

**EFFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE LABRANZA SOBRE ALGUNAS
PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN EL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO**

**ALEXANDRA VIVIANA DÍAZ CARVAJAL
CÉSAR ANDRÉS SALAZAR CANCHALA**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
INGENIERÍA AMBIENTAL
SIBUNDOY – PUTUMAYO
2015**

**EFFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE LABRANZA SOBRE ALGUNAS
PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN EL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO**

**ALEXANDRA VIVIANA DÍAZ CARVAJAL
CÉSAR ANDRÉS SALAZAR CANCHALA**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para
optar al Título de Ingeniero Ambiental**

Asesora

ADRIANA GUERRA ACOSTA I.A. Esp. M.sc

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
INGENIERÍA AMBIENTAL
SIBUNDOY – PUTUMAYO
2015**

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

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

Sibundoy Putumayo, Diciembre de 2015.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme fortaleza y sabiduría para no desfallecer ante las dificultades, llenando de fe y confianza mi corazón, fue el quien durante todo este tiempo me estuvo acompañando, iluminando y guiando para llegar a mi meta y conseguir hacer realidad mis propósitos.

A mis padres Ruby y Luis Humberto por su entrega, amor y sacrificio, quienes me enseñaron que con paciencia y dedicación se puede llegar muy lejos en la vida y sobretodo porque siempre han estado junto a mí para incentivar me a seguir adelante dándome confianza y ánimo para continuar.

A mi hermanito Juan Pablo, por brindame su amor sincero e incondicional, quien se ha convertido en mi motor, por ser el que alegran mis días con su sonrisa y por quien necesito ser mejor persona.

A mi tía Milena, por ser un apoyo importante en mi vida al igual que mi tío Juan Carlos, quienes siempre han estado dispuestos a colaborarme en cualquier dificultad.

A mis abuelitos, a mis tíos y primos por contribuir con sus consejos y por preocuparse por mí.

A mi compañero y amigo Cesar Andrés, por ser una excelente persona y que gracias a su responsabilidad, dedicación y empeño logramos cumplir con nuestras expectativas, igualmente a su familia quienes también fueron un apoyo importante para que esta investigación se haga realidad.

A la magister Adriana Guerra Acosta, quien con su dedicación, paciencia, esmero y profesionalismo nos dirigió durante todo este trayecto, con el objetivo de enseñarnos e instruirnos para nuestro futuro.

A Fernando, por acompañarme, darme ánimo en los momentos difíciles y por su comprensión en este proceso

Y a todos mis compañeros y amigos que de una u otra forma me han acompañado y dado ánimo para lograr ser una excelente profesional.

Alexandra Viviana Díaz Carvajal

DEDICATORIA

*A Jehová,
quien por su gran misericordia me ha dado la vida
para observar todas sus maravillas,
también me ha otorgado la sabiduría, humildad y temor
para cumplir con esta etapa de mi vida.*

*Gracias a Él, tuve el mejor padre, Heriberto Salazar
quien a pesar de todo siempre creyó en mí como su hijo,
también me ha otorgado una estupenda madre, Ilia Canchala
que siempre ha estado a mi lado en las dos caras de la vida.*

*Y como no agradecerle por haberme otorgado una gran familia
con quienes he compartido los mejores momentos de mi vida
además de que sus consejos y ayuda siempre han estado ahí,
para ayudarme a levantarme
cuando por mis malas decisiones he caído.*

*También por haberme permitido conocer
en esta camino de la vida a mi buena amiga y compañera,
Alexandra Viviana D.C.
con quien durante este tiempo de estudio he compartido buenos momentos,
asimismo a Samantha Nathaly y Karla Yiceth,
estas amigas que han logrado con sus sonrisas, alegrías y consejos
dar sentido a esta palabra llamada amistad.*

*Y por colocar en nuestro camino
a una asesora tan excelente
como la profesora Adriana Guerra
quien nos asistió en toda la realización de este trabajo,
así como a todos aquellos
que con sus conocimientos y experiencias nos han ayudado.*

*Toda gloria es de nuestro Señor Jesucristo,
Sin Él nada sería,
Sin Él nada podría.*

César Andrés Salazar Canchala

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores expresan agradecimientos a:

A la I.A. Esp. M.sc. Adriana Guerra Acosta, docente del Instituto Tecnológico Del Putumayo – Sede Sibundoy, por su apoyo, asesoría, confianza y acompañamiento durante el proceso de investigación, demostrando su integridad como persona y profesional al transmitir de la mejor manera sus conocimientos.

Al señor Roberto Campaña, administrador agropecuario y asesor de la WWF, quien muy amablemente dispuso de su tiempo y conocimiento orientando la ubicación del área de estudio como también la identificación de los tratamientos evaluados.

A los habitantes y propietarios ubicados en la asociación Chilcayaco por la disponibilidad y el respeto en el momento de la recolección de datos, en especial a la Diócesis Mocoa-Sibundoy, al señor Mauricio Cabrera, los hermanos Cuayal y las hermanas Rosero.

Al Instituto Tecnológico del Putumayo por facilitar los materiales y equipos de laboratorio.

Al doctor Marco Hugo Ruiz Eraso I.A M.Sc. Ph.D, docente de la Universidad de Nariño, por su calidad humana y profesional al brindar su conocimiento a esta investigación, como también por su colaboración al facilitar las herramientas necesarias para la recolección de datos.

A la especialista Claudia del Pilar Mora Vanegas docente del Instituto Tecnológico del Putumayo, por habernos facilitado la información y métodos necesarios para la realización de los análisis estadísticos del proyecto.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera participaron y ayudaron en todo el transcurso de este trabajo académico.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 22 |
| 1. PROBLEMA | 24 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 24 |
| 1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 25 |
| 2. OBJETIVOS | 26 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 26 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 26 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 27 |
| 3.1 IMPACTO AMBIENTAL | 29 |
| 4. HIPÓTESIS | 30 |
| 4.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL | 30 |
| 4.2 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA | 30 |
| 5. MARCO REFERENCIAL | 31 |
| 5.1 MARCO TEÓRICO | 31 |
| 5.1.1 Labranza | 31 |
| 5.1.2 Tipos de labranza comunes en Colombia | 31 |
| 5.1.3 Objeto de la labranza | 32 |
| 5.1.4 La labranza y las condiciones físicas del suelo | 32 |
| 5.1.5 La labranza y los factores de crecimiento en las plantas | 32 |
| 5.1.6 Tiempos de uso y las propiedades físicas del suelo | 34 |
| 5.1.7 Problemas físicos que limitan la producción agropecuaria | 35 |
| 5.1.8 Rotación de cultivos | 35 |
| 5.1.9 Efecto del ganado sobre el suelo | 36 |
| 5.1.10 Tipo de suelos en la zona de estudio | 37 |
| 5.1.11 Propiedades físicas del suelo evaluadas en el proyecto | 37 |
| 5.2 MARCO LEGAL | 38 |
| 5.3 MARCO CONTEXTUAL | 41 |
| 5.4 MARCO CONCEPTUAL | 44 |
| 5.4.1 Capacidad de carga | 44 |

| | |
|--|----|
| 5.4.2 Color..... | 45 |
| 5.4.3 Degradación del suelo..... | 45 |
| 5.4.4 Densidad aparente..... | 45 |
| 5.4.5 Densidad real..... | 45 |
| 5.4.6 Entíssoles..... | 46 |
| 5.4.7 Evaluación de suelos..... | 46 |
| 5.4.8 Humedad gravimétrica..... | 46 |
| 5.4.9 Humedad volumétrica..... | 46 |
| 5.4.10 Impacto ambiental..... | 46 |
| 5.4.11 Inceptisoles..... | 46 |
| 5.4.12 Labranza convencional..... | 47 |
| 5.4.13 Labranza de cincel..... | 47 |
| 5.4.14 Labranza de subsolado..... | 47 |
| 5.4.15 Labranza vertical..... | 47 |
| 5.4.16 Labranza reducida..... | 47 |
| 5.4.17 Labranza..... | 47 |
| 5.4.18 Resistencia a la penetración..... | 47 |
| 5.4.19 Porosidad..... | 48 |
| 5.4.20 Suelos..... | 48 |
| 6. METODOLOGÍA..... | 49 |
| 6.1 LOCALIZACIÓN..... | 49 |
| 6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS..... | 50 |
| 6.3 MUESTREO..... | 53 |
| 6.4 VARIABLES EVALUADAS..... | 55 |
| 6.4.1 Propiedades físicas..... | 55 |
| 6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 56 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 57 |
| 7.1 PROPIEDADES FÍSICAS..... | 57 |
| 7.1.1 Densidad aparente (Da)..... | 57 |
| 7.1.2 Densidad real (Dr)..... | 65 |
| 7.1.3 Porosidad total (%)..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| 7.1.4 Humedad gravimétrica (%) | 74 |
| 7.1.5 Humedad volumétrica | 80 |
| 7.1.6 Color | 85 |
| 7.1.7 Textura..... | 93 |
| 7.1.8 Penetrabilidad..... | 97 |
| 7.2 COMPARACIÓN ENTRE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS Y LA PROFUNDIDADES DE EVALUACIÓN..... | 104 |
| 7.2.1 Densidad aparente (Da)..... | 104 |
| 7.2.2 Densidad real (Dr)..... | 105 |
| 7.2.3 Porosidad..... | 106 |
| 7.2.4 Humedad gravimétrica y volumétrica..... | 108 |
| 7.3 ENCUESTAS | 110 |
| 7.3.1 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en finca con producción ganadera..... | 110 |
| 8. CONCLUSIONES | 119 |
| 9. RECOMENDACIONES | 122 |
| BIBLIOGRAFIA | 123 |
| Anexos..... | 130 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Variables y técnicas utilizadas para evaluar algunas propiedades físicas de los suelos..... | 56 |
| Tabla 2. Análisis de varianza para las propiedades físicas..... | 57 |
| Tabla 3. Análisis ANOVA para densidad aparente de cilindro de volumen conocido en profundidad de 0-15cm | 59 |
| Tabla 4. Pruebas de múltiples rangos para densidad aparente de cilindro de volumen conocido por tratamiento en profundidad de 0-15cm | 59 |
| Tabla 5. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con densidad aparente en profundidad de 0-15cm..... | 59 |
| Tabla 6. Análisis ANOVA para densidad aparente de cilindro de volumen conocido en profundidad de 15-30cm | 63 |
| Tabla 7. Pruebas de múltiples rangos para densidad aparente de cilindro de volumen conocido por tratamiento en profundidad de 15-30cm | 63 |
| Tabla 8. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con densidad aparente en profundidad de 15-30cm..... | 63 |
| Tabla 9. Análisis ANOVA para densidad real en profundidad de 0-15cm..... | 66 |
| Tabla 10. Análisis ANOVA para densidad real en profundidad de 15-30cm..... | 67 |
| Tabla 11. Análisis ANOVA para porosidad en profundidad de 0-15cm..... | 70 |
| Tabla 12. Análisis ANOVA para porosidad en profundidad de 15-30cm..... | 70 |
| Tabla 13. Pruebas de múltiples rangos para porosidad en profundidad de 0-15cm... | 70 |
| Tabla 14. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con porosidad en profundidad de 0-15cm..... | 71 |
| Tabla 15. Pruebas de múltiples rangos para porosidad en profundidad de 15-30cm. | 72 |
| Tabla 16. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con porosidad en profundidad de 15-30cm..... | 72 |
| Tabla 17. Análisis ANOVA para humedad gravimétrica en profundidad de 0-15cm | 75 |
| Tabla 18. Pruebas de múltiples rangos para humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm | 75 |
| Tabla 19. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad gravimétrica a profundidad de 0-15cm | 75 |
| Tabla 20. Análisis ANOVA para humedad gravimétrica en profundidad de 15-30cm | 78 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 21. Pruebas de múltiples rangos para humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm | 79 |
| Tabla 22. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad gravimétrica a profundidad de 15-30cm | 79 |
| Tabla 23. Análisis ANOVA para humedad volumétrica en profundidad de 0-15cm . | 80 |
| Tabla 24. Pruebas de múltiples rangos para humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm | 81 |
| Tabla 25. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad volumétrica en profundidad de 0-15cm | 81 |
| Tabla 26. Análisis ANOVA para humedad volumétrica en profundidad de 15-30cm.. | 83 |
| Tabla 27. Pruebas de múltiples rangos para humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm | 83 |
| Tabla 28. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad volumétrica en profundidad de 15-30cm ... | 83 |
| Tabla 29. Análisis del color del suelo en el tratamiento testigo según tabla Munsell en profundidad 0-15cm | 86 |
| Tabla 30. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rastra según tabla Munsell en profundidad 0-15cm | 86 |
| Tabla 31. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rotavito según tabla Munsell en profundidad 0-15cm | 87 |
| Tabla 32. Análisis del color del suelo en el tratamiento renovación de pradera según tabla Munsell en profundidad 0-15cm | 87 |
| Tabla 33. Análisis del color del suelo en el tratamiento renovación de pradera según tabla Munsell en profundidad 0-15cm | 88 |
| Tabla 34. Análisis del color del suelo en el tratamiento testigo según tabla Munsell en profundidad 15-30cm | 89 |
| Tabla 35. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rastra según tabla Munsell en profundidad 15-30cm | 89 |
| Tabla 36. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rotavito según tabla Munsell en profundidad 15-30cm | 90 |
| Tabla 37. Análisis del color del suelo en el tratamiento renovación de pradera según tabla Munsell en profundidad 15-30cm | 91 |
| Tabla 38. Análisis del color del suelo en el tratamiento silvopastoril según tabla Munsell en profundidad 15-30cm..... | 91 |
| Tabla 39. Determinación de la textura al tacto con suelo húmedo..... | 93 |
| Tabla 40. Interpretación de resistencia a la penetración (MPa) | 102 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 41. Comportamiento de la porosidad total y la densidad aparente en relación con la clase textural de los suelos. | 107 |
| Tabla 42. Lista de personas encuestadas de acuerdo a cada tratamiento. | 110 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Localización del Municipio de Sibundoy y asociación Chilcayaco. | 49 |
| Figura 2. Entrevistas aplicadas a los propietarios de las fincas ganaderas | 50 |
| Figura 3. Maquinaria usada para labores de labranza..... | 51 |
| Figura 4. Ubicación de lotes. | 52 |
| Figura 5. Elaboración de cajas para la extracción de muestras..... | 53 |
| Figura 6. Extracción de las muestras con el cilindro de volumen conocido (anillo). . | 54 |
| Figura 7. Medición de la resistencia a la penetración RP y obtención de muestras para análisis de humedad gravimétrica. | 55 |
| Figura 8. Determinación de la densidad aparente con cilindro de volumen conocido en laboratorio. | 58 |
| Figura 9. Gráfico caja de bigotes de densidad aparente de cilindro por tratamiento a profundidad de 0-15cm | 61 |
| Figura 10. Gráfico caja de bigotes de Da de cilindro por tratamiento a profundidad de 15-30cm..... | 65 |
| Figura 11. Determinación de la densidad real con picnometro en laboratorio. | 66 |
| Figura 12. Gráfico caja y bigotes densidad real por tratamiento a profundidad de 0-15cm | 68 |
| Figura 13. Gráfico caja y bigotes densidad real por tratamiento a profundidad de 15-30cm..... | 68 |
| Figura 14. Gráfico caja de bigotes de porosidad por tratamiento a profundidad de 0-15cm..... | 73 |
| Figura 15. Gráfico caja de bigotes de porosidad por tratamiento a profundidad de 15-30cm..... | 73 |
| Figura 16. Gráfico caja de bigotes de humedad gravimétrica por tratamiento a profundidad de 0-15cm | 77 |
| Figura 17. Gráfico caja de bigotes de humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm | 80 |
| Figura 18. Gráfico caja de bigotes de humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm | 82 |
| Figura 19. Gráfico caja de bigotes de humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm | 84 |
| Figura 20. Comparación de muestras con la tabla Munsell de color..... | 85 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | Pág. |
|--|------|
| Gráfica 1. Análisis de textura para el tratamiento testigo..... | 94 |
| Gráfica 2. Análisis de textura para el tratamiento cincel más rastra | 95 |
| Gráfica 3. Análisis de textura para el tratamiento cincel más rotavito..... | 95 |
| Gráfica 4. Análisis de textura para el tratamiento renovación de pradera..... | 96 |
| Gráfica 5. Análisis de textura para el tratamiento silvopastoril..... | 97 |
| Gráfica 6. Resistencia a la penetrabilidad en lotes sin labrar (T0)..... | 98 |
| Gráfica 7. Resistencia a la penetrabilidad en lotes labrados con cincel más rastra (T1) | 99 |
| Gráfica 8. Resistencia a la penetrabilidad en lotes labrados con cincel más rotativo (T2) | 99 |
| Gráfica 9. Resistencia a la penetrabilidad en lotes manejados con renovación de pradera. (T3)..... | 100 |
| Gráfica 10. Resistencia a la penetrabilidad en lotes con sistemas de producción silvopastoril (T4)..... | 100 |
| Gráfica 11. Análisis de la variable densidad aparente entre los tratamientos y profundidades evaluadas..... | 105 |
| Gráfica 12. Análisis de la variable densidad real entre los tratamientos y profundidades evaluadas..... | 106 |
| Gráfica 13. Análisis de la variable porosidad entre los tratamientos y profundidades evaluadas. | 108 |
| Gráfica 14. Análisis de la variable humedad gravimétrica entre los tratamientos y profundidades evaluadas..... | 109 |
| Gráfica 15. Análisis de la variable humedad volumétrica entre los tratamientos y profundidades evaluadas..... | 109 |
| Gráfica 16. Años de dedicación a las actividades ganaderas de los entrevistados.. | 111 |
| Gráfica 17. Hectáreas utilizadas para el pastoreo de ganado vacuno..... | 111 |
| Gráfica 18. Porcentajes de personas que reportan problemas en los suelos por actividades ganaderas | 112 |
| Gráfica 19: Porcentajes de personas que realizan análisis de suelos de cultivos de pastos en sus fincas | 112 |
| Gráfica 20. Porcentajes de personas que realizan labores de labranza sobre los suelos de cultivos de pastos..... | 113 |

| | |
|--|-----|
| Gráfica 21. Porcentajes de percepción del rendimiento de los cultivos de pastos en los predios con el paso de los años. | 113 |
| Gráfica 22. Porcentajes de respuestas de prácticas de ganadería asociada a la agricultura. | 114 |
| Gráfica 23. Porcentaje de personas que implementan un sistema silvopastoril en sus predios. | 115 |
| Gráfica 24. Porcentajes de áreas de los predios a las que se les ha realizado labores de labranza | 116 |
| Gráfica 25. Años en los que se han realizado labores de labranza en los predios de las fincas. | 116 |
| Gráfica 26. Tipos de labranzas que se implementan en cada predio. | 117 |
| Gráfica 27. Tipos de labranzas más utilizados en cada predio. | 117 |
| Gráfica 28. Tipos de tractores utilizados en las labores de labranzas. | 118 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Mapa de ubicación geográfica de Asociación Chilcayaco en el municipio de Sibundoy - Putumayo..... | 131 |
| Anexo B. Mapa de ubicación geográfica de unidades experimentales en la zona de muestreo..... | 132 |
| Anexo C. Coordenadas de ubicación geográfica de unidades experimentales en la zona de muestreo de tratamiento | 133 |
| Anexo D. Resultados obtenidos en campo y el laboratorio por tratamientos a profundidades de 0-15cm y 15-30cm..... | 135 |
| Anexo E. Repeticiones y porcentajes de textura en los tratamientos | 140 |
| Anexo F. Promedios de resistencia a la penetrabilidad en los tratamientos | 141 |
| Anexo G. Promedios de comparación entre los tratamientos evaluados y la profundidad de evaluación..... | 142 |
| Anexo H. Encuesta | 143 |

RESUMEN

El sobreuso irracional del suelo, por acciones antrópicas, es uno de los efectos que causan la degradación de este recurso; entre los factores a que esta ligado su deterioro se encuentran las actividades ganaderas, en donde en un escenario de mal manejo y falta de conocimiento se pueden incidir en prácticas abusivas e inadecuadas de sobrepastoreo y pisoteo excesivo por el tránsito animal, lo que aumenta los impactos negativos que acaban con la productividad del mismo.

En la zona de la cuenca alta del río Putumayo, en la región denominada el Valle de Sibundoy, el sector agropecuario juega un papel preponderante en la economía regional, el recurso suelo es la base fundamental para sustentar la productividad y la sostenibilidad del sector, dada que su dinámica económica gira en torno a la producción agropecuaria, especialmente dirigida a la ganadería de leche y el cultivo del frijol (Plan de Ordenamiento de la cuenca alta del río Putumayo, 2010).

En el área de estudio, específicamente en la asociación Chilcayaco perteneciente al municipio de Sibundoy, no existen antecedentes de que se hayan realizado estudios sobre el impacto ambiental de los suelos con vocación ganadera, para evaluar el grado de alteración que ha tenido esta actividad sobre las propiedades físicas de este recurso, además tampoco se han evaluado los diferentes sistemas de labranza que podrían ayudar a la recuperación de la productividad de estos suelos o a su degradación.

La investigación evaluó cual es el estado actual que se presenta en esta zona sobre algunas propiedades físicas como densidad aparente y real, porosidad, penetrabilidad, textura y color sobre suelos ganaderos, donde se han establecido algunos sistemas de labranza. Esto con el fin de generar conocimiento relacionado con las ventajas o desventajas que generan la tecnología de la labranza en fincas de producción ganadera, para determinar a nivel ambiental la calidad de los suelos y con ello se pueda mitigar, recuperar y conservar el equilibrio dinámico que tiene este recurso natural.

