisoy por apoyarme constantemente, por sus hermosos consejos por estar ahí cuando más la necesito por los valores que me ha inculcado desde pequeña por regalarme su amor puro y sincero. A mis pequeños hermanos por motivarme a luchar por cada uno de mis sueños, por esa sonrisa que me llenan de alegría y valores que aprendo diariamente de ellos y sobre todo por el amor sincero que me brindan.

A Fabio Jossa Mafla por su apoyo incondicionalmente, durante todo este proyecto, por sus consejos y su motivación constante.

A Aura Caicedo por vernos acompañado durante este proyecto de investigación por motivarnos a salir adelante y por haber estado constantemente con nosotros.

A todos mis profesores por su gran apoyo en especial por enseñarnos y sobre todo por su paciencia diariamente ;en especial a la Magister Adriana Guerra Acosta por motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto de investigación ; a su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A mis amigas y amigos que se han convertido en mi segunda familia por ver aprendido muchas cosas de ellos por sus consejos y su amabilidad y sobre todo su paciencia que me han acompañado a largo de nuestro proyecto de investigación en especial a mis compañeras y a la vez amigas Carolina Taquez Calvache Y Mileidy Andrea Muñoz por el compañerismo, la comprensión, el esfuerzo y dedicación a nuestro proyecto, mil gracias por todo este tiempo compartido.

MARIVI DE LOS ANGELES DIAZ TIMARAN.

DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto
y haberme brindado salud para lograr mis objetivos y
Además de su infinita bondad y amor.*

*A mis padres Aura y Orlando, por su incondicional apoyo, corregir mis errores y
permitirme aprender de ellos, ser el motor de mi vida para levantar la cabeza y
mirar hacia adelante, instruirme de valores y principios, enseñarme que con
dedicación y responsabilidad todo se puede lograr, estar a mi lado en mis
triumfos y derrotas, y sobre todo sacrificar parte de sus vidas para triunfar en la
mía.*

*A mi hermanas Brady Ailen y Dianed Doraine por ser un ejemplo de perseverancia y de las
cuales aprendí a vivir con pasión y hacer emocionante cada día de mi vida.*

*A mis abuelitos, tíos, primos y demás familiares; que a lo largo de estos años han
depositado su confianza en mis capacidades, me han llenado de consejos y me
han brindado su apoyo tanto afectivo e intelectual como económico.*

*A mis sobrinos por enseñarme que con la inocencia y la sonrisa de un niño la vida
puede tornarse color arco iris y que cada día vean en mi un ejemplo para luchar
y seguir adelante con los sueños y metas.*

*A la Magister Adriana Guerra Acosta por su gran apoyo y motivación para la
culminación de nuestros estudios y para la elaboración de este proyecto; por su
tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación
profesional.*

*A Estefany Carolina y Marivi de los Ángeles por permitirme realizar al lado de ellas este
hermoso trabajo, por soportar mis locuras y enseñarme que con una sonrisa y un
abrazo cualquier inconveniente tiene su solución.*

*A Carmen Julia Lara por formar parte de mi vida, apoyarme en cada momento a lo largo
de mi carrera y mi estudio, por convertirse en más que una amiga y por dedicar
parte de su tiempo y consejo para formarme como persona.*

*A los docentes, compañeros y amigos que en mi formación
académica han contribuido de una u otra manera, siendo retro
alimentadores de conocimientos y fomentadores de ingenio.*

MYLEIDI ANDREA MUÑOZ CAICEDO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos por el apoyo en la planeación, formulación, ejecución y evaluación del trabajo de grado; a las siguientes personas e instituciones:

A la I.A. Esp. M.Sc. Adriana del Socorro Guerra Acosta, docente de la Facultad de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico del Putumayo; por brindar su confianza, asesoría y dedicación durante el proceso de investigación.

Al Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy, por facilitarnos los materiales y equipos del laboratorio.

Al magister Jorge Vélez Lozano docente de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño por su colaboración en el proceso estadístico del proyecto.

A los habitantes y propietarios de los predios ubicados en la Asociación Santiago del municipio de Santiago, por su tiempo y colaboración con el desarrollo del proceso.

Al I.A. M.Sc. Ph.D Marco Hugo Ruiz Erazo, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño; por su aporte de conocimientos y apoyo en el desarrollo de los laboratorios de física de suelos.

Al I. Agroforestal Jhon Sarasty, profesional de laboratorio de física de suelos de la Universidad de Nariño.

A la secretaria de planeación municipal de Santiago Putumayo por facilitarnos la información necesaria para la realización de este proyecto.

A los docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy, por su compromiso con la formación integral que nos han brindado durante los estudios tecnológicos.

A todas las personas que nos colaboraron con el apoyo logístico, contribuyendo en este proceso investigativo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	20
4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
4.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA	21
5. JUSTIFICACIÓN	22-23
6. OBJETIVOS	24
6.1 OBJETIVO GENERAL	24
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
7. HIPÓTESIS	25
7.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL	25
7.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	25
8. MARCO DE REFERENCIA	26
8.1 MARCO CONTEXTUAL	26
8.1.1 Departamento del Putumayo.	26
8.1.2 Municipio de Santiago	26
8.1.3 Asociación Santiago (ST)	26-27
8.2 MARCO LEGAL	28-30
8.3 MARCO TEÓRICO	30
8.3.1 Generalidades de los suelos.	30-31
8.3.2 Funciones del suelo	31-32
8.3.3 Degradación del suelo.	32
8.3.4 Origen de la degradación del suelo. La erosión,	32-33
8.3.5 Factores de la degradación.	33
8.3.6 Degradación física de los suelos por actividad ganadera.	33-34
8.3.7 Problemas en las características físicas de los suelos.	34
8.3.8 Problemas en las características químicas de los suelos.	34-35

8.3.9 Impactos ambientales de la agricultura moderna.	35-37
8.3.10 Impacto ambiental de los agroquímicos en el suelo.	37
8.4 MARCO CONCEPTUAL	37
8.4.1 Agricultura.	37-38
8.4.2 Agroquímicos.	38
8.4.3 Cobertura vegetal.	38
8.4.4 Conductividad hidráulica.	38
8.4.5 Degradación del suelo.	38
8.4.6 Densidad aparente.	38-39
8.4.7 Densidad real.	39
8.4.8 Erosión.	39
8.4.9 Estabilidad estructural.	39
8.4.10 Estructura.	39
8.4.11 Humedad del suelo.	40
8.4.12 Impacto ambiental.	40
8.4.13 Infiltración.	40
8.4.14 Materia orgánica.	40
8.4.15 Permeabilidad.	40
8.4.16 Porosidad.	40
8.4.17 pH.	41
8.4.18 Suelo.	41
9. METODOLOGÍA	42
9.1 LOCALIZACIÓN ASOCIACIÓN SANTIAGO	42
9.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	42-43
9.3 MUESTREO	43-44
9.4 VARIABLES EVALUADAS	45
9.4.1 Propiedades físicas.	45

9.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	46
9.6 METODOLOGÍA DE LABORATORIO	47
9.6.1 Densidad Aparente.	47
9.6.2 Densidad real.	48
9.6.3 Resistencia a la penetración.	49
9.6.4 Conductividad hidráulica.	50-52
9.6.5 Estabilidad de agregados.	52-53
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
10.1 PROPIEDADES FISICAS	54
10.1.1 Densidad Aparente	54-56
10.1.2 Densidad real.	56-57
10.1.3 Porosidad.	57-59
10.1.4 Humedad Gravimétrica.	59-60
10.1.5 Humedad Volumétrica	61-62
10.1.6 Estabilidad de Agregados en Seco.	62-63
10.1.7 Conductividad Hidráulica.	64-65
10.1.8 Resistencia a la penetración.	66-70
10.2 PROPIEDADES QUIMICAS.	71
10.2.1 pH	71-72
10.2.2 Materia orgánica.	72-73
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFIA	76-78
ANEXOS	79-96

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1. Localización Municipio de Santiago y Asociación Santiago.	26
Figura 2. Descripción de los tratamientos.	43
Figura 3. muestreo en campo.	44-45
Figura 4. Procedimiento de laboratorio densidad aparente con anillo	47
Figura 5. Procedimiento de laboratorio densidad real.	48-49
Figura 6. Determinación de resistencia a la penetración.	50
Figura 7. Determinación de conductividad hidráulica.	51
Figura 8. Determinación de la estabilidad de agregados por medio de Shaker	52-53
Figura 9. Procedimiento de laboratorio pH .	54
Figura 10. Procedimiento materia orgánica.	55
Figura 11. Promedio de densidad aparente de los diferentes tratamientos evaluados.	5
Figura 12. Promedio de densidad real de los diferentes tratamientos evaluados.	58
Figura 13. Promedio de porosidad de los diferentes tratamientos a evaluar.	60
Figura 14. Promedio de la humedad gravimétrica de los tratamientos.	62
Figura 15. Promedio de humedad volumétrica %	63
Figura 16. Estabilidad de agregados en seco.	65
Figura 17. Promedios de conductividad hidráulica de los diferentes tratamientos.	66
Figura 18. Resistencia a la penetración T0 (Bosques secundarios)	69
Figura 19. Resistencia a la penetración T1 (Tomate de árbol)	70
Figura 20. Resistencia a la penetración T2 (mora)	70
Figura 21. Resistencia a la penetración T3 (potreros con ganadería)	71
Figura 22. Promedio de pH	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables y técnicas a utilizar propiedades físicas	46
Tabla 2. Variables y técnicas a utilizar propiedades químicas	46
Tabla 3. Análisis de varianza para las variables físicas y química en suelos de la vereda El Cascajo, en agricultura convencional, potreros con ganadería y bosques.	54
Tabla 4. Clasificación de la porosidad	58
Tabla 5. Clasificación de la conductividad hidráulica.	65
Tabla 6. Estimativos de resistencia a la penetración.	65
Tabla 7. Estimativos de pH.	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Mapa ubicación de la zona de muestreo	80
Anexo B. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades A y B.	81-83
Anexo C. Resultados obtenidos en laboratorio de Estabilidad de Agregados en seco en las profundidades A y B.	84-85
Anexo D. Resultados obtenido en laboratorio de Materia Orgánica.	86-87
Anexo E. Resultados de penetrabilidad.	88
Anexo F. Resultados de Conductividad Hidráulica en Laboratorio.	89-90
Anexo G. Analisis de varianza	94
Anexo H. Análisis de Varianza y de Tukey Humedad Gravimétrica profundidad de 20-40 cm.	96

RESUMEN

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional, no consolidado, producto de la interacción de los llamados factores formadores del suelo (clima, rocas, organismos, relieve, tiempo). Está compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se mezclan para formar los horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad, en el cual se alteran sus propiedades debido al inadecuado manejo que se le da mediante la realización de actividades agropecuarias, ganaderas entre otras afectando su equilibrio y por lo tanto deja de cumplir sus funciones (Volke *et al.*, 2005).

Cuando el suelo es usado por el hombre para producir cosechas, una gran parte de la materia orgánica se elimina con aquellas y el cultivo continuado es causa de que ciertos elementos formen nuevas combinaciones químicas que ya no son de utilidad para las plantas. Esto hace que el suelo se empobrezca cada vez más; la razón principal es que los elementos nutritivos pueden ser utilizados por las plantas en ciertas combinaciones circunstanciales y que, en definitiva pueden agotarse y cambiar la capacidad actual y potencial del suelo (Ordóñez y Mendivelso, 2006).

En esta investigación se evaluó el estado actual que presentan los suelos de la zona de estudio y como estos cambios pueden generar o no alteraciones sobre algunas propiedades físicas, como densidad aparente (g/cc) y real (g/cc), humedad gravimétrica (%) y volumétrica (%), porosidad (%), resistencia a la penetración (Mpa), conductividad hidráulica (cm/h) y estabilidad de agregados en seco (SI) y propiedades químicas como pH y materia orgánica, en donde se han llevado a cabo actividades antrópicas; las cuales nos permitieron dar recomendaciones técnicas a los agricultores de los predios para que sean partícipes de prácticas o actividades amigables y sostenibles con el medio ambiente, que garanticen su conservación a lo largo del tiempo.

Para llevar a cabo este estudio, se identificaron predios de vocación agrícola con cultivos de tomate de árbol (*Cypomandra betacea*), mora (*Rubus glaucus*) y potreros con ganadería, en comparación a bosques secundarios, en la Asociación Santiago vereda El Cascajo, para lo cual se establecieron cuatro tratamientos, que fueron los siguientes: T0 (bosques secundarios), T1 (tomate de árbol), T2 (mora), T3 (potreros con ganadería). Cada tratamiento se evaluó con tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales (lotes) donde se elaboró tres cajuelas

en forma aleatoria, tomando muestras disturbadas y sin disturbar a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm.

De acuerdo con la información obtenida de cada una de las propiedades físicas y químicas evaluadas con relación a los diferentes tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de significancias de Tukey donde ($P > 0.05$), lo cual permitió discutir los resultados obtenidos; en cuanto las propiedades físicas evaluadas como D_a (g/cc), D_r (g/cc), Porosidad (%), estabilidad de agregados en seco (SI), resistencia a la penetración (Mpa), conductividad hidráulica (cm/h), y propiedades químicas tales como pH y materia orgánica, se deduce que no se presentaron diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P < 0.05$), pero más sin embargo si se presentaron diferencias estadísticas con humedad gravimétrica (%) entre tratamientos T1 (bosques secundarios) y T3 (potreros con ganadería) con un P valor de 0,06.

Obteniéndose los valores promedios de D_a , más altos se evidenciaron en el T2 (Mora) con un valor de 1,9 g/cc para la D_r el valor más alto se lo obtuvo en el T3 (potreros con ganadería), en cuanto a porosidad el T3 (potreros con ganadería) obtuvo un valor de 77,8 %, humedad gravimétrica con un valor más alto el T1 con 188,7 % en su profundidad de 0-20 cm, en cuanto a la humedad gravimétrica el valor más alto es el T3 (potreros con ganadería) con 67 %, para la estabilidad de agregados en seco los cuatro tratamientos evaluados presentan un estimativo estable ya que los valores oscilaron entre 3,4 y 4,6 respectivamente; obteniéndose el valor más alto para el T0 (bosques) con 4,6 en su profundidad 0-20 cm, en lo que respecta a la conductividad hidráulica el T3 (potreros con ganadería) presenta valores de 1,4 cm/h, para la resistencia a la penetración el valor más alto se evidenció en el T3 (potreros con ganadería).

En cuanto a las variables químicas como pH el T3 (potreros con ganadería) presenta el valor más alto con 6,0 en la profundidad 20-40 cm, lo cual indica que el pH de esta zona se encuentra en un estimativo de fuertemente ácido a moderadamente ácido para lo cual se recomendó realizar enmiendas calcáreas, que precipiten los niveles de aluminio (Al), y eleven los valores de pH.

SUMMARY

The soil is a natural body, three-dimensional, not consolidated, product of the interaction of the so-called formative factors of soil (climate, rocks, agencies, relief, time). It is composed of solids (material mineral and organic), liquids and gases which are mixed to form the horizons or layers differentials, a result of the additions, losses, transfers and transformations of energy and matter through time, and whose thickness can go from the surface of the earth up to several meters in depth, which alter their properties due to the improper handling that is given through the implementation of agricultural activities, livestock between other affecting your balance and therefore ceases to fulfill their functions (Volke et al., 2005).

When the soil is used by man to produce crops, a large part of the organic matter is removed with those and the continued cropping is a cause that certain elements form new chemical combinations that are no longer useful for plants. This makes the soil impoverishment each time more; the main reason is that the nutritious elements can be used by plants in certain combinations circumstantial and that, in the final analysis may be exhausted and change the present and potential capacity of the soil (Ordóñez and Mendivelso, 2006)

In this research we evaluated the current status in soils of the study area and how these changes can generate or no alterations on some physical properties such as bulk density (g/cc) and real (g/cc), humidity gravimetrics (%) and volumetric (%), porosity (%), resistance to penetration (MPa), hydraulic conductivity (cm/h) and aggregate stability in dry, and chemical properties such as pH and organic matter, where they have carried out anthropic activities; which allowed us to give technical recommendations to farmers of the farms to become participants in practices or activities friendly and sustainable with the environment, to ensure their conservation over time.

To carry out this study, identified parcels of agricultural vocation with tomato crops (*Cypomandra betacea*), blackberry (*Rubus glaucus*) and pastures with livestock, compared to secondary forests, in the Association Santiago sidewalk rubble, for which four treatments were, which were the following: T0 (secondary forests), T1 (tree tomatoes), T2 (mora), T3 (pastures with livestock). Each treatment was evaluated with three repetitions for a total of 12 experimental units (batch) where they developed three cajuelas at random, taking samples disturbadas and without disturbing depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm.

According to the information obtained from each of the physical and chemical properties evaluated in relation to the different treatments, an analysis of variance (ANOVA) and significances in Tukey tests were performed where ($P > 0.05$), which allowed to discuss the results; When evaluated as physical properties (g/cc),

Dr (g/cc), porosity (%), stability of aggregates, resistance to penetration (Mpa), hydraulic conductivity, and chemicals such as pH and organic matter properties, it follows that there were no significant statistical differences in this variable among treatments, with averages for similar ($P > 0.05$), but however if presented statistical differences with gravimetric moisture (%) among treatments T1 (secondary forest) and T3 (paddocks with livestock) with a P value of 0.06.

Obtaining the mean values of D_a , highest is evidenced in the T2 (Mora) with a value of 1.9 g/cc for the Dr the highest value it was obtained in the T3 (pastures with livestock), in regard to porosity the T3 (pastures with livestock) obtained a value of 77.8 %, moisture gravimetrically with a higher value T1 with 188,7 % in its depth of 0-20 cm, in regard to the moisture gravimetrics the highest value is the T3 (pastures with livestock) with 67 %, for the aggregate stability in dry the four treatments evaluated presented an estimate stable since the values ranged between 3.4 and 4.6 respectively; however more was obtained the Highest value for T0 (forests) with 4.6 in its depth 0-20 cm, in regard to the hydraulic conductivity the T3 (pastures with livestock) displays values of 1.4 cm/h, for resistance to the penetration the highest value was evident in the T3 (pastures with livestock).

With regard to the variables chemical and pH the T3 (pastures with livestock) presents the highest value with 6.0 in the depth 20-40 cm, which indicates that the pH of this zone is located in an estimate of strongly acid to moderately acid for which recommended amendments calcareous, that precipitate the levels of aluminum (Al), and raise the pH values.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es una de las principales causas que afecta la salud de este recurso, a través, de la disminución o declive a largo plazo de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios, va aumentando en severidad y extensión en muchas partes del mundo, con más del 20 % de las tierras agrícolas afectadas, el 30 % de los bosques y el 10 % de los pastizales; restringiendo la productividad agrícola, la migración, y la seguridad alimentaria, debido a prácticas inadecuadas en sistemas de producción y uso de una agricultura convencional en exceso (FAO 2012).

En Colombia es preocupante, ya que las zonas más afectadas por estos procesos de desertificación corresponden a las zonas que tradicionalmente se han destinado a la producción de alimentos, es decir bajo un manejo de sistema de producción agrícola, mediante el sobre-laboreo y mal manejo en general.

Este modelo agrícola convencional tiene como base seis prácticas fundamentales, estas son; labranza intensiva, monocultivos, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos (Gliessman, 1998, Altieri, 1999).

Es por ello que la agricultura necesita incorporar técnicas de laboreo y conservación que puedan dar solución a las diferentes problemáticas ambientales, sociales y económicas; en donde el agricultor se convierta no sólo en el protector del medio en el que vive, sino en uno de los principales garantes de la conservación de un medio natural imprescindible para todos (González, 2001).

Por lo tanto en la investigación, se evaluó el recurso suelo en los sistemas cultivos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), mora (*Rubus glaucus*), potreros con ganadería en comparación con bosques secundarios como referente del estado actual de los suelos evaluados en la asociación Santiago; teniendo en cuenta las diferentes propiedades físicas como; densidad aparente y real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica y volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), estabilidad de agregados en seco (SI) y conductividad hidráulica (cm/h) y químicas como pH, y materia orgánica, que nos permitió realizar un análisis del estado actual de dichas propiedades, generados en la zona de estudio, sabiendo que es una de las zonas de mayor presión productiva del municipio de Santiago.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación de los suelos es un problema que a largo plazo, afecta significativamente la base de los recursos naturales, la capacidad de producir alimentos y la seguridad alimentaria en el planeta, en particular de los grupos poblacionales de menores recursos económicos (Cantú, 2007).

Esta degradación conlleva a una serie de aspectos negativos afectando las propiedades tanto físicas como químicas del recurso.

Entre las principales causas del deterioro físico del suelo están las siguientes, exceso de mecanización, monocultivos, pérdida de la materia orgánica, y drenaje, que lo conducen a una reducción gradual o acelerada, temporal o permanente, de su capacidad productiva y/o al incremento de los problemas de más costos de producción (Alfaro *et al* 1995).

El hombre en su afán de mejorar su bienestar socio-económico, siempre se ha preocupado en su diario laboral por mantener sano el cultivo y más no por el suelo, que es el recurso primordial que le sustenta los rendimientos de su producción y a su vez actúa como un filtro ambiental.

Es por ello que la agricultura convencional juega un papel determinante en la degradación de las propiedades que componen este recurso, debido al manejo antrópico inadecuado que altera todos los componentes de este, considerándolo como un soporte inerte donde se puede llevar a cabo el desarrollo de muchas actividades pero sin ningún tipo de consideración ambiental; es a partir de la revolución verde que esta agricultura se ha ido convirtiendo en una actividad cada vez más dependiente de combustibles fósiles y la fertilización química, llevándolo a comportarse como un emisor de CO₂ hacia la atmosfera, al sufrir pérdidas progresivas de contenidos de materia orgánica que el suelo mantenía almacenado y con ello la disminución de la fertilidad productiva (Bolke *et al*; 1989).

Por ende se llevó a cabo esta investigación que nos permitió la evaluación del estado actual de algunas propiedades físicas y químicas, generado en las zonas de muestreo, cultivos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), mora (*Rubus*) y potreros con ganadería en comparación con bosques secundarios, para así dar recomendaciones técnicas para el manejo y conservación de este importante recurso, en la Asociación Santiago.

4.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA

¿La agricultura convencional ha generado cambios en algunas propiedades físicas y químicas de suelos manejados con cultivos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), mora (*Rubus glaucus*), y potreros con ganadería, de la Asociación Santiago?

5. JUSTIFICACIÓN

La degradación de los suelos, entendida como los procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos), que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo, afectando la productividad de los ecosistemas para sostener la vida humana, está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características intrínsecas de los suelos, pero sobre todo con el uso inadecuado del recurso hídrico, suelo, flora y fauna, deforestación, y el establecimiento de sistemas agrarios inapropiados, que causan cambios y alteraciones en el equilibrio dinámico del suelo con el medio ambiente, debido a perturbaciones naturales o antrópicas (Oldeman, 1989).

La degradación física de los suelos en sistemas de producción agrícola caracterizados por una intensa mecanización, utilización de insumos químicos y escasa incorporación de abonos orgánicos, tienen repercusiones directas sobre el suelo, ocasionando la compactación aproximadamente en los 20 cm de profundidad, que se refleja en un aumento de la densidad aparente, lo cual dificulta el enraizamiento de las plantas y disminuye el espacio poroso necesario para la retención de humedad; afectando el rendimiento y la calidad de los cultivos (Oldeman, 1988).

La aplicación de técnicas de agricultura intensiva, caracterizada por un proceso generalizado de tumba y quema de bosques como practica previa a la introducción de monocultivos, el uso indiscriminado de maquinaria agrícola, aplicación desmedida de fertilizantes y pesticidas , entre otros; conllevan a la consecuente degradación progresiva parcial o total de los suelos y la productividad de los cultivos (Obando 2000).