Para llevar a cabo este estudio, se tomaron predios de manejo ganadero y donde se han presentado algún tipo de labranza; para efecto de este estudio se escogieron cinco tratamientos, que fueron los siguientes: lotes sin ningún tipo de intervención de laboreo y/o testigo (T0), labrados con cincel más rastra (T1), con cincel más rotavito (T2), manejados con renovador de pradera (T3) y con sistema silvopastoril (T4). Cada tratamiento se evaluó con tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales (lotes). En cada una de las unidades experimentales se elaboró tres calicatas en forma aleatoria, tomando muestras disturbadas y sin disturbar a profundidades de 0 a 15cm y de 15 a 30cm.

A la información obtenida de cada una de las propiedades físicas evaluadas con relación a los diferentes tratamientos (tipos de labranza) y las profundidades

evaluadas, se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de múltiples rangos mediante el procedimiento de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher, lo cual permitió discutir los resultados obtenidos.

Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) para las propiedades físicas evaluadas de D_a (g/cc), humedad gravimétrica (%) y volumétrica (%) en profundidades de 0-15cm. Por el contrario, D_a (g/cc), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%) en profundidades de 15 a 30cm, D_r (g/cc) y porosidad no presenta estadísticamente diferencias significativas ($P \geq 0,05$).

En cuanto a las variables físicas analizadas, entre los tratamientos evaluados el que mejores resultados obtuvo, y que no altera negativamente la calidad de los suelos, fueron los lotes manejados con renovación de pradera en el cual se registraron valores de D_a con 0,48g/cc, D_r con 2,22g/cc, porosidad con 78,23%, humedad gravimétrica con 153,23% y humedad volumétrica con 71,23%. Esta variable difiere de los demás valores de las propiedades analizadas debido a que este sistema de labranza penetra en horizontes más bajos del suelo generando mayor oxigenación y mejorando la estructura; a diferencia del sistema testigo y silvopastoril en los cuales se caracterizaban por no haberse realizado ningún movimiento de suelos y/o arado, y en cuanto a los otros tipos de labranza fueron técnicamente superficiales.

En los muestreos en los cinco tratamientos se evidenció que en profundidades de 0-15cm tanto suelo húmedo como en seco los colores fueron de tonalidades más oscuras dominando colores como pardo gris oscuro, pardo oscuro y pardo oscuro. En la profundidad de 15-30cm los colores más representativos en suelo húmedo fueron pardo oscuro, pardo amarillo oscuro, pardo amarillo, y en suelo seco se obtuvieron colores pardo y pardo rojizo oscuro evidenciando que estas profundidades se encuentran tonalidades oscuras.

La determinación de la textura demostró que esta variable es heterogénea en estos suelos, entre las cuales se encontraron franco-arcilloso en profundidades de 0-15cm, y arcillo-arenoso y franco- arcilloso en profundidades de 15-30cm.

En cuanto a penetrabilidad se evaluaron las profundidades de 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm, en los lotes en cada una de sus respectivas repeticiones con cuatro perforaciones, los cuales arrojaron valores promedios de 0,88MPa, 0,97MPa y 1,08MPa respectivamente, permitiendo analizar que la RP fue incrementando progresivamente a medida que se va profundizando en cada uno de los perfiles en los lotes de muestreo. El tratamiento de renovación de pradera obtuvo la menor RP con un valor de 0,91Mpa.

Lo anterior permite deducir que el mejor tratamiento de labranza para mejorar algunas propiedades físicas en suelos de producción ganadera en suelos inceptisoles fue la renovación de pradera.

ABSTRACT

The irrational overuse soil, by human actions, is one of the effects that cause degradation of this resource; Factors linked to this deterioration are livestock activities, where in a scene of mismanagement and lack of knowledge can influence abusive practices and inadequate overgrazing and excessive trampling by the animal traffic, increasing impacts negative ending with the same productivity.

In the area of the upper basin of the Putumayo River, in the region known as the Valley of Sibundoy, the agriculture plays an important role in the regional economy and soil resources is the principal base to support the productivity and sustainability of the sector, because their dynamic economic revolves around agricultural production, especially aimed at dairy farming and cultivation of beans (POMCA, 2010).

But in our region, specifically in the municipality association Chilcayaco Sibundoy, there isn't any history that have conducted studies on the environmental impact of livestock vocation soils, to evaluate the degree of disturbance that this activity has had on the physic properties of this resource. Also nor have also evaluated the different tillage systems that could help the recovery of productivity of these soils.

In research assessed what the current status is presented in the study of some of the physical properties of the soil, such as bulk density, real density, porosity, penetrability, texture and color on farmer soils, after established some Vertical tillage systems. This in order to generate knowledge related to the advantages or disadvantages that generate vertical tillage technology on livestock farms production, to determine to environmental level the quality of the soil and thus can mitigate, recover and preserve the dynamic balance having this natural resource.

To conduct this research, firstly it has been made the location of the five treatments where there is livestock and farm operation was performed; three repetitions in each batch was made without any intervention of plowing and / or control (T0), operated with a pen lots more drag (T1), lots more rotavito chisel (T2), lots of pasture renovator handled (T3) and batch silvopastoral system (T4). Each lot was made three pits zigzag sampling at depths of 0 to 15cm and 15 to 30 cm; disturbed and undisturbed.

The discussed each of the physical properties studied in relation to the various treatments (tillage methods) and evaluated deep (0-15cm and 15-30cm), where an analysis of variance (ANOVA) test was performed multiple information ranges by the method of least significant difference (LSD) Fisher, allowing discuss the results.

The analysis of variance showed statistically significant differences for physical properties evaluated Da (g/cc), gravimetric humidity (%) and volume (%) at depths of 0-15cm ($P < 0.05$). On the contrary Da (g/cc), gravimetric humidity (%), volumetric humidity (%) (at depths of 15 to 30cm), Dr (g/cc) and porosity statistically significant differences.

As for the physical variables analyzed between treatments the best results obtained and which do not adversely alter the quality of the soils of the study area, were presented in batches handled prairie renewal values Da with 0,48g/cc, Dr with 2,22g/cc, 78,23% porosity, gravimetric humidity 153,23% and volumetric humidity 71,23%. This variable differs from other property values analyzed because this tillage system penetrates lower soil horizons creating more oxygenation and improving the structure; unlike the witness and silvopastoral system in which no movement of soil were not performed, and as for other types of farming were technically surface.

In the samples in the five treatments it was evidenced in both soil depths of 0-15cm wet and dry colors were shades darker colors dominating pardo dark gray, dark brown and dark brown. In the depth of 15-30cm the most representative in moist soil colors were dark brown, dark brown yellow, yellow brown and dry soil they were obtained dark brown color and reddish brown showing that these depths are dark shades.

The determination of texture showed that this variable is heterogeneous in these soils, including clay loam is found at depths of 0-15cm and sandy clay and Franco Clayey at depths of 15-30cm.

As for penetration depths of 0-10cm, 10-20cm and 20-30cm in each evaluated treatments, which yielded average values of 0,88MPa, 0,97MPa and 1,08MPa respectively, allowing analysis to RP was increased gradually as it goes deeper into each of the profiles in the sample batches. The prairie renewal treatment gained less RP 0,91Mpa worth.

The above shows that the best treatment to improve some tillage on soil physical properties of soils inceptisols livestock production was the renewal of grassland.

INTRODUCCIÓN

La pérdida del recurso suelo debido a su degradación es un tema importante a escala global, por sus efectos negativos sobre la productividad y la competitividad agrícola, el medio ambiente y la seguridad alimentaria. Se trata de un tema de especial relevancia para los países en desarrollo, ya que su crecimiento poblacional pone cada vez mayor presión sobre los recursos de tierra y los recursos naturales en general (Rivas, Hoyos, Amézquita *et al.*, 2004).

De otra parte, el estudio GLASOD (Global land assessment of soil degradation, 2004), estima que en el planeta, de un total de 8,7 billones de hectáreas de tierras con potencial agrícola, aproximadamente 2 billones (23%) están degradadas. El 3,5% (0,3 billones Ha) presenta un daño tan severo, que solo puede revertirse con fuertes inversiones en obras de ingeniería. El 10% (0,9 billones Ha) presenta moderada degradación, reversible mediante inversiones significativas en el ámbito de las unidades de producción y el 9% restante (0,8 billones Ha) han sufrido degradación leve, que se puede corregir mediante cambios en las prácticas de manejo y de uso del suelo; en donde los efectos negativos de mayor magnitud se aprecian en los países que dependen en mayor medida de la agricultura, como fuente de ingresos y de empleo (FAO, 2009).

En Colombia, el pìde de monte Andino Amazónico es una vasta reserva de recursos de tierras destacándose el uso agrícola, pecuario y de biodiversidad, de importancia estratégica para el desarrollo del país en las próximas décadas (Ministerio de Agricultura, Restrepo, J., 2010; Malagón, 2002).

La región del Valle de Sibundoy no ha definido un modelo económico y productivo que le permita satisfacer las necesidades de sus habitantes y obtener ingresos que reinviertan en el desarrollo social y económico. Actualmente existen actividades económicas en situación de informalidad que ameritan seria intervención para situarlas en segmentos legales y representativos de la economía y que generan impactos ambientales negativos a los recursos naturales y al suelo (Fundación Sachamates, 2012).

Por esta razón se presentan sobre el recurso suelo un problema de sobre uso el cual conlleva a aumentar el índice de degradación y el agotamiento de su productividad. Razón por la cual es de suma importancia la implementación de planes y políticas orientadas a su uso adecuado con el propósito de proteger este recurso estratégico, en el marco del desarrollo sostenible (POMCA, 2010).

Los recursos naturales y el medio ambiente de áreas afectadas por actividades ganaderas se pueden mejorar apreciablemente con el empleo acertado de prácticas de labranza que contribuyan a la preparación de un buen lecho de siembra, y que además puedan remover o eliminar ciertas limitaciones de los suelos que afectan la producción sostenible de cultivos, tales como: compactación,

encostramiento, infiltración deficiente, drenaje pobre y regímenes de humedad y temperatura desfavorables (FAO, 2000).

Pese a la importancia del tema, han sido pocos los esfuerzos para determinar el impacto de la ganadería sobre el suelo y, aunque actualmente existen alternativas tecnológicas más racionales, el nivel de su adopción ha sido relativamente bajo (Pinzón y Amézquita, 1991).

El propósito de éste estudio, fue la de analizar la conveniencia de diferentes tipos de labranza que ayuden al adecuado manejo de los suelos, por ello se hizo necesario determinar las propiedades físicas en predios ganaderos que han sido intervenidos con procesos de laboreo y así evaluar cuál de los métodos podrían ayudar a mejorar las condiciones estructurales de los suelos donde se presentan actividades pecuarias en la asociación Chilcayaco del municipio de Sibundoy Putumayo, para así generar un conocimiento que ayude a mejorar y conservar la productividad del recurso suelo a escala local y regional.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación del recurso suelo, agua y la polución ambiental son los mayores problemas a nivel mundial, por tal razón es necesario generar conocimiento científico fiable tendiente a solucionar tal problemática, principalmente al uso del suelo en el trópico (Lal, 1994). En este sentido vastas áreas de la tierra han sido degradadas algunas en forma irreversible, por un amplio rango de procesos degradativos: erosión acelerada, desertificación, compactación, endurecimiento de los suelos, acidificación, disminución del contenido de materia orgánica y en la biodiversidad, caída en la fertilidad del suelo (Preciado, 1997).

El proceso de degradación de los suelos es, en su sentido más amplio, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento. Porque el suelo es y seguirá siendo en un futuro previsible, la base de la producción alimentaria (FAO y PNUMA, 1984; citada por la FAO, 2011). Esta reducción o pérdida de una o más características productivas del suelo causadas por intervención humana, se define como el proceso reductor de la capacidad de producción actual o potencial del suelo (Amézquita, 1994).

Uno de los efectos que acentúan esta causa es el sobreuso irracional del suelo, López (2002), argumenta que la sobreexplotación del suelo es generadora de procesos de degradación, y comúnmente se origina de la aplicación de prácticas abusivas e inadecuadas; entre las actividades que conllevan a esta situación se encuentra la sobrecarga de ganado con el consiguiente sobrepastoreo y pisoteo excesivo lo cual provoca la degradación del suelo y la disminución de la vegetación sobre él.

Siavosh *et al.* (2001), afirma que el establecimiento de los sistemas ganaderos sobre el suelo afecta la biodiversidad, modifica el balance de los nutrientes, aumenta la compactación en un tiempo relativamente corto (menor que 2 ó 3 años), reduce el volumen de los espacios porosos, disminuye la velocidad del flujo del agua y propicia la erosión; según Aguilar, Alvarado y Jones *et al.* (2009), el pisoteo del animal también perturba a la capacidad del suelo de volver a su condición original después de retirada esta presión, lo cual entorpece la capacidad de crecimiento de las raíces y por ende la producción de forraje y demás plantas. Citan además a otros autores quienes relacionan esta acción del pisoteo de los animales con procesos de aumento de densificación (Menner *et al.*, 2005), contaminación ambiental (Simek *et al.*, 2006) y alteración en el almacenaje de nutrimentos (Liebig *et al.*, 2006).

En Colombia, como referente, al final de la década de los noventa, de los 114,17 millones de hectáreas que tiene Colombia, estaban destinadas a usos agrícolas 50,91 millones de hectáreas (44,6%) y el resto del para usos no agrícolas. Según

el Ministerio de Agricultura, para el año 2010, se usan solamente 4,9 millones de hectáreas en cultivos, 38,5 millones de hectáreas en actividades ganaderas y tan solo 350 mil hectáreas en otras actividades agrícolas. Para un total de 43,7 millones de hectáreas (Ministerio de Agricultura, Restrepo, J., 2010).

El problema que subyace en esta utilización de tierras es su vocación. La utilización de suelos no coincide con la aptitud de los mismos y de ahí que los impactos derivados de esta utilización sean imprevisibles y con consecuencias sobre una gran variedad de servicios ecosistémicos. Según el ministerio de agricultura, con bases en cifras del IGAC (2007), de los 38,5 millones de hectáreas que actualmente están destinadas a la ganadería, solo 19,3 millones hectáreas tienen vocación ganadera. Es decir, en algunos casos se subutiliza la capacidad productiva de los suelos y otros se excede sus capacidades naturales y por lo tanto se degradan, y se presentan los conflictos por uso de los suelos y con ellos sus consecuencias, desertificación, degradación, etc. (IDEAM, IAP, INVEMAR, SINCHI, 2011).

La cuenca alta-alta del río Putumayo ha tenido una vocación eminente agropecuaria desde tiempos remotos hasta la actualidad. En el Valle de Sibundoy existen 5.939 cabezas de ganado de las cuales el 25,41% corresponden al municipio de Sibundoy (Fundación SACHAMATES, 2012). Parte de esta actividad ganadera se presenta en la asociación Chilcayaco donde se adecuaron tierras para el sostenimiento de la ganadería de tipo lechero. En la actualidad el pastoreo se realiza sin tener en cuenta la capacidad de carga de los suelos, generando así una alteración de la estructura y textura del suelo que ocasiona problemas de fuerte erosión a causa del sobrepastoreo (Castro y Jiménez, 2008).

En nuestra región no existen antecedentes de que se hayan realizado estudios sobre los suelos ganaderos de la zona de la asociación Chilcayaco que pertenece al municipio de Sibundoy para evaluar el grado de alteración que ha tenido esta actividad sobre las propiedades físicas de este recurso, además tampoco se han evaluado los diferentes sistemas de labranza vertical que podrían ayudar a la recuperación de la productividad de estos suelos. Uno de los métodos que se conocen en un ámbito teórico de recuperación de los suelos en fincas de producción lechera es la labranza adecuada; esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas de estos suelos que permita determinar cuál de ellas es la más recomendada.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

¿Los sistemas de labranza generan cambios en algunas propiedades físicas en suelos ganaderos del municipio de Sibundoy Putumayo?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas en suelos de producción ganadera en el municipio de Sibundoy Putumayo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los cambios en densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), porosidad (%), resistencia a la penetración (Mpa), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), textura y color, en los suelos ganaderos sometidos con laboreo y sin intervención de sistemas de labranza.

Evaluar estadísticamente con un diseño de bloques a azar las variables obtenidas en el muestreo.

3. JUSTIFICACIÓN

La degradación de los suelos es un problema, con el cual el hombre ha tenido que convivir a lo largo de su historia, y que ha sido señalado como causa principal de la caída y desaparición de grandes civilizaciones en el pasado, en el mundo actual alcanza proporciones descomunales y alarmantes, con la capacidad de producir significativos impactos en el bienestar de la humanidad y en el ambiente (López *et al.*, 2002).

Esta condición se presenta por el uso y manejo que se le impone al suelo en su condición de uso primario, el cual es susceptible de recibir impactos que pueden expresarse en diferentes formas de degradación e inclusive en la pérdida irreversible del mismo (Díaz, Cabrera y Ruiz *et al.*, 2009). Dicho impacto, en términos generales, puede ser producido por tres causas fundamentales: la ocupación, la contaminación y la sobreexplotación, causas que son generadas principalmente por efectos de las acciones del hombre y/o factor antrópico (Martínez *et al.*, 2005).

El problema de la degradación de tierras agrícolas a nivel mundial, clama por el desarrollo de nuevas tecnologías y sistemas de cultivo que conduzcan a una agricultura sostenible asentada en suelos sostenibles (Amézquita, 1998). La FAO (1990), indica que del total de 1475 millones de hectáreas que son utilizadas en agricultura (cultivos permanentes + cultivos anuales), 553 millones de hectáreas se encuentran degradadas por intervención humana, lo cual equivale a que cerca del 37% del área intervenida por el hombre tiene algún problema de degradación. A nivel del Continente Americano, en Norte América el 27% de las tierras dedicadas a agricultura están degradadas, en Centro América el 74% y Sur América el 45% (Oldeman, 1994; citado por Amézquita y Chávez, 1994).

Al respecto, Amézquita (2004), al referirse a los cambios que la degradación puede producir dentro de las propiedades físicas con la intensidad y tiempo de uso del suelo, afirma que se pueden modificarse: la densidad aparente, porosidad, distribución de tamaño de poros, retención de agua, capacidad de almacenamiento de agua, infiltración, conductividad hidráulica, aireación, laborabilidad, penetrabilidad y erodabilidad.

Según lo cita Denoia *et al.* (2000), en su trabajo, que una de las causas de alteración de las propiedades físicas de los suelos es el pisoteo animal el cual es uno de los procesos generadores de compactación superficial de los suelos (Koppi *et al.*, 1992; Profitt *et al.*, 1993). Con humedades edáficas elevadas, el impacto de la pezuña puede provocar la densificación y la deformación de la superficie del suelo (Scholefield y Hall, 1986; Gesche *et al.*, 1993; Sosa *et al.*, 1995). Tales alteraciones suelen derivar en una disminución de los niveles de ingreso de agua al perfil (Warren *et al.*, 1986; Ranzi y Clayton, 1987; Ferrero, 1991; Proffitt *et al.*,

1993; Nguyen *et al.*, 1998), lo cual se tiene como resultado una acción negativa sobre la porosidad estructural y estabilidad de los agregados del suelo.

Este proceso de degradación se genera principalmente por el sobreuso del suelo el cual no solo altera las propiedades físicas sino también la dinámica natural de los suelos. El cuidar las propiedades físicas, junto con las químicas, biológicas y mineralógicas, determinan, entre otras, la productividad de los suelos. Su conocimiento de su situación presente y acciones correctivas que permiten un mejor desarrollo de las prácticas de labranza fertilización, riego y drenaje.

En el ámbito conservacionista hay alternativas que se presentan como prácticas útiles para evitar y vencer la compactación como son: Utilizar labranza vertical (subsolador, cincel), controlar la carga animal (invierno), hacer rotación de potreros y de cultivos, entre otras (Siavosh, 2001; Amézquita *et al.*, 1994,).

Los sistemas de labranzas inciden sobre la estabilidad estructural, factor determinante de una adecuada distribución de la porosidad que influye en el perfil de humedad y el correcto intercambio gaseoso, los cuales posibilitan que las raíces exploren el suelo para proveer a la parte aérea de los nutrientes y agua necesarios para el desarrollo de las plantas (Moro *et al.*, 2001).

Pero para encontrar las soluciones a los problemas de compactación deben nacer de una evaluación de campo para conocer si hay o no capas compactadas, o adensadas y a qué profundidades éstas se encuentran (Chávez, 1994), porque cada suelo tiene limitantes específicos que deben ser corregidos con la labranza (Amézquita, 1994). Pero hay que tener en cuenta que la labranza no puede ser generalizada a todos los suelos y cultivos, puesto que los suelos presentan diferentes cualidades, que deben ser conservadas y limitaciones que deben ser corregidas y los cultivos tienen requerimientos que deben ser cumplidos para obtener máximos rendimientos los cuales deben ser sostenibles en el tiempo (Rivas *et al.*, 2004).

Es por ello que para establecer puntualmente la situación de un suelo con respecto a su situación actual se necesita de información y conocimiento de la estructura y estabilidad de este recurso en su uso actual para poder comprender el efecto de los factores externos, en especial las acciones provocadas por el hombre.

En los registros históricos y/o antecedentes del Valle de Sibundoy no existen estudios detallados que den a conocer la situación actual de las propiedades físicas del suelo que están siendo influenciadas por las acciones de las actividades ganaderas y/o efectos de la labranza sobre los suelos agropecuarios realizadas en la zona de la asociación Chilcayaco del municipio de Sibundoy.

El presente estudio se enfatizó en buscar una solución viable al evaluar diferentes lotes ganaderos sobre los que se realizaron diferentes labores de labranza (tratamientos) que se presentan sobre el suelo estudiando las propiedades físicas del suelos como la densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica, penetrabilidad, textura y color, esto con el fin de generar un conocimiento y así crear un modelo investigativo que conlleve a generar habilidades y programas, y con ellos se pueda mitigar, recuperar y conservar el equilibrio dinámico que tiene de este recurso natural para la recuperación de sus propiedades y con ello la producción dentro del desarrollo agropecuario sostenible y económico de la región.

3.1 IMPACTO AMBIENTAL

Con el desarrollo de esta investigación, una vez evaluado el sistema de labranza que permita el mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo como densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), porosidad (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), se podrá establecer estrategias de planificación adecuada en el tema de labranza para el mejoramiento de los suelos ganaderos de la zona de la asociación Chilcayaco del municipio de Sibundoy.

A largo plazo se espera que dichos sistemas de labranza se puedan aplicar dentro de los diferentes predios ganaderos que se interesen por generar un proceso de sostenibilidad del recurso suelo para que así se puedan salvaguardar los procesos productivos, económicos, sociales y ambientales en la región del alto Putumayo.

4. HIPÓTESIS

4.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL

El manejo de labranza generara cambios sobre algunas propiedades físicas de suelos ganaderos del municipio de Sibundoy.

4.2 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$; no existen diferencias significativas en los diferentes tipos de labranzas dentro de las propiedades físicas de los suelos tales como densidad aparente (Da), densidad real (Dr), porosidad (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), resistencia a la penetración (Mpa), textura y color.

Ha: $\mu_j: \mu_j; j \neq j$; por lo menos un tratamiento produce un valor medio disímil en los diferentes tipos de labranza sobre las propiedades físicas de los suelos evaluados

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Labranza. Es la manipulación mecánica del suelo, con el fin de alterar su estructura y disminuir su resistencia a la penetración de las raíces para convertirlo en un medio con condiciones óptimas para la germinación de las semillas y el desarrollo productivo de los cultivos (Figueroa y Morales, 1994).

5.1.2 Tipos de labranza comunes en Colombia. Amézquita (1998), define los diferentes tipos de labranza así.

Sistema de labranza. Serie secuencial de actividades que deben conducir a obtener a través del tiempo un suelo ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas que permitan que ellas expresen su material genético sin restricciones, se hace con el fin de corregir cualquier factor limitante que posea el suelo y controlar cualquier proceso degradativo (Amézquita, 1998).

Labranza primaria. Es aquella que se hace con arado de disco o de vertedera, con cinceles, con subsolador o con rastras pesadas para descompactar capas endurecidas o adensadas e incorporar materia orgánica, con el fin de facilitar el desarrollo de las raíces de los cultivos, es más agresiva y profunda (0 a 35cm) que la secundaria y produce mayor rugosidad al terreno (Amézquita, 1998).

Labranza secundaria. Es aquella que remueve el suelo superficialmente a poca profundidad, proporciona mayor fraccionamiento de terrenos superficiales y tiende a nivelar el terreno, se hace con rastras de discos su profundidad de acción varía entre 0 a 15cm (Amézquita, 1998).

Labranza convencional. Se refiere a una combinación de labranza primaria hecha con uno o dos pases de arado de discos y de labranza secundaria hecha con dos o tres pases de rastra, más un pase de pulidor, es la labranza que usualmente se ha hecho en las zonas frías del país (Amézquita, 1998).

Labranza vertical. Es aquella que se hace con cinceles y subsolador para “aflojar” capas compactadas y/o endurecidas, con el fin de promocionar mayor infiltración y crecimiento de las raíces. El suelo entra en contacto con el implemento solo en las líneas donde van acopladas las estructuras verticales (patas), las cuales producen ruptura angular (45 °) del suelo a la superficie (Amézquita, 1998).

Labranza horizontal. Es la labranza que se realiza fundamentalmente con implementos que poseen discos (arados, rastras, rastrillos, Big – Rome, etc.) los cuales disturban la totalidad del suelo a la profundidad de trabajo (Amézquita, 1998).

Labranza mínima. Es la mínima manipulación que se hace al suelo para la siembra de la semilla de un cultivo, exige que el suelo presente una buena condición física, química y biológica para el crecimiento de las raíces (Amézquita, 1998).

5.1.3 Objeto de la labranza. La labranza en su concepción de su comportamiento físico del suelo debe ser utilizada para corregir cualquier factor físico que sea limitante para el desarrollo normal de las raíces de los cultivos que se piensan establecer (Amézquita, 1998).

El haber conceptualizado la labranza como medio para controlar malezas o como el medio para obtener mejor acción de los herbicidas, han conducido al deterioro estructural superficial de muchos suelos a nivel mundial y especialmente a nivel de la faja tropical. En Colombia es común ver como los suelos bajo agricultura intensiva han ido perdiendo su estructura superficial y como producto se han sellado y encostrado (Amézquita, 1998).

La labranza debe ser siempre correctiva y creativa. Correctiva, en el sentido de que debe corregir cualquier factor físico limitante que presente el suelo para el desenvolvimiento normal de las raíces de las plantas. Creativa, en el sentido de que debe permanentemente conducir al desarrollo de una capa arable, que no presente limitaciones físicas, químicas ni biológicas para el crecimiento de las raíces, de tal manera que se vaya edificando la sostenibilidad de los suelos y de la agricultura (Amézquita, 1998).

5.1.4 La labranza y las condiciones físicas del suelo. Las principales propiedades físicas de los suelos que son afectadas por sistemas inadecuados de labranza (intervención humana) son aquellos que tienen que ver con el comportamiento volumétrico del suelo, tales como porosidad total y distribución de tamaño de poros, propiedades íntimamente ligadas a la estructura de este recurso. Por lo tanto, cualquier cambio en la distribución de tamaño de agregados, en la estabilidad estructural como consecuencia de la labranza, afecta la infiltración, la capacidad de almacenaje de agua, la penetración y el crecimiento de las raíces, la distribución del tamaño de los poros, el sellamiento superficial del producto, desmoronamiento de los agregados y del desprendimiento y salpicadura de partículas (Le Bissonnais, 1996).

Amézquita *et al.* (1997), en ensayos realizados en los llanos, encontraron que la distribución de tamaño de agregados guarda relación con la intensidad de uso de la labranza. El tamaño de los agregados influye grandemente en la respuesta de los cultivos a las condiciones que se produce en los suelo (Meléndez, 1998).

5.1.5 La labranza y los factores de crecimiento en las plantas

La porosidad del suelo. En un estudio realizado por Ehlers, 1975, citado por Ruiz

(1998), encontró que en un suelo no labrado la porosidad a causa de las lombrices fue de 0,2% del volumen, mientras que en suelos labrados era menor del 0,1%, los canales hechos por las lombrices actúan como drenes, éste autor afirma que utilizar la labranza en forma intensiva induce a condiciones que restringen la infiltración, pero al realizar prácticas de mínima labranza crean condiciones que conducen a una buena infiltración y almacenamiento de agua en el suelo.

Primavesi (1988), citada por Ruiz (1998), manifiesta que cuando la raíz tiene un desarrollo libre duplicando su longitud, el espacio explorado será ocho veces mayor y por ende la planta que explora mas volumen de suelo está mejor nutrida, duplicando su longitud radical absorbiendo mas agua y nutrientes de un espacio más grande del que consigue con la mitad de la misma. La misma autora sostiene que los suelos vírgenes (no utilizados anteriormente), son más permeables, poseen mayor porosidad y conservan más agua disponible, gracias a su estructura grumosa, su enraizamiento es profundo por tener una densidad aparente baja.

Amézquita (1994) y Orozco (1991), manifiestan que por los macroporos se infiltra y mueve el agua que procedente de las lluvias llega al suelo. Por ellos, también circula el aire que lleva oxígeno a las raíces y dentro de ellos crecen las raíces y los pelos absorbentes de las plantas. Su diámetro equivalente tiene un límite inferior de 50 μ m. En los mesoporos (5,0-0,2 μ m) se almacena el agua aprovechable, que no es otra cosa que la solución nutritiva del suelo, la cual es absorbida por las raíces de las plantas para cumplir sus funciones de transpiración y de nutrición. En los microporos (< 0.2 μ m) se encuentran en forma reducida los elementos Fe y Mn, los cuales solo en esta forma pueden ser absorbidos por las raíces. Por los macro, meso y microporos se realizan respectivamente los procesos de interceptación, flujo de masa y difusión, por los cuales llegan los nutrientes a ponerse en contacto con las raíces.

Fortland *et al.* (1990), concluye que, en estudios de tres años, los efectos de la práctica de labranza sobre las propiedades físicas se presentan a largo plazo; además afirma que la poca labranza no incrementa la densidad aparente, mientras que la secuencia de cultivos influye positivamente en la densidad aparente, la resistencia del suelo y la microagregación.

La penetrabilidad en el suelo. Primavesi (1988), citada por Ruiz (1998), manifiesta que cuando hay compactación el primer efecto que se presenta en el suelo es la disminución de la macroporosidad y aumento de la microporosidad, con ello a la planta se le disminuye la posibilidad de tener un adecuado margen de agua disponible para cumplir su ciclo vital, un segundo efecto que se deriva de la preparación del suelo con maquinaria es la exposición a la que se somete dicho suelo una vez se ha pulido y en éste estado puede fácilmente erosionarse y una tercera que es la sumatoria de los dos anteriores es la considerable disminución de circulación de aire en el suelo que da como resultado la falta de oxígeno para las plantas.

Amézquita y Escobar (1996), al evaluar la penetrabilidad del suelo en Macagual, sobre la degradación en regiones húmedas tropicales, comparando un suelo en bosque natural y suelo sometido a uso intensivo por el hombre con tecnologías modernas encontraron que en suelos bajo bosque la resistencia a la penetración fue baja. La tendencia del aumento de la resistencia con a medida de que se profundiza en el suelo es indicativo de la discontinuidad del espacio poroso del suelo la cual causa trastornos en el contacto ión-raíz y el desarrollo radical.

La fertilidad del suelo. Amézquita (1991), señala que los factores edafológicos de crecimiento de las plantas a nivel de zonas de crecimiento de raíces se denominan así porque su presencia es absolutamente necesaria para el crecimiento de las plantas; deben además estar presentes en cantidades adecuadas. El criterio de esencialidad, se refiere a que, en la ausencia de cualquiera de ellos, las plantas no pueden crecer, por ejemplo, sin agua las plantas no pueden crecer, sin aire no pueden respirar y por tanto no pueden crecer y producir rentablemente; si el suelo no permite que las raíces se desarrollen por oponer alta resistencia a su penetración, el crecimiento de los cultivos será muy restringido; si la temperatura del suelo es muy baja o excesivamente alta las raíces no pueden desarrollarse. Además, a temperaturas extremas las reacciones químicas del suelo se ven notablemente afectadas y se afecta negativamente la absorción de agua y de nutrientes por los cultivos, por último, una suplencia inadecuada e inoportuna de elementos nutritivos afecta también negativamente a los cultivos.

El criterio de suficiencia, se refiere a que los cinco factores mencionados, deben presentarse dentro de determinados rangos óptimos, para que las plantas puedan expresar todo su potencial genético. Por ejemplo, existen límites críticos para la interpretación, de cada uno de los diferentes elementos nutritivos; para el crecimiento óptimo de los cultivos, el porcentaje de humedad del suelo debe estar cercano a capacidad de campo; el porcentaje de espacio aéreo a capacidad de campo debe estar alrededor del 10% para que no haya restricciones en la aireación del suelo y para evitar que esto afecte negativamente. Si los valores de penetrabilidad del suelo medido con penetrógrafo exceden 1 MPa (1 bar) a capacidad de campo puede haber grandes restricciones en el crecimiento de las raíces (Amézquita, 1994).

5.1.6 Tiempos de uso y las propiedades físicas del suelo. El uso permanente e intensivo de implementos agrícolas en los suelos causa deterioro en su estructura (Mulla *et al.*, 1992; Quirk y Murray, 1991) y esto puede afectar negativamente los rendimientos.

A manera de ejemplo cabe citar, que los productores de arroz de secano en Casanare abandonan sus lotes después de cinco a ocho años de uso continuo, porque después de ese tiempo los rendimientos, a causa de procesos degradativos, disminuyen notablemente y en estos suelos la labranza se hace casi

exclusivamente con rastras de diferentes tamaños. En estos suelos se observan los cambios que se han producido en la porosidad total y en la distribución del tamaño de los poros por efecto del tiempo de uso. Cuando el suelo no se había cultivado la porosidad total en los primeros 10 cm era de 60%, después de 20 años de uso se redujo a 38%, una disminución del 22% que manifiesta que el suelo se ha adensado. Entre 10 y 20 cm los valores pasaron de 47% a 33% y entre 20 y 30 cm de 43% a 32% observándose que hasta la profundidad de muestreo el suelo había reducido fuertemente su volumen (Amézquita y Escobar (1996).

5.1.7 Problemas físicos que limitan la producción agropecuaria

Impedancia mecánica. El impedimento mecánico debido a la compactación y a la presencia de capas endurecidas (adensadas), es la principal causa de disminución de los rendimientos y de insostenibilidad en suelos tropicales, debido a los efectos negativos que causan en el crecimiento de las raíces. Esto se corrige mediante la utilización adecuada y oportuna de implementos de labranza que produzcan aflojamiento del suelo y disminución de la densidad aparente fundamentalmente subsoladores y cinceles (Castro y Amézquita, 1991).

Déficit de aire. El déficit de aire en el suelo se manifiesta donde quiera que en un lote se produzca inundación, también, cuando los valores de aireación a capacidad de campo sean inferiores a 10% en la profundidad de desarrollo de las raíces. Bajo condiciones de baja aireación o de inundación las raíces de los cultivos no pueden absorber ni agua ni nutrimentos, por lo tanto hay una disminución drástica de los rendimientos. Condiciones de baja aireación, pueden crearse por uso excesivo de la maquinaria agrícola, el cual puede conducir a una disminución gradual de macroporos, cuya presencia es indispensable para el movimiento del aire en el suelo (Amézquita, 1998).

5.1.8 Rotación de cultivos. La rotación de cultivos es la renovación regular de los cultivos en el tiempo en el mismo terreno, esta es una práctica muy antigua, controla la erosión y mantiene la productividad de los terrenos; el beneficio de esta práctica depende de la selección de los cultivos que van a rotarse y de la secuencia que se siga en su siembra. Este principio resalta la importancia de la combinación de la agricultura y ganadería en el equilibrio de las unidades productivas (Amézquita, 1998).

Los criterios que debemos tomar en cuenta en la implementación de un plan de rotación de cultivos son:

- El efecto sobre la bioestructura del suelo, puesto que hay cultivos que son exigentes a esta propiedad física del suelo (algodón, trigo, caña de azúcar, etc.), otros no son exigentes, pero sin embargo lo desgastan (maíz, sorgo y yuca). Hay cultivos que mantienen la bioestructura y otros que ayudan a su

recuperación, aquí se incluyen todas las gramíneas forrajeras de porte pequeño y algunas leguminosas.

- Las exigencias de nutrientes por las plantas, que depende de la especie y de la variedad. Es imprescindible que los cultivos de una rotación tengan exigencias nutricionales diferentes, pero los mismos requerimientos de pH; sólo así se puede garantizar un buen balance nutricional y mejores rendimientos.
- Cada especie vegetal y cada variedad segrega secreciones radiculares que les son propias, estas cumplen funciones alelopáticas sobre las raíces de otras plantas que son tóxicas para ellas con esto defienden su espacio radicular contra la invasión de otras raíces.
- El agotamiento del agua del suelo, se produce cuando dentro de la rotación hay dos cultivos exigentes en agua, por ello es importante considerar dentro del plan de rotación la disponibilidad de humedad en el suelo y las exigencias del cultivo.
- Una buena rotación de cultivos debe ayudar a reducir la población de plagas y enfermedades, por ejemplo, para enfermedades causadas por hongos, se requieren de 2 a 3 años, para nematodos de 3 a 5 años e insectos de 5 a 6 años. El tiempo depende de la textura del suelo, su contenido de humus, su riqueza en minerales y su actividad microbial.
- El valor económico de los cultivos que forman parte de la rotación es fundamental, normalmente se exige que cada cultivo sembrado sea económicamente justificable. A veces, sin embargo es preferible plantar un cultivo recuperador, a pesar de que en el mercado tenga un precio bajo, pero que aumente la producción del cultivo siguiente.

Para hacer una rotación de cultivos es imprescindible que los cultivos se beneficien mutuamente, conserven la bioestructura del suelo, reduzcan la presencia de plagas, enfermedades y plantas invasoras, mantengan una elevada producción y deben ser cultivos de la región que tengan mercado atractivo.

Para su ejecución en el campo, sólo se requiere hacer una buena programación en función a las condiciones climáticas, a las características del suelo y a los objetivos económicos.

5.1.9 Efecto del ganado sobre el suelo. Teniendo en cuenta que el tema a evaluar en esta investigación que es el efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas en suelos de producción ganadera, se hace necesario hablar sobre de la incidencia que tiene la actividad ganadera sobre este recurso natural.

Pérez *et al.*(1988), señalan que en la degradación del suelo, por causa de la actividad ganadera y/o ganado bovino, el efecto directo más importante que se tiene que analizar es el provocado por la acción de la pezuña animal al transitar los animales por el suelo. La presión aplicada al suelo por la pezuña del ganado durante el pastoreo a través de su peso y de la propia acción de caminar provoca sobre el suelo una degradación física, concretamente una modificación de la estructura de poros, produciendo compactación.

Para facilitar el conocimiento del proceso de compactación es necesario diferenciar entre los términos compresión, compactación y consolidación, que son aspectos fundamentales en este estudio, por compresión se entiende que es la disminución del volumen del suelo, causado por la aplicación de una fuerza externa, en cuanto a la compactación se la define como el proceso por el cual se produce una compresión del suelo como consecuencia de la aplicación de cargas o presiones, por lo que disminuye la fracción del volumen de huecos y aumenta la densidad aparente (Baver *et al.*, 1991; Porta *et al.*, 1999). La compactación provoca una degradación de las propiedades físicas del suelo todo lo anterior dando como resultado la consolidación que se refiere a la compresión de suelos saturados, durante ella, hay expulsión de agua de los poros del suelo (Blanco, 2000).

5.1.10 Tipo de suelos en la zona de estudio. En primera instancia se hablará de los suelos del Valle de Sibundoy Putumayo, son suelos que en su mayoría son orgánicos, formados como resultado de condiciones de saturación continua de agua e insuficiente circulación de oxígeno lo cual resulta en una incipiente y lenta descomposición de la materia orgánica que permite su acumulación, y la fertilidad de los suelos es considerada de mediana a baja (Castro y Jaramillo, 2008).

En un alto porcentaje los suelos de esta región del alto Putumayo se clasifican como entisoles, inceptisoles e histosoles, los cuales debido a escasa información y conocimiento para su uso adecuado han sido afectados por su mal manejo de las diferentes actividades económicas prevalentes en este valle tales como la ganadería y la agricultura.

5.1.11 Propiedades físicas del suelo evaluadas en el proyecto. Ahora bien, cómo se van determinar el estado actual de las propiedades físicas en suelos ganaderos del municipio de Sibundoy, debemos entender los conceptos generales de cada una de estas propiedades para poder diferenciarlas en el estudio de campo, el laboratorio y en el trabajo en general.

Densidad aparente (Da). Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su

grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea (Jaramillo, 2002).

Densidad real (Dr). Es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; 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).

Porosidad (%). Es el volumen de éste que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases (Jaramillo, 2002).

Penetración (Mpa). Es un índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas y baja porosidad, la penetrabilidad del suelo permite conocer la facilidad con que un objeto, puede ser introducido en él, es decir, la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce dicho objeto. Esa resistencia no es propiedad particular del material, sino que es la suma de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales a su vez, son consecuencias de la distribución del tamaño, de la estructura y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo (Nacci & Sentís, 1992).

Textura del suelo. Es la proporción de cada elemento en el suelo, representada por el porcentaje de arena (Ar), arcilla (Ac), y limo (L). Se considera que un suelo presenta buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le brinden a la planta la posibilidad de ser un soporte que permite un buen desarrollo radicular y brinde un adecuado nivel de nutrientes (Sampat A. y Gavande, 1991).

La textura del suelo depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación de suelo (Sampat A. y Gavande, 1991).

El color. Es un carácter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local, generalmente está en relación con los procesos de pedogénesis o con otro de los factores de formación. Por otra parte, el proceso que colorea el suelo no es siempre fundamental, y la misma coloración, o matices vecinos bien pueden resultar de causas diferentes. Es así que ese carácter debe ser utilizado con circunspección y sabiendo que raramente tiene valor como criterio de clasificación al nivel de los grandes tipos de suelos (Ovalles, 2003).

5.2 MARCO LEGAL

Este trabajo de investigación tiene en su argumento legal una serie de conceptos, ideas y planteamientos constitucionales y legales para darle un contexto colombiano con el cual se pueda soportar su validez a la hora de aplicar esta evaluación en algún predio regional, local o nacional.

Dicha normatividad se resume de la siguiente manera:

Desde la Constitución Política de Colombia de 1991 que contempla en: De los derechos colectivos y del ambiente en el Artículo 79 donde se expresa que “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”.