Este proceso de análisis de suelo, se realizó a través de algunas variables físicas como densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica y volumétrica (%), estabilidad de agregados en seco (SI), resistencia a la penetración (Mpa) y conductividad hidráulica (cm/h) y químicas como pH, y materia orgánica, las cuales nos permitieron identificar como el uso y manejo dado por parte de los propietarios de los predios generan o no cambios en dichas propiedades, y por ende contribuir por medio de recomendaciones e implementación de prácticas agrícolas eficientes, la recuperación y conservación de este importante recurso, contribuyendo a la calidad del suelo, de sus beneficiarios y procesos ambientales inmersos a él.

IMPACTO AMBIENTAL

El hombre en su afán de poder y en busca de su beneficio propio, ha utilizado irracionalmente áreas agrícolas sin ninguna consideración ambiental, llevando consigo a la degradación parcial o total de sus propiedades tanto físicas, químicas y biológicas, por el uso indiscriminado de agroquímicos, herbicidas, labranza inapropiada, contaminación ambiental, pérdida de la materia orgánica y biodiversidad en el marco de un agricultura convencional y mal manejo del recurso

suelo, aumentando la susceptibilidad a la erosión, afectando la productividad a largo plazo y por ende la seguridad alimentaria.

Al realizar la evaluación y análisis, del cambio de algunas propiedades físico-químicas, en los diferentes sistemas de producción, se conoció el estado actual del recurso suelo, a través de variables físicas y químicas, que nos permitieron plantear estrategias para su manejo ambiental y por ende garantizar su conservación a través del tiempo, al constituirse como la base primordial para la supervivencia y manejo ambiental.

IMPACTO ÉTICO

Con la presente investigación se pretendió dar a conocer el estado actual del suelo a los propietarios de los predios, en los diferentes sistemas de producción evaluados, a través del manejo que ellos realizan, y los efectos negativos que trae consigo el uso inadecuado de estas áreas agrícolas a corto y largo plazo, con el propósito de que los agricultores tengan en cuenta su importancia y dentro de él lleven a cabo actividades amigables con el ambiente en beneficio de su conservación, al ser uno de los recursos primordiales que mantiene la vida en el planeta.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el cambio de las propiedades físico-químicas generado por el manejo de la agricultura convencional en sistemas de cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), mora (*Rubus glaucus*), y potreros con ganadería, en comparación a bosques secundarios, a través de muestreos en suelos de la Asociación Santiago.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas como densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica y volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), estabilidad de agregados en seco (SI) y conductividad hidráulica (cm/h), del estado actual en el suelo, y químicas tales como pH y materia orgánica.
- Plantear alternativas de manejo ambiental de los sistemas de producción evaluados.

7. HIPÓTESIS

7.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL

El manejo de la agricultura convencional en cultivos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), mora (*Rubus glaucus*), y potreros con ganadería, ha generado cambios en algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

7.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ No existen diferencias significativas entre las propiedades físicas y químicas evaluadas.

$H_a: \mu_j: \mu_j; j \neq j;$ por lo menos un tratamiento produce un valor medio disímil en las diferentes propiedades físicas y químicas de los suelos evaluados.

8. MARCO DE REFERENCIA

8.1 MARCO CONTEXTUAL

8.1.1 Departamento del Putumayo. Es uno de los 32 departamentos de Colombia y se encuentra al suroeste del país, al norte de las fronteras con Ecuador provincia de Sucumbíos y Perú departamento de Loreto. Al norte se encuentran Cauca y Caquetá, al oeste el departamento de Nariño y al este Amazonas. Este territorio hace parte además de la región amazónica colombiana. Tiene una superficie de 24.885 km². Geográficamente el Putumayo se encuentra localizado entre 01° 26' 18" y 00° 27' 37" de latitud norte, y 73° 50' 39" y 77° 4' 58" de longitud oeste. La capital es la ciudad de Mocoa (Gobernación del Putumayo 2001).

8.1.2 Municipio de Santiago. Se encuentra ubicado al sur occidente Colombiano en el departamento del Putumayo distante 90 Km, de la capital Mocoa. Limítrofe con el departamento de Nariño, dista solo 55 Km de Pasto su capital y su principal centro abastecedor. Con los municipios de San Francisco, Colón y Sibundoy, forma parte de la Sub-región del Alto Putumayo, extensión total 791.2 km², extensión área urbana 0.4584 km², altitud de la cabecera municipal 2150 m.s.n.m. de climas definidos básicamente por la altitud, siendo húmedos a muy húmedos.

Posee temperaturas promedios de 11 a 16°C y un promedio anual de lluvias entre 1710 – 1850 mm. Esta zona se encuentra siempre húmeda y los suelos saturados por lluvias intensas.

8.1.3 Asociación Santiago (ST)

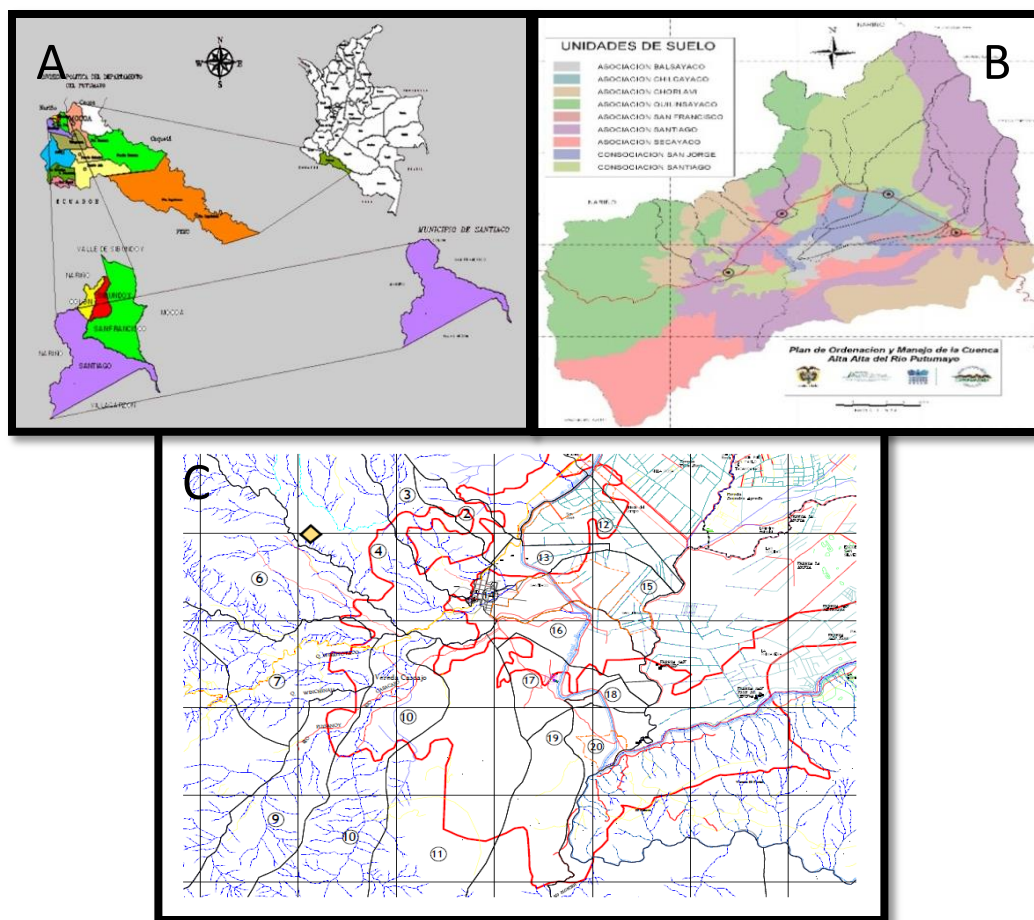
En el municipio de Santiago donde se encuentra esta asociación es de clima frío muy húmedo, con una zona de vida correspondiente al bosque pluvial montano (bp-M) relieve fuertemente ondulado a escarpado, generalmente con pendientes corta y largas de grado 16%-30%-65% que han sido modelados en algunos sectores por depósitos de cenizas volcánicas. Son frecuentes los procesos geomorfológicos como escurrimiento difuso, soliflucción, deslizamientos, reptación y patas de vaca los cuales dan al área un aspecto ligero a moderadamente erosionado.

La asociación está constituida en un 70% por suelos inceptisoles ocupan las áreas de relieve más suave, donde se conservan algunos depósitos de cenizas volcánicas y se caracterizan por presentar una capa de óxidos de hierro dentro de los primeros 100 cm de profundidad. Son profundos a moderadamente profundos, bien drenados, presentan horizontes de ABC, texturas que van de franco arenosas a franco arcillosas y colores oscuros en superficie grises a muy oscuros sobre pardo oscuro, amarillento oscuro a amarillo parduzco en profundidad; en un 20%

de estos están limitados por la presencia de una banda de hierro y materia orgánica.

Otro 30% de los suelos son entisoles los cuales presentan un perfil de tipo AR colores pardo rojizo oscuro, sobre pardo muy oscuro, texturas al tacto franco arcillosas. Son muy superficiales limitados por presencia de roca después de los 30 cm de profundidad ocupan las áreas muy escarpadas y evolucionan a partir de rocas ígneas (granitos). El drenaje natural es excesivo (Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2.009) Fig. 1.

Fig. 1. Localización Municipio de Santiago y Asociación Santiago.



A.) Municipio de Santiago. B.) Asociación Santiago. C.) Zona de estudio N°10.

8.2 MARCO LEGAL

El principal propósito de la normatividad es el de establecer bases legales sobre la conservación y protección del recurso suelo, para prevenir la degradación ocasionada por prácticas agrícolas y ganadería en la Asociación Santiago y el manejo que los propietarios establecen en los predios

Dicha normatividad se resume de la siguiente manera:

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991

En la Constitución Nacional se presentan 17 artículos específicos, relacionados con la protección, conservación, control y mejoramiento de los recursos naturales: 49, 67, 79, 80, 81, 82, 88, 95, 277, 313, 317, 330, 331, 334 (Menciona específicamente, uso del suelo), 360, 361 y 366, a los cuales se refiere la Corte Constitucional.

CAPÍTULO 3: DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE

ARTÍCULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.

La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

ARTÍCULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

DECRETO 2811 DE 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

ARTICULO 3. De acuerdo con los objetivos enunciados, el presente Código regula:

3o. la tierra, el suelo y el subsuelo.

7o. Las pendientes topográficas con potencial energético.

8o. Los recursos geotérmicos.

9o. Los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental e insular de la República.

ARTICULO 178. Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo a sus condiciones y factores constitutivos.

Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.

ARTICULO 179. El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora.

En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

ARTICULO 180. Es deber de todos los habitantes de la República colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos.

Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

LEY NÚMERO 99 DE 1993 (22 de diciembre)

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Artículo 3. Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

Ley 23 de 1973, CAPITULO II. DE USO Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS:

Artículo 182. Estarán sujetos a adecuación y restauración los suelos que se encuentren en alguna de las siguientes circunstancias:

- Numeral c sujeción a las limitaciones físico-químicas y biológicas que afecten la productividad del suelo.

LEY 388 DE 1997

Artículo 10. Señala lo siguiente: "Determinantes de los planes de ordenamiento territorial. En la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, los municipios y distritos deberán tener en cuenta los siguientes determinantes, que constituyen normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes:

Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales así:

a. Las directrices normas y reglamentos expedidos en ejercicio de sus respectivas facultades legales por las entidades del Sistema Nacional Ambiental en los

aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Código de Recursos Naturales, tales como las limitaciones derivadas del estatuto de zonificación de uso adecuado del territorio y las regulaciones nacionales sobre el uso del suelo en lo concerniente exclusivamente a sus aspectos ambientales.

b. "Las regulaciones sobre conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, en las zonas marinas y costeras, las disposiciones producidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción en cuanto a la reserva, alindamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelo, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas expedidas por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, y las directrices y normas expedidas por las autoridades ambientales para la conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica.

RESOLUCIÓN 0544 DE 1995 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA.

En diciembre de 1995 se expidió la primera resolución sobre productos orgánicos en Colombia llamada Resolución 0544 de 1995 del Ministerio de Agricultura.

En el abril 2002 se expide una nueva ley denominada Resolución 00074 de 2002 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

Definición de Agricultura orgánica como se encuentra en el texto de la ley: Se entiende por productos agropecuarios agroecológicos a aquellos productos alimenticios agropecuarios primarios y procesados, obtenidos de acuerdo con lo estipulado en el presente reglamento, y que han sido certificados por una entidad acreditada por el Sistema Nacional de Normalización, Certificación u homologada a nivel nacional.

8.3 MARCO TEÓRICO

8.3.1 Generalidades de los suelos. Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración química y física de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que se asientan sobre ella.

Los suelos se han formado a expensas de rocas y de depósitos de materiales transportados, los cuales han estado expuestos a diferentes procesos (clima, microorganismos, temperatura, vegetación, presión, entre otros) que los diferencia del sustrato geológico del cual provienen.

El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel de vital importancia en el mantenimiento del balance entre la producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera, este recurso no solo es base primordial para el desarrollo de una agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. Además que el suelo constituye un sistema vital de la más alta importancia, bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo crecimiento depende de ellos (Paul y Clark 1996).

Para el observador desprevenido, el suelo es fundamentalmente una formación natural capaz de sostener la vida vegetal, entendiéndose como tal desde la película microscópica y superficial de una roca, hasta los limos aluviales profundos donde pueden desarrollarse bosques frondosos. Esto no es así para el especialista (por ejemplo un agrónomo), quien está urgido de aplicar tecnologías refinadas, indispensables para conservar y mantener altos incrementos en la producción de los suelos (IDEAM, 2001). Para Arellano (2002), los científicos distinguen el suelo de otros materiales geológicos por sus cuatro componentes principales: la existencia de *partículas minerales, material orgánico, agua y aire*. De esta forma, un suelo maduro se forma después de cientos de años en que los diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, logran un contenido de materia orgánica significativo, mezclado con las finas partículas provenientes de la roca madre (Zaror, 2000).

8.3.2 Funciones del suelo. El suelo cumple diversas funciones en el medioambiente. Su degradación acarrea serios problemas para la supervivencia.

- Hábitat y soporte biológico: El suelo constituye el fundamento de la vida en los sistemas ecológicos terrestres. Junto con el agua, el aire y la luz solar proporcionan el hábitat biológico para numerosos organismos y microorganismos.
- Componente del ciclo biológico natural: El suelo interviene como un protagonista activo en los ciclos químicos de vital importancia en el equilibrio de la naturaleza: ciclos de carbono, azufre, nitrógeno y fósforo.
- Generación y transporte de sustancias nutritivas: Para las plantas y los microorganismos del suelo.
- Fuente de materias primas no renovables: El suelo posee yacimientos de minerales no metálicos, de gran interés para la construcción, como: piedra, mármol, caliza, yeso, pizarras, arenas. Asimismo, contiene minerales metálicos, como: blenda, galena, siderita, pirita, y combustibles fósiles, como el carbón.
- Fuente de materias primas renovables: La mayor parte de la producción de alimento, forraje y otras materias primas renovables está relacionada con el suelo.

- Emplazamiento de viviendas e infraestructuras: Las características físicas, químicas y mecánicas del suelo condicionan en gran medida la viabilidad técnica y económica de las infraestructuras de viviendas, edificios, carreteras, áreas de recreo, áreas de deposición de residuos.

8.3.3 Degradación del suelo. Es el proceso degenerativo que reduce la capacidad de los suelos para desempeñar sus funciones, parcial o totalmente. Esto puede obedecer a causas naturales o a consecuencias de las actividades humanas, tales como; la agricultura, ganadería, extracción de minerales y de materiales para la construcción, eliminación de residuos, para actividades recreativas, etc. Lamentablemente, hoy sufre un acelerado proceso de degradación; frenarlo es uno de los grandes retos de nuestra civilización.

Es por ello que al ser el suelo un componente vital del ecosistema debemos cuidarlo y tener en cuenta que su proceso de recuperación es extremadamente lento: la formación de una capa de 30 cm de suelo puede tardar de 1.000 a 10.000 años. Por eso, se lo considera un RECURSO NO RENOVABLE, de extensión limitada. Su uso inadecuado puede provocar su pérdida irreparable en pocos años (Karlen et al., 1997).

8.3.4 Origen de la degradación del suelo. La erosión, entendida como la pérdida de suelo fértil, debido a que el agua y el viento arrastran la capa superficial de la tierra hasta el mar. La erosión del suelo reduce la capacidad de conservación de la humedad de los suelos y deposita sedimentos a las corrientes de agua, afectando la vida marina y transformando el contenido químico de las aguas.

La erosión del suelo también afecta seriamente a la economía local. Cada año la erosión de los suelos provoca una pérdida de entre 5 y 7 millones de hectáreas de tierras cultivables. La disminución de la capacidad productora del suelo, disminuye los ingresos de la comunidad (Karlen et al., 1997)

2- La actividad humana: El ser humano acelera la pérdida de suelos fértiles por la destrucción de la cubierta vegetal, como consecuencia de técnicas inadecuadas de cultivo, sobrepastoreo, quema de vegetación, tala del bosque o la actividad minera (Karlen et al., 1997)

3- Contaminación: La producción y acumulación de residuos industriales, mineros o urbanos degeneran el suelo. Entre los principales contaminantes se citan: la minería, que descarga residuos tóxicos en el suelo; los pesticidas y los productos agroquímicos, como los herbicidas y los fertilizantes (Karlen et al., 1997)

4- Urbanización: Es el avance y crecimiento de las ciudades y la edificación de nuevas poblaciones en suelo fértil hacen que este pierda su potencial agrícola e

impide la recarga de los depósitos de agua subterránea y destruye mucha microflora y fauna que viven en el suelo (Karlen et al., 1997).

8.3.5 Factores de la degradación. Existen diferentes factores que causan la degradación del suelo, todos ellos están interrelacionados lo que dificulta su estudio. Como hemos visto los principales factores de degradación de tierras son la erosión del suelo causada por el viento o el agua, proceso que afecta de forma generalizada en el mundo y que es posible que se agrave por el cambio climático; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas; disminución de la materia orgánica; contaminación; salinización; y pérdida de biodiversidad; o en general de las propiedades económicas del suelo, o la pérdida duradera de vegetación natural (López Bermúdez y J. Rubio, 1992)

La degradación de tierras, como consecuencia de lo anterior, implica importantes cambios socioeconómicos: desequilibrios en los rendimientos y producción de los agrosistemas, disminución o pérdida de ingresos económicos, ruptura del equilibrio tradicional entre las actividades agrícolas y de pastoreo, abandono de tierras y cultivos, deterioro del patrimonio paisajístico, emigración, etc.

8.3.6 Degradación física de los suelos por actividad ganadera. Según un reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 por ciento, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)- que el sector del transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.

“El ganado es uno de los principales responsables de los graves problemas medioambientales de hoy en día. Se requiere una acción urgente para hacer frente a esta situación”, asegura Henning Steinfeld, Jefe de la Subdirección de Información Ganadera y de Análisis y Política del Sector de la FAO, y uno de los autores del estudio.

El informe de la FAO explica que la ganadería utiliza hoy en día el 30 por ciento de la superficie terrestre del planeta, que en su mayor parte son pastizales, pero que ocupa también un 33 por ciento de toda la superficie cultivable, destinada a producir forraje. La tala de bosques para crear pastos es una de las principales causas de la deforestación, en especial en Latinoamérica, donde por ejemplo el 70 por ciento de los bosques que han desaparecido en el Amazonas se han dedicado a pastizales (FAO 2001).

Jaramillo (2002), afirma que la degradación del suelo comprende aquellos procesos que lo conducen a una reducción gradual o acelerada, temporal o permanente de su capacidad productiva e incremento de los costos de producción; además este fenómeno conlleva a la pérdida de uno o varios atributos físicos que

el suelo posee y paulatinamente se convierte en acumulativo que no se detecta fácilmente. Algunos procesos naturales y/o antrópicos que determinan la degradación de los suelos son la erosión, salificación, acidificación, contaminación, y el empantanamiento (Febles y Miranda, 1988). Otros factores que influyen en la degradación son el deterioro de la fertilidad debido a bajos contenidos de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, daños por salinidad y altos contenidos de sodio, predominio de iones tóxicos y manto freático próximo a la superficie (Gálvez *et al*, 1998).

8.3.7 Problemas en las características físicas de los suelos. Mencionan que la degradación física del suelo puede ser definida como la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Esa degradación estructural puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como bajo la capa arada, donde surgen capas compactadas. El manejo inadecuado del suelo lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura (Benítez J. y Friedrich T, 2009)

Se indica que la demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas; generalmente basada en la mecanización con tractores y arados inadecuados para una u otra condición de suelo. Una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin dudas, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y más importantes aún, el deterioro del medio ambiente (Miranda E, 2009).

Agromat. (2006), reporta, que dadas las características naturales del país, los suelos presentan una elevada susceptibilidad a la erosión. El mal manejo de la fertilidad natural y las pocas acciones que se realizan para su mantenimiento y recuperación están ocasionando una reducción progresiva de la capacidad de producción de los suelos que, unida a la erosión, inciden de manera importante en los rendimientos agropecuarios en el país.

8.3.8 Problemas en las características químicas de los suelos. La degradación química del suelo se define como la acumulación en éste de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales. Aunque el empleo de fertilizantes que contienen nutrientes primarios, nitrógeno, fósforo y potasio, no ha producido contaminación de los suelos, la aplicación de elementos traza sí lo ha hecho. El riego de suelos áridos lleva frecuentemente a la contaminación por sales. La utilización de pesticidas ha llevado también a la contaminación a corto plazo del suelo (Higueras P, 2009).

Encuentra que el uso excesivo y el mal uso de insumos externos, como fertilizantes inorgánicos y plaguicidas – conjuntamente con cultivos especializados o monocultivos – puede proporcionar un considerable incremento en la producción general de alimentos, pero también agotan la fertilidad y los componentes biológicos del suelo y degradan los elementos físicos de la tierra (Fao, 2009).

La existencia de componentes químicos que reaccionan entre sí y provocan cambios en el medio, como variaciones del pH, variaciones en la solubilidad de sustancias y otros (Miranda E. 2009).

8.3.9 Impactos ambientales de la agricultura moderna. La agricultura siempre ha supuesto un impacto ambiental fuerte. Hay que talar bosques para tener suelo apto para el cultivo, hacer embalses de agua para regar, canalizar ríos, etc. La agricultura moderna ha multiplicado los impactos negativos sobre el ambiente. La destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, son problemas muy importantes a los que hay que hacer frente para poder seguir disfrutando de las ventajas que la revolución verde nos ha traído.

Los principales impactos negativos son:

a) Erosión del suelo. La destrucción del suelo y su pérdida al ser arrastrado por las aguas o los vientos suponen la pérdida, en todo el mundo, de entre cinco y siete millones de hectáreas de tierra cultivable cada año, según datos de la FAO de 1996. El mal uso de la tierra, la tala de bosques, los cultivos en laderas muy pronunciadas, la escasa utilización de técnicas de conservación del suelo y de fertilizantes orgánicos, facilitan la erosión. En la península Ibérica la degradación de los suelos es un problema de primera importancia.

En los lugares con clima seco el viento levanta de los suelos no cubiertos de vegetación o de los pastizales sobreexplotados, grandes cantidades de polvo que son la principal fuente de contaminación del aire por partículas en estos lugares.

b) Salinización y anegamiento de suelos muy irrigados. Cuando los suelos regados no tienen un drenaje suficientemente bueno se encharcan con el agua y cuando el agua se evapora, las sales que contiene el suelo son arrastradas a la superficie. Según datos de la FAO casi la mitad de las tierras de regadío del mundo han bajado su productividad por este motivo y alrededor de 1,5 millones de hectáreas se pierden cada año.

c) Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas. Los fertilizantes y pesticidas deben ser usados en las cantidades adecuadas para que no causen problemas. En muchos lugares del mundo su excesivo uso provoca contaminación de las aguas cuando estos productos son arrastrados por la lluvia. Esta contaminación

provoca eutrofización de las aguas, mortandad en los peces y otros seres vivos y daños en la salud humana.