Así mismo, en el Artículo 80 donde se dice que: “el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados, así mismo debe cooperar con otras naciones en la protección”.

De igual forma desde el Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993 tenemos el Artículo 3. Que 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.

Por otra parte, la Carta mundial de los suelos en la resolución VI de la Conferencia Mundial de la Alimentación en 1974 (Roma), establece la Carta Mundial de los Suelos, como base para una cooperación internacional con miras a la utilización más racional de los recursos de tierras.

Cada vez el suelo es muy limitado y solamente un pequeño porcentaje de este contribuye actualmente a la alimentación de la población mundial que probablemente alcanzará los 6.000 millones, razones por las cuales se pide una utilización eficaz del suelo, teniendo en cuenta el equilibrio ecológico y la protección del medio físico, combatiendo la degradación y la desertificación de la tierra.

Teniendo en cuenta las necesidades alimentarias de la humanidad, entre ellas, la erradicación de la malnutrición, puede satisfacerse mediante:

- La intensificación de la producción de los cultivos alimentarios.
- La utilización de nuevos suelos que reúnan las condiciones de una producción sostenible.
- Establecimiento de mejor utilización de pastizales y bosques.

La Carta Mundial de los Suelos, establecida por la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación hace mención a los siguientes principios:

- Como principales recursos de que dispone el hombre están el suelo agua, flora fauna y aire. Su uso no deberá provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su calidad. Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, es absolutamente necesario el mejoramiento de la productividad de los suelos y a la conservación de los recursos edafológicos.
- Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, cuantitativa y/o cualitativamente, o en ambas formas, como consecuencia de procesos erosivos, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes de las plantas, el deterioro de la estructura de los suelos, la desertificación y la contaminación, por ello es urgente necesidad el incremento de la producción alimentaria de fibras y maderas.
- La degradación de los suelos repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos; por ello es responsabilidad de los gobiernos, motivar e incentivar a la población para la producción de alimentos, dando el uso racional y sostenible a los recursos disponibles.
- La concesión de incentivos apropiados para la agricultura es condición básica para lograr un buen aprovechamiento de los suelos.
- La ayuda que se preste a los agricultores y otros usuarios deberá estar orientada hacia los servicios prácticos para lograr una buena explotación de las tierras.
- La adopción de medidas válidas de ordenación y conservación de suelos en explotaciones agrícolas, lo que permitirá explotar las tierras bajo el concepto de sostenibilidad.

- Es responsabilidad de todos los que explotan la tierra y público en general sobre la necesidad de sensibilizar, organizar y capacitar en todos los niveles de la población para un uso racional de los suelos.
- Con el fin de lograr una utilización óptima de las tierras, es importante evaluar el aprovechamiento en agricultura, pastoreo y silvicultura.
- El aprovechamiento de los suelos debe ser flexible, que nos permita disfrutar sus bondades a más largo plazo evitando la degradación permanente de este importante recurso.
- Las medidas de conservación de los suelos deben incluirse en las fases de planificación correspondiente al desarrollo de los mismos.

Por otro lado, a nivel nacional se postulan directrices para el manejo del suelo en el Decreto 2811 de diciembre 18 de 1974, por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, Parte VII: De la tierra y los suelos, Título I: Del suelo agrícola, Capítulo I: Principios generales, donde se dictan los siguiente artículos:

- **Artículo 178º.** Los suelos del territorio Nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos, y socioeconómicos de la región. Según dichos factores también se clasificarán los suelos.
- **Artículo 179º.** 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.
- **Artículo 180º.** 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 obligados a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

5.3 MARCO CONTEXTUAL

Sibundoy, está localizado al noroccidente del Departamento del Putumayo, con coordenadas geográficas 1°12'12" latitud norte y 76° 51'15" longitud oeste. Limita al norte con el Departamento de Nariño y el cerro de Juanoy (área limítrofe del cerro de Cascabel), al sur con el municipio de San Francisco (área limítrofe antiguo cauce del río Putumayo), al occidente con el municipio de Colón (área

límitrofe por el río San Pedro), al oriente con el municipio de San Francisco (área límitrofe con el río San Francisco), tiene una extensión de 90.828 km², que corresponden al 0,36% del departamento del Putumayo (POMCA, 2010).

El municipio de Sibundoy pertenece a los climas de montaña o de las vertientes y valles por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar, de climas definidos básicamente por la altitud, siendo húmedos a muy húmedos (POMCA, 2010).

La zona plana del municipio de Sibundoy corresponde a una depresión del macizo colombiano, con pendientes que no pasan del 12%, un clima frío a muy húmedo, los suelos evolucionan a partir de depósitos orgánicos de origen lacustre y de materiales minerales de origen aluvial, estos suelos se localizan sobre tipos de relieve denominados abanicos, vallecitos y llanura lacustre agosto (Castro y Jiménez, 2008).

Sibundoy presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17°C, el promedio mensual anual es de 15,98 °C, el mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto (Castro y Jiménez, 2008).

En cuanto a la precipitación en Sibundoy se presenta un promedio anual con 1.586 mm, en esta región el régimen de distribución de las lluvias se presenta un comportamiento unimodal biestacional, con una época de intensas lluvias que empieza desde el mes de abril hasta agosto y una época de escasas lluvias en los meses de octubre a marzo (Castro y Jiménez, 2008).

La humedad relativa presenta su mayor variación en el año, entre máximos y mínimos, alrededor de los meses de abril y de noviembre, con una distribución a lo largo del año de un ritmo unimodal con pico de valores medios en el mes de junio-julio (88,3 %). Sus fluctuaciones entre máximos y mínimos durante el año coinciden con el período de menor y mayor precipitación (POMCA, 2010).

En cuanto a la información obtenida en las estaciones de Michoacán y la Primavera se define la distribución en el tiempo del brillo solar en la época de octubre, noviembre y diciembre con valores medios de 96,4 a 99,8 horas, donde se presenta el máximo pico durante el año, lo cual coincide con la época de menores lluvias y humedad. Los valores medios oscilan entre 34,7 y 99,8 horas de brillo solar, Junio y julio con 35,6 y 34,7 horas en el mes lo cual representan los meses con valores mínimos de horas de brillo solar. El brillo solar presenta relativa estabilidad entre los meses de julio, agosto y septiembre con variaciones de alrededor 14% entre máximos y mínimos valores mensuales; para el resto del año se intensifican estas variaciones en función de la humedad y la precipitación (POMCA, 2010).

Sector económico del municipio de Sibundoy

El valle de Sibundoy ha tenido una vocación eminente agropecuaria desde tiempos remotos hasta la actualidad, con estos antecedentes el desarrollo económico y productivo presenta contrastes bien definidos, una economía indígena y campesina de subsistencia a partir de productos agrícolas tradicionales y especies menores y una economía de tipo extractivo-comercial para la producción principalmente de frijol, maíz, aguacate, ganado, leche y sus derivados, frutas (tomate de árbol, lulo, granadilla, entre otros productos menos representativos o de actividad naciente en la región (Fundación SACHAMATES, 2012).

Ganadería

En cuanto a la ganadería, es extensiva y sin tecnificación y la falta de competitividad del sector ha sumido a la región en el estancamiento de la producción lechera. Los renglones de producción actual no garantizan el éxito competitivo en el nuevo modelo de la globalización.

La actividad ganadera específicamente en el sector de leche, dentro de la economía de la región ocupa un lugar importante, según el consolidado subregional, realizado por el Centro Provincial Agroempresarial del Valle de Sibundoy con referencia a 2012 refleja un total de 1.071 productores de leche distribuidos en los cuatro municipios. Para Sibundoy existen 1.006 hectáreas, en las cuales hay 1.509 cabezas de ganado lechero (Fundación SACHAMATES, 2012).

Suelos del municipio de Sibundoy

Sus suelos son en mayoría orgánicos, formados como resultado de condiciones de saturación continua de agua e insuficiente circulación de oxígeno lo cual resulta en una incipiente y lenta descomposición de la materia orgánica que permite su acumulación, la fertilidad de los suelos es considerada de mediana a baja (POMCA, 2010).

Suelos de abanicos. Según el (POMCA, (2010) los abanicos representan las áreas más altas de la altiplanicie y están constituidos por depósitos de materiales de tamaño fino, medio, grueso y heterométricos de los ríos que salen de las montañas y desembocan en la llanura lacustre, tienen relieve plano a ligeramente inclinado correspondiente a las asociaciones Secayaco (SS) y Chilcayaco (SI) .

Asociación Chilcayaco (Slab)

Especificando sobre la zona de estudio, los suelos que conforman esta asociación se ubican en la altiplanicie, en alturas menores de 2.200 m.s.n.m. Presentan un

relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes del 0-3 y 3-8%, modelado en sectores por capas de cenizas volcánicas. En estas tierras usualmente se encuentran potreros con pastos kikuyo y romaza, para el sostenimiento de la ganadería de tipo lechero.

La Asociación Chilcayaco está conformada en un 85% por suelos inceptisoles los cuales en su mayoría son muy superficiales; se originan a partir de materiales coluvio aluviales; limitados por la presencia de un nivel freático fluctuante; de drenaje moderado a pobre; colores pardo oscuro a rojizo oscuro y gris oscuro en la superficie y gris verdoso en la profundidad. Un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas, son suelos de texturas moderadamente gruesas en la superficie a moderadamente finas y finas en el resto del perfil textura franco arenoso en la superficie y arenosa franca en profundidad, presenta una reacción fuertemente ácida.

Otro 15% corresponde a suelos entisoles de poca extensión, muy superficiales, limitados por encharcamiento y drenaje natural pobre, son de color pardo rojizo oscuro y gris parduzco claro en los primeros horizontes y pardo grisáceo, con manchas de pardo fuerte y rojo amarillento en los horizontes profundos; las texturas son francas y el pH muy fuerte a fuertemente ácido.

La asociación Chilcayaco está conformada por los suelos Aeric Andaquepts en un 45%, Typic Dystrandeps en un 40% y Aeric Tropic Fluvaquents en un 15%. Estos suelos presentan, en común, alta capacidad catiónica de cambio, bajos contenidos de fósforo, calcio, magnesio y potasio asimilables para los cultivos.

Son suelos ácidos, con medios a altos contenidos de hierro y aluminio en razón a su origen parental, livianos con texturas que van de arenosos a franco arenosos, media a alta capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica.

En general los sistemas productivos de esta asociación están dedicados a la ganadería de propósito lechero con pastos de kikuyo y raygrass y a los cultivos de fríjol, maíz, tomate y lulo (POMCA, 2010).

5.4 MARCO CONCEPTUAL

5.4.1 Capacidad de carga. En términos generales, se refiere a la población que puede sostener un ambiente sin sufrir un impacto negativo irreversible, el concepto parte de la premisa de que los recursos naturales del planeta son limitados. La capacidad de carga de un territorio, dado un conjunto de supuestos, dependerá de la disponibilidad del factor limitante identificado, del consumo del factor limitante per cápita o por unidad de carga, de un principio precautorio que considere la vulnerabilidad de los ecosistemas del área de estudio y la probabilidad de ocurrencia de un error tecnológico (Bunge, 2010).

5.4.2 Color. Es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso. Los factores que influyen en la apreciación del color son la calidad e intensidad de la luz, la rugosidad de la superficie reflectora y la humedad de la muestra. El color puede ser utilizado como una clave del contenido de ciertos minerales en el suelo, fundamentalmente minerales férricos ya que ellos proveen la mayoría y la mayor variedad de pigmentos al suelo. Se describe la variedad de colores (negro, rojo, amarillo, marrón, gris, entre otros) sobre la base del origen de los pigmentos y su relación con determinadas condiciones ambientales (Ovalles, 2003).

5.4.3 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).

5.4.4 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).

Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0,4 a 2,0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, donde los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (Aguilera, 1989; Huerta, 2010).

5.4.5 Densidad real. Es un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye, normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7g/cc. Debido a 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 partículas, como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966; Huerta, 2010).

5.4.6 Entisoles. Son los suelos más jóvenes según la Soil Taxonomy; no tienen, o de tenerlas son escasas, evidencias de desarrollo de horizontes pedogenicos, donde sus propiedades están por ello fuertemente determinadas (heredadas) por el material original de los horizontes diagnósticos, los cuales únicamente se presentan aquéllos que se originan con facilidad y rapidez; por tanto muchos Entisoles tienen un epipedión óchrico o antrópico, y sólo unos pocos tienen álbico (los desarrollados a partir de arenas). Resumiendo, son suelos desarrollados sobre material parental no consolidado que en general no presentan horizontes genéticos (excepto un horizonte A), ni de diagnóstico (Ibañes *et al.*, 2011).

5.4.7 Evaluación de suelos. El concepto “tierra” abarca más que el concepto “suelo”. La evaluación de tierras se designa como un concepto integrado y multidisciplinar considerando los factores agrícolas, sociales, económicos y otros ecosistemas más allá que suelo (como recursos de agua y clima). La evaluación de suelos tiende a enfocarse en los requerimientos específicos del suelo y manejo de tierras y el encuadre entre ambos, donde la mayoría han sido implementados para manejos de sistemas agrícolas y sistemas de cultivos, aunque los mismos principios se pueden aplicar a otras medidas (FAO, 2014).

5.4.8 Humedad gravimétrica. Es la relación entre la masa de agua y la masa de suelo una vez seco (Radulovich, 2008).

5.4.9 Humedad volumétrica. La relación entre el volumen de agua (V_a) y el volumen total o aparente del suelo (V_t) una vez seco (Radulovich, 2008).

5.4.10 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 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

5.4.11 Inceptisoles. Se originan a partir de materiales coluvio aluviales; limitados por la presencia de un nivel freático fluctuante; de drenaje moderado a pobre; colores pardo oscuro a rojizo oscuro y gris oscuro en la superficie y gris verdoso en la profundidad. Un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas, son suelos de texturas moderadamente gruesas en la superficie a moderadamente finas y finas en el resto del perfil textura franco arenoso en la superficie y arenosa franca en profundidad, presenta una reacción fuertemente ácida (POMCA, 2010).

5.4.12 Labranza convencional. En este tipo de labranza por lo regular se realiza un barbecho y dos rastreos. Este tipo de labranza sólo se debe realizar si el suelo está muy compactado o presenta algún problema que impida la labranza reducida o cero labranza (Mora *et al.*, 2010).

5.4.13 Labranza de cincel. Es la que permite reestructurar los suelos sin modificar notoriamente su estratificación. La preparación de suelos con este tipo de herramientas permite dejar protegida la superficie con restos vegetales contra la erosión hídrica sin mezclar notoriamente los diferentes estratos. Como otros implementos de elementos activos dispuestos en forma vertical, deja en general los agregados mayores en superficie, evitando el encostramiento superficial (Riquelme, 2003).

5.4.14 Labranza de subsolado. Se denomina subsolado a la labor de suelo que busca eliminar las capas compactas producidas por el uso de los implementos y maquinarias de labranza tradicional, la necesidad de usar un subsolador dependerá de una evaluación técnica apropiada (Riquelme, 2003).

5.4.15 Labranza vertical. La cual es uno de los métodos más apropiados para trabajar el suelo sin que los horizontes cambien su posición relativa, no quedando una separación neta entre la parte removida y la que no lo está. Al trabajar verticalmente el suelo y mantener cobertura vegetal sobre la superficie contribuye a su conservación, puesto que favorece la infiltración, elimina costras, limita la evaporación evitando el movimiento superficial del suelo por el agua y el viento (Riquelme, 2003).

5.4.16 Labranza reducida. La cual consiste en dar uno o dos pasos de rastra o un cinceleo, dependiendo de las condiciones del suelo, con el propósito de que la semilla quede a la profundidad deseada (Mora *et al.*, 2010).

5.4.17 Labranza. Es una práctica que facilita labores agrícolas, entre las que destacan control de malezas, formación de camas de semillas que lleven a una buena germinación y establecimiento del cultivo, también la incorporación de fertilizantes y pesticidas al suelo, al igual que materia orgánica y residuos del cultivo anterior. La labranza consiste comúnmente en la inversión y mullimiento de la capa superficial del suelo (15-30cm) a través de araduras y rastros que, cuando se operan con una humedad adecuada del suelo, resultan en una disgregación y mullimiento mejorando las propiedades mecánicas para su posterior intervención (siembra u otro) (Acevedo *et al.*, 2004).

5.4.18 Resistencia a la penetración. Es un índice que permite evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas y/o baja porosidad. La penetrabilidad del suelo permite conocer la facilidad con que un objeto puede ser introducido en él, es

decir, la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce dicho objeto (Nacci y Sentis, 1992).

Por otro lado, la penetrabilidad es un índice que puede ser evaluado a través de una determinación sencilla, rápida, y que puede ser hecha directamente sobre el terreno, permitiendo así realizar un alto número de mediciones que contrarrestan el problema de variabilidad espacial. Muchos estudios han utilizado el penetrógrafo para caracterizar la resistencia natural del suelo (Nacci y Sentis, 1992).

La resistencia a la penetración es influida por las características del suelo, del equipo, y por la forma de rotura del suelo; tal vez una de las mayores ventajas que presenta el penetrógrafo como equipo de medición de la resistencia del suelo, sea su versatilidad para ser usado en campo directamente, lográndose en poco tiempo realizar un gran número de lecturas, es por ello que resulta muy adecuado para obtener valores índices de la situación estudiada; sin embargo, dada la complejidad del efecto que evalúa debe ser complementado con otras mediciones. (Nacci y Sentis, 1992).

5.4.19 Porosidad. Es el volumen de éste que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases (Jaramillo, 2002).

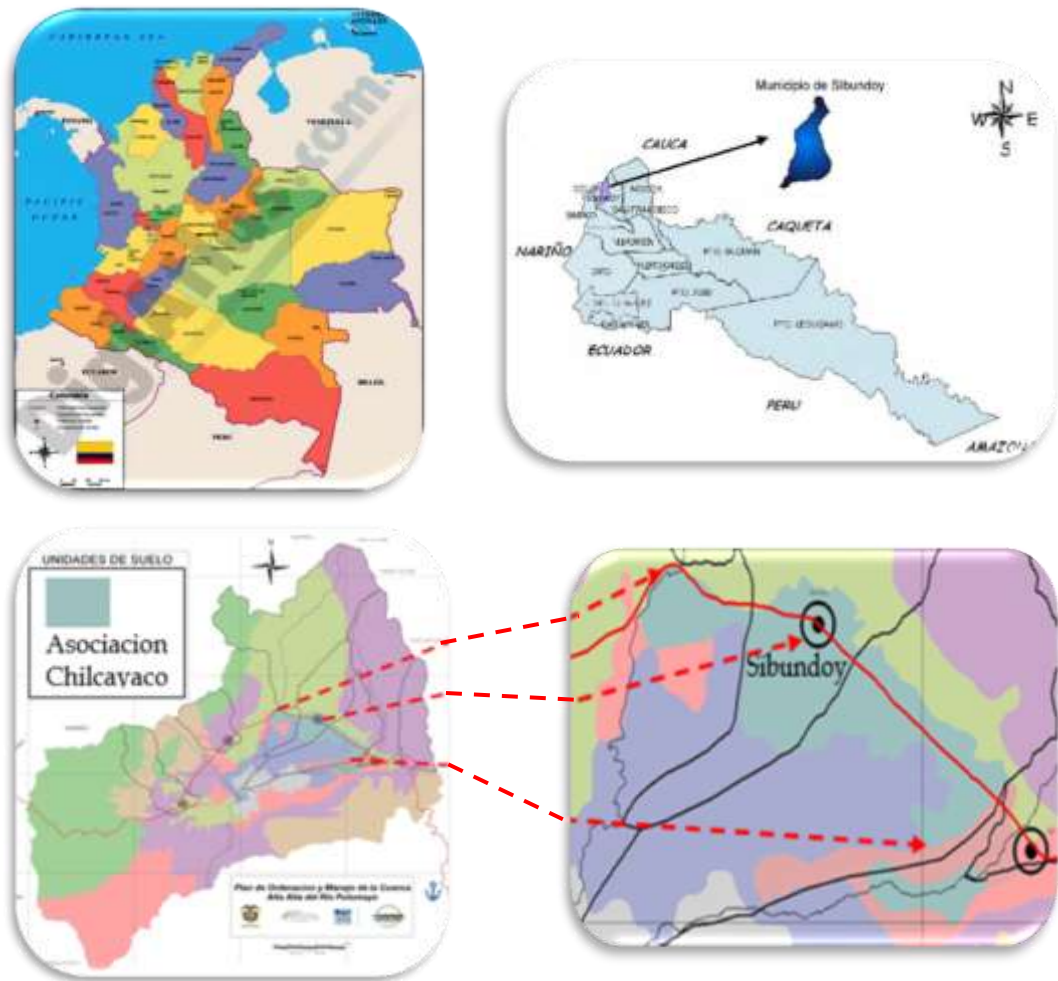
5.4.20 Suelos. Es un cuerpo natural conformado por una conexión de elementos y procesos, resultado de su localización y del contacto de la atmósfera con la superficie de la corteza. La atmósfera del planeta ha evolucionado, por lo cual ya no predominan en ella el hidrógeno y el helio, su lugar lo ocupan el nitrógeno, el oxígeno, el gas carbónico y el vapor de agua (Malagón, 2002).

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizó en el municipio de Sibundoy con coordenadas geográficas N 01°12'25" - W 76°55'12", de acuerdo con el plan de ordenamiento de la cuenca alta del río Putumayo (2010), (Figura 1), la zona plana se encuentra ubicada a una altura entre 2100-2150 msnm, temperatura promedio mensual anual 16°C, precipitación anual 1.586 mm, humedad relativa 83 % (Castro y Jiménez, 2008), pertenece a la zona de vida según la clasificación de Holdridge al Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Holdridge, 1947; citado por Castro y Jiménez, 2008) .

Figura 1. Localización del Municipio de Sibundoy y asociación Chilcavaco



Fuentes: Castro y Jiménez, 2008 & Google/imágenes/mapageopolitico de Colombia, 2014 & POMCA, 2011.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para llevar a cabo la investigación fue necesario conocer los tipos de labranza que los diferentes predios han realizado, para lo cual se diseñó una encuesta dirigida a los 25 ganaderos (Figura 2), ubicados en suelos pertenecientes a la Asociación Chilcayaco del municipio de Sibundoy, la cual se encuentra detallada y delimitadas en el mapa del Anexo A.

Figura 2. Entrevistas aplicadas a los propietarios de las fincas ganaderas



Una vez aplicada la encuesta permitió determinar los siguientes aspectos:

1. Verificar los diferentes tipos de labranza (Figura 3), que se han usado a través del tiempo en predios donde se han presentado actividades ganaderas en suelos ubicados con escasa pendiente entre 0-3 y 3-8%, además en cada área encuestada se evaluaron otros aspectos generales como la producción ganadera por hectárea, manejo agronómico del predio y uso de maquinaria agrícola.

Figura 3. Maquinaria usada para labores de labranza



a y b) Labranza renovación de pradera. **c y d)** Labranza de rastra. **e y f)** Labranza con rotavito. **g y h)** labranza de subsolador. **i y j)** labranza con cincel.

2. También se lograron a través de la encuesta, establecer los lotes donde se realizaron los respectivos muestreos de campo, (Figura 4). En el anexo B se encuentran ubicados geográficamente los lotes de muestreo.

Figura 4. Ubicación de lotes



Una vez seleccionados los lotes donde se han realizado labores de labranza en busca del mejoramiento de la calidad de pastos y comprobado su homogeneidad en cuanto a pendiente, características y tipo de suelos, de acuerdo a la clasificación del IGAC (1990), se seleccionarán los siguientes tratamientos:

- T0. Lotes de producción lechera sin labrar, con tres repeticiones.
- T1. Lotes labrados con cincel más rastra, con tres repeticiones.
- T2. Lotes labrados con cincel más rotavito, con tres repeticiones.
- T3. Lotes manejados con renovador de praderas, con tres repeticiones.
- T4. Lotes con sistemas de producción silvopastoril, con tres repeticiones.

En total se evaluaron 5 tratamientos por tres repeticiones (Lotes).

5 tratamientos x 3 repeticiones (fincas) = 15 unidades experimentales.

Estos tipos de labranzas presentan las siguientes características.

Labranza con cincel. Por su modo de acción, es la herramienta de labranza que más se parece al arado de madera. Al introducir el cincel en el suelo causa la compresión del suelo, donde finalmente escapa hacia arriba dejando una zona de rotura que parte de la punta del cincel aproximadamente en un ángulo de 45° en suelos secos, por lo tanto, el cincel sirve para roturar el suelo (FAO, 2000).

Labranza con rastra. Es utilizada fundamentalmente para mullir el suelo y controlar malezas en la zona de semillas, la rastra de disco es fácil de operar, de mantener y eficiente en la pulverización y penetración del suelo, esta deja la tierra en perfectas condiciones para la labranza (FAO, 2000).

Labranza con rotavito. Es un equipo de enganche al tractor para la remoción picado e incorporación de restos de cosecha o rastrojos al suelo, se utiliza para la preparación acelerada del terreno, es un elemento combinado y diseñado para reducir el trabajo en la descompactación, subsolado y control de malezas (Acevedo y Martínez, 2004).

Labranza con renovador de pradera. Es un arado de cinceles que rompe las capas del suelo y lo airea para favorecer el flujo de nutrientes y el desarrollo radicular del pasto. El renovador posee discos colocados delante de los cinceles que cortan la vegetación, permitiendo que los cinceles penetren en el suelo hasta 50cm de profundidad sin levantar los espedones del pasto (Corpoica, 2002).

El sistema silvopastoril. Aunque no es un tipo de labranza, es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perenes (árboles o arbustos), interactuando con los componentes tradicionales (forrajeras, herbáceas y animales) y todos ellos están bajo un sistema de manejo integral (Blanco, 2000).

6.3 MUESTREO

En cada uno de los lotes se evaluaron algunas propiedades físicas, para lo cual se efectuaron muestreos en cada uno de ellos realizando tres cajuelas de dimensiones de 0,40m x 0,40m x 0,30m de profundidad cada una (Figura 5).

Figura 5. Elaboración de cajas para la extracción de muestras



a) Preparación del terreno. **b)** Elaboración de caja para extracción de muestras.

Con tres repeticiones por tratamiento en cada área seleccionada se tomaron muestras sin disturbar en anillos de acero de especificaciones de 2,5cm de alto, 5cm de diámetro y un volumen conocido de 49,09cc, las muestras se tomaron a dos profundidades de 0 a 15cm y de 15 a 30cm, para un total de 90 anillos entre todos los tratamientos.

Figura 6. Extracción de las muestras con el cilindro de volumen conocido (anillo)



a) Manipulación muestreador sobre el anillo. **b)** Muestreador listo para retirar. **c)** Anillo incrustado en el suelo. **d)** Retirado de muestra. **e)** Enrasado de los bordes. **f)** Muestra preparada.

Para la resistencia a la penetración en el suelo se tomaron muestras con el penetrógrafo y seguidamente se extrajo en cada perforación una muestra para el análisis y cálculo de la humedad gravimétrica en tres profundidades de 0-10cm, 10-20cm y de 20-30cm.

Figura 7. Medición de la resistencia a la penetración RP y obtención de muestras para análisis de humedad gravimétrica



a) Nivelación del penetrógrafo. **b)** Calibración de la plantilla a graficar. **c)** Gráfica generada por el penetrógrafo. **d)** Medición de la resistencia. **e)** Perforación del suelo en el punto muestreado. **f)** Extracción de muestras para medición de humedad.

6.4 VARIABLES EVALUADAS

Para evaluarlas se usaron indicadores de la siguiente manera:

6.4.1 Propiedades físicas. Densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), resistencia a la penetrabilidad (Mpa) textura y color.

Las variables evaluadas y su respectivo método de determinación y cálculos se realizaron de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1. Variables y técnicas utilizadas para evaluar algunas propiedades físicas de los suelos

| VARIABLES FÍSICAS | MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN | AUTOR |
|----------------------|--|----------------|
| Densidad aparente | Núcleo (Cilindro volumen conocido) | Madriñan, 2001 |
| Densidad real | Picnómetro | Madriñan, 2001 |
| Porosidad | $1 - (\text{Den aparente} / \text{Den real}) \times 100$ | Forsythe, 1972 |
| Humedad gravimétrica | Estufa a 105 °C | Forsythe, 1972 |
| Humedad volumétrica | $(D_a / D_g) \times H$ | Forsythe, 1972 |
| Penetrabilidad | Penetrógrafo | Madriñan, 2001 |
| Textura | Tacto con suelo húmedo | Aldanda, 2005 |
| Color | Tabla Munsell | Munsell, 1976 |

6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El diseño estadístico utilizado fue en bloques completamente al azar, con cinco tratamientos (tipos de labranza) y tres repeticiones (Lotes).

Para la discusión de los resultados, se realizó un análisis estadístico con el análisis de varianza (ANOVA), prueba de comparación de medias de Tukey que permitió determinar si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos $P < 0,05$ y una prueba de múltiples rangos mediante el procedimiento de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher. Para lo cual, los datos obtenidos se calcularon a través de el software de estadística STATGRAPHICS Centurión XVI – Versión 16.1.03 (32 – bits).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo se divide en tres partes: la primera reúne la información discutida de cada una de las propiedades físicas evaluadas con relación a los diferentes tratamientos (tipos de labranza) y las profundidades evaluadas (0-15cm y 15-30cm), donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) el cual permitió discutir los resultados obtenidos y luego una prueba de múltiples rangos de Fisher, en la segunda parte se realizó una comparación entre los tratamientos evaluados y la profundidades de evaluación, y en la tercera parte se realizó una discusión de los resultados de las encuestas que se aplicaron a los ganaderos.

7.1 PROPIEDADES FÍSICAS

El análisis estadístico de las variables, densidad aparente (g/cc), humedad gravimétrica (%) y humedad volumétrica (%) en profundidades de 0 a 15cm, resultaron con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Por el contrario, densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica (%) humedad volumétrica (%) en profundidades de 15 a 30cm no presenta estadísticamente diferencias significativas ($P \geq 0,05$), entre las variables evaluadas (Tabla 2).

Para evaluar estas variables se tomaron como base los resultados obtenidos en el campo y el laboratorio (Anexo D), a los cuales se les realizó un análisis estadístico general de lo cual se generaron promedios y en base a estos se hizo una prueba de múltiples rangos mediante el procedimiento de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher.

Tabla 2. Análisis de varianza para las propiedades físicas

| VARIABLES FÍSICAS | P VALOR | |
|--------------------------|--------------------|---------------------|
| | Profundidad 0-15cm | Profundidad 15-30cm |
| Densidad Aparente (g/cc) | 0,0015* | 0,2220 |
| Densidad real (g/cc) | 0,0830 | 0,9861 |
| Porosidad (%) | 0,0899 | 0,6281 |
| Humedad gravimétrica (%) | 0,0005* | 0,3450 |
| Humedad volumétrica (%) | 0,0206* | 0,0967 |

* Existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

7.1.1 Densidad aparente (D_a). Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura su contenido de

materia orgánica (MO), su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente (Jaramillo J, 2002).

Es por ello que la D_a es un parámetro necesario en varios cálculos relacionados con el suelo para calcular el peso de un determinado volumen del suelo, transformar el contenido de humedad gravimétrico del suelo a contenido volumétrico y calcular la porosidad total cuando se conoce su densidad real.

A parte de lo anterior, es un estimador del grado de compactación del suelo, ya que, si se está presentado este problema, la D_a se incrementa; también es un indicador de altos contenidos de MO en el suelo puesto que ellos reducen el valor de dicha densidad (Moro *et al.*, 2001).

Debido a la facilidad con la cual se puede medir esta propiedad, se ha utilizado esta variable en este trabajo para estimar el grado de deterioro del suelo en los diferentes tratamientos evaluados, teniendo en cuenta que a medida que aumenta su valor se está produciendo una degradación de la estructura del mismo, bien sea por compactación por la maquinaria utilizada en las labores de labranzas, carga animal de ganado bovino o por pérdida de MO.

El procedimiento que se desarrolló en laboratorio para la determinación de la D_a por el método de cilindro de volumen conocido se puede observar en la Figura 8.

Figura 8. Determinación de la densidad aparente con cilindro de volumen conocido en laboratorio



a) Peso del anillo con suelo húmedo. **b)** Muestras al horno a (105°C). **c)** Muestras después de 24 horas. **d)** Peso de la muestra en con suelo seco. **e)** Muestras resultantes sacadas del anillo. **f)** Peso del anillo sin suelo.

Con el anterior método señalado se obtuvieron los resultados consignados en el anexo D.

Análisis estadístico de Densidad aparente (g/cc) con el método de cilindro volumen conocido para profundidad de 0-15cm en los tratamientos evaluados

Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la tabla 3 se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable ($P < 0,05$).

Tabla 3. Análisis ANOVA para densidad aparente de cilindro de volumen conocido en profundidad de 0-15cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0,180475 | 4 | 0,0451188 | 5,32 | 0,0015 |
| Intra grupos | 0,347607 | 41 | 0,00847822 | | |
| Total (Corr.) | 0,528082 | 45 | | | |

$P < 0,05$ existe diferencia estadística significativa.

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 4 existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que no comparten una misma columna de X's.

Tabla 4. Pruebas de múltiples rangos para densidad aparente de cilindro de volumen conocido por tratamiento en profundidad de 0-15cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | | |
|----------------------------|-------|----------|-------------------|---|---|
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 0,47987 | X | | |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) | 9 | 0,561584 | X | X | |
| TESTIGO (T0) | 9 | 0,593726 | | X | X |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 0,59531 | | X | X |
| SILVOPASTORIL(T4) | 10 | 0,671456 | | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 5. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con densidad aparente en profundidad de 0-15cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL+ROTAVITO(T2) | | 0,0337267 | 0,0876596 |
| CINCEL + RASTRA (T1) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | * | 0,11544 | 0,0876596 |

Tabla 5. (Continuación)

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|--|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL(T4) | | -0,0761454 | 0,08544 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | 0,00158448 | 0,0876596 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | 0,0817137 | 0,0876596 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - SILVOPASTORIL(T4) | * | -0,109872 | 0,08544 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - TESTIGO (T0) | | -0,0321422 | 0,0876596 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL(T4) | * | -0,191586 | 0,08544 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | * | -0,113856 | 0,0876596 |
| SILVOPASTORIL(T4) - TESTIGO (T0) | | 0,0777299 | 0,08544 |

* indica una diferencia significativa

En la tabla 5 se presenta la Da evaluada mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en la profundidad de 0-15cm, lo cual revela que se encuentran diferencias significativas con un nivel de 95% de confianza entre los tratamientos de cincel más rastra (T1) con renovación de praderas (T3), cincel más rotavito (T2) con silvopastoril (T4), renovación de praderas (T3) con silvopastoril (T4), y por ultimo renovación de praderas (T3) con testigo (T0). En donde muestra que los tratamientos renovación de pradera, cincel más rotavito y silvopastoril tienen diferencias significativas frente al testigo y cincel más rastra.

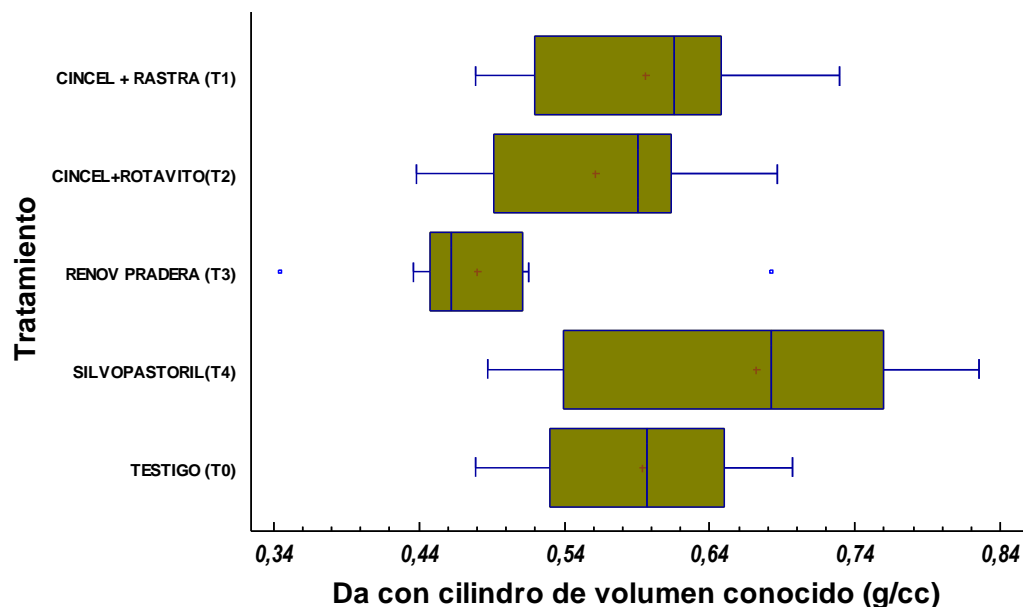
Los valores de Da encontrados a esta profundidad presentaron los siguientes resultados, el valor más alto se registró para el sistema silvopastoril cuyo promedio fue de 0,69 g/cc, seguido por el tratamiento cincel más rastra, testigo, cincel más rotavito y renovación de pradera con valores de 0,60g/cc, 0,59g/cc, 0,56g/cc y 0,48g/cc respectivamente (Ver anexo D).

Los hallazgos en la evaluación de esta variable a esta profundidad se deben probablemente a que el sistema renovación de pradera genera una mayor aireación, por ello este tratamiento obtuvo la menor Da con un valor de 0,48g/cc, el cual difiere de los demás valores debido a que este sistema de labranza utiliza el subsolador el cual ayuda a romper las capas endurecidas del suelo en forma vertical realizando una penetración en horizontes más bajos del suelo generando mayor oxigenación y mejorando la bioestructura y por ende la disminución de la Da.

Al analizar con más detalle a la Da más alta, la cual fue la del sistema silvopastoril con un valor de 0,69g/cc, obedece a que las raíces de los pastos y de los árboles generan un proceso de amarre que provoca una presión sobre el suelo, además en estos lotes no hubo laboreo por algún proceso de labranza convencional lo que implica que el ganado por mucho tiempo ha presionado la estructura de estos suelos generando una mayor compactación y por ende aumentando la Da.

La figura 9 se muestra los resultados de esta variable en los cinco tratamientos corroborando lo descrito anteriormente, donde la mayor Da se presenta en el sistema silvopastoril y la menor es encuentra en renovación de pradera.

Figura 9. Gráfico caja de bigotes de densidad aparente de cilindro por tratamiento a profundidad de 0-15cm



Con los resultados promedios de esta variable para cada uno de los tratamientos, podemos deducir que la Da es una variable que cambia con respecto a las labores que sobre el suelo se realiza. Sánchez *et al.* (2003), afirma que en general, los suelos con baja Da tienen condiciones físicas favorables, al contrario de aquellos con Da elevada los cuales poseen malas condiciones físicas, es decir mayor compactación.

Para esta investigación, Unigarro *et al.* (2009), manifiesta que, es importante destacar que las Da's obtenidas no determinan que el suelo esta compactado debido a que están por debajo de 1 a 1,7g/cc, además afirma que la densidad es un indicador de compactación y de las restricciones del crecimiento de las raíces.

Esto se puede presentar porque en los suelos en estudio las bajas densidades obedecen a que están relacionadas con la influencia de cenizas volcánicas y materiales orgánicos IGAC (1990). Lo anterior es corroborado por Viveros (1999), quien manifiesta que la Da está afectada por el contenido orgánico, a pesar que los coloides inorgánicos pueden influir especialmente en zonas bajo efectos de cenizas volcánicas donde los materiales alofánicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado.

En cuanto al caso de los promedios altos de Da en este estudio, se debe tener en cuenta que los suelos de piedemonte amazónico dedicados a la ganadería generalmente se presentan, en sus suelos, la compactación por el pisoteo de ganado en el nivel superficial (Pinzón y Amézquita, 1992; citado por Copocaribe, 1998). Esto lo confirma Denoia *et al.* (2000), el cual afirma que el pisoteo conduce al aumento de la densidad superficial del suelo y la disminución de la tasa de infiltración, la poca vegetación incrementa la infiltración pudiendo no ejercer acción protectora alguna frente a la densificación de la capa superficial del suelo.

Ahora para establecer porqué se presentaron diferentes Da entre un tratamiento y otro, nos referimos al enunciado postulado por Unigarro *et al.* (2009), quien afirma que, los valores de Da pueden verse afectados por las labores agrícolas (en algunos horizontes) estos inciden en factores que las determinan como los contenidos de materiales orgánicos, textura y origen del suelo especialmente referido a sus materiales (orgánicos, piroclásticos, arcillosos, etc). En base a lo anteriormente evaluado, la labranza generalmente tiende a disminuir, al menos temporalmente la Da y aumentar la porosidad total del suelo superficial.

Los resultados de Da en promedios más bajos se obtuvieron en la labranza renovación de pradera y cincel mas rotavito, al respecto Mazurak *et al.* (1960), indican que, para muchos suelos sometidos a la labranza vertical, y con 7 ó 8 años de implementación de pastos restauran las propiedades físicas hasta casi los niveles que tenía cuando virgen.

La labranza vertical permite reestructurar los suelos sin modificar notoriamente su estratificación, esto debido a que la preparación de suelos con este tipo de herramientas permite dejar protegida la superficie con restos vegetales contra la erosión hídrica sin mezclar notoriamente los diferentes estratos (Amézquita, 1991).

Análisis estadístico de Densidad aparente (g/cc) con el método de cilindro volumen conocido para profundidad de 15-30cm en los tratamientos evaluados

El análisis de varianza de la tabla 6 muestra que no existieron diferencias significativas de esta variable en los diferentes tratamientos de labranza evaluados ($P \geq 0,05$).

Tabla 6. Análisis ANOVA para densidad aparente de cilindro de volumen conocido en profundidad de 15-30cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0,104957 | 4 | 0,0262392 | 1,49 | 0,2220 |
| Intra grupos | 0,702057 | 40 | 0,0175514 | | |
| Total (Corr.) | 0,807013 | 44 | | | |

$P \geq 0,05$ no existe diferencia estadística significativa.

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 7, existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que no comparten una misma columna de X's.

Tabla 7. Pruebas de múltiples rangos para densidad aparente de cilindro de volumen conocido por tratamiento en profundidad de 15-30cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | |
|----------------------------|-------|----------|-------------------|---|
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 9 | 0,598932 | X | |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 0,690152 | X | X |
| TESTIGO (T0) | 9 | 0,710072 | X | X |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 0,726822 | | X |
| SILVOPASTORIL (T4) | 9 | 0,730217 | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 8. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con densidad aparente en profundidad de 15-30cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|-------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL + ROTAVITO (T2) | * | 0,12789 | 0,126221 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | 0,0366693 | 0,126221 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL (T4) | | -0,00339531 | 0,126221 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | 0,0167502 | 0,126221 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -0,0912205 | 0,126221 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - SILVOPASTORIL (T4) | * | -0,131285 | 0,126221 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - TESTIGO (T0) | | -0,11114 | 0,126221 |

Tabla 8. (Continuación)

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL (T4) | | -0,0400646 | 0,126221 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | | -0,0199191 | 0,126221 |
| SILVOPASTORIL (T4) - TESTIGO (T0) | | 0,0201455 | 0,126221 |

* indica una diferencia significativa.