Al mismo tiempo, en otros países, el uso de cantidades demasiado pequeñas de fertilizantes disminuye los nutrientes del suelo, con lo que contribuye a su degradación.

d) Pérdida de diversidad genética. En la agricultura y ganadería tradicionales había un gran aislamiento geográfico entre los agricultores y ganaderos de unas regiones y otras y por eso, a lo largo de los siglos, fueron surgiendo miles de variedades de cada planta o animal domesticado.

Esto supone una gran riqueza genética que aprovechaban los que hacían la selección de nuevas variedades. Su trabajo consiste, en gran parte en cruzar unas variedades con otras para obtener combinaciones genéticas que unan ventajas de todas ellas. Si se quiere conseguir una planta de trigo apta para un clima frío, que tenga el tallo corto y sea resistente a unas determinadas enfermedades, los genetistas buscaban las variedades que poseían alguna de esas características y las iban entrecruzando entre sí hasta obtener la que reunía todas.

En la actualidad cuando una variedad es muy ventajosa, la adoptan los grandes cultivadores de todo el mundo, porque así pueden competir económicamente en el mercado mundial. El resultado es que muchas variedades tradicionales dejan de cultivarse y se pierden si no son recogidas en bancos de semillas o instituciones especiales.

Por otra parte, la destrucción de bosques, pantanos, etc. para dedicar esos terrenos a la agricultura provoca la desaparición de un gran número de ecosistemas.

También la agricultura moderna ha introducido el monocultivo, práctica en la que enormes extensiones de terreno se cultivan con una sola variedad de planta. Esto supone un empobrecimiento radical del ecosistema, con la consiguiente pérdida de hábitats y de especies.

e) Deforestación. Alrededor de 14 millones de hectáreas de bosques tropicales se pierden cada año. Se calcula que la quema de bosques para dedicarlos a la agricultura es responsable del 80% al 85% de esta destrucción.

La agricultura moderna no es la principal responsable de esta deforestación, porque sus aumentos de producción se han basado mucho más en obtener mejores rendimientos por hectárea cultivada que en poner nuevas tierras en cultivo. De hecho, en España, por ejemplo, todos los años disminuye la extensión de las tierras cultivadas cuando muchas de ellas son abandonadas por su baja productividad.

La principal causa de destrucción del bosque es la agricultura de subsistencia de muchas poblaciones pobres de los países tropicales. Estos agricultores queman los bosques y la superficie así conseguida, gracias al abono de las cenizas, les permite obtener unas pocas cosechas, hasta que el terreno se empobrece tanto en nutrientes que se hace improductivo y deben acudir a otro lugar para quemar de nuevo otra porción de selva y repetir el proceso (Carrero, 1996).

8.3.10 Impacto ambiental de los agroquímicos en el suelo. Es evidente que la continua y abusiva utilización del suelo, por parte del hombre ha truncado su evolución y ha condicionado negativamente sus propiedades. Los plaguicidas son contaminantes que deterioran el suelo. Sin embargo, estos representan una garantía para el mejoramiento de las cosechas, la producción de alimentos y la erradicación de epidemias, epizootias y plagas, pero su mala administración y su empleo excesivo conducen a la degradación o modificación del suelo.

Según la FAO – UNESCO (1980, Roma) la degradación es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

Debido a la necesidad de obtener un alto rendimiento de cosechas, el consumo de plaguicidas es cada vez más alto. Los aspectos propiamente ecotoxicológicos derivados de la aplicación de los plaguicidas a los suelos comprenden los siguientes aspectos (García y Dorronsoro, 2006):

- a) **Persistencia de plaguicidas en suelos.** Es el tiempo que permanece el plaguicida en el suelo manteniendo su actividad biológica ($T_{1/2}$). El tiempo de degradación se mide en vida media que es el tiempo que tiene que transcurrir para que se desactive la mitad del plaguicida. Las consecuencias de la persistencia pueden ser muy importantes, dependiendo de la toxicidad del plaguicida y de su biodisponibilidad.
- b) **Producción de metabolitos tóxicos.** Los productos de degradación de algunos plaguicidas no son siempre inocuos. Así, ditiocarbamatos y fenilamidas producen metabolitos altamente tóxicos.
- c) **Incidencia sobre las propiedades del suelo.** Las repercusiones sobre las propiedades físico-químicas pueden ser importantes, bien sea por la acción sobre la microflora del suelo, o más difusa y con efectos a largo plazo según dosis normales de aplicación.

8.4 MARCO CONCEPTUAL

8.4.1 Agricultura. Es una actividad compleja que involucra no solamente la producción de alimentos y fibras a partir de factores tecnológicos, dotaciones de

recursos naturales e impulsos de capital, sino también una serie de procesos vinculados con los efectos que ella produce en las sociedades y en los ecosistemas. A partir de esta consideración, puede aceptarse fácilmente que las actividades agrarias son parte fundamental de las interacciones humanas con la naturaleza y desde esta perspectiva sus análisis pueden realizarse desde el punto de vista ambiental complejo (Sánchez, 1995).

8.4.2 Agroquímicos. Son productos utilizados para combatir los parásitos y enfermedades de las plantas, proteger a los cultivos de los agentes dañinos, aunque no sean parásitos (malas hierbas, algas...) y mejorar cualitativa y cuantitativamente la producción. Al introducirlos en el ambiente pueden seguir diversos caminos: atmosfera, suelo y agua, pudiendo intercambiarse de un sistema a otro formando un ciclo (García y Dorronsoro, 2006).

8.4.3 Cobertura vegetal. Está determinada por condiciones abióticas tales como el clima, relieve, paisaje, y la parte social que tiene que ver con el nivel tecnológico, tamaño de las explotaciones, la tenencia de la tierra y las preferencias por parte de la comunidad, que involucra además, todo un soporte cultural respecto al uso y aprovechamiento de los recursos naturales, convirtiéndose esta variable, en un elemento indispensable para la definición de estrategias encaminadas a la conservación uso y manejo de los recursos naturales (Anderson, 1993).

8.4.4 Conductividad hidráulica. Constituye un parámetro de gran importancia ya que describe la movilidad del agua sub superficial o subterránea siendo de difícil cuantificación por la incertidumbre que representa su determinación.

8.4.5 Degradación del suelo. Se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema (FAO, 2014).

8.4.6 Densidad aparente. Relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento. Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de entre 2.5 a 2.8 g/cm³, mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm³.

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y clima, por ejemplo por impacto de las gotas de lluvia (Arskead et al., 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas

densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

8.4.7 Densidad real. Corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos del suelo. Se determina obteniendo el peso seco de la muestra del suelo y el volumen ocupado por los sólidos de la muestra. El volumen se halla por medio de un aparato denominado picnómetro, y el procedimiento corresponde a la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determina qué volumen de líquido desplazan los sólidos al ser sumergidos.

Su valor cambia en función del tipo de minerales del material madre y de la cantidad de materia orgánica del suelo. Puesto que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de las partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo (Buckman y Brady, 1977).

La densidad de diversos minerales de formación del suelo es muy parecida. La mayoría de los suelos tienen un promedio de aproximadamente $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (Plaster, 2004) que corresponde al peso ponderado de las partículas minerales constituyentes más comunes y a un contenido bajo de materia orgánica.

8.4.8 Erosión. Puede ser definida, de forma amplia, como un proceso de arrastre del suelo por acción del agua o del viento; o como un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento (Malagón *et al.*, 1980). Esto implica la existencia de dos elementos que participan en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna; la vegetación por su parte actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos.

8.4.9 Estabilidad estructural. Está controlada por los mismos factores que contribuyen a la estructuración, pudiéndose destacar que, a mayor contenido de arcilla y de materia orgánica, hay mayor estabilidad (Ingelmo y Cuadrado, 1986); a menor laboreo y mayor población microbiana, mayor estabilidad (Utomo y Dexter, 1982), a mayores revestimientos de los peds con óxidos de hierro y aluminio, mayor estabilidad (Sánchez, 1981).

8.4.10 Estructura. Las partículas sólidas del suelo se unen entre sí de diversas formas, generando unidades de mayor tamaño llamadas agregados, unidades estructurales o peds. El arreglo que se produce con estos sólidos se denomina estructura del suelo

Para que se consolide una unidad estructural o ped, se requiere que haya inicialmente floculación. Para que la flóculos se mantengan unidos y estables frente a las condiciones adversas del medio, se requiere que las partículas que ya están unidas sean comentadas entre sí. Esta acción la realizan los coloides del suelo tales como: arcillas, humus, óxidos de hierro y de aluminio (Hillel 1998).

8.4.11 Humedad del suelo. Mide el contenido en agua de un volumen de suelo. La capacidad máxima de humedad del suelo depende del tipo de suelo, su desarrollo, la vegetación presente y los usos del suelo. La humedad del suelo en un momento determinado, dependerá, entre otros factores, de la precipitación y la evapotranspiración que se hayan producido (Malangón *et al*; 1990).

8.4.12 Impacto ambiental. Alteración, favorable o desfavorable, producida por los cambios generados por una determinada acción de un proyecto o actividad, la cual repercute en el medio ambiente o en alguno de sus componentes.

8.4.13 Infiltración. El agua precipitada sobre la superficie de la tierra, queda detenida, se evapora, discurre por ella o penetra hacia el interior. Se define como infiltración al paso del agua de la superficie hacia el interior del suelo. Es un proceso que depende fundamentalmente del agua disponible a infiltrar, la naturaleza del suelo, el estado de la superficie y las cantidades de agua y aire inicialmente presentes en su interior.

A medida que el agua infiltra desde la superficie, las capas superiores del suelo se van humedeciendo de arriba hacia abajo, alterando gradualmente su humedad. En cuanto al aporte de agua, el perfil de humedad tiende a la saturación en toda la profundidad, siendo la superficie el primer nivel a saturar. Normalmente la infiltración proveniente de precipitaciones naturales no es capaz de saturar todo el suelo, sólo satura las capas más cercanas a la superficie, conformando un perfil típico donde el valor de humedad decrece con la profundidad.

8.4.14 Materia orgánica. Es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. En general, la materia orgánica se clasifica en compuestos húmicos y no húmicos. En los segundos persiste todavía la composición química e incluso la estructura física de los tejidos (Burbano *et.al.*, 2010).

8.4.15 Permeabilidad. Es la capacidad que tiene el suelo de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que el suelo es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable (FAO, 2014).

8.4.16 Porosidad. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macroporos y microporos. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo (García y Kaplan, 1974).

8.4.17 pH. La reacción del suelo se evalúa al determinar el pH del mismo, es decir, al establecer el logaritmo del inverso de la concentración de H_3O^+ , El pH, según Fassbender (1982), es una relación entre los contenidos de protones y de iones OH^- , por lo cual se cumple que en agua pura $pH + pOH = 14$; la relación anterior implica entonces que una solución tendrá una condición neutra ($pH = pOH$) cuando su pH sea igual a 7.0.

8.4.18 Suelo. Desde el punto de vista ingenieril, el material que constituye la corteza terrestre se divide en dos categorías: suelo y roca. *Suelo* es el agregado natural de granos minerales que pueden separarse mediante medios mecánicos, como por ejemplo la agitación en agua. En cambio, *roca* es el agregado natural de minerales que están conectados por fuerzas permanentes y cohesivas de carácter fuerte y permanente. Las dos definiciones difieren en los términos “fuerte” y “permanente”, que son muy subjetivos y por tanto están sujetos a interpretaciones diferentes.

Desde el punto de vista geológico, *suelo* es el material producido por los efectos de la meteorización o alteración sobre las rocas de la superficie de la tierra y está dividido en estratos u horizontes (concepto edafológico*). En cambio *roca* es el material constitutivo de la corteza terrestre, formado en general por una asociación de minerales y que presenta una cierta homogeneidad estadística; en general es dura y coherente pero a veces es plástica (por ejemplo, la arcilla) o móvil (como ejemplo, la arena).

El vocablo suelo ha cambiado de significación en el curso de la historia. Así el especialista norteamericano en Genética de suelos, Hans Jenny (1968) señaló que los pintores del siglo XIV mostraron paisajes completos de resaltes de rocas desnudas. Los artistas de siglos posteriores han llegado a representar, primero una cubierta de vegetación sobre roca y más recientemente una capa de suelo entre la vegetación y el sustrato, con horizontes.

En 1967 Boulaine y Aubert dieron una definición bien elaborada: «Es el producto de la alteración, de la reestructuración y de la organización de las capas superiores de la corteza terrestre bajo la acción de la vida, de la atmósfera y de los intercambios de energía que en ella se manifiestan».

9. METODOLOGÍA

9.1 LOCALIZACIÓN ASOCIACIÓN SANTIAGO

Esta asociación es de clima frío muy húmedo, con una zona de vida correspondiente al bosque pluvial montano (bp-m) relieve fuertemente ondulado a escarpado, generalmente con pendientes corta y largas de grado 16%-30%-65% que han sido modelados en algunos sectores por depósitos de cenizas volcánicas. Son frecuentes los procesos geomorfológicos como escurrimiento difuso, solifluxión, deslizamientos, reptación y patas de vaca los cuales dan al área un aspecto ligero a moderadamente erosionado.

Con el objetivo de determinar la homogeneidad de los suelos de la zona de estudio se tomó como base la cartografía, donde se ubica la Asociación Santiago y la zona de estudio que corresponde a la vereda el Cascajo.

Se buscó ubicar el área base de la investigación superponiendo los mapas de la clasificación agrologica de los suelos del valle de Sibundoy con los mapas del municipio de Santiago buscando siempre la mayor homogeneidad de los suelos a evaluar de la Asociación Santiago en la vereda el Cascajo. Tomándola como área de muestreo por la uniformidad del relieve y por tener establecidos los tratamientos a evaluar.

9.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Una vez seleccionada el area de muestreo y determinada la homogeneidad de los suelos, determinando la pendiente mas representativa en la zona de estudio, se evaluaron los siguientes tratamientos:

T0: Bosques secundarios con tres (3) repeticiones

T1: Sistemas de produccion de tomate de arbol con 3 repeticiones (lotes)

T2: Sistemas de produccion de mora con 3 repeticiones (lotes)

T3: sistemas con ganaderia con tres (3) repeticiones (lotes) (Figura 2).

Figura 2. Descripción de los tratamientos.



T0.) Bosques secundarios. **T1.)** Tomate de árbol. **T2.)** Mora. **T3.)** Potreros con ganadería.

Una vez establecidos los tratamientos cada uno con tres (3) repeticiones (lotes), para un total de doce (12) unidades experimentales, las cuales se ubicaron independientemente una de otra.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

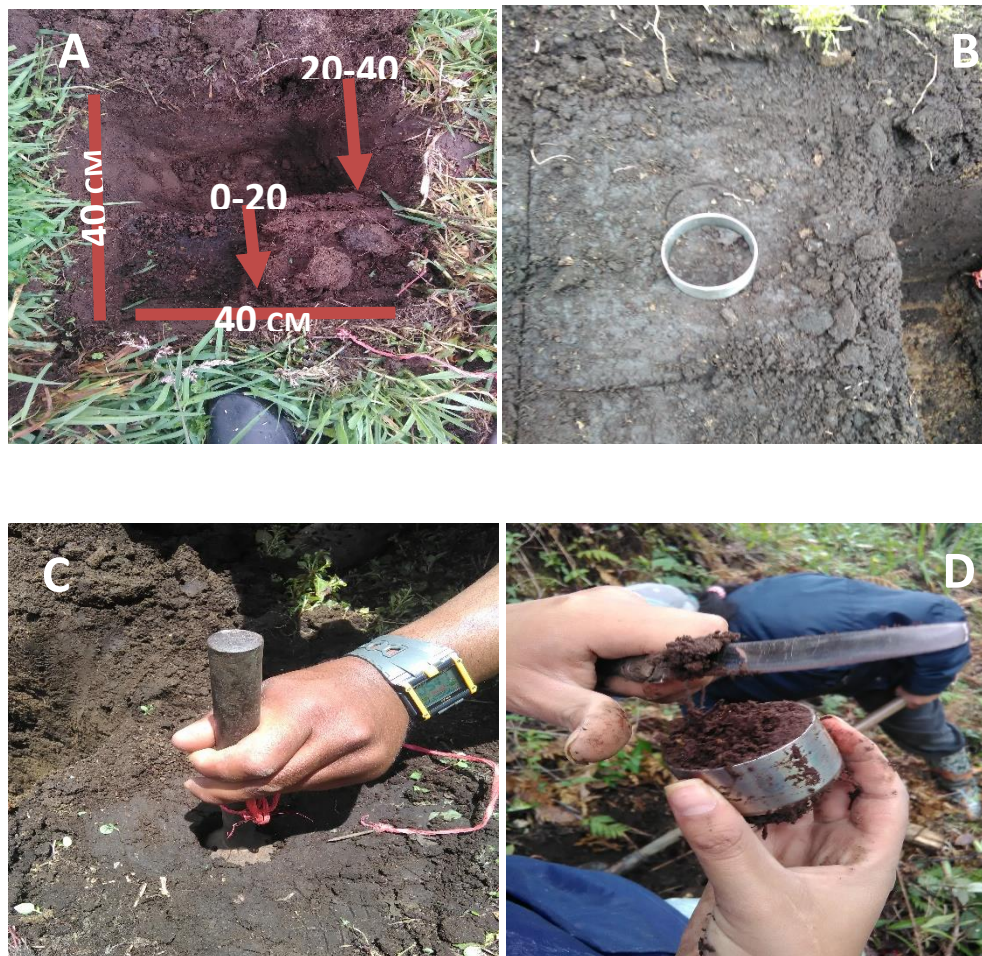
9.3 MUESTREO

En cada una de las unidades experimentales (12) se determinaron algunas propiedades físicas como, densidad aparente y real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica y volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), estabilidad de agregados en seco (SI), y conductividad hidráulica (cm/h), para lo cual se realizaron en cada una de ellas, tres (3) cajuelas de 40cm x 40cm x 40cm, de forma aleatoria en el área, tomando muestras a la profundidad del sistema radicular de las plantas de 0 a 20cm y de 20 a 40cm.

En el proceso de muestreo en cada cajuela se limpió el área de la vegetación superficial, las muestras disturbadas. Una vez extraídas las muestras de las 3 cajuelas se mezclaron en un balde y posteriormente se empacaron en bolsas debidamente rotuladas aproximadamente 200 g, que posteriormente se analizaron en el laboratorio de suelos del ITP sede Sibundoy.

Para las muestras sin disturbar se utilizó anillos de acero de volumen conocido (5 cm de diámetro, 2,5 cm de alto y 2 mm de grosor) (Figura 3).

Figura 3. muestreo en campo.





A.) Elaboración de la cajuela. **B.)** Ubicación del anillo biselado. **C.)** Manipulación del muestreador. **D.)** limpiado de la muestra. **E.)** Recolección y empaque de las muestras disturbadas para su respectivo análisis.

9.4 VARIABLES EVALUADAS

Para la determinación de las propiedades físicas se realizó en los diferentes tratamientos a evaluar indicadores sensibles al cambio por manejo convencional de la siguiente manera:

9.4.1 Propiedades físicas. Densidad aparente y real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica y volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), estabilidad de agregados en seco (DPM) y conductividad hidráulica (cm/h).

Las variables evaluadas, la metodología de determinación y los cálculos correspondientes se realizaron en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy.

Las variables físicas y la metodología correspondiente para cada una de ellas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables y técnicas a utilizar propiedades físicas

Propiedad	Método de Caracterización
Densidad aparente (Da)	Cilindro de volumen conocido
Densidad real (Dr)	Picnómetro
Porosidad (Pr)	$1 - \left(\frac{Da}{Dr}\right) * 100$
Penetrabilidad	Penetrógrafo
Humedad gravimétrica	Estufa a 105 °C
Humedad volumétrica	$\left(\frac{Da}{Da * g}\right) * H$
Estabilidad de agregados en seco	Shaker
Conductividad hidráulica	Permeámetro de cabeza constante

Se realizó un análisis químico de pH y materia orgánica, en cada una de las unidades experimentales, llevadas a cabo en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo.

Las variables químicas y la metodología correspondiente para cada una de ellas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables y técnicas a utilizar propiedades químicas

Propiedad	Método de caracterización
pH	Peachimetro
Materia Orgánica	Peróxido de hidrogeno

9.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la discusión de los resultados de campo, inicialmente se tomaron cada una de las variables evaluadas realizando una comparación entre la profundidad de muestreo (0 a 20 cm y 20 a 40 cm) que nos permitió comparar los cambios de suelo a las dos profundidades, además se realizó un análisis con promedios y un análisis de varianza (Andeva) para la determinación de las diferencias estadísticas entre los manejos convencionales del suelo en comparación con los bosques

secundarios, y pruebas de significancia de Tukey donde ($P < 0.05$).

9.6 METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Teniendo en cuenta las variables y métodos utilizados para la determinación de algunas propiedades físicas y químicas, en la zona de estudio “Asociación Santiago”, se procede a la obtención de análisis y resultados, llevado a cabo en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo Sede Sibundoy.

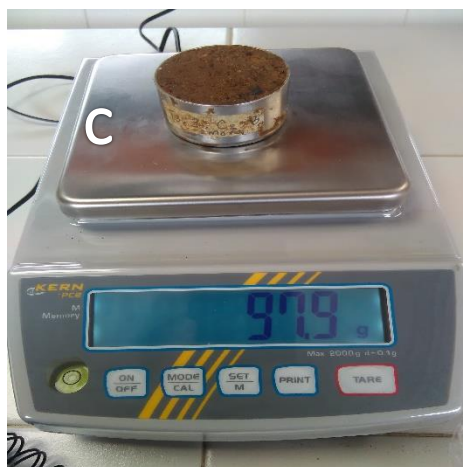
9.6.1 Densidad Aparente. Es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C . La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (Aguilera, 1989).

El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente (Wooding, 1967).

En laboratorio este parámetro puede ser determinado por medio de anillo biselado. (Figura 4)

Figura 4. Procedimiento de laboratorio densidad aparente con anillo





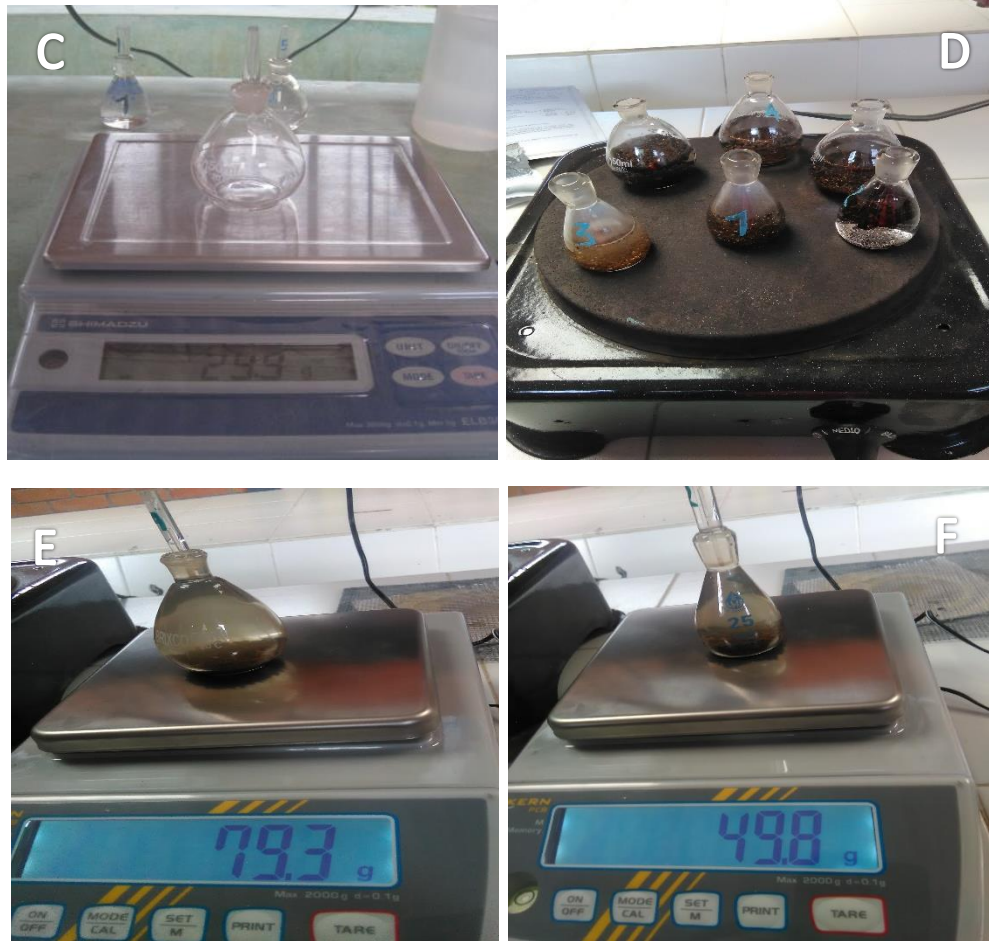
A). peso del suelo húmedo **B).** Muestras en el horno secas a 105°C. **C.)** Peso del suelo seco.