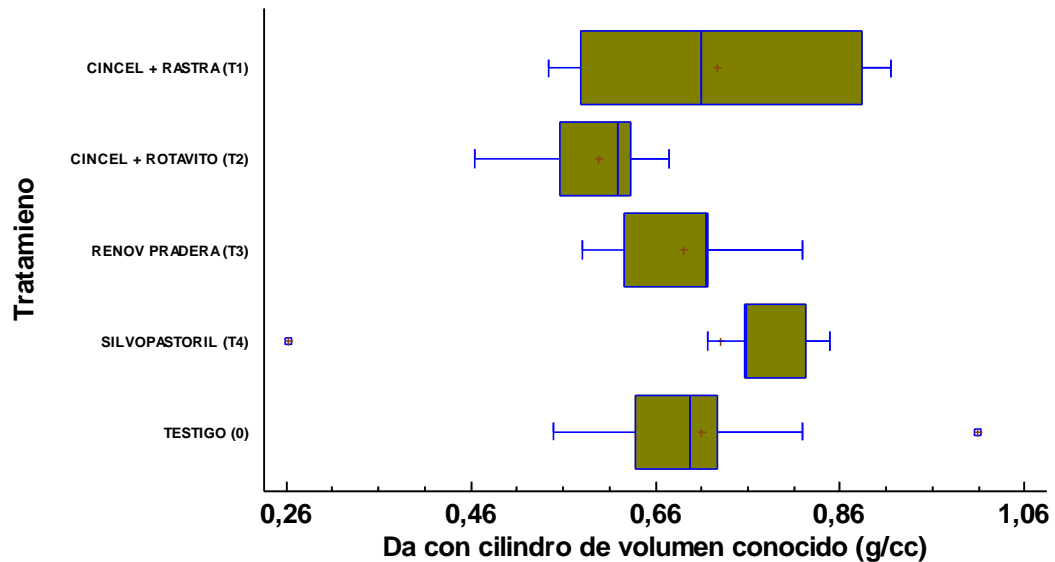
Al realizar el análisis de la tabla 8 para esta profundidad en la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer se determinó que existen diferencias estadísticas significativas con un nivel del 95% de confianza entre los sistemas de labranzas cincel más rastras (T1) con cincel más rotavito (T2) y cincel más rotavito (T2) con silvopastoril (T4).

Los valores de densidad aparente encontrados a esta profundidad presentaron los siguientes resultados, para los tratamientos cincel más rastra y silvopastoril cuyos promedios fueron de 0,73g/cc, seguido por el tratamiento testigo, renovación de pradera y cincel más rotavito con valores de 0,71g/cc, 0,69g/cc y 0,60g/cc respectivamente (Ver anexo D).

Donde la Da osciló entre los valores más altos de 0,73g/cc con cincel más rastra y silvoapastoril y el valor más bajo con 0,60g/cc en cincel más rotativo, esto posiblemente a que como lo afirma Amézquita *et al.* (2000), el suelo por debajo de la capa arable puede incrementar la Da por las fuerzas y presiones, aplicadas a los perfiles, por parte de la maquinaria e implementos de labranza. Además, la fuerza que ejerce el ganado al presionar el suelo incrementa la Da como se determinó en el sistema silvopastoril, debido a que estos suelos no se han labrado y la presión ejercida por las capas superiores hace que a mayor profundidad la Da aumenta.

En la figura 10 se muestra los resultados de esta variable en los cinco tratamientos corroborando lo descrito anteriormente, donde la mayor Da se presenta en el sistema silvopastoril y cincel más rastra y la menor es encuentra en cincel más rotavito.

Figura 10. Gráfico caja de bigotes de Da de cilindro por tratamiento a profundidad de 15-30cm



7.1.2 Densidad real (Dr). La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, la cual es un medio de expresion del peso del suelo, se manifiesta según la densidad de la particulas solidas que los constituyen. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de solidos del suelo y es llamada densidad de la particula (Buckman y Brandy, 1996; citado por Huerta, 2010).

La densidad real de un suelo depende principalmente de la composicion y cantidad de minerales y de la proporción de materia organica que contiene. La densidad de la parte de la parte mineral de un suelo es mayor que la de la materia organica porque contiene cuarzo, feldespato, mica y óxidos de hierro como la magnetita y la meatita (Angeles y Hernández, 2010).

La medición de esta variable se la realizó en el laboratorio, utilizando los picnómetros, una gramera y una estufa para calentar el agua con el suelo pesado, cada prueba duraba entre dos a tres horas para cada muestra evaluada. El procedimiento se ilustra en la figura 11 y los resultados obtenidos de la medicion de esta variable se muestran en el anexo D.

Figura 11. Determinación de la densidad real con picnómetro en laboratorio



a) Peso de los 2g de suelo. **b)** Adicción del suelo pesado al picnómetro con agua. **c)** picnómetro sometido a calor hasta punto de ebullición. **d)** Peso del picnómetro con agua y suelo despues de dos horas de reposo.

Análisis estadístico de Densidad real (g/cc) con el método del picnómetro para profundidades de 0-15cm y 15-30cm, en los tratamientos evaluados

Teniendo en cuenta el analisis de varianza de las tablas 9 y 10, donde se analizan ambas profundidades de 0-15cm y de 15-30cm, indica que en esta variable no se presentaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$).

Tabla 9. Análisis ANOVA para densidad real en profundidad de 0-15cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0,551677 | 4 | 0,137919 | 2,22 | 0,0830 |
| Intra grupos | 2,54162 | 41 | 0,0619906 | | |
| Total (Corr.) | 3,09329 | 45 | | | |

$P \geq 0,05$ no existe diferencia estadística significativa.

Tabla 10. Análisis ANOVA para densidad real en profundidad de 15-30cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 0,0868057 | 4 | 0,0217014 | 0,09 | 0,9861 |
| Intra grupos | 10,024 | 40 | 0,2506 | | |
| Total (Corr.) | 10,1108 | 44 | | | |

$P \geq 0,05$, no existe diferencia estadística significativa.

Para las dos profundidades estudiadas, con base en esta variable de Dr no se encontraron diferencias significativas durante la realización de la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer.

Los valores de Dr encontrados en profundidades de 0-15cm presentaron los siguientes resultados, el promedio más alto lo registró el sistema silvopastoril con un 2,42g/cc, seguidos por los tratamientos de testigo, cincel más rastra, renovación de pradera y cincel más rotavito con valores de 2,39g/cc, 2,34g/cc, 2,22g/cc y 2,13g/cc respectivamente (Ver anexo D), donde observamos la poca variabilidad entre cada tratamiento evaluado donde los tratamientos sin labranza registraron los valores más altos, mientras que los valores más bajos se encontraron en los lotes en que se presentan algún tipo de laboreo.

Para la profundidad de 15-30cm se encontraron los siguientes resultados: el promedio más alto registrado lo presentó el sistema silvopastoril con un valor de 2,34g/cc, seguidos por los tratamientos testigo, cincel más rotavito, cincel más rastra y renovación de pradera con valores de 2,28g/cc, 2,25g/cc, 2,23g/cc y 2,21g/cc respectivamente (Ver anexo D). Al igual que la anterior profundidad encontramos poca variabilidad entre tratamientos, y se repite la incidencia de la anterior evaluación.

Las densidades reales encontradas presentan valores que oscilaron entre 2,42g/cc en el sistema silvopastoril y 2,13g/cc para la labranza cincel más rotavito en profundidades de 0-15cm; en cambio en profundidades de 15-30cm el valor más alto se presentó en silvopastoril con un valor de 2,34g/cc y el dato más bajo en renovación de pradera con 2,21g/cc. En más detalle, este análisis se lo puede observar en las figuras 12 y 13.

Figura 12. Gráfico caja y bigotes densidad real por tratamiento a profundidad de 0-15cm

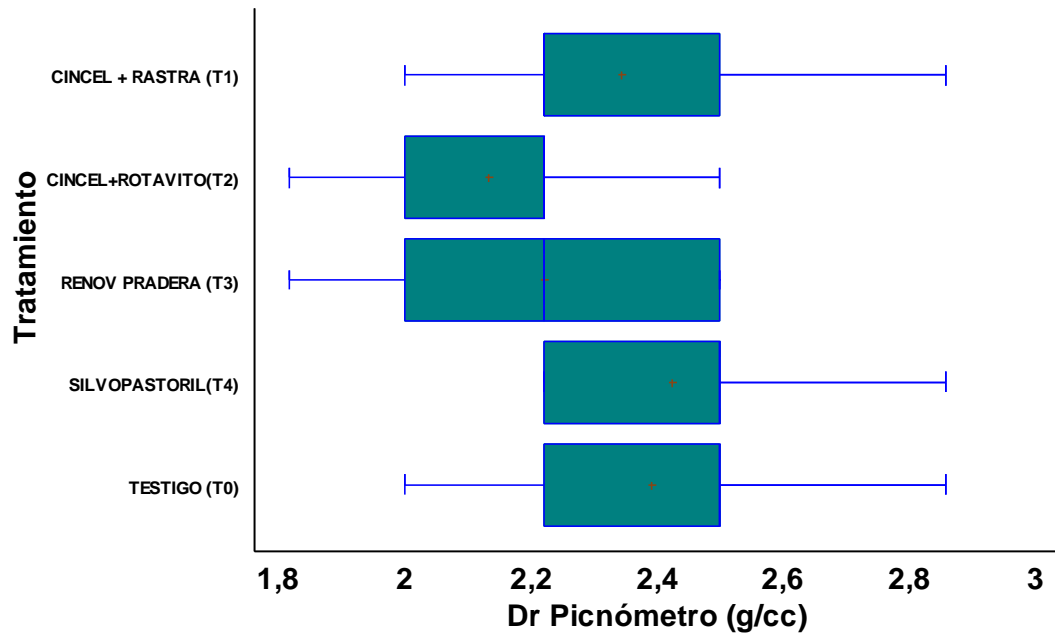
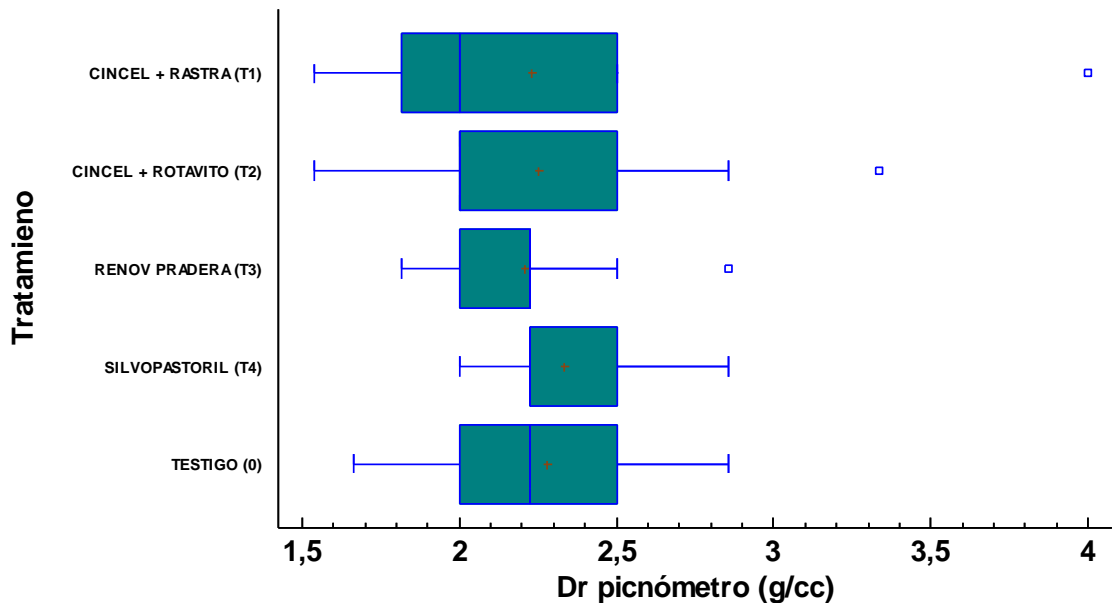


Figura 13. Gráfico caja y bigotes densidad real por tratamiento a profundidad de 15-30cm



Los resultados obtenidos son considerados normales, de acuerdo a lo expresado por Henríquez y Cabalceta (1999), esta propiedad presenta una baja variabilidad con relacion a la Da, por lo tanto Barrera (1993), corrobora que esta propiedad no

es afectada ni por la textura y la estructura del suelo y depende del peso del material que lo contiene.

Esto se presenta porque, a pesar de ser una variable muy homogénea en las dos profundidades evaluadas, los tratamientos silvopastoril y testigo presentaron los valores mas altos de Dr, manifestándose por ende que el peso del ganado genera una presión sobre el suelo disminuyendo los espacios porosos que incrementan las densidades, a diferencia con los tratamientos con labranza donde se obtuvieron valores menores, esto probablemente generan procesos de aireación del suelo que disminuye esta propiedad (Amézquita y Pinzón, 1991).

Es importante tener claro que la Dr varia entre rango de 2,6 a 2,75g/cc en todos los suelos agricolas y cuando existen valores debajo de los mencionados, como el caso de los suelos evaluados, se debe probablemente a la presencia de altos contenidos de MO en el suelo (Jaramillo J, 2000).

Herrera y Amézquita (1989), mencionan que, encontraron una Dr de 2,31g/cc en un suelo bajo labranza mínima con dos pases de rastrillo de disco; además mencionan que los valores de Dr son difíciles de alterar ya que esta variable se relaciona con las características mineralógicas del material parental. Buckman y Brandy (1977); citado por Rubio (2010), añaden que esta variable al cambiar en función del tipo de minerales del material madre y de la cantidad disponible de MO en el suelo, presenta como consecuencia, que las capas superficiales posean generalmente una densidad de partículas mas baja que la del subsuelo.

Como mencionan los anteriores autores, la Dr no es muy cambiante pero los valores altos o bajos, como se presentaron los resultados de este estudio (Ver Anexo D) depende netamente de la compactación, según Chinchilla *et al.* (2011), los entisoles y inceptisoles que son de origen aluvial la Dr varía ligeramente con la profundidad debido a diferentes eventos de sedimentación. En la mayor parte de los suelos evaluados, por la compactación que se genera por el pisoteo de ganado, donde esta carga animal sobre el suelo puede lograr aumentar la Dr en el largo plazo. Lo anterior nos indica que los animales en pastoreo modifican las propiedades físicas de los suelos, sin embargo, la intensidad de esos cambios depende también de la vegetación y de la geomorfología de la zona.

7.1.3 Porosidad total (%). Se define a la porosidad total como “el conjunto formado por grietas entre los elementos de la estructura, los volúmenes libre, resultantes de la repartición en el espacio de los terrones y la tierra fina y los tubos y cuevas de origen pedológico y biológico” (Fies *et al.*, 1972, citado por Denoia *et al.*, 2000).

Análisis estadístico de porosidad (%) para profundidades de 0-15 cm y 15-30cm en los tratamientos evaluados

El análisis de varianza muestra diferencias significativas ($P \geq 0,05$) para esta variable de porosidad en profundidades de 0-15cm y 15-30 cm, como se indica en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Análisis ANOVA para porosidad en profundidad de 0-15cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 198,092 | 4 | 49,523 | 2,17 | 0,0899 |
| Intra grupos | 937,512 | 41 | 22,8661 | | |
| Total (Corr.) | 1135,6 | 45 | | | |

$P \geq 0,05$ no existe diferencia estadística significativa.

Tabla 12. Análisis ANOVA para porosidad en profundidad de 15-30cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 196,229 | 4 | 49,0573 | 0,65 | 0,6281 |
| Intra grupos | 3004,47 | 40 | 75,1118 | | |
| Total (Corr.) | 3200,7 | 44 | | | |

$P \geq 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

Al realizar la prueba de múltiples rangos de la tabla 13, para la profundidad de 0-15cm existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que no comparten una misma columna de X's.

Tabla 13. Pruebas de múltiples rangos para porosidad en profundidad de 0-15cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|---|
| SILVOPASTORIL(T4) | 10 | 71,9938 | X | |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) | 9 | 73,5279 | X | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 74,2828 | X | X |
| TESTIGO (T0) | 9 | 74,8906 | X | X |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 78,227 | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 14. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con porosidad en profundidad de 0-15cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL+ROTAVITO(T2) | | 0,75489 | 4,55243 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -3,94421 | 4,55243 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL(T4) | | 2,289 | 4,43716 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | -0,60776 | 4,55243 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | * | -4,6991 | 4,55243 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - SILVOPASTORIL(T4) | | 1,53411 | 4,43716 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - TESTIGO (T0) | | -1,36265 | 4,55243 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL(T4) | * | 6,23321 | 4,43716 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | | 3,33645 | 4,55243 |
| SILVOPASTORIL(T4) - TESTIGO (T0) | | -2,89676 | 4,43716 |

* indica una diferencia significativa.

La porosidad total realizando la prueba de diferencia significativa (LSD) de Fischer, en la profundidad 0-15cm (Tabla 14), reveló que existen diferencias estadísticas con un nivel del 95% de confianza entre los tratamientos cincel más rotavito (T2) con renovación de pradera (T3) y renovación de pradera (T3) con silvopastoril (T4).

En los análisis de porosidad evaluados a profundidades de 0-15cm se obtuvieron los siguientes resultados, el promedio más alto fue del tratamiento de renovación de pradera cuyo valor fue de 78,23%, seguido por los tratamientos testigo, cincel más rastra, cincel más rotavito y silvopastoril 74,89%, 74,28%, 73,53% y 71,28% respectivamente (Ver anexo D).

Para la otra profundidad analizada 15-30cm se encontraron los siguientes resultados según el análisis estadístico de porosidad total.

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 15, para la profundidad de 15-30cm no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos porque todos comparten una misma columna de X's.

Tabla 15. Pruebas de múltiples rangos para porosidad en profundidad de 15-30cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 65,7142 | X |
| TESTIGO (T0) | 9 | 67,3258 | X |
| SILVOPASTORIL (T4) | 9 | 67,8453 | X |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 68,3546 | X |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 9 | 72,0374 | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 16. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con porosidad en profundidad de 15-30cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL + ROTAVITO (T2) | | -6,32319 | 8,25717 |
| CINCEL + RASTRA (T1) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -2,64042 | 8,25717 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL (T4) | | -2,13112 | 8,25717 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | -1,61164 | 8,25717 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | 3,68277 | 8,25717 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - SILVOPASTORIL (T4) | | 4,19207 | 8,25717 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - TESTIGO (T0) | | 4,71155 | 8,25717 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL (T4) | | 0,509296 | 8,25717 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | | 1,02878 | 8,25717 |
| SILVOPASTORIL (T4) - TESTIGO (T0) | | 0,519482 | 8,25717 |

Como podemos observar en la tabla 16, no hay valores que indiquen una diferencia significativa entre tratamientos.

Los valores de porosidad encontrados a profundidades de 15-30cm se obtuvieron los siguientes resultados, el valor más alto fue para el tratamiento cincel más rotavito cuyo valor fue de 72,04%, seguido por los tratamientos renovación de pradera silvopastoril, testigo y cincel más rastra con valores de 68,35%, 67,85%, 67,33% y 65,71% respectivamente (Ver Anexo D).

Los resultados obtenidos en las figuras 14 y 15 de las gráficas de bigotes indican

que la mayor porosidad se obtuvo con la renovación de praderas debido probablemente a que este equipo al romper las capas permite la aireación del suelo y por ende la mayor porosidad, la menor porosidad se obtuvo en el sistema silvopastoril 71,28%, debido a que en él no se realizó ningún tipo de labranza.