9.6.2 Densidad real. Puede definirse como la relación entre el peso de las partículas sólidas y secas a la estufa (105°C) y el volumen de agua desalojado por ellas (Unigarro y Carreño, 2005). Puesto que en la determinación de la densidad real se consideran únicamente las partículas sólidas, sin tener en cuenta su organización en el suelo, su valor es constante y no varía con la cantidad de espacio entre sus partículas, se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro (Jaramillo, 2002).

En el laboratorio para establecer el valor de D_r se utilizó el método del picnómetro como se puede apreciar en la (Figura 5).

Figura 5. Procedimiento de laboratorio densidad real.





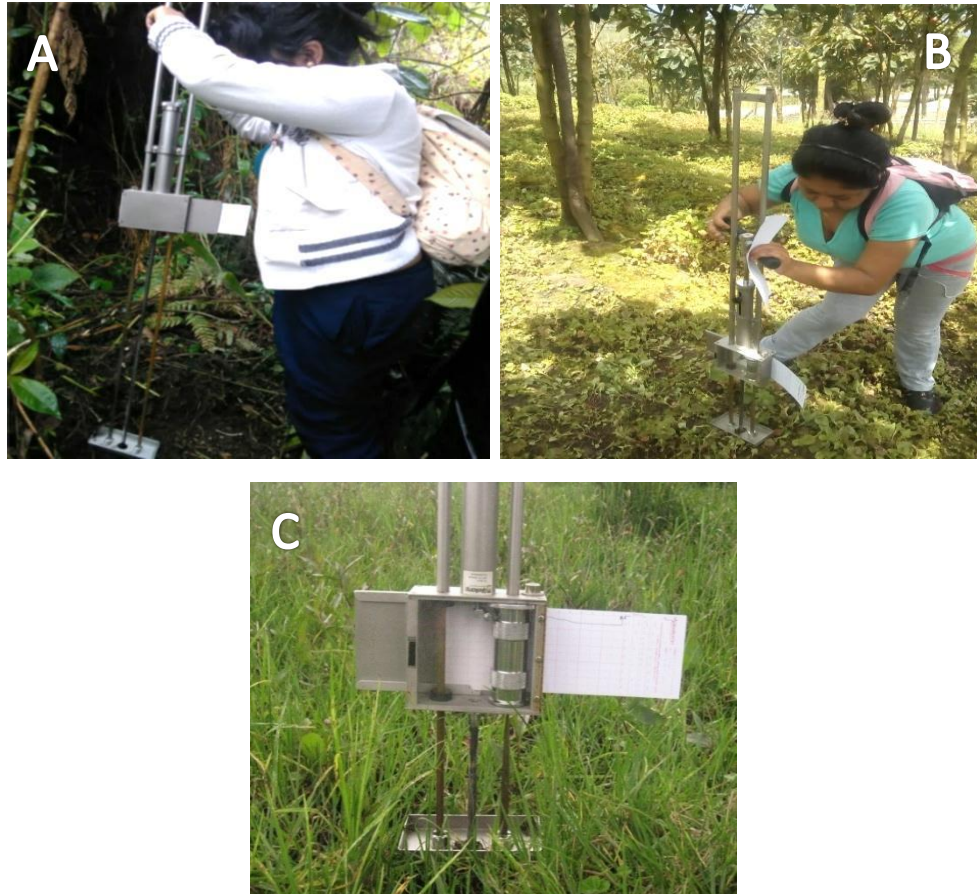
A). Tamizado del suelo **B).** Peso del suelo. **C).** Peso del picnómetro vacío. **D).** Muestras puestas a la estufa. **E).** Peso de la muestra después de hervir. **F).** Peso picnómetro más agua.

9.6.3 Resistencia a la penetración. Es una medida que representa la resistencia mecánica que experimenta una raíz. Esta resistencia depende en gran parte del suelo y la profundidad, la penetrabilidad del suelo es una medida más sensible, más significativa de la densidad aparente. La lectura del penetro grafo es un índice de la resistencia al corte de las raíces. Las observaciones de campo han permitido notar que la compactación del suelo restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto, el de las plantas. La resistencia mecánica que experimenta una raíz a la penetración del suelo, depende en gran parte de la humedad del suelo, de la compactación, la succión del suelo, la densidad aparente, la porosidad y contenido de materia orgánica.

Es por ello que para conocer la resistencia a la penetración del suelo, se utilizó el penetrografo realizando 5 puntos en cada una de las unidades experimentales (12), para la determinación esta variable; además en cada uno de los puntos

muestreados a cada 10 cm se determinó la humedad por el método gravimétrico (Figura 6).

Figura 6. Determinación de resistencia a la penetración.



A.) Ubicación de puntos en las unidades experimentales. **B.)** Hundimiento vertical del penetra grafo. **C.)** Gráfica en la banda de resistencia a la penetración.

9.6.4 Conductividad hidráulica. (K) Se refiere a la velocidad con la que el agua pasa a través de la masa del suelo, por unidad de gradiente de carga hidráulica.

El permeámetro de carga constante es un método a nivel de matriz de suelo. El método utiliza muestras inalteradas y después de la saturación se provee una alimentación de agua a una carga constante, con lo que el agua se mueve a través de la muestra hasta alcanzar un régimen de equilibrio en base a la medida del caudal de salida desde el permeámetro, así como la diferencia de carga entre la superficie del nivel constante y el nivel de agua en la salida.

Una vez obtenidos los datos de conductividad a través del permeámetro de carga constante se aplica la siguiente formula.

$$K_s = \frac{Q}{txA} \times \frac{l}{l+d}$$

Donde;

Ks: Conductividad hidráulica saturada (cm h-1)

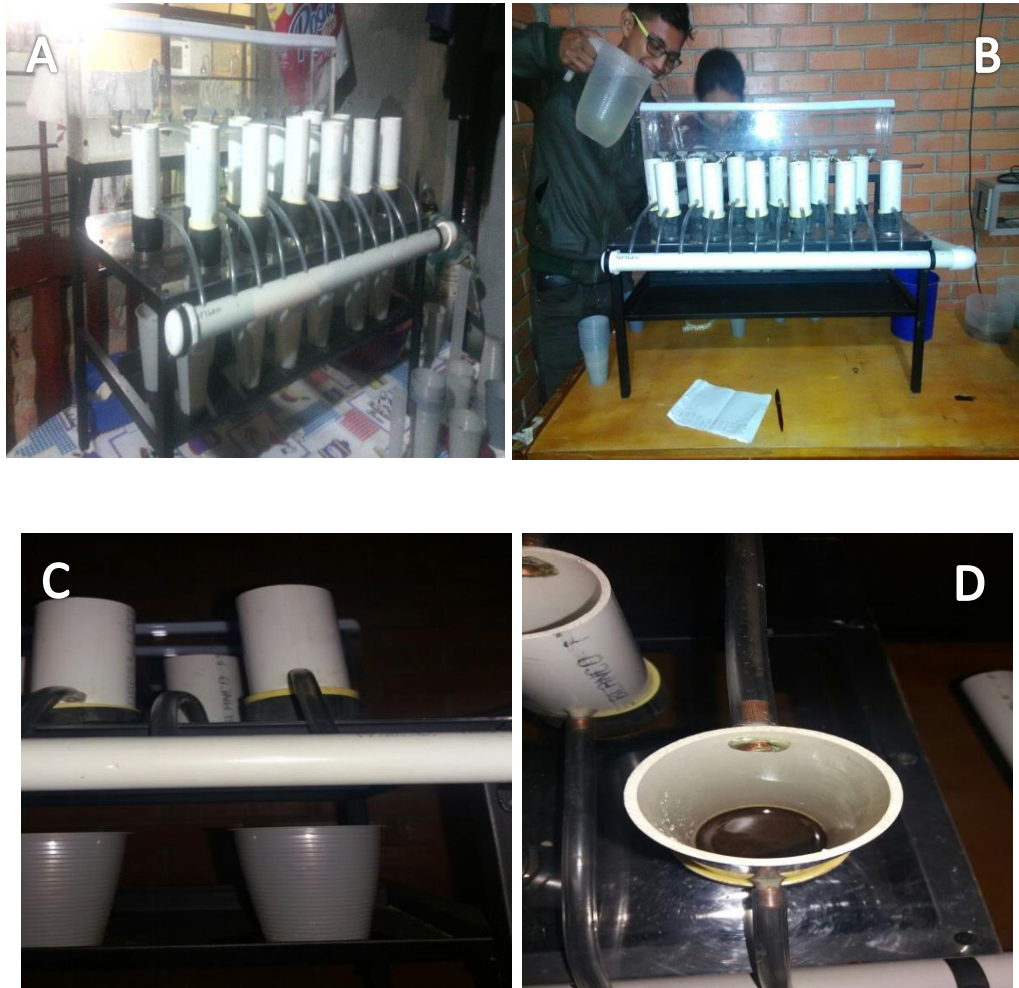
Q: Volumen del flujo de agua a través de la sección A (cm³)

t: Tiempo (h),

l : Altura de la muestra de suelo (cm)

d: Altura de agua (cm).

Figura 7. Determinación de conductividad hidráulica.



A.) Montaje del permeámetro de carga constante. **B.)** Adición de agua para empezar el proceso. **C.)** Recolección de los ml de agua. **D.)** Carga hidráulica.

La toma de datos se realiza hasta obtener tres lecturas con volúmenes de agua recogidos constantes en cada una de las muestras evaluadas y se aplica la fórmula anterior.

9.6.5 Estabilidad de agregados.

Para la determinación de esta variable, una vez recolectadas las muestras en campo se dispone a secar a temperatura ambiente de 150 a 200 g de suelo, escogiendo esta cantidad de las profundidades 0-20 y 20-40 cm de cada cajuela; donde una vez seca la muestra se pesan 150 gr y se lo deposita en el equipo de shaker el cual durante 10 min, empieza a realizar movimientos vibratorios donde en cada tamiz queda desde el material más grueso al más fino, transcurrido este tiempo se pesan los gramos de suelo presentes en cada tamiz, al hacer la sumatoria este debe arrojar como resultado los 150 g anteriormente pesados. (Figura 8).

Figura 8. Determinación de la estabilidad de agregados por medio de Shaker.





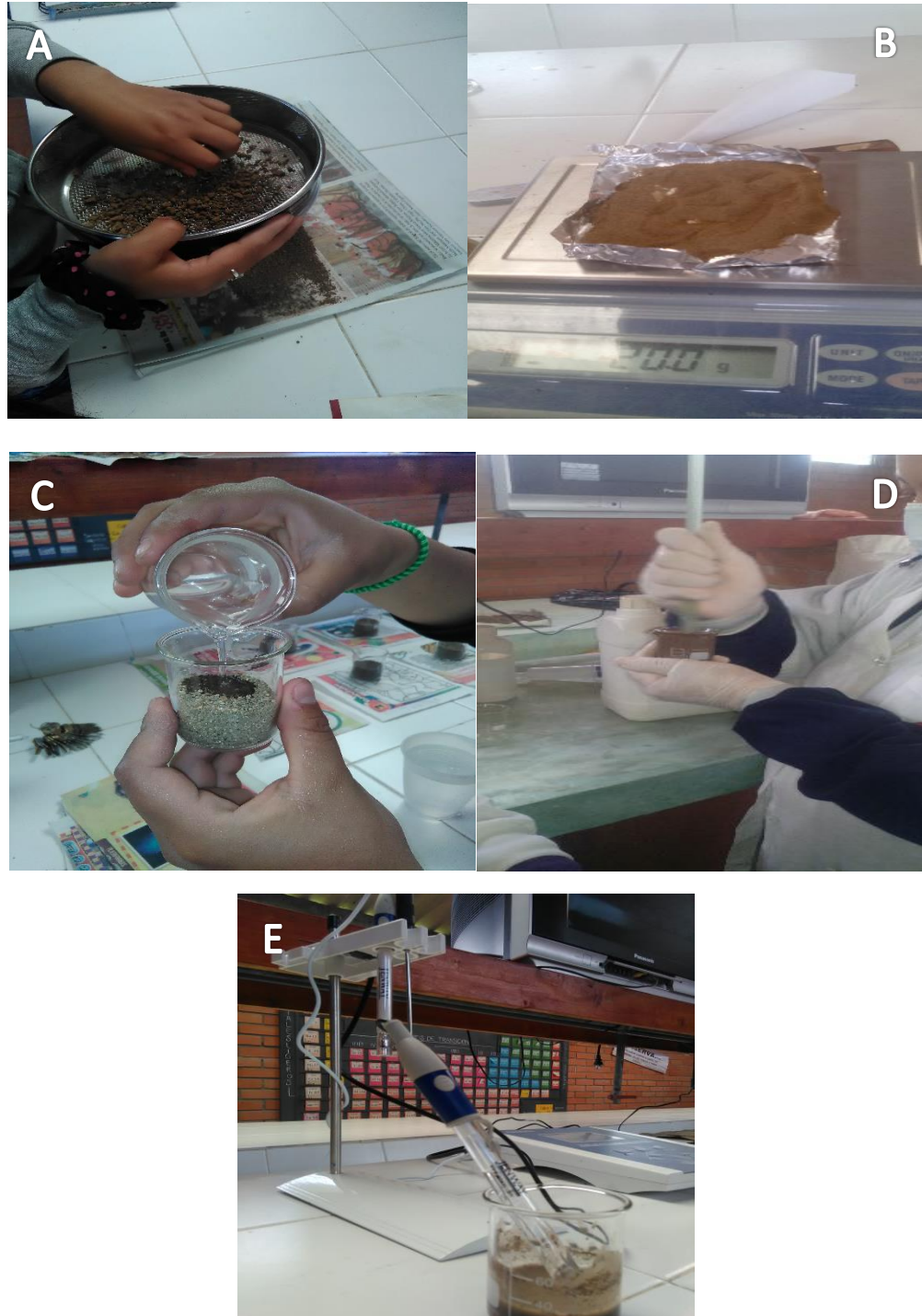
A.) Se deposita el suelo en el aparato shaker. **B.)** Se prende el aparato durante 10 minutos. **C.)** Se toma cada muestra de suelo presente de cada tamiz. **D.)** se deposita cada muestra de suelo para ser pesado. **E.)** Se pesa cada muestra que queda el tamiz.

9.6.6 pH del Suelo.

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman y Brady, 1966).

Una vez tomadas las muestras en campo se coloca a secar 20 gr de suelo a temperatura, los cuales son tamizados y pesados, para depositarlos en un beaker y de acuerdo a la relación 1:1 le agrego 20 ml de agua destilada y, procedo a mezclar con una varilla de vidrio durante 30 segundos. Se debe tener en cuenta que cada 20 minutos se debe mezclar nuevamente por un periodo de tiempo de 30 segundos. Se repite el mismo procedimiento 3 veces, durante 1 hora (Figura 9).

Figura 9. Procedimiento de laboratorio pH.



a). Tamizado del suelo **b).** Peso de 20 gr de suelo. **c.)** Relación 1:1 (agua+suelo)
d.) Se revuelve con una barilla de vidrio. **e.)** se toma la lectura del pH con la ayuda del peachimetro.

9.6.7 Materia orgánica. Constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

Se toman cierta cantidad de suelo de cada muestra de los diferentes tratamientos obtenidos en campo, colocándolas sobre un papel periódico y se le agrega agua oxigenada con el objetivo de observar su efervescencia y contenido de materia orgánica (Figura 10).

Figura 10. Procedimiento materia orgánica.



a). Muestras de suelos de los diferentes tratamientos **b).** Agregación de agua oxigenada

METODOLOGÍA, ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN MANEJO AMBIENTAL

Una vez establecidos los tratamientos a evaluar, se realizó un recorrido en cada una de las unidades experimentales (12), con el propósito de observar el manejo del suelo y los factores inmersos a él, que los propietarios de los predios llevan a cabo en sus cultivos, el uso de enmiendas y estrategias que utilizan para la conservación de este importante recurso, que les sustenta los rendimientos de su producción y a su vez actúa como un filtro ambiental.

Los resultados obtenidos a lo largo de nuestra investigación, fueron tomados como base para el diseño de posibles alternativas de solución en cuanto al manejo y conservación del suelo, donde las actividades antrópicas como la agricultura y sistemas de pastoreo pueden influir de manera negativa en la degradación de algunas propiedades físico-químicas, y por ende la calidad del mismo, acciones orientadoras del desarrollo sostenible promoviendo la promoción y consolidación de una cultura en torno al manejo de los agro ecosistemas, al uso mesurado de plaguicidas, a los criterios de la producción más limpia, al replanteamiento de los modelos actuales de producción agropecuaria, demandantes de insumos externos (Revolución Verde) y a la promoción de buenas prácticas agropecuarias y forestales.



10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la discusión de los resultados de campo, inicialmente se tomaron cada una de las variables evaluadas realizando una comparación entre la profundidad de muestreo (0 a 20 cm y 20 a 40 cm) que nos permitió comparar los cambios del suelo a las dos profundidades, además se realizó un análisis con promedios y un análisis de varianza Andeva y para las variables cuyo ($P < 0.05$) se realizó una prueba de significancia de Tukey, donde las variables como densidad aparente, densidad real, porosidad, humedad volumétrica y Ph no presentaron diferencias estadísticas a excepción de humedad gravimétrica en su profundidad de 20-40 cm (Tabla 3).

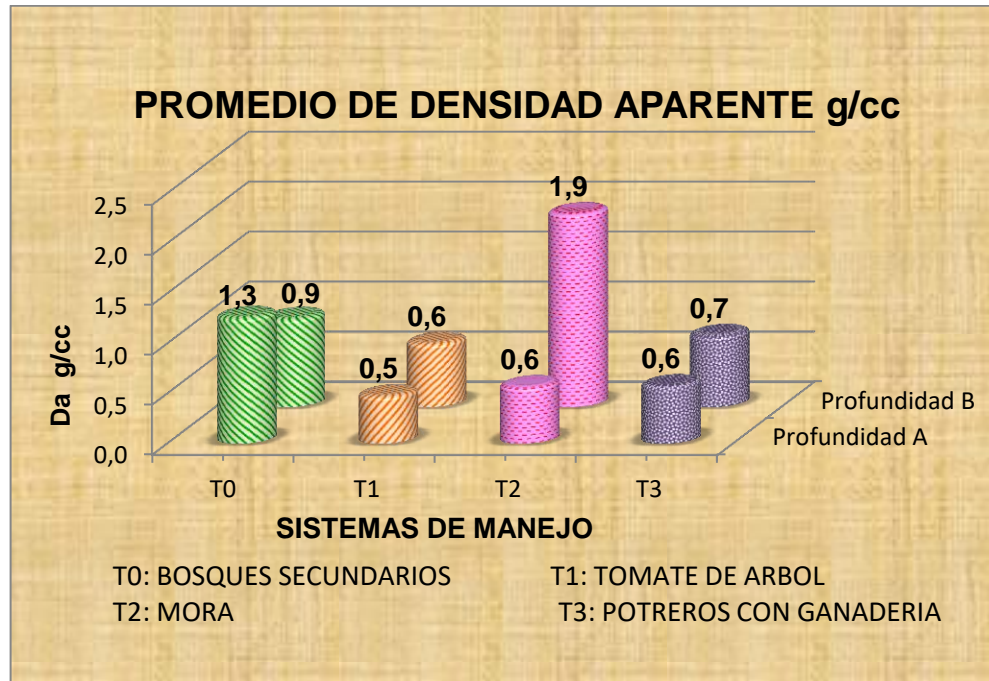
Tabla 3. Análisis de varianza para las variables físicas y química en suelos de la vereda El Cascajo, en agricultura convencional, potreros con ganadería y bosques.

Valor – P		
Variables	Profundad (cm)	
	0 - 20	20 – 40
Densidad Aparente (g/cc)	0,9208	0,0768
Densidad Real (g/cc)	0,1311	0,4117
Porosidad (%)	0,5961	0,2794
Humedad Gravimétrica (%)	0,8565	0,0643
Humedad Volumétrica (%)	0,9059	0,2259
pH	0,4201	0,1280

10.1 PROPIEDADES FISICAS

10.1.1 Densidad Aparente. De acuerdo con el análisis de significancia de Tukey, no se presentan diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P > 0.05$), para lo cual solo se realizó un análisis de promedios entre tratamientos, teniendo en cuenta las dos profundidades de muestreo (Figura 11).

Figura 11. Promedio de densidad aparente de los diferentes tratamientos evaluados.



De acuerdo a los valores promedios de densidad aparente para los diferentes tratamientos, estos valores oscilan entre 0,5 g/cc a 1,9 g/cc donde, teniendo en cuenta la profundidad de 0-20 cm, el valor más alto lo presento el T0 (bosques) con 1,3 g/cc, seguido por T2 (mora), T3 (sistemas de pastoreo) con valores de 0,6 g/cc, y el T1 (tomate de árbol) con 0,5 g/cc. En la profundidad de 20-40 cm el T2 presentó un valor alto de 1,9 g/cc, seguido por el T0 con 0,9g/cc T3 con 0,7 g/cc y T1 con 0,6g/cc.

Se encontró que la Da más alta fue la de T0 (bosques), con un promedio de 1,3 g/cc en la profundidad de 0-20cm, debido a que las raíces de las plantas se entrelazan generando una presión por la alta densidad vegetal sobre el suelo, en la profundidad de 20-40 cm, el T2 (cultivo de mora) con un promedio de 1,9 g/cc presentando características de un suelo mineralizado, debido a procesos de una agricultura en exceso, como la labranza, el suministro de agroquímicos y la presencia de animales, que han posibilitado su deterioro, dificultado así la aireación, percolación del agua que impiden o restringen la penetración de raíces, evitando así la absorción de nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas, viéndose también afectado por la disminución de poros en el suelo, prevaleciendo los microporos, así como las labores agrícolas pueden afectarla, existen otros factores que la determinan como el origen del suelo, especialmente

referidos a sus materiales (orgánicos, piroclásticos, arcillosos), la textura, contenidos de materiales orgánicos (Unigarro y Carreño, 2005).

Los valores más bajos lo presento el T1 (tomate de árbol) con valores promedios entre 0,5-0,6 g/cc relacionando las dos profundidades, según el IGAC (1990), en los suelos en estudio las bajas densidades obedecen a que están relacionados con la influencia de cenizas volcánicas y materiales orgánicos; donde al ser suelos inceptisoles aún se conservan algunos depósitos de cenizas volcánicas y se caracterizan por presentar una capa de óxidos de hierro dentro de los primeros 100 cm de profundidad, bien drenados, con texturas arcillosas y colores oscuros en superficie, en un 20% están limitados por la presencia de una banda de hierro y materia orgánica (Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2.009).

Mientras que los promedios de valores medios lo presento el T3 (sistemas de pastoreo) entre 0,6-0,7 g/cc, debido que el peso del ganado genera una presión sobre el suelo disminuyendo los espacios porosos que incrementan mediadamente las densidades, generando poco a poco problemas de compactación por lo cual se hace necesario disponer de parámetros que integren las interacciones suelo-planta, y un intervalo de agua óptimo como indicador de la calidad física y estructural del suelo que a su vez permitan mínimas limitaciones asociadas a la aireación, y resistencia mecánica en función de la densidad aparente, aireación y resistencia a la penetración (Silva 1994).

10.1.2 Densidad real. De acuerdo con el análisis de significancia de Tukey no se presentan diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P > 0.05$) (Figura 12).

Figura 12. Promedio de densidad real de los diferentes tratamientos evaluados.



De acuerdo a la gráfica los promedios de D_r oscilan entre 1,8 g/cc y 2,6 g/cc presentándose los valores más altos en T3 (potreros con ganadería) a las dos profundidades, seguido por TO (bosques) con valores de 2,2 g/cc y 2,1 g/cc, el T1 (tomate de árbol) en sus dos profundidades presenta valores de 2,1 g/cc y los valores más bajos se evidencian en el T2 (mora) con valores de 1,8 g/cc a una profundidad de 0-20 cm y 1,9 g/cc de 20-40 cm respectivamente.

El valor promedio más alto lo presentó el T3 (potreros con ganadería), debido a que se encuentra expuesto al constante pisoteo de los animales, hecho que facilita la compactación, aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y ocasionando cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire; por lo que los niveles originales de materia orgánica se han reducido y se ha incrementado el potencial de compactación (Narro, 1994; Sustaita, 2000).

Los bosques presentan una densidad promedio entre 2,1 g/cc y 2,2 g/cc teniendo en cuenta las dos profundidades, debido a cantidades intermedias de hojarasca presente en el suelo donde pueden coexistir complejos de Al-humus con alófana.

Los valores más bajos se evidenciaron en los sistemas de mora con promedios entre 1,8-1,9 g/cc, siendo suelos con características favorables para el establecimiento de estos cultivos en cuanto a la disponibilidad de nutrientes y contenidos de materia orgánica. Es por ello que el suelo con condiciones aptas para el desarrollo del cultivo deben poseer altos contenidos de materia orgánica. Deben presentar un buen drenaje, ya que es susceptible al encharcamiento y así evitar la saturación de agua en el suelo, para que de esta manera las raíces de la planta profundicen, es por ello que el perfil del suelo no debe presentar capas endurecidas (Hardpan), que impidan el normal desarrollo del sistema radicular (Silva 1994) (Anexo B).

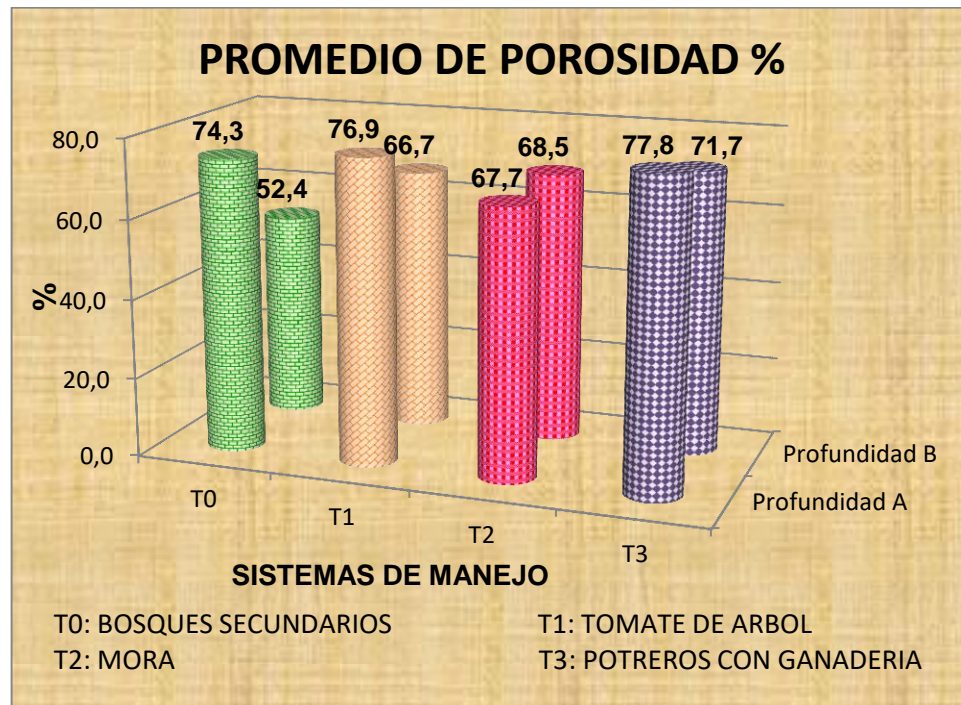
10.1.3 Porosidad. Determina la capacidad de éste para almacenar agua o aire, siendo un parámetro muy relevante para el desarrollo y supervivencia de las plantas y para la actividad biológica del suelo. Puede calcularse a partir de los valores de densidad aparente (D_a) y densidad real (D_r) mediante fórmula.

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

Donde P es el porcentaje de porosidad del suelo, D_a es la densidad aparente del suelo en (g.cm^{-3}) y D_r es la densidad real del suelo en (g.cm^{-3}). Los valores obtenidos de porosidad, van a depender de las características propias y proporción de los materiales componentes del suelo así como de su manejo.

A continuación se muestran los promedios para porosidad a dos profundidades de los diferentes sistemas de manejo (Figura 13).

Figura 13. Promedio de porosidad de los diferentes tratamientos a evaluar.



En la siguiente tabla de Kaurichev 1984, citado por Jaramillo (2002). Se muestra los estimativos para la clasificación de la porosidad. Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de la porosidad

Porosidad Total (%)	Calificación
> 70	Excesiva
55 – 70	Excelente
50 – 55	Satisfactoria
40 – 50	Baja
< 40	Muy baja

Fuente: IGAC, 1990

De acuerdo con el análisis de varianza (Anexo B), no se presentan diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P > 0.05$). En la investigación realizada en los tratamientos T0 (bosques secundarios) y T1 (tomate de árbol) en la profundidad A (0-20cm) los valores se encuentran por encima del 70% con una calificación de porosidad excesiva y en las profundidades B (20-40cm) el rango se encuentra en porosidad excelente, en T2 (mora) se encuentra en la clasificación de excelente y en T3 (poteros con ganadería) se encuentra en un estimativo de porosidad excesiva por ende la alta porosidad del suelo es indicadora de buen sitio si se comparan dos suelos similares en otras características. En cambio, suelos de baja porosidad indican normalmente sitios malos (Lutz y Chandier, 1959) citado por Donoso 1997. Por lo tanto, la porosidad de los suelos influye en la distribución de la vegetación y en las decisiones que se tomen respecto a su manejo.

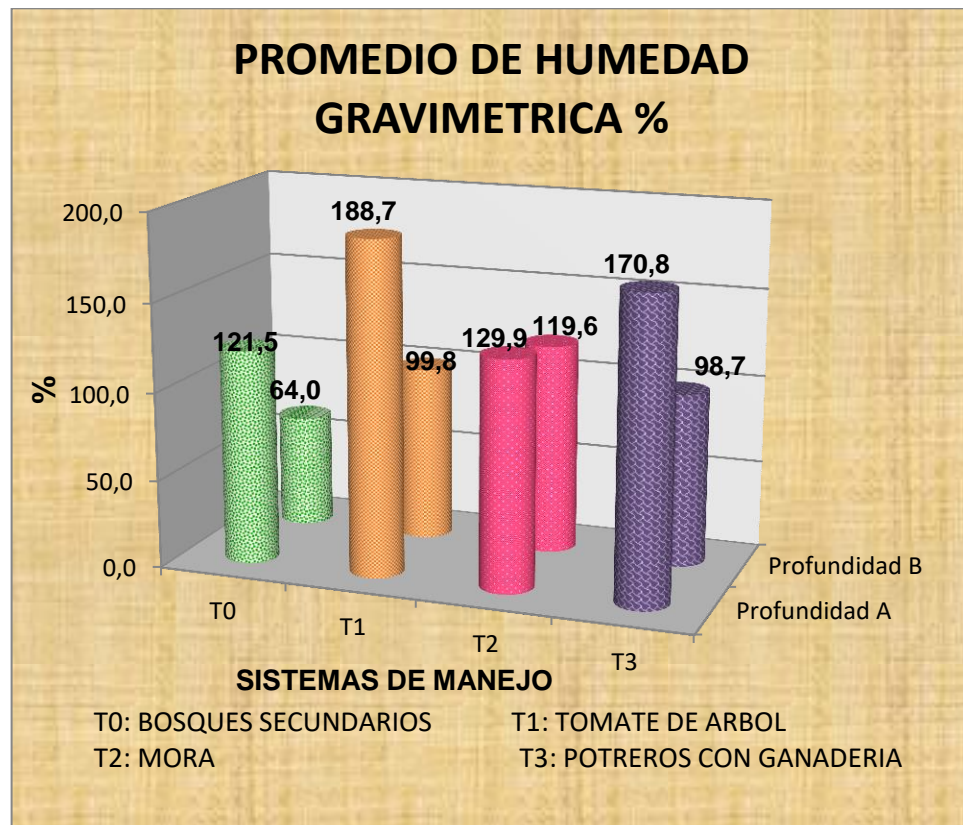
Es importante hacer notar los valores altos de la porosidad de los materiales volcánicos. Esto no significa una conductividad hidráulica alta, pues los vacíos no siempre se encuentran interconectados, o se da en ellos el desarrollo de minerales arcillosos secundarios por meteorización (Echandi, 1981).

La porosidad del suelo tiene importancia especial porque constituye el medio por el cual el agua penetra al suelo y pasa a través de él para abastecer a las raíces y finalmente drenar el área; y también el espacio donde las raíces de las plantas y la fauna tienen una atmósfera es decir, constituye la fuente de donde aquéllos obtienen el aire.

El espacio no sólido del suelo es ocupado por el agua y el aire, compuestos determinantes en la nutrición y la respiración de las plantas. Pero no todos los huecos tienen el mismo tamaño y forma, ni se encuentran comunicados de igual manera, por lo que su funcionabilidad varía de unos suelos a otros, e incluso de una época del año a otra (Porta, *et al* 2003).

10.1.4 Humedad Gravimétrica. Es el método tradicional para establecer el contenido de humedad de una muestra de suelo. La muestra es pesada, secada en un horno a 105°C durante 24 horas, determinándose mediante una balanza el peso del agua y el peso de suelo seco. Con éstas medidas se determina el contenido de humedad con base en peso. (Figura 14).

Figura 14. Promedio de la humedad gravimétrica de los tratamientos.



Los valores promedios para la humedad gravimétrica oscilan entre 64,0 % y 188,7 % donde en la profundidad A (0-20cm) en valor más alto lo presenta el T1 (tomate de árbol), seguido del T3 (potreros con ganadería) con 170,8 %, el T2 (mora) con 129,9% y con un valor de 121,5% el T0 (bosques secundarios). En cuanto a la

profundidad B (20-40cm) el valor más alto se evidencia en el T2 con un valor de 119,6%, seguido del T1 con 99,8%, el T3 con 98,7% y el T0 con un valor del 64,0%, a medida que se efectúa el escurrimiento del suelo y los poros más grandes van quedando vacíos de agua, la contribución de la componente gravitacional al potencial hídrico se hace progresivamente más pequeño, creciendo sin embargo en importancia el componente matricio de dicho potencial (Collis-George, 1971).

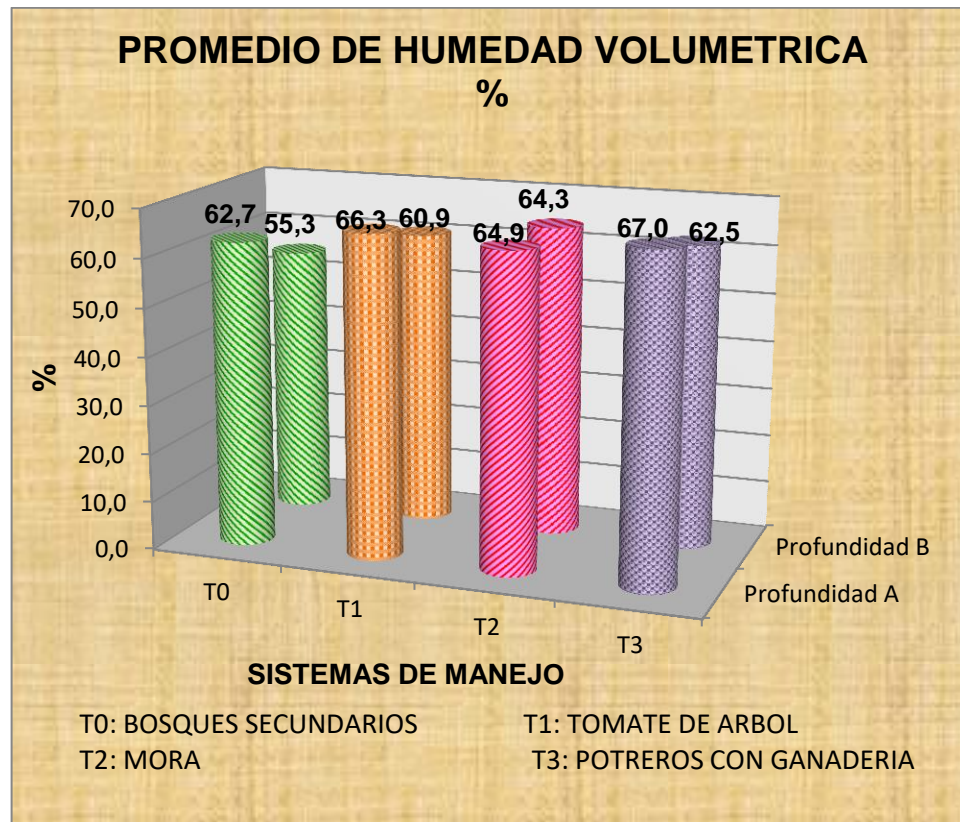
De acuerdo a los análisis realizados para esta propiedad, si se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, para lo cual se hace necesario realizar la prueba de significancia de Tukey ya que $P (>0.05)$, dándonos como resultado 0,0643 en su profundidad 20-40 cm, donde el T0 (bosques) presenta diferencias con respecto a los otros tratamientos, es por ello que la humedad del suelo influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo. La humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas de los cultivos.(Anexo H).

10.1.5 Humedad Volumétrica: La humedad del suelo, puede ser expresada en términos volumétricos en porcentaje, si se conoce la densidad aparente del suelo (Da), el valor de la humedad gravimétrica (Hg), medida mediante la relación:

$$Hv = \frac{Da}{Dag} \times Hg$$

La humedad volumétrica Hv (%) puede ser expresada como una lámina de agua, 7es decir, como el espesor que tendría esa cantidad de agua si se extendiera formando una capa continua de agua. La humedad volumétrica es importante para evaluar la retención de humedad en suelos, en suelos aluviales y en suelos derivados de cenizas volcánicas (Boelter y Blake, 1964, citados por Forsythe 1975) (Figura 15).

Figura 15. Promedio de humedad volumétrica %



De acuerdo con el análisis de varianza (Anexo C.), no se presentan diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P > 0.05$). La humedad volumétrica en los diferentes tratamientos se encuentra entre valores de 55,3% y 67,0%, con los valores en la profundidad A (0-20cm) en los T3, T1, T2 y T0 con 67,0%, 66,3%, 64,9% y 62,7% respectivamente y en la profundidad B (20-40cm) en los T2, T3, T1 y T0 con valores de 64,3%, 62,5%, 60,9% y 55,3% respectivamente lo cual nos indica que la disminución continua de agua en los poros del suelo produce simultáneamente el aumento de la fuerza con que es retenida el agua en el suelo y el incremento de la tensión de humedad del suelo, o potencial mátrico del mismo. Esto es debido a que entre menor sea el radio de los poros que retienen el agua, la tensión capilar es mucho mayor. Por tanto, a pesar de ser la capacidad de almacenamiento de agua en un suelo arcilloso mayor que en uno arenoso, la fuerza con que retiene el agua la arcilla es mayor a la de la arena.

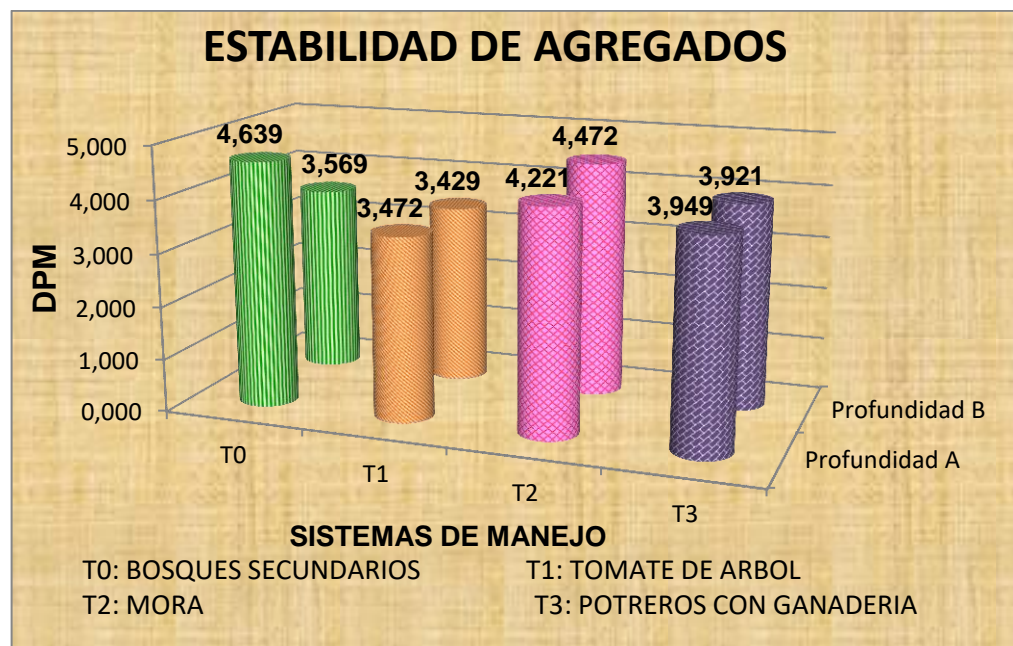
Los valores más altos se evidencio en el T3, con 67%

El término compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos compactos, las partículas sólidas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo cargas será pequeña. En suelos

poco compactos el volumen de vacíos y la capacidad de deformación serán mayores. Una base de comparación para tener la idea de la compacidad alcanzada.

10.1.6 Estabilidad de Agregados en Seco. Dentro del esquema general la estructura se modifica en función del tiempo de una manera más o menos cíclica bajo la influencia de los agentes climáticos, y bajo la acción de la flora y fauna del suelo, cuya acción contingente dependerá de las condiciones de estabilidad del medio estructural. Para la obtención de los resultados de la estabilidad de agregados en seco por medio del tamizador shaker nos dio los siguientes valores apreciados en la (Figura 16).

Figura 16. Estabilidad de agregados en seco.



Tomando como base el la tabla de la clasificación de la estabilidad de agregados de Leenheer y De Boold, 1958 citado por Lobo y Pulido (2011) (Tabla 3).

< 0,5	Inestable
0,5-1,5	Ligeramente estable
1,5 - 3,0	Moderadamente estable
3,0-5,0	Estable
> 5	Muy estable

Al realizar el análisis de los resultados promedio, nos dio como estimativo que todos los cuatro tratamientos tiene una estabilidad de agregados estable ya que los valores oscilaron entre 3,4 y 4,6, tal como puntualiza Henier (1976), es relativamente poco frecuente que la estructura se conserve intacta a lo largo del año. Desde este punto de vista, la estructura puede modificarse debido a los agentes externos cuya acción ha sido observada y puesta en evidencia por varios autores, por ejemplo Keen (1931, citado por Henin, 1976) pone en evidencia el cambio de la porosidad que se manifiesta cuando el suelo es sometido al laboreo agrícola, este autor de una forma sistemática y en función del tiempo comprueba que la porosidad total de un suelo decrece en el momento en que se pone en cultivo.

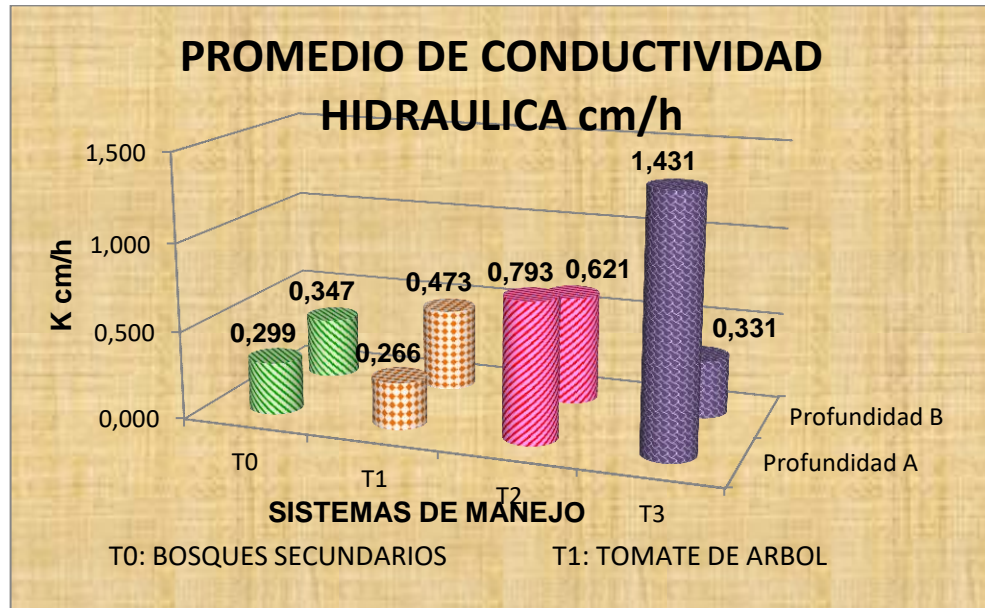
Los valores más altos lo presentaron T0 (bosques secundarios), con 4,6 DPM en su profundidad de 0-20 cm, y T2 (mora) con un valor de 4,4 en la profundidad 20-40 cm; esto debido a que tanto el sistema radicular de las plántulas y los árboles, presentan facilidad para extenderse y por ende se genere un mayor amarre del suelo.

El hecho de la no alteración de esta propiedad a través del tiempo, guarda estrecha relación con el contenido de materia orgánica y con la porosidad ya que de acuerdo a lo expresado por Cairo y Fundora (1994) citado por Ordoñez (2007), si la porosidad disminuye con el tiempo de uso, resulta que hay alteración de la estructura del suelo, pero si la variación de la porosidad es poca, situación que no ocurrió con esta investigación, muestra que no hay alteración notable de la estructura y esta se mantiene a pesar de las inclemencias climáticas, laboreo de los suelos, entre otros aspectos.

Desde el punto de vista estructural podemos decir que estamos tratando con suelos cohesivos, los cuales son descritos por Bowles (1982) como un agregado de partículas minerales que tiene un índice de plasticidad definido por los límites de Atterberg y que forma una masa coherente al secarse, de manera que se requiere de un esfuerzo para separar los granos microscópicos individuales. Las fuerzas entre partículas tienen su origen en (Bowles, 1982): enlaces iónicos, enlaces de van der Waals, enlaces de hidrógeno y atracción gravitacional.

10.1.7 Conductividad Hidráulica. (K) se refiere a la velocidad con la que el agua pasa a través de la masa del suelo, por unidad de gradiente de carga hidráulica. (Figura 17).

Figura 17. Promedios de conductividad hidráulica de los diferentes tratamientos.