Figura 14. Gráfico caja de bigotes de porosidad por tratamiento a profundidad de 0-15cm

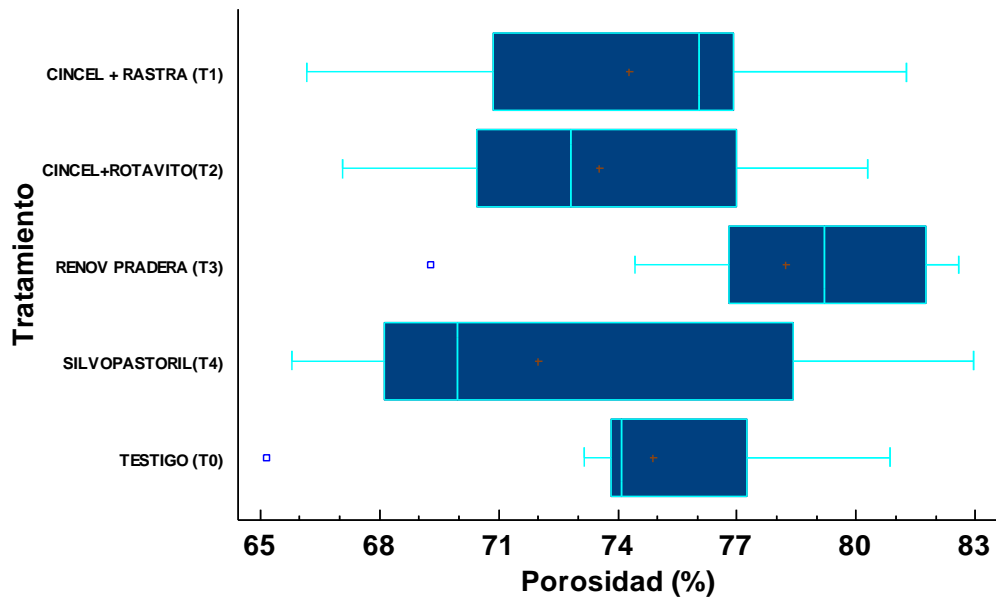
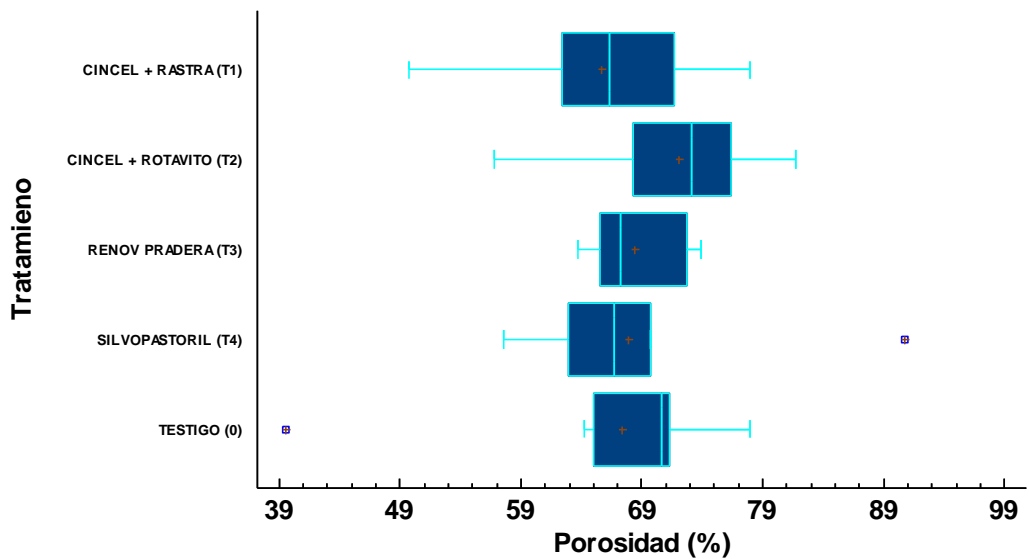


Figura 15. Gráfico caja de bigotes de porosidad por tratamiento a profundidad de 15-30cm



La porosidad total se relaciona directamente con la retención y movimiento del agua en el perfil del suelo. Es una propiedad física esencial ya que la reacción y transporte de oxígeno al sistema radicular de las plantas garantiza la facilidad con que las raíces pueden anclar y sostenerse en el suelo y permitir así la rápida absorción de los nutrientes del suelo (Tapia y Rivera, 2010; Mila, 2001; Soriano y Pons, 2004); pero también esta variable es la más modificable con el manejo antrópico (Pecchiari *et al.*, 1990; citado por Denoia, 2000).

Este último enunciado lo confirma (Kießling *et al.*, 2006; citado por Deonia, 2000), postula que, de todas las propiedades del suelo, la porosidad es tal vez la más fácil y frecuentemente alterada por las operaciones de labranza o manejo sin laboreo, en este sentido importa la cantidad total de poros, así como la forma, tamaño, continuidad y distribución de los diferentes tamaños índice sobre la velocidad con que se infiltra el agua y sobre la cantidad de agua que puede mantener disponible para los cultivos. Además afirma que, algunos estudios recientes indican que, en efectos de corto plazo, el pisoteo animal tiende a ser el que mayores implicancias tiene sobre las capas más superficiales del suelo, disminuyendo la cantidad de poros, que son los encargados de conducir el agua de lluvia hacia las capas más profundas del suelo, alterando así la distribución del espacio poroso.

Por ende, el pisoteo conduce al aumento de la Da del suelo y a la disminución de la tasa de infiltración, además se debe considerar que en un suelo exento de cobertura vegetal disminuye los niveles de porosidad y de estabilidad de los agregados; la desmejora verificada en la porosidad debe atribuirse a una variación negativa en el número de poros estructurales (Denoia *et al.*, 2000).

Es por ello que las diferencias de porosidad total entre los lotes situaciones bajo pisoteo y los de tratamiento sin tránsito de animales deben atribuirse a las modificaciones ocurridas en la porosidad estructural, la cual indica que una alta proporción de los poros estructurales ha colapsado por acción del impacto de la pezuña animal.

7.1.4 Humedad gravimétrica (%)

Es la cantidad de agua contenida en un material, en este caso el suelo (la humedad del suelo). Esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación (Angeles y Hernández, 2010).

Análisis estadístico de Humedad gravimétrica (%) para profundidad de 0-15cm en los tratamientos evaluados

En relación a esta característica se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable a la profundidad de 0-15cm ($P < 0,05$).

Tabla 17. Análisis ANOVA para humedad gravimétrica en profundidad de 0-15cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 14047,0 | 4 | 3511,76 | 6,21 | 0,0005 |
| Intra grupos | 23186,8 | 41 | 565,532 | | |
| Total (Corr.) | 37233,9 | 45 | | | |

$P < 0,05$ existe diferencia estadística significativa.

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 18 existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

Tabla 18. Pruebas de múltiples rangos para humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | | |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|---|---|
| SILVOPASTORIL(T4) | 10 | 100,946 | X | | |
| TESTIGO (T0) | 9 | 114,675 | X | X | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 118,052 | X | X | |
| CINCEL+ROTAVITO (T2) | 9 | 126,902 | | X | |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 153,231 | | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 19. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad gravimétrica a profundidad de 0-15cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL+ROTAVITO(T2) | | -8,8494 | 22,64 |
| CINCEL + RASTRA (T1) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | * | -35,1789 | 22,64 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL(T4) | | 17,1068 | 22,0667 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | 3,37713 | 22,64 |

Tabla 19. (Continuación)

| | | | |
|---|---|----------|---------|
| CINCEL+ROTAVITO(T2) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | * | -26,3295 | 22,64 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - SILVOPASTORIL(T4) | * | 25,9563 | 22,0667 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - TESTIGO (T0) | | 12,2265 | 22,64 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL(T4) | * | 52,2858 | 22,0667 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | * | 38,5561 | 22,64 |
| SILVOPASTORIL(T4) - TESTIGO (T0) | | -13,7297 | 22,0667 |

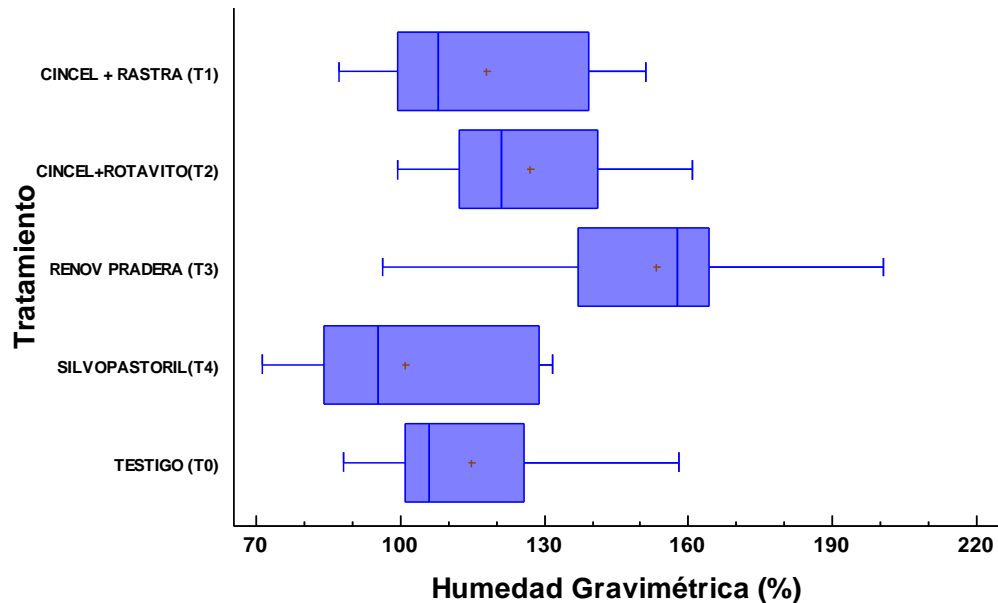
* indica una diferencia significativa.

Al realizar la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer, en la tabla 19 muestra que a la profundidad 0-15cm la humedad gravimétrica presento diferencias estadísticas significativa con un nivel de 95% de confianza entre los tratamientos: cincel más rastra (T1) con renovación de pradera (T3) , cincel más rotavito (T2) con renovación de pradera (T3), cincel más rotavito (T2) con silvopastoril (T4), renovación de pradera (T3) con silvopastoril (T4) y renovación de pradera (T3) con testigo (T0).

Las diferencias estadísticamente significativas encontradas en la humedad gravimétrica, a profundidades de 0-15cm, entre los tratamientos corroboran que el mayor valor lo presento la renovación de praderas con 153,23%, seguida de cincel mas rotavito, cincel más rastra, testigo y silvopastoril con valores de 126,90%, 118,05%, 114,68% y 97,53% respectivamente (Anexo D). Este resultado posiblemente se deba a que la labranza con renovación de praderas, que se realiza con un subsolador, al roturar capas profundas del suelo permite un mayor almacenamiento del agua en los suelos evaluados.

En la figura 16 se muestra los resultados de esta variable en los cinco tratamientos corroborando lo descrito anteriormente, donde la mayor humedad en campo se registra en los lotes de renovación de praderas que son lotes donde se han practicado labores de labranza, y el menor registro se encuentra en el sistema silvopastoril en donde no hay evidencia de labores recientes de laboreo mecánico del suelo.

Figura 16. Gráfico caja de bigotes de humedad gravimétrica por tratamiento a profundidad de 0-15cm



Los anteriores resultados concuerdan por los reportados por Mora (2002), quien afirma que el subsolador que es un renovador de pradera que permite reestructurar los suelos sin modificar notoriamente su estratificación, la preparación de suelos con este tipo de herramienta permite dejar protegida la superficie con cobertura vegetal contra la erosión hídrica sin mezclar notoriamente los diferentes estratos.

El laboreo del subsolador se lo identifica como labranza vertical porque produce estallamiento del suelo con elementos operativos y soportes verticales, este deja en general los agregados mayores en superficie evitando el encostramiento superficial, al contrario de otras herramientas que cortan e invierten totalmente el suelo y forman estratos impermeables en su base, el subsolador puede romper este suelo compactado favoreciendo así la infiltración del agua; también se encontró que la velocidad media de infiltración aumentó y la infiltración acumulada fue superior que cuando se trabajó con herramientas convencionales (Riquelme, 2003).

Al respecto afirma Valverde *et al.* (2004), que las labranzas verticales captan porcentajes más altos de humedad al ser comparadas con la convencional, ya que las verticales disminuyen la evaporación del agua, al mantener la cobertura vegetal de pastos que permite regular la humedad durante el ciclo de crecimiento del pasto. A no ser removido el suelo la cobertura vegetal impide el impacto directo de los rayos solares con las partículas del suelo, lo cual reduce el calentamiento del suelo y por consiguiente la evaporación.

Ahora bien, para explicar el bajo porcentaje de humedad registrado en el sistema silvopastoril, Watkin y Clements *et al.* (1978); citado por Vera (2008), postulan que el pastoreo directo establece una serie de acciones entre el animal y el ecosistema pastoril, que generan modificaciones en las características de la vegetación y del suelo. Así, el pisoteo ejerce efectos indirectos sobre el medio edáfico y directo e indirecto sobre las plantas.

Al respecto Dickson *et al.*, (1982); citado por Denoia *et al.*, (2000), agrega que, la magnitud de tales interacciones es variable y puede desencadenar procesos de degradación, las perturbaciones producidas en la superficie del suelo, el grado de modificación del medio ambiente y su incidencia en la degradación del ecosistema depende de varios factores. Entre ellos el autor cita la humedad edáfica, las características intrínsecas del suelo, la especie, categoría y estado fisiológico del ganado, el método y presión del pastoreo, el grado de cobertura vegetal y las especies que componen las pasturas.

De forma concluyente Koppi *et al.*, 1992; Profit *et al.*, 1993 afirman que, el pisoteo animal es uno de los procesos generadores de compactación superficial de los suelos. Con humedades edáficas elevadas, el impacto de la pezuña puede provocar la densificación y la deformación de la superficie del suelo (Scholefield y Hall, 1986; Gesche *et al.*, 1993; Sosa *et al.*, 1995). Tales alteraciones suelen derivar en una disminución en los niveles de ingreso de agua al perfil.

Análisis estadístico de Humedad gravimétrica (%) para profundidad de 15-30cm en los tratamientos evaluados

En la profundidad 15-30 cm como se observa en la tabla 20, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0,05$).

Tabla 20. Análisis ANOVA para humedad gravimétrica en profundidad de 15-30cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 6866,94 | 4 | 1716,73 | 1,16 | 0,3450 |
| Intra grupos | 59444,9 | 40 | 1486,12 | | |
| Total (Corr.) | 66311,9 | 44 | | | |

$P \geq 0,05$ existe diferencia estadística significativa

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 21, para la profundidad de 15-30cm no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos porque todos comparten una misma columna de X's.

Tabla 21. Pruebas de múltiples rangos para humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 86,2841 | X |
| TESTIGO (T0) | 9 | 86,9554 | X |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 87,5167 | X |
| SILVOPASTORIL (T4) | 9 | 92,3426 | X |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 9 | 118,692 | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 22. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad gravimétrica a profundidad de 15-30cm

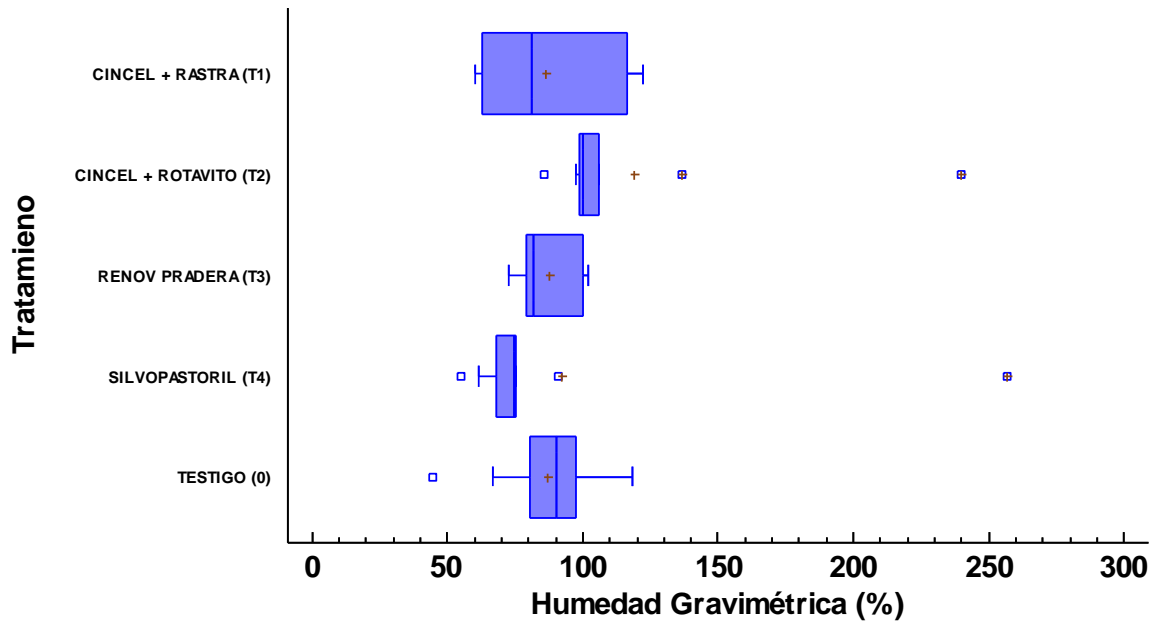
| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL + ROTAVITO (T2) | | -32,4079 | 36,7286 |
| CINCEL + RASTRA (T1) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -1,23265 | 36,7286 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL (T4) | | -6,05849 | 36,7286 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | -0,671291 | 36,7286 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | 31,1752 | 36,7286 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - SILVOPASTORIL (T4) | | 26,3494 | 36,7286 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - TESTIGO (T0) | | 31,7366 | 36,7286 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL (T4) | | -4,82583 | 36,7286 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | | 0,561364 | 36,7286 |
| SILVOPASTORIL (T4) - TESTIGO (T0) | | 5,3872 | 36,7286 |

* indica una diferencia significativa.

Como podemos observar en la tabla 16, no hay valores que indiquen una diferencia significativa entre tratamientos.

Los valores de humedad gravimétrica encontrados a profundidades de 15-30cm se obtuvieron los siguientes resultados, el promedio más alto fue del tratamiento cincel más rotavito con un valor de 118,69% seguido por silvopastoril, renovación de pradera, testigo y cincel más rastra con valores de 92,34%, 87,52%, 86,96% y 86,28% respectivamente (Anexo D).

Figura 17. Gráfico caja de bigotes de humedad gravimétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm



7.1.5 Humedad volumétrica (%)

Análisis estadístico de Humedad volumétrica (%) para profundidad de 0-15 cm en los tratamientos evaluados

El análisis de varianza para esta variable, reveló diferencias significativas ($P < 0,05$) como se observa en la tabla 23.

Tabla 23. Análisis ANOVA para humedad volumétrica en profundidad de 0-15cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 197,098 | 4 | 49,2745 | 3,26 | 0,0206 |
| Intra grupos | 619,31 | 41 | 15,1051 | | |
| Total (Corr.) | 816,408 | 45 | | | |

$P < 0,05$ existe diferencia estadística significativa

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 24 existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que no compartan una misma columna de X's.

Tabla 24. Pruebas de múltiples rangos para humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | | |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|---|---|
| | | | | | |
| SILVOPASTORIL(T4) | 10 | 65,4954 | X | | |
| TESTIGO (T0) | 9 | 66,7517 | X | X | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 68,4494 | X | X | X |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) | 9 | 69,7622 | | X | X |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 71,2335 | | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 25. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad volumétrica en profundidad de 0-15cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|---|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL+ROTAVITO(T2) | | -1,31285 | 3,70007 |
| CINCEL + RASTRA (T1) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -2,78415 | 3,70007 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL(T4) | | 2,95392 | 3,60638 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (T0) | | 1,69765 | 3,70007 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) – RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | | -1,4713 | 3,70007 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - SILVOPASTORIL(T4) | * | 4,26677 | 3,60638 |
| CINCEL+ROTAVITO(T2) - TESTIGO (T0) | | 3,0105 | 3,70007 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL(T4) | * | 5,73807 | 3,60638 |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | * | 4,4818 | 3,70007 |
| SILVOPASTORIL(T4) - TESTIGO (T0) | | -1,25626 | 3,60638 |

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 25 se realizaron los análisis (LSD) de Fischer con un 95% de confianza donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos de cincel más rotavito (T2) con silvopastoril (T4), renovación de pradera (T3) con silvopastoril (T4) y renovación de pradera (T3) con testigo (T0).

Los valores de humedad gravimétrica encontrados a profundidades de 0-15cm se obtuvieron los siguientes resultados, el promedio más alto se presenta en el tratamiento renovación de pradera con un valor de 71,23% seguido por cincel más

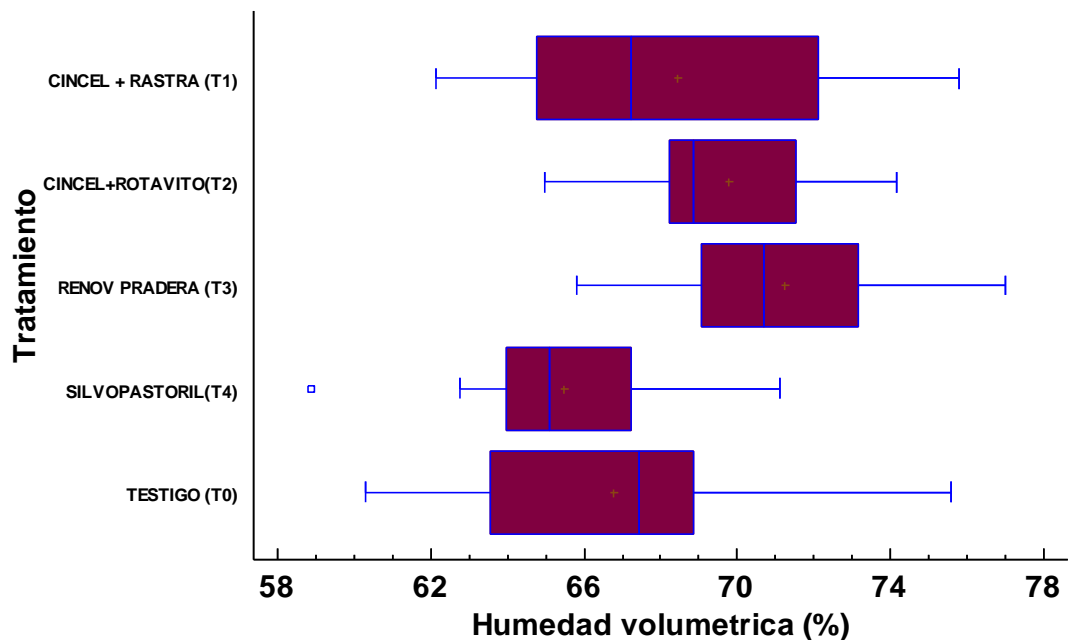
rotavito, cincel más rastra, testigo y silvopastoril con valores de 69,76%, 68,45%, 66,75% y 64,87% respectivamente (Anexo D).