Al realizar la comparación de medias de conductividad hidráulica se puede apreciar que el mayor flujo de agua se presentó en la profundidad A (0-20cm) con el T3 (potreros con ganadería) con un valor de 1,431 cm/h moderadamente lenta, seguido por T2 (mora) con 0,793 cm/h moderadamente lenta y con valores más bajos en la misma profundidad esta T0 (bosques secundarios) y T1 (tomate de árbol) con valores de 0,299 y 0,266 cm/h lenta, en la profundidad B (20-40cm) el mayor flujo de agua se presentó en el T2 con un valor de 0,621 cm/h moderadamente lenta, seguido por los tratamientos T1 y T0 con 0,473 y 0,347 cm/h lenta y presentando el valor más bajo en esta profundidad el T3 con 0,331 cm/h lenta, según Logston 1993, los valores bajos de K podrían ser debidos a una baja porosidad, pocos poros grandes y una pobre interconectividad entre ellos, así como a la presencia de una elevada cantidad de arcillas expandibles. Valores altos de K_s , generalmente, se presentan en suelos de textura gruesa, a pesar de su baja porosidad (Anexo F).

Tabla 5. Clasificación de la conductividad hidráulica.

Conductividad Hidráulica

cm/hora	Interpretación
< 0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 1.6	Moderadamente lenta
1.6 – 5.0	Moderada
5.0 – 12	Moderadamente rápida
12 – 18	Rápida
> 18	Muy rápida

Fuente: IGAG, (1990)

Por lo tanto tomando los valores obtenidos en esta investigación la conductividad hidráulica se encuentra en el rango de ser lenta, al respecto Legarda *et al.*, (2002), afirman que los valores de conductividad hidráulica expresan la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua, esta al evaluarse en las capas superiores del suelo es el parámetro más importante del mismo en los problemas de drenaje, está influenciada por el tamaño y forma de los espacios porosos a través de los cuales el agua se mueve.

Cuando en un suelo descienden el contenido hídrico y el potencial hídrico, la conductividad hidráulica se reduce muy rápidamente. Es notable el hecho de que cuanto mayor sea el decrecimiento de agua en el suelo, tanto menor será la efectividad del sistema conductor y menor por lo tanto el valor de la conductividad hidráulica (Ward y Robinson, 1990).

Algunos investigadores como Clapp y Hornberger (1978) determinaron valores de K mediante la utilización de ecuaciones empíricas en función de la porosidad y la humedad inicial de la muestra y de acuerdo a cada textura de suelo.

Las propiedades hidráulicas están en función de la textura del suelo y de otras características disponibles como la distribución del tamaño de partículas, densidad aparente y/o contenido de materia orgánica (Bouma 1987). Por ejemplo, los suelos de textura fina suelen tener características diferentes de retención de agua y muy baja conductividad hidráulica saturada comparados con los suelos de textura gruesa, como también la conductividad dependió, según la función, del porcentaje de humedad, la retención de humedad fácilmente aprovechable, la textura, la porosidad de aireación, la estabilidad de agregados y del grado de compactación.

10.1.8 Resistencia a la penetración. La resistencia de un suelo al penetrometro o penetrografo es una medida que representa la resistencia mecánica que experimenta una raíz. Esta resistencia depende en gran parte del suelo y la profundidad, la penetrabilidad del suelo es una medida más sensible, más

significativa que la densidad aparente. La lectura del penetrometro es un índice de la resistencia al corte de las raíces.

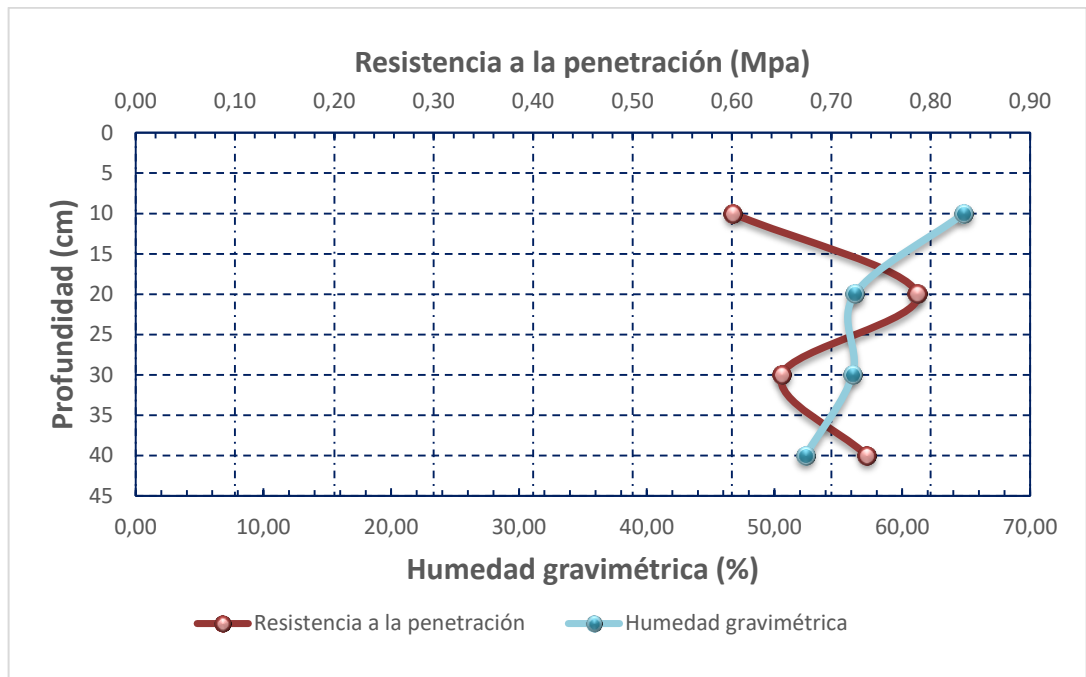
Las observaciones de campo han permitido notar que la compactación del suelo restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto, el de las plantas. La resistencia mecánica que experimenta una raíz a la penetración del suelo, depende en gran parte de la humedad del suelo, de la compactación, la succión del agua, la densidad aparente, la porosidad y contenidos de materia orgánica (Legarda, 1996). Tabla 6.

Tabla 6. Estimativos de resistencia a la penetración.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Mpa)			
Resistencia	Estimativo	Resistencia	Limitación
0 – 0.5	Muy bajo	Menor 1.0	Ninguna
0.5 – 1.0	Bajo	1.0 – 1.5	Ligera
1.0 – 1.5	Media	1.5 – 2.0	Moderada
1.5 – 2.0	Alta	2.0 - 2.5	Severa
2.0 - 2.5	Muy alta	Mayor 2.5	Extrema
Mayor 2.5	Extrema		

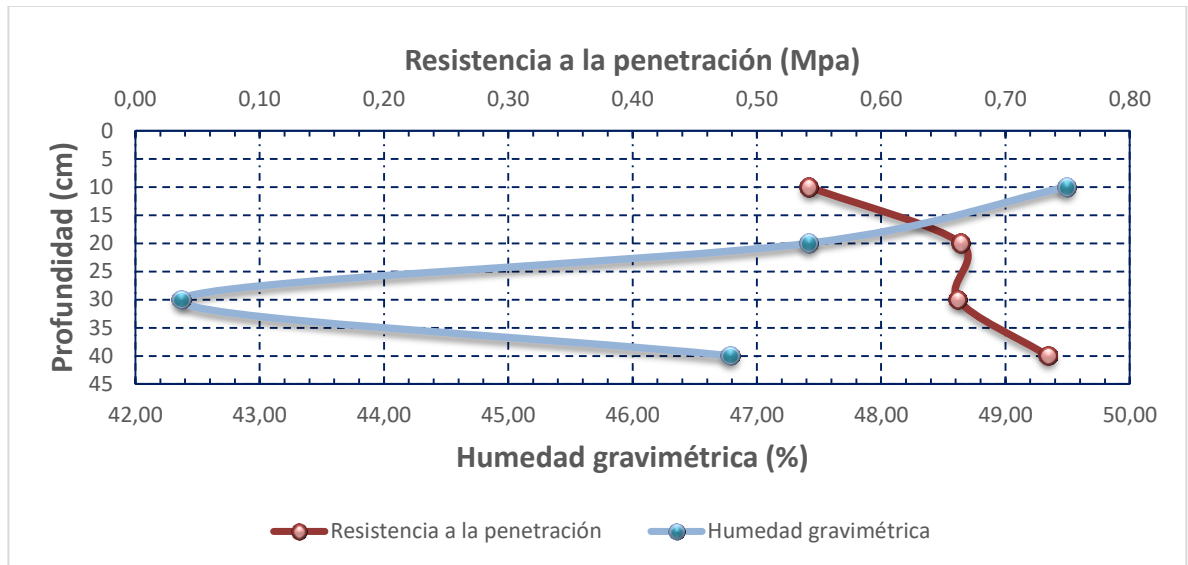
A continuación se presentan los resultados de esta variable, donde se incluyen los resultados de la resistencia a la penetración con relación a la humedad del suelo (Figura 16) y se realizó el análisis de los resultados con la tabla 6.

Figura 18. Resistencia a la penetración T0 (Bosques secundarios)



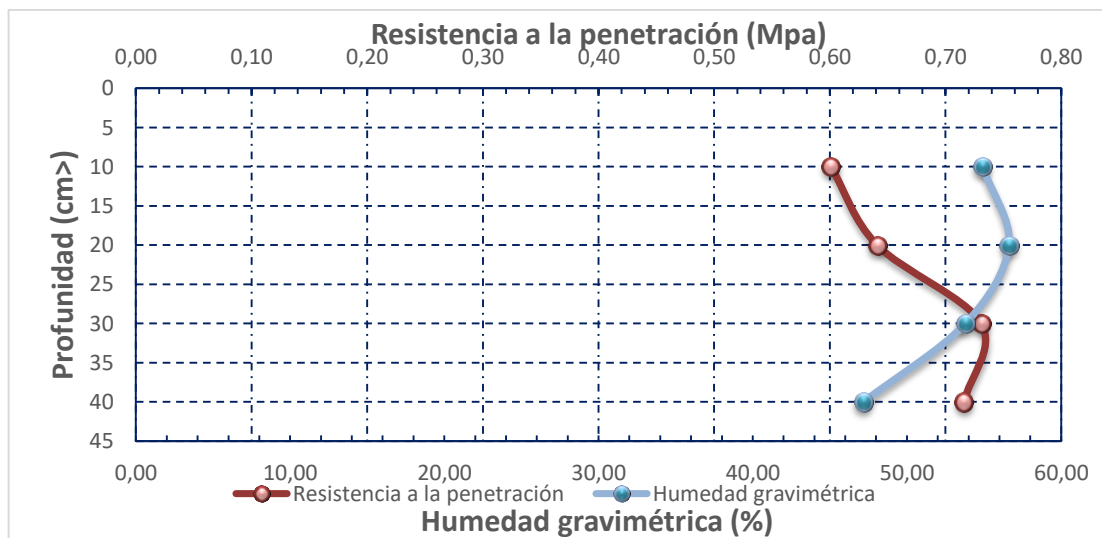
Los valores de resistencia a la penetración de la primera profundidad evaluada de 10 cm presentó un valor de 0.60 Mpa y humedad de 64.82 % con respecto a la segunda profundidad de 20 cm presentó un mayor valor de 0.79 Mpa, y presenta una humedad de 56.30% a una profundidad de 30 cm encontramos un valor de 0.65 Mpa y una humedad de 56.12% en la última profundidad de 40 cm se obtiene 0.74 Mpa, que presenta menor humedad con un valor de 52.44%. La RP es determinada con un estimativo bajo y una limitación ligera.

Figura 19. Resistencia a la penetración T1 (Tomate de árbol)



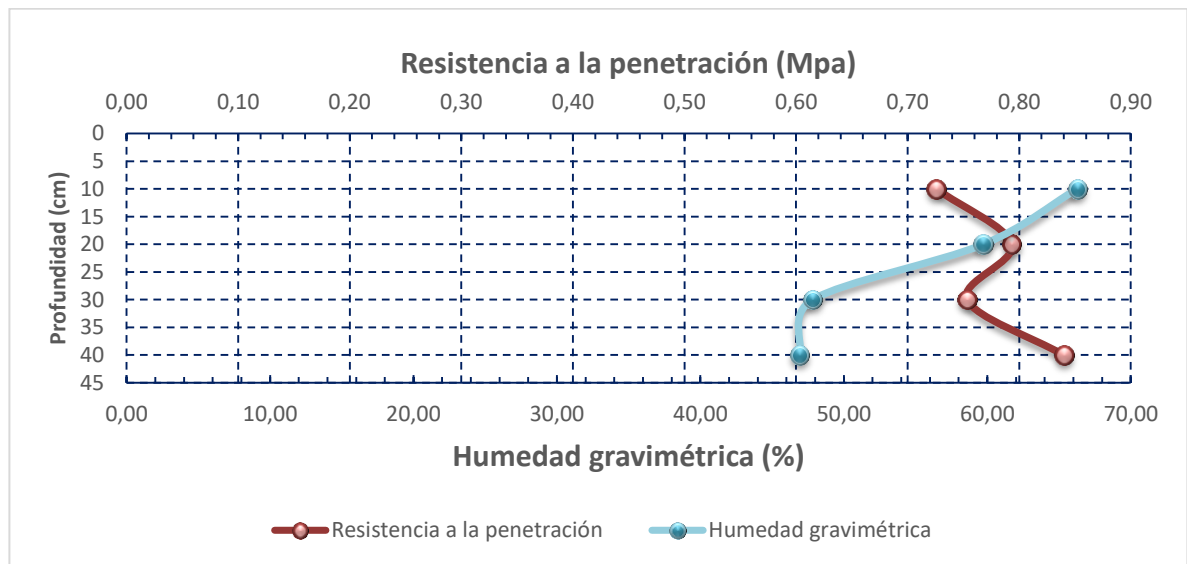
Los valores de resistencia de penetración a una profundidad evaluada de 10 cm con un valor menor de 0.54 Mpa, presenta mayor humedad de 49,49 %, encontramos dos profundidades de 20cm y 30cm con un valor de 0.66 Mpa, presenta humedades diferentes de 47.42 % y de menor humedad de una profundidad 30cm con un valor de 42.37 %, en la última profundidad de 40cm encontramos con un mayor valor de 0.73 con una humedad de 46,79%. La RP es determinada T3 (tomate) con un estimativo bajo y una limitación ligera

Figura 20. Resistencia a la penetración T2 (mora)



Los valores de resistencia de penetración con una profundidad evaluada de 10 cm obtuvo un menor valor de 0.60 Mpa con una humedad de 54.89 % , con respecto a la segunda profundidad de 20 cm encontramos 0.64 Mpa, presenta mayor humedad con un valor de 56.61% a una profundidad de 30cm encontramos con mayor valor 0.73 Mpa, con una humedad de 53.78 %,en la última profundidad de 40 encontramos 0.72 Mpa presenta menor humedad con un valor de 47.17%. La RP determina T2 (mora) con un estimativo bajo y una limitación ligera.

Figura 21. Resistencia a la penetración T3 (potreros con ganadería)



Los valores de resistencia de penetración con una profundidad evaluada de 10 cm con un valor menor de 0.73 Mpa presenta mayor humedad con un total de 66.27%, respecto a la segunda profundidad de 20 cm se obtuvo 0.79 Mpa y una humedad de 59.72%, a una profundidad de 30 cm encontramos 0.75 Mpa con una humedad de 47.83% en la última profundidad de 40cm encontramos valor mayor de 0,84 Mpa y presenta menor humedad con un valor de 46.93%. La RP determina con un estimativo bajo y una limitación ligera.

La resistencia o impedencia mecánica del suelo (RP), medida con un penetrógrafo, ha sido correlacionada con la penetración de raíces. Taylor, *et al.*, (1966), citados por Valenzuela y Torrente (2010), demostraron que esta relación fue la misma para un alto rango de tipos de suelos, con contenidos de humedad y densidad aparente, lo cual sugiere que se trata de una relación fundamental.

Para la medición de la penetrabilidad la humedad del suelo es un factor determinante en la toma de lecturas, aunque existe una relación sencilla entre las lecturas y la cantidad de agua del suelo; en el proceso de desecación las partículas del suelo se acercan unas a otras lo que ocasiona un aumento en el

valor de resistencia del suelo Baver *et al*, (1973); Forsythe (1980), citados por Ruiz (1999).

Los valores de resistencia de penetración tienen un valor desde 0.00 hasta 0.90 Mpa, que se muestra anteriormente en las gráficas, en cada uno de los tratamientos evaluados a las diferentes profundidades, donde la primera profundidad de 10 cm del T3 (potreros con ganadería) obtienen un valor mayor de 0.73 Mpa, y de menor valor 0.54 Mpa de T1 (tomate de arbol), que presenta mayor humedad, en cuanto al T3(Potreros con ganadería), un valor de 66.27%, con respecto a la segunda profundidad de 20cm encontramos en el T0 (bosque) y T3 (potreros de ganadería) con un mismo valor mayor de 0.79 Mpa y de menor valor el T2 (Mora) con un 0.64 Mpa diferenciando sus humedades donde el T3 (potreros con ganadería) obtiene mayor humedad con un valor de 59.72%, en la tercera profundidad de 30 cm se evidencia que el T3 (potreros con ganadería) posee un valor mayor de 0.75 Mpa y con menor valor de 0.65 Mpa ,el T0 (bosques) , que presenta mayor humedad es el T0 (Bosque) con un valor de 56.12% y en la cuarta profundidad de 40 cm encontramos un mayor valor el T3 (potreros con ganadería) con 0.84 Mpa y con un valor menor de 0.72 Mpa del T2 (mora) y con mayor humedad T0 (Bosque) con un valor de 52.44%.

Los resultados de resistencia a la penetrabilidad con un menor valor de 0.54 Mpa del T3 (Tomate) es de una profundidad de 10 cm y de mayor valor a una profundidad de 40 cm en el T3 (potreros con ganadería) se obtuvo mayor resultado de 0.84 Mpa representa mayor humedad, a una profundidad de 10cm con un valor 66.27%.

Podemos Concluir que el valor más alto en resistencia a la penetración fue el T3 (potreros con ganadería) los cuales oscilaron en rangos de 0.73 Mpa hasta 0.84 Mpa, obedeciendo a que el desarrollo radicular de la vegetación existente ejerce presión de amarre sobre el suelo y que los sistemas de pastoreo aprovechan el agua disponible en el suelo a mayores profundidades, utilizándola en el proceso de transpiración (Lee, 1980 citado por Huber *et al.*, 1985).

Es por ello que son suelos menos compactados presentan más espacios porosos, mayor conductividad hidráulica y propiciaron un mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos (Ramírez. R y C Salazar.2005).

De lo planteado anteriormente se puede determinar que los diferentes tratamientos evaluados presentaron una resistencia a la penetración con un estimativo bajo con una limitación ligera, ya que los valores oscilaron en un rango de 0.54 Mpa para T1 (Tomate de arbol), seguido por el T3(potreros con ganadería), con un valor más alto de 0.84 Mpa, esto se debe a los valores bajos de densidad aparente, y al alto porcentaje de porosidad y humedad, que

presentaron los tratamientos, propiedades que se relacionan entre si y permiten que las diferentes características del suelo no se degraden y se mantengan en equilibrio. Al respecto Molina *et al* (2013) afirman que la resistencia a la penetración se ve afectada por la densidad aparente y el contenido de humedad existente en el suelo encontrándose bajas tasas de resistencia en la capa arable del suelo, la cual se encuentra en los primeros centímetros.

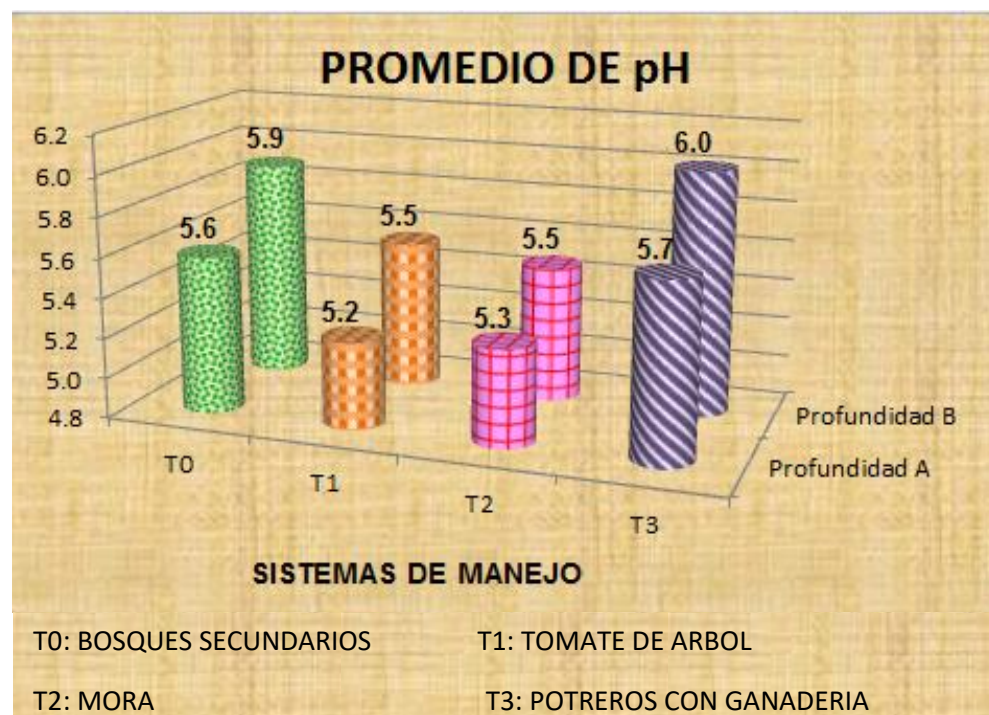
10.2 PROPIEDADES QUIMICAS.

10.2.1 pH. De acuerdo con el análisis de significancia de Tukey, no se presentan diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos, con promedios similares ($P>0.05$). Tabla 7. (Figura 22)

Tabla 7. Estimativos de pH.

VALORES DE pH	CARACTERISTICAS
< 5.5	Fuerte a extremadamente acido.
5.5 – 5.9	Moderadamente acido
6.0 – 6.5	Ligeramente acido
6.6 – 7.3	Casi neutro o neutro
7.4 – 8.0	Alcalino
>8.0	Muy alcalino

Figura 22. Promedio de pH



Según los suelos pertenecientes a los diferentes tratamientos evaluados, se puede deducir que el T0 (bosques), teniendo en cuenta sus dos profundidades presenta un estimativo moderadamente ácido ya que se encuentran en un rango entre 5,6 a 6,0 para el caso de el T3 se presenta la misma situación ya que sus valores se encuentran en rangos de 5,6-6,0 considerándose suelos moderadamente ácidos. Se puede deducir que suelos con pH moderados presentan baja solubilidad de P y se hace necesario regular la disponibilidad de Ca y Mg. Algunos cultivos como las leguminosas requieren encalado (SCCS 2013).

Para los T1 y T2 al encontrarse en rangos de 5,2 a 5,5 se estiman como fuertemente ácido. Donde los suelos con $\text{pH} < 5.5$ se puede presentar posible toxicidad de aluminio (Al) y Manganeseo (Mn), posibles deficiencias de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Molibdeno (Mo). Es necesario encalar la mayoría de los cultivos, y reacciones entre 5.6 – 6 se da baja solubilidad del Fósforo (P) y regular disponibilidad del Ca y Mg. variando considerablemente el ciclo de crecimiento de un cultivo, ya que la concentración de sales en la solución del suelo, depende del contenido de humedad y del grado de oxidación de la materia orgánica, así como del grado de asimilación de iones por las plantas y la intensidad de lixiviación. Sin embargo, los principales cambios en el pH son debidos a variaciones en el contenido de bióxido en el aire.

Según Burbano (1989), la reacción del suelo es una de las propiedades químicas más importantes del mismo, toda vez que afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para las plantas y también de sustancias tóxicas para ellas, la que incide en las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo y afecta igualmente las diversas actividades de los microorganismos que viven en este medio.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan el uso agronómico del suelo. cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación y en función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico (Marín, 1986).

10.2.1 Materia orgánica. Según el ICA, la materia orgánica es fuente principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) y algunos elementos menores, además mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad amortiguadora (Buffer), y tiene gran influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Cada 1% de materia orgánica representa en general, 2 meq/100 g en la medida de la CIC.

Para el T0 (bosques), se puede deducir que en un porcentaje mayor prevalecen los suelos con reacción ligera, seguida por reacciones fuertes y violentas. Para el T1 (tomate de árbol), presenta estimativos de una reacción ligera. En cuanto al T2 (mora) las reacciones más evidentes son violentas debido a que la zona de estudio son suelos inceptisoles, ya que poseen una mayor cantidad de depósitos de cenizas volcánicas, por lo cual al realizar la prueba encontramos valores cualitativos considerables. Para el T3 (potreros con ganadería) sus estimativos se encuentran entre reacciones fuertes y ligeras (Anexo D).

Muchos investigadores coinciden en que el contenido de materia orgánica es el mejor indicador de la calidad del suelo. Es el único constituyente que hace parte de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y su pérdida se ve reflejada en pérdida de productividad del suelo, por lo que es un factor clave asociado con el mejoramiento o disminución de la fertilidad del suelo (Elliot *et al.*, 1996; Brown *et al.*, 1994, citados por Burbano *et al.*, 2005).

La materia orgánica es esencial para la fertilidad de los suelos y la buena producción agropecuaria, suelos sin materia orgánica son considerados pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas; cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de las plantas (Viera, 2002).

Durán (2003), afirma el alto contenido de MO, permite que existan altos contenidos de Calcio (Ca), Potasio (K) y Magnesio (Mg) y por ende una buena Capacidad de Intercambio Catiónico.

ALTERNATIVAS AMBIENTALES CONSERVACIÓN DE SUELOS

ALTERNATIVAS AMBIENTALES PARA LA CONSERVACION DEL SUELO.			
CAUSA	CONSECUENCIAS	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÒN
Uso inadecuado y excesivo de agroquímicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la cobertura vegetal. • Infertilidad del suelo. • Contaminación de fuentes hídricas por lavado de equipos, por infiltración y escorrentía. • Extinción de los organismos del suelo. • Intoxicación del suelo y del cultivo. • Contaminación del alimento. 	Propuesta de un plan de manejo de fertilización orgánica y química con manejo adecuado tomando como punto de partida un análisis químico completo de suelo de cada uno de los predios.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la agricultura orgánica. • Evitar la siembra de monocultivos, rotación de cultivos y asocio de los mismos. • Hacer uso de semillas seleccionadas de los propios cultivos del sistema agrícola. • Realizar una adecuada fertilización del cultivo y el suelo, para que estas sean resistentes al ataque de plagas y enfermedades, enmiendas en suelos ácidos.
Disposición inadecuada de los envases de agroquímicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación visual. • Contaminación de fuentes hídricas. • Emisión de gases contaminantes. • Deterioro del paisaje natural. 	Lineamientos de Política Sobre Uso y Manejo Mesurado de la disposición inadecuada de envases agroquímicos, en el Sector Agropecuario y Forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el triple lavado de estos envases y perforación de los mismos para evitar su reutilización. • Generar conciencia en los agricultores, para el manejo y disposición pertinente de estos residuos. • Disponer los residuos en sitios determinados, con el fin de disminuir

			<p>impactos ambientales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • capacitación participativa en los sistemas productivos.
<p>La no rotación de cultivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la fertilidad y capacidad productiva del suelo. • Desintegración o rompimiento de la estructura física del suelo. 	<p>Implementación de una agricultura biológica: donde se intenta prescindir al máximo el uso de insecticidas químicos, y en la que se aboga por la utilización de fertilizantes e insecticidas naturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de prácticas agronómicas. • La rotación de cultivos permite controlar el nivel de minerales en el suelo.
<p>Uso de suelos agrícolas con fines ganaderos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compactación. • Acidez de los suelos. • Pérdida de la fertilidad. • Pérdida de la meso y micro fauna del suelo. • Erosión por terrazetas o pata de vaca. • Disminución de la cobertura vegetal. • Desequilibrio eco sistémico. 	<p>Rotación de praderas en franjas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de prácticas culturales. • Manejo de sistemas silvopastoriles. • Manejo e incorporación de abonos orgánicos, líquidos y sólidos, • Aislamiento de áreas para regeneración natural. • que permiten recuperar áreas

CONCLUSIONES

Las propiedades físicas evaluadas nos dieron estimativos que según autores no se encuentran degradadas con el pasar de los días, a pesar de que los agricultores de la zona utilizan agroquímicos.

En las dos propiedades químicas que se evaluaron se encontró que el pH de los cuatro tratamientos presenta estimativos fuerte a moderadamente ácido, ya que sus valores oscilan entre <5,5 a 5,9, lo que significa que estos suelos se encuentran con una posible toxicidad de aluminio y manganeso, deficiencias de calcio, magnesio y molibdeno, para lo cual es necesario dar recomendaciones que conlleven a la conservación de este importante recurso, a través de enmiendas calcáreas; de igual manera los tratamientos T0 (bosques) y T1 (tomate de árbol) presentaron un ligero contenido de materia orgánica, mientras que los tratamientos T3 (potreros con ganadería) y T2 (mora) se caracterizan por tener fuertes contenidos de materia orgánica, que es un efecto altamente positivo sobre la fertilidad del suelo, como también el tiempo de uso de los potreros y la mora influyen en los resultados obtenidos.

En cuanto a la resistencia de penetrabilidad de los suelos evaluados se pudo evidenciar que a mayor profundidad mayor resistencia a la penetración debido a que por debajo de los 40 cm del perfil A los suelos no se encuentran laboreados, presentan niveles considerables de porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica, densidad aparente y real, en donde la compactación y la degradación no es progresiva.

Para los valores de D_a los valores más altos se presentaron en T0 (bosques), con un promedio de 1,3 g/cc, el T2 (cultivo de mora) con un promedio de 1,9 g/cc debido a que las raíces de las plantas se entrelazan generando una presión por la alta densidad vegetal sobre el suelo. Los valores más bajos lo presentó el T1 (tomate de árbol) con valores promedios entre 0,5-0,6 g/cc obedeciendo a que están relacionados con la influencia de cenizas volcánicas y materiales orgánicos.

El valor promedio de D_r más alto lo presentó el T3 (potreros con ganadería), debido a que se encuentra expuesto al constante pisoteo de los animales, hecho que facilita la compactación, seguido por T0 (bosques) con valores de 2,2 g/cc y 2,1 g/cc, el T1 (tomate de árbol) con valores de 2,1 g/cc destruyendo y ocasionando cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire. y los valores más bajos se evidencian en el T2 (mora) con valores de 1,8 g/cc a una profundidad de 0-20 cm y 1,9 g/cc de 20-40 cm respectivamente.

RECOMENDACIONES

Es importante que los agricultores realicen buenas prácticas agrícolas entre ellas la utilización de enmiendas calcaría para el mejoramiento del pH y la conservación del suelo.

Es necesario realizar estudios a nivel de física y química de suelos, en esta zona de estudio, debido a que no se han realizado frecuentemente en diferentes épocas del año, análisis relacionadas con estas para verificar el cambio o no de las propiedades.

Es indispensable que cada propietario conozca el manejo adecuado de los suelos originarios de cenizas volcánicas ya que disponen de alto contenido en materia orgánica y por ende la fertilidad y productividad de ellos es alta y no es tan necesario la utilización de agroquímicos.

BIBLIOGRAFIA

>. [Citado: 20, marzo de 2014]. Arshad, M.A., B. Lowery, and B. Grossman. 1996. Physical tests for monitoring soil quality. P. 123-142. In: J. W. Doran and A. J. Jones (eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.

AUBERT, J.; BOULAIN, J. (1967): *La Pedologie*. Coll. «Que sais-je? » P.U.F. Paris. Traducción con el título «*La Edafología*». Ed. Oikos-Tau. Barcelona, 1982.

Benítez J. y Friedrich T. 2009. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. Portal (En línea). Fao. 2009. La Vida en los Suelos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación mundial. Portal (En línea).

Buckman, H. O. y Brady N.C. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*.

Buckman, H. O. y Brady N.C. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*.

CANTU, M.; BECKER, A.; BEDANO, J.; SCHIAVO, H. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Cienc. suelo*. 25 (2): 173-178.

CARRERO, J.M. Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996.

Clapp, RB, Hornberger, GM, 1978. Empirical equations for some soil hydraulic properties. *Water Resources Research* 14: 601- 604.

Ed. Montaner y Simon, S.A. Barcelona.

FAO. Permeabilidad del suelo. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: FAO; "Base referencial mundial del recurso suelo", Ed: FAO, ISRIC y SICS, 1999, págs. 90ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s09.htm

GARCIA, F y KAPLAN, A. Evaluación de un método para determinar densidad aparente, macroporosidad y microporosidad en el suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía., 1974. 49 p.

GARCIA, I. 2011. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agro ecosistemas. *Rev. Argentina de microbiología*. 43: 1-3.

GARCIA. I y DORRONSORO. C. Tema 13, Contaminación por fitosanitarios [en línea]. [fecha de consulta 2 de julio de 2006].

Gisbert, J.M; Ibáñez, Sara; "Génesis de Suelos" Ed: Universidad Politécnica de Valencia, 2001, págs. 222 [3]

Higueras Pablo. 2009. Vulnerabilidad de los Suelos ante los contaminantes químicos. Artículo. Portal (En línea).

HILLEL, D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. 771 p.

INGELMO, S. F. y S. CUADRADO. 1986. El agua y el medio físico del suelo. Temas monográficos No. 18. Centro de Edafología y Biología Aplicada. Salamanca. 102 p.

JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2002. 613p.

JENNY, H. (1968): The image of soil in landscape art, old and new. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia. 32:947-79.

Logsdon, SD, Jaynes, DB, 1993. Methodology for determining hydraulic conductivity with

MALAGÓN, D. Y CORTES, A 1980. Levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Miranda I. Edenys. 2009. Física de Suelos. Su impacto en la productividad agrícola. Universidad de Pinar del Río "Hnos. Saiz Montes de Oca", Cuba. Portal (En línea).

MOLINA *et al* 2013. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza.

Narro, F. E., 1994. Física de suelos: con enfoque agrícola, Editorial Trillas, México, 195pp.

Pinot, R, H. (2000). *Manual de Edafología*. Ed.Computec. Chile.

Plaster, E. J. (2004). *La ciencia del suelo y su manejo*. Ed. Paraninfo. México

Plaster, E. J. (2004). *La ciencia del suelo y su manejo*. Ed. Paraninfo. México

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Porta, J; López-Acevedo, Marta; Roquero, Carlos: "Edafología para la agricultura y el medio ambiente", Ed. Mundiprensa, 3ª edición, 2003, págs. 629. [2]

Porta, J; López-Acevedo, Marta; Roquero, Carlos: "Edafología para la agricultura y el medio ambiente", Ed. Mundiprensa, 3ª edición, 2003, págs. 629.

RAMIREZ, R Y C SALAZAR 2005. cambios de la resistencia a la penetración del suelo con diferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un andisol en el municipio de Marinilla Antioquia .Universidad Nacional de Colombia Medellín Colombia.

RUIZ, H. Efecto de cuatro sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas en un vertisol cultivado intensivamente en el valle geográfico del Cauca. Trabajo de grado Magíster Scientiae, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1999, 229.

SÁNCHEZ, P. A. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. 1ª. Ed. en español. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica. 534 p.

SILVA, S. y CORREA, F. 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica. *Semestre Económico* 12: (23) 13-34.

Sustaita, R. F., Ordaz, C. V., Ordaz, S. C., y León, G. F., 2000, Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola, Agro ciencia, Volumen 34. Tensión infiltrómetros. *Soil Science Society of America Journal*. 57: 1426-1431.

UNIGARRO, A y CARREÑO, M. Métodos químicos para el análisis de suelos. Pasto, Universidad de Nariño, 2005. pp. 9-32

UTOMO, W. H. and A. R. DEXTER. 1982. Changes in soil aggregate water stability induced by wetting and drying cycles in non-saturated soil. *Journal of Soil Sci*. 33: 623-637.

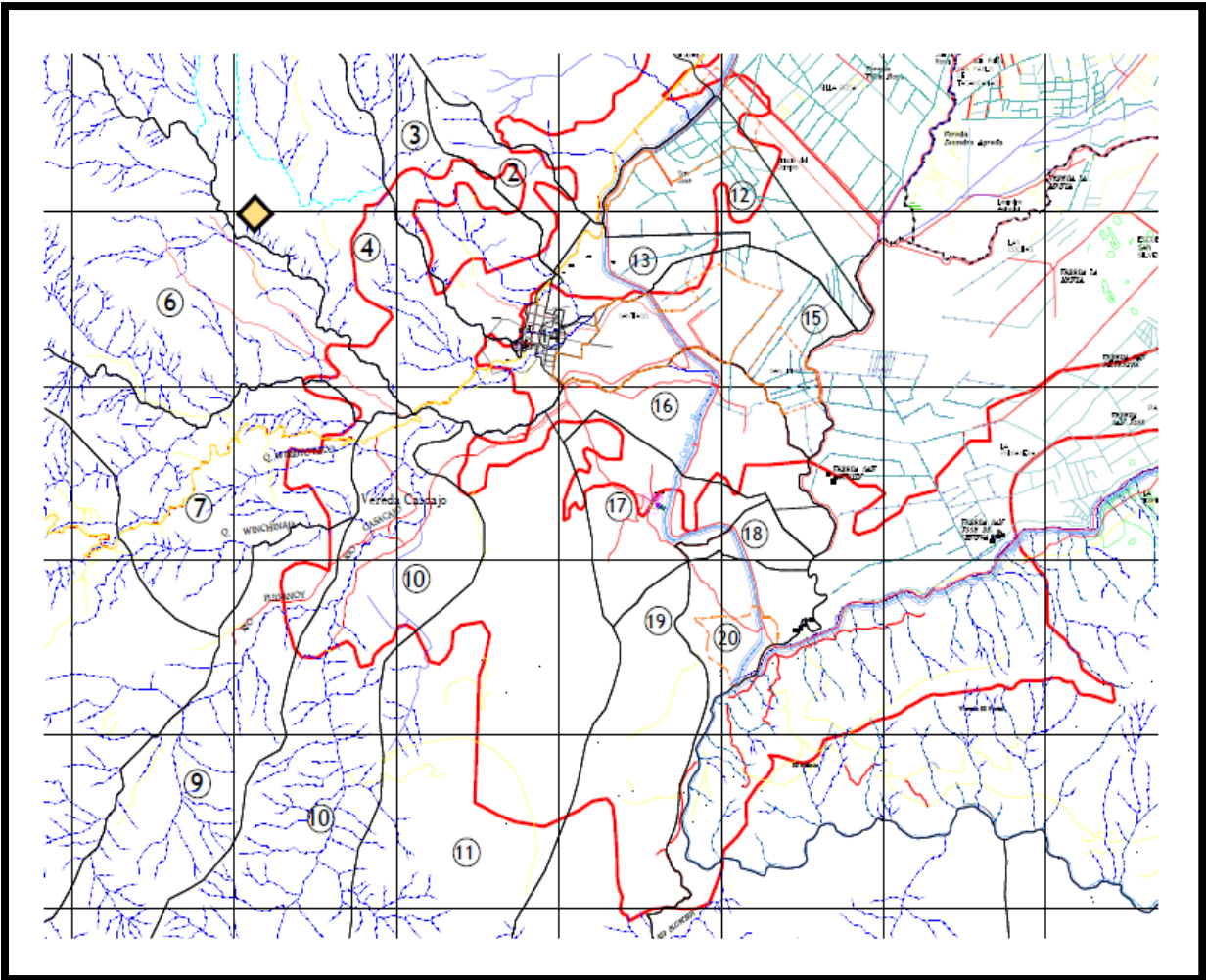
VALBUENA, C.; MARTINEZ, L Y GIRALDO, R. 2010. Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). *Rev. Bras. Frutic.*] 30 (4): 1146-1151.

Vallejo, L,G. (2002) Ingeniería geológica. Madrid: Pearson Educación.

WARD, R.C.; ROBINSON, M.; 1990. Principles of hydrology. Mc Graw-Hill Book Company, 365 p.

ANEXOS

anexo A. Mapa ubicación de la zona de muestreo.



Anexo B. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades A y B.

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad	Humedad Gravimétrica	Humedad Volumétrica	
BOSQUES	1	1	A	5,24	Fuertemente ácido	0,4	2,0	78,51	162,1	69,7
		2	A	5,38	Fuertemente ácido	0,3	2,0	84,31	211,7	66,4
		3	A	5,47	Fuertemente ácido	0,5	2,0	73,72	126,7	66,6
		Promedio		5,36		0,4	2,0	78,85	166,8	67,6
	2	1	A	5,89	Moderadamente ácido	0,6	2,2	71,40	102,9	65,4
		2	A	5,75	Moderadamente ácido	0,6	2,5	75,39	73,5	45,2
		3	A	5,28	Fuertemente ácido	0,5	1,8	71,99	130,0	66,2
		Promedio		5,64		0,6	2,2	72,93	102,1	58,9
	3	1	A	6,00	Moderadamente ácido	1,1	2,9	61,00	50,1	55,8
		2	A	5,45	Fuertemente ácido	0,6	2,2	71,67	100,3	63,2
		3	A	5,78	Moderadamente ácido	0,5	2,5	80,69	136,3	65,8
		Promedio		5,74		0,7	2,53	71,12	95,6	61,6
Promedio por Tratamiento			5,58		1,26	2,24	74,30	121,51	62,70	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)	
BOSQUES	1	1	B	5,45	Fuertemente ácido	1,0	2,2	54,16	52,8	53,8
		2	B	5,66	Moderadamente ácido	0,7	2,2	69,11	97,9	67,2
		3	B	6,04	Ligeramente ácido	0,9	2,9	67,56	65,9	61,1
		Promedio		5,72		0,9	2,4	63,61	72,2	60,7
	2	1	B	6,12	Ligeramente ácido	0,9	2,0	55,49	61,3	54,6
		2	B	5,44	Fuertemente ácido	0,8	1,5	44,78	54,4	46,2
		3	B	5,27	Fuertemente ácido	0,8	1,7	51,84	69,0	55,4
		Promedio		5,61		0,8	1,7	50,70	61,6	52,1
	3	1	B	6,91	Neutro	0,9	2,9	68,27	58,2	52,8
		2	B	6,24	Ligeramente ácido	1,0	2,2	55,72	54,2	53,4
		3	B	5,91	Moderadamente ácido	0,9	0,9	4,54	61,7	53,6
		Promedio		6,35		0,9	2,0	42,84	58,1	53,2
Promedio por Tratamiento			5,89		0,88	2,06	52,39	63,96	55,34	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad	Humedad Gravimétrica	Humedad Volumétrica	
TOMATE DE ARBOL	1	1	A	4,93	Muy fuertemente ácido	0,2	2,2	92,48	441,5	73,7
		2	A	4,96	Muy fuertemente ácido	0,2	2,2	90,47	353,8	75,0
		3	A	4,96	Muy fuertemente ácido	0,5	1,7	72,01	141,0	65,8
		Promedio		4,95		0,3	2,0	84,99	312,1	71,5
	2	1	A	5,49	Fuertemente ácido	0,8	2,0	62,31	73,5	55,4
		2	A	5,80	Moderadamente ácido	0,6	2,2	71,58	94,8	59,9
		3	A	5,74	Moderadamente ácido	0,8	2,5	66,59	74,4	62,1
		Promedio		5,68		0,7	2,2	66,83	80,9	59,1
	3	1	A	4,89	Muy fuertemente ácido	0,4	2,0	78,41	160,8	69,5
		2	A	4,73	Muy fuertemente ácido	0,3	1,8	81,40	200,6	67,8
		3	A	5,60	Moderadamente ácido	0,4	1,8	76,58	157,9	67,2
		Promedio		5,07		0,4	1,9	78,80	173,1	68,2
Promedio por Tratamiento			5,23		0,47	2,05	76,87	188,72	66,28	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)	
TOMATE DE ARBOL	1	1	B	5,63	Moderadamente ácido	0,6	2,5	76,29	110,7	65,6
		2	B	5,28	Fuertemente ácido	0,8	1,3	42,40	83,3	64,0
		3	B	5,29	Fuertemente ácido	0,6	0,9	38,15	121,4	68,2
	Promedio			5,40		0,6	1,6	52,28	105,1	65,9
	2	1	B	5,80	Moderadamente ácido	0,7	2,9	73,76	77,2	57,9
		2	B	5,30	Fuertemente ácido	0,4	2,5	82,72	159,0	68,7
		3	B	5,88	Moderadamente ácido	0,6	2,0	69,54	100,7	61,3
	Promedio			5,66		0,6	2,5	75,34	112,3	62,6
	3	1	B	5,78	Moderadamente ácido	0,7	2,2	70,66	80,0	52,2
		2	B	5,44	Fuertemente ácido	0,7	2,5	71,72	80,7	57,0
		3	B	5,47	Fuertemente ácido	0,6	2,5	74,90	85,1	53,4
	Promedio			5,56		0,7	2,4	72,43	81,9	54,2
Promedio por Tratamiento			5,54		0,63	2,15	66,68	99,76	60,91	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad	Humedad Gravimétrica	Humedad Volumétrica	
MORA	1	1	A	5,64	Moderadamente ácido	0,9	2,0	56,5	67,9	59,1
		2	A	5,44	Fuertemente ácido	0,8	2,5	69,4	83,2	63,6
		3	A	4,87	Muy fuertemente ácido	0,7	1,7	59,5	103,9	70,1
	Promedio			5,32		0,8	2,1	61,83	85,0	64,2
	2	1	A	5,92	Moderadamente ácido	0,5	2,2	78,8	129,0	60,7
		2	A	5,71	Moderadamente ácido	0,5	1,2	57,6	129,8	64,8
		3	A	5,15	Fuertemente ácido	0,7	1,3	47,1	84,4	59,5
	Promedio			5,59		0,6	1,6	61,18	114,4	61,7
	3	1	A	5,15	Fuertemente ácido	0,3	2,0	83,7	204,4	66,6
		2	A	4,82	Muy fuertemente ácido	0,3	2,0	83,2	210,3	70,7
		3	A	4,82	Muy fuertemente ácido	0,4	1,7	73,5	155,8	68,9
	Promedio			4,93		0,4	1,9	80,12	190,1	68,7
Promedio por Tratamiento			5,28		0,57	1,84	67,71	129,85	64,87	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)	
MORA	1	1	B	5,25	Fuertemente ácido	0,9	2,5	62,7	67,9	63,4
		2	B	5,29	Fuertemente ácido	0,6	2,5	77,2	122,5	69,9
		3	B	5,11	Fuertemente ácido	0,4	2,2	82,7	168,3	64,8
	Promedio			5,22		0,6	2,4	74,18	119,6	66,0
	2	1	B	5,41	Fuertemente ácido	0,8	1,7	50,4	70,9	58,7
		2	B	6,26	Ligeramente ácido	0,5	1,2	58,8	130,3	63,2
		3	B	5,10	Fuertemente ácido	0,5	1,3	59,9	153,3	76,8
	Promedio			5,59		0,6	1,4	56,36	118,1	66,2
	3	1	B	5,57	Moderadamente ácido	0,5	2,2	77,9	127,0	62,3
		2	B	5,51	Moderadamente ácido	0,5	2,0	74,2	119,4	61,5
		3	B	5,81	Moderadamente ácido	0,5	1,8	72,8	116,9	57,9
	Promedio			5,63		0,5	2,0	74,97	121,1	60,6
Promedio por Tratamiento			5,48		0,58	1,93	68,50	119,59	64,26	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad	Humedad Gravimétrica	Humedad Volumétrica	
POTRERO CON GANADO	1	1	A	6,11	Ligeramente ácido	0,9	2,9	68,8	63,7	56,8
		2	A	5,91	Moderadamente ácido	0,8	2,9	72,7	78,6	61,3
		3	A	6,11	Ligeramente ácido	1,0	2,9	65,0	59,1	59,1
	Promedio		6,04		0,9	2,9	68,82	67,1	59,1	
	2	1	A	5,32	Fuertemente ácido	0,3	2,5	86,5	227,1	76,8
		2	A	5,26	Fuertemente ácido	0,4	2,2	82,5	204,7	79,7
		3	A	5,36	Fuertemente ácido	0,1	1,8	92,0	552,1	79,9
	Promedio		5,31		0,3	2,2	87,00	328,0	78,8	
	3	1	A	5,83	Moderadamente ácido	0,6	2,9	79,8	105,3	60,7
		2	A	5,57	Moderadamente ácido	0,5	2,2	77,4	131,3	65,8
3		A	5,63	Ligeramente ácido	0,5	2,2	75,4	115,7	63,2	
Promedio		5,68		0,5	2,4	77,57	117,4	63,2		
Promedio por Tratamiento			5,68		0,57	2,49	77,80	170,84	67,02	

Tratamiento			pH, Potenciómetro relación Suelo:Agua (1:1).		Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)	
POTRERO CON GANADO	1	1	B	6,30	Ligeramente ácido	1,1	2,5	56,1	46,6	51,1
		2	B	6,23	Ligeramente ácido	0,7	2,9	74,6	77,2	56,0
		3	B	6,27	Ligeramente ácido	0,8	2,9	70,4	80,0	67,6
	Promedio		6,27		0,9	2,7	67,03	67,9	58,3	
	2	1	B	6,17	Ligeramente ácido	1,0	2,2	53,1	50,0	52,2
		2	B	5,44	Fuertemente ácido	0,5	1,8	73,6	148,3	71,3
		3	B	5,61	Moderadamente ácido	0,6	2,9	78,1	102,6	64,2
	Promedio		5,74		0,7	2,3	68,24	100,3	62,5	
	3	1	B	6,91	Neutro	0,5	2,2	78,8	142,0	66,8
		2	B	5,63	Moderadamente ácido	0,6	2,9	79,4	106,9	62,9
3		B	5,59	Moderadamente ácido	0,5	2,9	81,7	134,2	70,3	
Promedio		6,04		0,5	2,6	79,96	127,7	66,7		
Promedio por Tratamiento			6,02		0,71	2,56	71,75	98,65	62,50	

Anexo C. Resultados obtenidos en laboratorio de Estabilidad de Agregados en seco en las profundidades A y B.

N° DE TAMIZ		1/4	5	10	18	35	60	Fondo	TOTAL DE MATERIAL	PDP	CLASIFICACIÓN		
ABERTURA DEL TAMIZ (mm)		6,3	4	2	1	0,5	0,25	<0,25					
RANGO DE TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)		10- 6,3	6,3- 4,0	4,0- 2,0	2,0-1,0	1,0- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0					
TAMAÑO PROMEDIO DE AGREGADOS (mm) Xi		8,15	5,15	3	1,5	0,75	0,375	0,125					
TRATAMIENTO	CAJUELa	PROFUNDIDAD	PESO DEL MATERIAL RETENIDO POR CADA TAMIZ										
(T0) BOSQUE	1	1	1	105,6	21,2	3,5	10	3,6	1,6	4,5	150	6,66	Muy Estable
			2	27,2	24,6	6	24,7	19,7	13,3	33,5	149	2,87	Moderadamente Estable
		2	1	35,8	34,7	8,9	33,6	16,2	7	13,8	150	3,76	Estable
			2	39,9	31,8	7,7	29,4	15,7	6,9	13,6	145	3,95	Estable
		3	1	47,2	32,4	8,4	31,1	13,9	6	11	150	4,25	Estable
			2	25,9	26,8	8,9	38,8	21,7	9,8	18,1	150	3,04	Estable
	2	1	1	61,6	22,6	4,9	17,8	12,1	8,4	22,6	150	4,50	Estable
			2	51,2	22,9	5,6	23,4	16	8,7	22,4	150,2	4,03	Estable
		2	1	90,8	22,7	3,8	11,9	6,4	3,7	10,8	150,1	5,95	Muy Estable
			2	32,7	14,1	3,9	15,5	14,2	12,5	57,1	150	2,64	Moderadamente Estable
		3	1	59,5	28,2	6,3	22,9	11,6	6,1	15,4	150	4,64	Estable
			2	45,4	26,4	7,2	30,1	15,8	7,2	17,9	150	3,93	Estable
	3	1	1	46,6	24,6	5,8	22,1	17,6	10	23,3	150	3,85	Estable
			2	37,6	16,9	4,4	21,1	20,4	14,8	34,8	150	3,09	Estable
		2	1	48,6	12,9	2,9	10,9	9,4	8,8	56,5	150	3,37	Estable
			2	106	19,8	3,5	10,1	3,6	1,5	3,5	148	6,72	Muy Estable
		3	1	72,4	17,8	3,3	11	7,2	6,1	32,2	150	4,80	Estable
			2	11,6	9,9	3,6	22,5	22	15,6	30,5	115,7	1,87	Moderadamente Estable

N° DE TAMIZ		1/4	5	10	18	35	60	Fondo	TOTAL DE MATERIAL	PDP	CLASIFICACIÓN		
ABERTURA DEL TAMIZ (mm)		6,3	4	2	1	0,5	0,25	<0,25					
RANGO DE TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)		10- 6,3	6,3- 4,0	4,0- 2,0	2,0-1,0	1,0- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0					
TAMAÑO PROMEDIO DE AGREGADOS (mm) Xi		8,15	5,15	3	1,5	0,75	0,375	0,125					
TRATAMIENTO	CAJUELa	PROFUNDIDAD	PESO DEL MATERIAL RETENIDO POR CADA TAMIZ										
(T1) TOMATE DE ARBOL	1	1	1	20,6	21,3	5,9	29	20,1	12,5	25,7	135,1	2,68	Moderadamente Estable
			2	20,8	24,4	5,7	22	12,2	6	14,3	105,4	3,40	Estable
		2	1	24,9	20	3,6	29,5	23	10,7	20,4	132,1	2,91	Moderadamente Estable
			2	34,8	29,4	8,3	32,8	17,3	8	19,8	150,4	3,51	Estable
		3	1	18,7	11,8	4,3	27,9	32,8	17,9	36,6	150	2,03	Moderadamente Estable
			2	27,9	29,6	7,9	35,1	20,8	9,3	19,4	150	3,18	Estable
	2	1	1	67,1	13,6	3,8	16	13	9	27,7	150,2	4,45	Estable
			2	30,2	25,2	7,7	30,2	18	10,4	28,4	150,1	3,10	Estable
		2	1	47,8	10,7	4,5	17,4	17,1	13,4	39,1	150	3,38	Estable
			2	92,4	7,5	1,8	8,7	8,5	7	24,1	150	5,48	Muy Estable
		3	1	12,6	11,8	4,9	28,3	28,4	21	43	150	1,70	Moderadamente Estable
			2	9,5	15,3	6,3	33,2	31,8	19,5	34,2	149,8	1,74	Moderadamente Estable
	3	1	1	37,1	31,8	9,5	37,3	15,2	6,7	12,7	150,3	3,77	Estable
			2	17,7	21,8	7,6	27,7	12,3	5	7,9	100	3,33	Estable
		2	1	82,5	21,8	6,9	17,3	8,7	4,6	8,5	150,3	5,59	Muy Estable
			2	31,4	29,8	10,4	34,9	16,5	7	17	147	3,47	Estable
		3	1	51,3	24,5	5,8	22,3	11	4,6	8,5	128	4,74	Estable
			2	36,2	30,5	8,6	34,9	17,3	7,1	15,4	150	3,65	Estable

N° DE TAMIZ			1/4	5	10	18	35	60	Fondo	TOTAL DE MATERIAL	PDP	CLASIFICACIÓN	
ABERTURA DEL TAMIZ (mm)			6,3	4	2	1	0,5	0,25	<0,25				
RANGO DE TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)			10- 6,3	6,3- 4,0	4,0- 2,0	2,0-1,0	1,0- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0				
TAMAÑO PROMEDIO DE AGREGADOS (mm) Xi			8,15	5,15	3	1,5	0,75	0,375	0,125				
TRATAMIENTO	CAJUELa	PROFUNDIDAD	PESO DEL MATERIAL RETENIDO POR CADA TAMIZ										
T(2) MORA	1	1	1	18,1	25,9	8	30,7	21,1	10,1	26,1	140	2,67	Moderadamente Estable
			2	52,5	34,1	6,3	21	10,6	6	19,5	150	4,44	Estable
		2	1	20,7	20,5	7,5	35	25,3	15	26,1	150,1	2,51	Moderadamente Estable
			2	21,9	21,9	7,6	34,1	22,5	11,2	30,8	150	2,60	Moderadamente Estable
		3	1	45,4	19,9	4,6	16,7	14,7	10,8	37,9	150	3,54	Estable
			2	39,1	25,7	6,6	24,4	13,9	8,6	31,7	150	3,50	Estable
	2	1	1	6,5	9,9	5,4	25,7	32,8	22,6	47,2	150,1	1,32	Ligeramente Estable
			2	9,7	10,6	4,8	26,3	31,2	22,8	44,8	150,2	1,50	Ligeramente Estable
		2	1	35,9	18,9	5,3	21,5	17,8	12,8	37,8	150	3,07	Estable
			2	42,2	23,8	6,6	26	18,1	10,4	22,9	150	3,64	Estable
		3	1	33,8	16,4	4,4	21,3	15,2	9,4	16,7	117,2	3,60	Estable
			2	92,9	11,6	2,9	14,1	9,5	5,4	12,7	149,1	5,75	Muy Estable
	3	1	1	69,4	4,9	1,1	3,7	2,2	1,2	3,4	85,9	7,01	Muy Estable
			2	84,8	15,9	3,6	13,4	8	3,6	12,1	141,4	5,75	Muy Estable
		2	1	89,2	2,2	0,5	2,1	1,5	1	2,1	98,6	7,55	Muy Estable
			2	93,3	12,6	2,5	9,7	4,5	2,4	9	134	6,36	Muy Estable
		3	1	104	10	2,3	8,8	4,7	2,5	5,5	137,8	6,71	Muy Estable
			2	94,4	10,6	10,3	6,8	5	2,9	13,1	130	6,70	Muy Estable

N° DE TAMIZ			1/4	5	10	18	35	60	Fondo	TOTAL DE MATERIAL	PDP	CLASIFICACIÓN	
ABERTURA DEL TAMIZ (mm)			6,3	4	2	1	0,5	0,25	<0,25				
RANGO DE TAMAÑOS DE AGREGADOS (mm)			10- 6,3	6,3- 4,0	4,0- 2,0	2,0-1,0	1,0- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0				
TAMAÑO PROMEDIO DE AGREGADOS (mm) Xi			8,15	5,15	3	1,5	0,75	0,375	0,125				
TRATAMIENTO	CAJUELa	PROFUNDIDAD	PESO DEL MATERIAL RETENIDO POR CADA TAMIZ										
T(3) POTREROS CON GANADERIA	1	1	1	43,6	17,4	4,6	20,7	17,9	12,8	33	150	3,41	Estable
			2	36,9	22,4	6,9	28,9	17,7	10,1	27,1	150	3,34	Estable
		2	1	35,5	16,6	4,9	21,5	21,8	15,4	34,4	150,1	2,99	Moderadamente Estable
			2	45,4	14,6	4,6	18,3	17,6	13,1	36,5	150,1	3,39	Estable
		3	1	36,7	8,7	34,6	19,3	29,3	8,9	13	150,5	3,35	Estable
			2	32,8	25,9	7,5	27,8	19,5	11,8	24,8	150,1	3,24	Estable
	2	1	1	63,9	21,6	4,8	14,3	8,3	4,3	7,7	124,9	5,42	Muy Estable
			2	65,4	28,3	5,7	19,9	10,9	5,9	13,9	150	4,92	Estable
		2	1	28,8	19,6	5,5	18,5	11,3	5,2	9,1	98	3,99	Estable
			2	86,9	21,6	3,8	12,5	6,8	4,4	14	150	5,72	Muy Estable
		3	1	54,9	20,5	3,7	13,8	8,5	3,9	5,4	110,7	5,36	Muy Estable
			2	37,9	19,9	4,9	19,6	12,9	5,8	13,4	114,4	4,10	Estable
	3	1	1	30,9	21,3	4,9	29,7	21,8	12,8	28,6	150	2,97	Moderadamente Estable
			2	25,6	22,8	7,7	38,7	25,1	11,5	18,6	150	2,88	Moderadamente Estable
		2	1	52,5	26,6	6,2	22,5	14,6	8,2	19,9	150,5	4,21	Estable
			2	47,5	26,4	6,9	29,3	16,3	7,3	16,4	150,1	4,03	Estable
		3	1	45,5	24,5	6,9	27	16,8	8,9	20,4	150	3,84	Estable
			2	34,6	33,5	8,6	33,9	18,2	7,2	14	150	3,66	Estable

Anexo D. Resultados obtenido en laboratorio de Materia Orgánica.

Tratamiento	Cajuela	Muestra	Reacción	
BOSQUES	1	1	A	Fuerte
			B	Liguera
		2	A	Liguera
			B	Liguera
		3	A	Fuerte
			B	Violenta
	2	1	A	Violenta
			B	Fuerte
		2	A	Violenta
			B	Liguera
		3	A	Liguera
			B	Fuerte
	3	1	A	Liguera
			B	Liguera
		2	A	Violenta
B			Fuerte	
3		A	Violenta	
		B	Fuerte	

Tratamiento	Cajuela	Muestra	Reacción	
TOMATE DE ARBOL	1	1	A	Liguera
			B	Liguera
		2	A	Liguera
			B	Liguera
		3	A	Fuerte
			B	Fuerte
	2	1	A	Fuerte
			B	No reacciona
		2	A	Liguera
			B	Liguera
		3	A	Liguera
			B	Liguera
	3	1	A	Liguera
			B	Fuerte
		2	A	Fuerte
B			Violenta	
3		A	Violenta	
		B	Fuerte	

Tratamiento	Cajuela	Muestra	Reacción	
MORA	1	1	A	Violenta
			B	Liguera
		2	A	Violenta
			B	Liguera
		3	A	Violenta
			B	Violenta
	2	1	A	Fuerte
			B	Liguera
		2	A	Fuerte
			B	Liguera
		3	A	Violenta
			B	Liguera
	3	1	A	Violenta
			B	Fuerte
		2	A	Fuerte
B			Liguera	
3		A	Violenta	
		B	Violenta	

Tratamiento	Cajuela	Muestra	Reacción	
POTREROS CON GANADO	1	1	A	Violenta
			B	Fuerte
		2	A	Liguera
			B	Violenta
		3	A	Liguera
			B	Liguera
	2	1	A	Fuerte
			B	Fuerte
		2	A	Violenta
			B	Liguera
		3	A	Violenta
			B	Violenta
	3	1	A	Fuerte
			B	Liguera
		2	A	Fuerte
			B	Fuerte
		3	A	Violenta
			B	Liguera

Anexo E. Resultados de penetrabilidad.

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
BOSQUE (T0)	10	0,60	64,82
	20	0,79	56,30
	30	0,65	56,12
	40	0,74	52,44
PROMEDIOS		0,72	54,95

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
TOMATE DE ARBOL (T1)	10	0,54	49,49
	20	0,66	47,42
	30	0,66	42,37
	40	0,73	46,79
PROMEDIOS		0,69	45,52

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
MORA (T2)	10	0,60	54,89
	20	0,64	56,61
	30	0,73	53,78
	40	0,72	47,17
PROMEDIOS		0,70	52,52

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
POTREROS CON GANADERIA (T3)	10	0,73	66,27
	20	0,79	59,72
	30	0,75	47,83
	40	0,84	46,93
PROMEDIOS		0,80	51,49

Anexo F. Resultados de Conductividad Hidráulica en Laboratorio.

TRATAMIENTO	CAJUELA	PROFUNDIDAD	No. Cilindro	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	110 min	120 min	130 min	140 min	150 min	K		
(T0) BOSQUE	1	1	1	1			3	3	3														0,506		
			2	2																				0,450	
		2	1	3	1,9	1,7	2	2	2															0,450	
			2	4						2	1	1	1											0,096	
		3	1	5																					0,000
			2	6			11	11	12	10,5	11	11	11												1,060
	2	1	1	7	1	1,9	1,9	2	2	2														0,337	
			2	8																				0,000	
		2	1	9			2	2	2															0,450	
			2	10																				0,000	
		3	1	11		3,9	3,8	3,9	3,9	3,9															0,658
			2	12	1	1	1																		0,674
	3	1	1	13		4,2	4	4	3	2,9	3	3	3											0,289	
			2	14																				0,000	
		2	1	15																				0,000	
			2	16				2,5	2,5	2,5														0,422	
		3	1	17																				0,000	
			2	18								5	5	5										0,422	

TRATAMIENTO	CAJUELA	PROFUNDIDAD	No. Cilindro	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	110 min	120 min	130 min	140 min	150 min	K		
(T1) TOMATE DE ÁRBOL	1	1	1	1			1	1	2	1	1	1											0,096		
			2	2				1,9	1	1	1													0,135	
		2	1	3	6,5	6	5	7	6	5	5	5												0,562	
			2	4	1,9	1	1	1																0,337	
		3	1	5	10	6	5	10	5	7	8	8	8											0,771	
			2	6	2,1	2	2	2																0,674	
	2	1	1	7	2		3	2	2	2														0,337	
			2	8				2			2,1	2	2,9	2,9	2,9									0,196	
		2	1	9	1		3	2	2	2														0,337	
			2	10			2				3	3	3											0,253	
		3	1	11		3			2,5	2	3	3	3											0,289	
			2	12					4,5		3,9		3,1	3,8	3,8	3,8								0,214	
	3	1	1	13																				0,000	
			2	14								1	1	1										0,084	
		2	1	15																				0,000	
			2	16	3	3	2	2	3	2	2	2												0,225	
		3	1	17																					0,000
			2	18	22	25	23	22	23	19	19	19													2,136

TRATAMIENTO	CAJUELA	PROFUNDIDAD	No. Cilindro	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	110 min	120 min	130 min	140 min	150 min	K			
(T2) MORA	1	1	1			2	1,1	1,1	1	1	1												0,112			
			2										2	2	2									0,135		
		2	1	3		2,1	1,1	1	1	1															0,169	
			2	4				1	1	1															0,169	
		3	1	5		1,1	1	1	1																0,225	
			2	6																					0,000	
	2	1	1	7	6	6	1,9	7	7	5	5	5													0,562	
			2	8		2,1	1,1	2,9	1,9	1,9	1,9														0,256	
		2	1	9	15	14	9	11	13	11	11	11														1,236
			2	10		2	2,9	2,9	2,9																	0,652
		3	1	11		2	2	2																		0,674
			2	12	28,9	31,2	15,9	15,9	20	17	28,6	31	51	72	72	72										4,047
	3	1	1	13		4	2		4		2,5	4	4	4											0,337	
			2	14								3,9	3,9	3,9											0,329	
		2	1	15	62	58	27	21	22	28	27	34	46	68	68	68										3,822
			2	16																						0,000
		3	1	17																						0,000
			2	18																						0,000

TRATAMIENTO	CAJUELA	PROFUNDIDAD	No. Cilindro	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	100 min	110 min	120 min	130 min	140 min	150 min	K			
(T3) POTREROS CON GANADERIA	1	1	1		8	8	8																	2,698		
			2		5	3	2	2	2																0,337	
		2	1	3	83	73	49	55	68	56	56	56														6,295
			2	4																						0,000
		3	1	5	10		6	9	9	7	10	10	10													0,963
			2	6		5			6	6	6															0,809
	2	1	1	7	12	12	7	7	7																1,574	
			2	8		1,9	1,1	1,9	18,2	2,9	6	2	2	2											0,169	
		2	1	9	5	4	4	4																		1,349
			2	10	2,9	2,9	1,9	1,9	1,9																	0,427
		3	1	11																						0,000
			2	12		3	2	2	2																	0,450
	3	1	1	13																					0,000	
			2	14	1	1	1																		0,674	
		2	1	15																						0,000
			2	16				2	2	1	1	1														0,112
		3	1	17																						0,000
			2	18																						0,000

Anexo G. Analisis de varianza

Profundidad de 0-20 cm

pH.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH.	12	0,40	0,00	6,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,52	5	0,10	0,79	0,5952
Bloque	0,08	2	0,04	0,32	0,7383
Tratamiento	0,43	3	0,14	1,10	0,4201
Error	0,79	6	0,13		
Total	1,30	11			

Densidad Real

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Real	12	0,61	0,29	13,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,75	5	0,15	1,88	0,2314
Bloque	0,08	2	0,04	0,51	0,6232
Tratamiento	0,67	3	0,22	2,80	0,1311
Error	0,48	6	0,08		
Total	1,23	11			

Humedad Gravimetrica

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad Gravimetrica	12	0,12	0,00	72,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9818,01	5	1963,60	0,16	0,9689
Bloque	454,59	2	227,29	0,02	0,9818
Tratamiento	9363,42	3	3121,14	0,25	0,8565
Error	73933,81	6	12322,30		
Total	83751,82	11			

Profundidad de 20-40 cm

pH.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH.	12	0,64	0,34	4,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,78	5	0,16	2,14	0,1910
Bloque	0,16	2	0,08	1,08	0,3962
Tratamiento	0,62	3	0,21	2,84	0,1280
Error	0,44	6	0,07		
Total	1,22	11			

Densidad Aparente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Aparente	12	0,12	0,00	45,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,05	5	0,01	0,16	0,9695
Bloque	0,02	2	0,01	0,16	0,8574
Tratamiento	0,03	3	0,01	0,16	0,9208
Error	0,38	6	0,06		
Total	0,43	11			

Porosidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porosidad	12	0,30	0,00	12,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	236,79	5	47,36	0,52	0,7570
Bloque	50,16	2	25,08	0,27	0,7695
Tratamiento	186,63	3	62,21	0,68	0,5961
Error	549,55	6	91,59		
Total	786,34	11			

Humedad Volumetrica

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad Volumetrica	12	0,09	0,00	11,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,74	5	6,95	0,12	0,9842
Bloque	2,16	2	1,08	0,02	0,9823
Tratamiento	32,58	3	10,86	0,18	0,9059
Error	361,24	6	60,21		
Total	395,98	11			

Densidad Aparente

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Aparente	12	0,69	0,42	16,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,17	5	0,03	2,62	0,1365
Bloque	0,02	2	0,01	0,83	0,4807
Tratamiento	0,15	3	0,05	3,81	0,0768
Error	0,08	6	0,01		
Total	0,25	11			

Densidad Real

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Real	12	0,43	0,00	19,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,84	5	0,17	0,91	0,5294
Bloque	0,22	2	0,11	0,60	0,5778
Tratamiento	0,62	3	0,21	1,12	0,4117
Error	1,11	6	0,18		
Total	1,95	11			

Porosidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porosidad	12	0,47	0,02	17,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	708,59	5	141,72	1,05	0,4674
Bloque	49,66	2	24,83	0,18	0,8364
Tratamiento	658,93	3	219,64	1,63	0,2794
Error	809,21	6	134,87		
Total	1517,80	11			

Humedad Volumetrica

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad Volumetrica	12	0,55	0,17	7,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	167,24	5	33,45	1,44	0,3314
Bloque	32,87	2	16,43	0,71	0,5294
Tratamiento	134,38	3	44,79	1,93	0,2259
Error	139,19	6	23,20		
Total	306,43	11			

Anexo H. Análisis de Varianza y de Tukey Humedad Gravimétrica profundidad de 20-40 cm.

Humedad Gravimetrica

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad Gravimetrica	12	0,68	0,42	20,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4921,59	5	984,32	2,57	0,1408
Bloque	112,04	2	56,02	0,15	0,8669
Tratamiento	4809,55	3	1603,18	4,19	0,0643
Error	2297,20	6	382,87		
Total	7218,79	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=55,30557

Error: 382,8664 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2,00	119,60	3	11,30 A
1,00	99,77	3	11,30 A B
3,00	98,63	3	11,30 A B
0,00	63,97	3	11,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)