La mayor humedad volumétrica se obtuvo con la labranza de renovación de pradera con un valor de 71,23%, reiterando lo que se obtuvo con la humedad gravimétrica, además se presentó el mismo orden en los otros tratamientos evaluados.

Con respecto los resultados arrojados en esta variable, a profundidad de 0-15cm, se puede considerar que expresa la humedad del suelo en términos independientes de la Da, facilitando así una base general para la comparación de almacenaje del agua en los suelos estudiados, además es importante para evaluar la retención de la humedad en suelos orgánicos, aluviales y derivados de cenizas volcánicas, como lo confirma Viveros *et al.*, (1999).

En la figura 18 se muestra los resultados de esta variable en los cinco tratamientos donde la mayor humedad volumétrica se registra en los lotes de renovación de praderas y la menor es encuentra en el sistema silvopastoril, esto es semejante a la descripción de la figura 16 de humedad gravimétrica corroborando lo descrito anteriormente.

Figura 18. Gráfico caja de bigotes de humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 0-15cm



Análisis estadístico de Humedad volumétrica (%) para profundidad de 15-30 cm en los tratamientos evaluados

El análisis de varianza para esta variable, reveló diferencias significativas ($P \geq 0,05$) como se observa en la tabla 26.

Tabla 26. Análisis ANOVA para humedad volumétrica en profundidad de 15-30cm

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 699,839 | 4 | 174,96 | 2,12 | 0,0967 |
| Intra grupos | 3308,08 | 40 | 82,7021 | | |
| Total (Corr.) | 4007,92 | 44 | | | |

$P \geq 0,05$ no existe diferencia estadística significativa

Como se evidencia en la prueba de múltiples rangos de la tabla 27 existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que no compartan una misma columna de X's.

Tabla 27. Pruebas de múltiples rangos para humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm

| Tratamiento | Casos | Media | Grupos Homogéneos | |
|----------------------------|-------|---------|-------------------|---|
| SILVOPASTORIL (T4) | 9 | 57,5165 | X | |
| TESTIGO (T0) | 9 | 59,1462 | X | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 9 | 59,3273 | X | |
| RENOVACIÓN DE PRADERA (T3) | 9 | 59,7347 | X | |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 9 | 68,6078 | | X |

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tabla 28. Prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer en los tratamientos evaluados con humedad volumétrica en profundidad de 15-30cm

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|--|------|------------|-------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) - CINCEL + ROTAVITO (T2) | * | -9,2805 | 8,66434 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - RENOVACION PRADERA (T3) | | -0,407437 | 8,66434 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - SILVOPASTORIL (T4) | | 1,81083 | 8,66434 |
| CINCEL + RASTRA (T1) - TESTIGO (0) | | 0,181083 | 8,66434 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - RENOVACION PRADERA (T3) | * | 8,87306 | 8,66434 |

Tabla 28. (Continuación)

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|--|------|------------|-------------|
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - SILVOPASTORIL (T4) | * | 11,0913 | 8,66434 |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) - TESTIGO (T0) | * | 9,46158 | 8,66434 |
| RENOVACION PRADERA (T3) - SILVOPASTORIL (T4) | | 2,21827 | 8,66434 |
| RENOVACION PRADERA (T3) - TESTIGO (T0) | | 0,58852 | 8,66434 |
| SILVOPASTORIL (T4) - TESTIGO (T0) | | -1,62975 | 8,66434 |

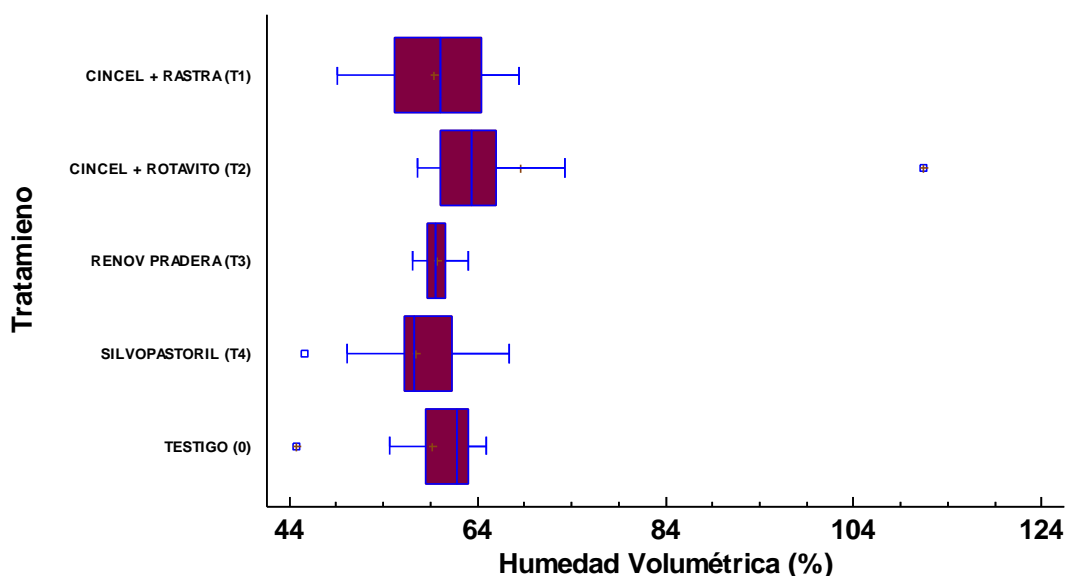
* indica una diferencia significativa.

En la tabla 28 se realizaron los análisis (LSD de Fischer) con un 95% de confianza donde existieron diferencias significativas entre los tratamientos, cincel más rastra (T1) con cincel más rotavito (T2), cincel más rotavito (T2) con renovación pradera (T3), cincel más rotavito (T2) con silvopastoril (T4) y cincel más rotavito (T2) con testigo (T0).

Los valores de humedad gravimétrica encontrados a profundidades de 15-30cm se obtuvieron los siguientes resultados, el promedio más alto se presenta en cincel más rotavito con un valor de 68,61%, seguido de renovación de pradera, cincel más rastra, testigo y el sistema silvopastoril con porcentajes de 59,73%, 59,33%, 59,15% y 57,52% respectivamente (Anexo D).

En la figura 19 se muestra los resultados de la humedad volumétrica en los tratamientos evaluados en el mayor porcentaje registrado en la humedad volumétrica se presenta en la labranza cincel más rotavito y con el menor porcentaje encontramos al sistema silvopastoril.

Figura 19. Gráfico caja de bigotes de humedad volumétrica por tratamiento en profundidad de 15-30cm



7.1.6 Color. Se define como un carácter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local, generalmente esta en relación con los procesos de pedogénesis o con uno de los factores de formación; el proceso que colorea el suelo no es siempre fundamental, y por otra parte, la misma coloración, o matices vecinos bien puede resultar de causas diferentes. Es así que este carácter debe ser utilizado con discreción y sabiendo que raramente tiene valor como criterio de clasificación a nivel de los grandes tipos del suelo Rucks *et al.*, (2004).

Para la correcta evaluación de esta investigación, se utilizó la “carta de colores” basada en el libro y/o tabla Munsell del color, en donde se evalúa la matiz, valor y croma del color con su código respectivo que es la notación Munsell para el color.

El análisis se realizó en laboratorio con muestras recogidas en campo húmedas y de las mismas algunas secas a temperatura ambiente por ocho días, posterior a las salidas de muestreo, para los cinco tratamientos evaluados y las dos profundidades de evaluación de 0-15cm y 15-30cm, como se muestra en la figura 20, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Figura 20. Comparación de muestras con la tabla Munsell de color



a) Análisis de color en muestra de suelo húmedo. **b)** Análisis de color en muestra de suelo seco.

Análisis de Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en profundidades de 0-15cm

En la tabla 29 podemos observar la variación de colores que presentó el tratamiento sin labrar (T0), las tonalidades en húmedo fueron tres donde la más predominante fue 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con un 55,56% correspondiente a cinco muestras, en suelo seco se encontraron cuatro tonalidades siendo la más representativa 10YR 5/3 (Pardo) con un 55,56% cinco muestras.

Tabla 29. Análisis del color del suelo en el tratamiento testigo según tabla Munsell en profundidad 0-15cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| TESTIGO (T0) | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 5 | 1 | 55,56 | 11,11 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 3 | | 33,33 | 0,00 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 5 | 0,00 | 55,56 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 5YR 8,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 30 se evaluó el Cincel mas rastra (T1) se obtuvieron seis tonalidades en suelo húmedo donde el color mas representativo fue el 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con tres muestras que corresponde a un valor de 33,33%, en suelo seco se identificaron seis tonalidades dominando con 33,33% el color 10YR 5/3 (Pardo) con tres muestras.

Tabla 30. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rastra según tabla Munsell en profundidad 0-15cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 3 | 1 | 33,33 | 11,11 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | 1 | 11,11 | 11,11 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 1 | 1 | 11,11 | 11,11 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 3 | 0,00 | 33,33 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 2,5YR 2,5/0 | Negro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 2,5YR 2,5/1 | Rojo muy oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

Como podemos analizar en la tabla 31 que, para los lotes intervenidos con cincel mas rotavito (T2) se encontraron cuatro tonalidades donde la mas predominante en suelo húmedo es 10YR 3/2 (Pardo gris muy oscuro) con un valor de 55,56% con cinco muestras, en suelo seco se identificaron seis tonalidades donde la

muestra mas representativa fue de 10YR 4/3 (Pardo oscuro) con tres repeticiones con un valor de 33,33%.

Tabla 31. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rotavito según tabla Munsell en profundidad 0-15cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 5YR 3/4 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 3 | 0,00 | 33,33 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 7,5YR 3/2 | Pardo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 5 | | 55,56 | 0,00 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 5YR 2,5/1 | Negro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 32 podemos analizar que en los lotes con renovación de pradera (T3) se encontraron cuatro tonalidades donde se observó que los colores mas representativos fueron 10YR 3/3 (Pardo oscuro) y 10YR 3/2 (Pardo gris muy oscuro) cada uno con un valor del 33,33% correspondiente a tres muestras en suelo húmedo. En suelo seco se identificaron dos tonalidades predominando 10YR 4/3 (Pardo oscuro) con un valor 88,89% con ocho muestras.

Tabla 32. Análisis del color del suelo en el tratamiento renovación de pradera según tabla Munsell en profundidad 0-15cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 3 | | 33,33 | 0,00 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 8 | 0,00 | 88,89 |
| | 2,5YR 3/2 | Rojo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 3 | | 33,33 | 0,00 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 33 para el sistema silvopastoril (T4) en suelo húmedo se determinaron cuatro tonalidades siendo las mas predominantes 10YR 3/3 (Pardo oscuro) y 10 YR 3/2 (Pardo gris muy oscuro) con un valor de 33,33% y tres muestras para cada uno. En suelo seco se identificaron dos tonalidades donde la mas representativa corresponde a 10YR 5/3 (Pardo) con un valor de 66,67% que corresponde a seis muestras.

Tabla 33. Análisis del color del suelo en el tratamiento silvopastoril según tabla Munsell en profundidad 0-15cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| SILVOPASTORIL (T4) | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 3 | | 33,33 | 0,00 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 3 | | 33,33 | 0,00 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 6 | 0,00 | 66,67 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 6/3 | Pardo pálido | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

Análisis de Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en profundidades de 15-30cm

En la tabla 34 podemos observar la variación de colores que presentó el tratamiento sin labrar (T0), donde las tonalidades para suelo húmedo fueron cuatro siendo la más predominante 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con un valor de 55,56% con cinco muestras. En suelo seco se identificaron cinco tonalidades siendo la más representativa 10YR 5/3 (Pardo) con un valor de 33,33% con tres muestras.

Tabla 34. Análisis del color del suelo en el tratamiento testigo según tabla Munsell en profundidad 15-30cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| TESTIGO (T0) | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 5 | 1 | 55,56 | 11,11 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 7,5 YR 6/4 | Pardo claro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 6/4 | Pardo amarillo claro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 3 | 0,00 | 33,33 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 35 analizamos los lotes intervenidos con cincel más rastra (T1) para suelo húmedo se identificaron siete tonalidades predominando 10YR 3/4 (Pardo amarillo oscuro) y 10YR 4/4 (Pardo amarillo oscuro) con un valor de 22,22% y dos muestras para cada una. En suelo seco se encontraron cinco tonalidades donde sobresalieron 10YR 3/3 (Pardo oscuro) y 10YR 3/2 (Pardo gris muy oscuro) con un valor de 22,22% con tres muestras cada una.

Tabla 35. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rastra según tabla Munsell en profundidad 15-30cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 2,5YR 2,5/2 | Rojo muy oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 5YR 2,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 2,5/2 | Pardo muy oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 3 | 0,00 | 33,33 |
| | 10YR 6/3 | Pardo pálido | 1 | 1 | 11,11 | 11,11 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En el sistema de labranza cincel más rotavito (T2), analizado en la tabla 36, se encontraron ocho tonalidades en suelo húmedo donde la más representativa fue 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con un valor de 22,22% que corresponde a dos muestras, en suelo seco se evidenciaron siete tonalidades donde la más sobresaliente fue 5YR 3/3 (Pardo rojizo oscuro) con un valor de 22,22% para dos muestras.

Tabla 36. Análisis del color del suelo en el tratamiento cincel más rotavito según tabla Munsell en profundidad 15-30cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 10YR 5/8 | Pardo amarillo | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 3/4 | Pardo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 7,5YR 4/4 | Pardo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | | 2 | 0,00 | 22,22 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 5YR 2,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 1 | 1 | 11,11 | 11,11 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 5YR 2,5/1 | Negro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 5YR 4/1 | Gris oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 37 se observan los datos de color de los lotes con renovación de pradera (T3), en suelo húmedo se identificaron cinco tonalidades donde resalto 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con un valor de 44,44% para cuatro muestras, en suelo seco se encontraron tres tonalidades donde la más representativa fue 10YR 4/3 (Pardo oscuro) con un valor de 77,78% para siete muestras.

Tabla 37. Análisis del color del suelo en el tratamiento renovación de pradera según tabla Munsell en profundidad 15-30cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | 10YR 5/8 | Pardo amarillo | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 4 | | 44,44 | 0,00 |
| | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | | 7 | 0,00 | 77,78 |
| | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En la tabla 38, se analizó el sistema silvopastoril (T4), donde en suelo húmedo se observaron siete tonalidades donde las más común fue 10YR 5/4 (pardo amarillo) y 10YR 4/2 (Pardo gris muy oscuro) con un valor de 22,22% y dos muestras para cada una, en suelo seco se evidenciaron seis tonalidades donde la más representativa fue 10YR 5/3 (Pardo) con un valor de 33,33% correspondiente a tres muestras.

Tabla 38. Análisis del color del suelo en el tratamiento silvopastoril según tabla Munsell en profundidad 15-30cm

| Tratamiento | Color según tabla Munsell | | Muestras | | % Muestras | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | | Suelo Húmedo | Suelo seco | Suelo Húmedo | Suelo seco |
| SILVOPASTORIL (T4) | 10YR 3/4 | Pardo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 5/6 | Pardo amarillo | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | 1 | 2 | 11,11 | 22,22 |
| | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 1 | | 11,11 | 0,00 |
| | 10YR 6/4 | Pardo amarillo claro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 5/3 | Pardo | | 3 | 0,00 | 33,33 |
| | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | 2 | | 22,22 | 0,00 |
| | 10YR 6/3 | Pardo pálido | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 10YR 6/2 | Gris pardo claro | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | 2,5Y 7/4 | Amarillo pálido | | 1 | 0,00 | 11,11 |
| | | | 9 | 9 | 100 | 100 |

En un análisis general de la variable color en las profundidades de 0-15cm y de 15-30cm para los cinco tratamientos evaluados, encontramos que.

En los suelos donde se realizó el presente estudio corresponden a la asociación Chilcayaco, los cuales según el POMCA (2010), los colores que se pueden presentar en esta zona están entre colores: pardo oscuro a rojizo oscuro y gris oscuro en la superficie y gris verdoso en la profundidad.

En los muestreos en los cinco tratamientos se evidenció que en profundidades de 0-15cm tanto suelo húmedo como en seco los colores fueron de tonalidades más oscuras dominando colores 10YR 3/2 (Pardo gris oscuro), 10YR 3/3 (Pardo oscuro) y 10YR 4/3 (Pardo oscuro), lo cual nos indica que generalmente están constituidos por el contenido orgánico que al descomponerse generan estas tonalidades, además el color es una característica importante que se debe a factores esenciales: el contenido de humus y la naturaleza química de compuestos de hierro presentes (Salamanca, 1984).

Según afirma Ovalles (2003), colores oscuros se asocian a la incorporación de MO que se descompone en humus que da la coloración negra al suelo. Este color ha sido asociado a suelos en condiciones de buena fertilidad en especial presencia de cationes tales como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} , colateralmente van asociados con otras condiciones físicas relacionadas con la MO tales como la presencia de una buena saturación del suelo y rica actividad biológica; en otras oportunidades cuando haya acumulación de Na^{+} , por ser este un agente dispersante el suelo, aún con muy bajos niveles de MO adquiere la coloración negra.

En la profundidad de 15-30cm los colores mas representativos en suelo húmedo fueron 10YR 3/3 pardo oscuro, 10YR 4/4 pardo amarillo oscuro, 10YR 5/4 pardo amarillo y en seco 10YR 5/3 pardo, 10YR 3/3 pardo rojizo oscuro evidenciando que estas profundidades se encuentran tonalidades oscuras. De los cinco tratamientos y las dos profundidades evaluadas se evidenció que en un alto porcentaje los colores mas dominantes tanto en seco como en húmedo fueron las tonalidades pardas.

Para Valenzuela y Torrente (2013), la presencia de tonalidades pardas estan ligadas a la presencia de óxidos de hierro en adicción a la MO que esta asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo, se puede apreciar que por la acumulacion progresiva de MO por los excrementos que depositan el ganado al suelo y los restos de vegetación cuando se pastorea.

Por otra parte, en la profundidad 15-30cm, se aprecian las tonalidades de pardas amarillas y rojizas, por lo cual Ovalle (2003), afirma que, los colores amarillentos determinan que por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos, ocurre como en la goethita, donde cristales grandes de este mineral confieren una pigmentación amarillenta al suelo, mientras cristales pequeños a

este mineral confieren tonalidades de color marrón, mas frecuentemente estos colores asociados a la goethita ocurren en climas templados, lo cual se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo; generalmente se asocia con la presencia de óxidos hidratados de Fe^{3+} .

7.1.7 Textura. La textura en un suelo como la proporción relativa de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y están relacionados con el tamaño de las partículas de los minerales que conforman el suelo, esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas (Simbasica *et al.*, 2014).

Para el estudio de la textura del suelo, se consideran tres fases: solida, liquida y gaseosa, para este estudio analizaremos a fase solida, la cual constituye el 50% del volumen de la mayor parte de los suelos superficiales y consta de una mezcla de partículas inorgánicas cuyo tamaño y forma varían considerablemente; se debe tener en cuenta que la distribución proporcional de los diferentes tamaños de partículas minerales determina la textura, pero no se alteran fácilmente en un determinado suelo.

En laboratorio se determinaron la textura de cada una de las muestras de suelo, en base a los parámetros de la tabla 39, mediante el método organoléptico en base a la textura al tacto (Anexo E).

Tabla 39. Determinación de la textura al tacto con suelo húmedo

| TEXTURA | SÍMBOLO | CARACTERÍSTICA |
|------------------------|---------|--|
| Arenosa | A | Al comprimirlo con los dedos se siente áspero. |
| Arenoso-franco | AF | Áspero, forma bolas que se desmenuzan fácilmente; mancha ligeramente los dedos. |
| Franco-arenosa | FA | Forma bolas poco resistentes, mancha ligeramente los dedos. |
| Franca | F | Forma bolas resistentes, mancha los dedos pero no forma cinta. |
| Franco-limosa | FL | Forma bolas que no se rompen y una cinta rizada. |
| Limosa | L | Talcoso y jabonoso, plástico y mancha los dedos. |
| Franco-arcillo-arenosa | FArA | Algo pegajoso, plástico y mancha los dedos. |
| Franco-arcilloso | FAr | Pegajoso, mancha los dedos, forma bolas resistentes al manipuleo y cintas que se rompen con facilidad. |
| Franco-arcillo-limosa | FArL | Algo plástico, forma una cinta rizada. |
| Arcillo-arenosa | ArA | Pegajoso, plástico, áspero. |
| Arcillo-limosa | ArL | Suave y liso. |
| Arcillosa | Ar | Forma bolas firmes, cintas delgadas y firmes |

Fuente: FHJC, Manual Agropecuario 2002, citado por Aldana 2005.

Los resultados de las clases texturales obtenidas se presentan en las gráficas 1, 2, 3, 4, y 5.

En la gráfica 1 podemos observar que los resultados obtenidos en la determinación de la textura para los lotes donde no ha habido ninguna acción de laboreo y/o testigo (T0), encontramos que para profundidades de 0-15cm la muestra más representativa fue Franco-Arcilloso (FAr) con un valor de 44%; para profundidades de 15-30cm las más destacadas fueron Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) y Franco-Arcillosos (FAr) con un valor de 33,33% para las dos texturas.

Gráfica 1. Análisis de textura para el tratamiento testigo



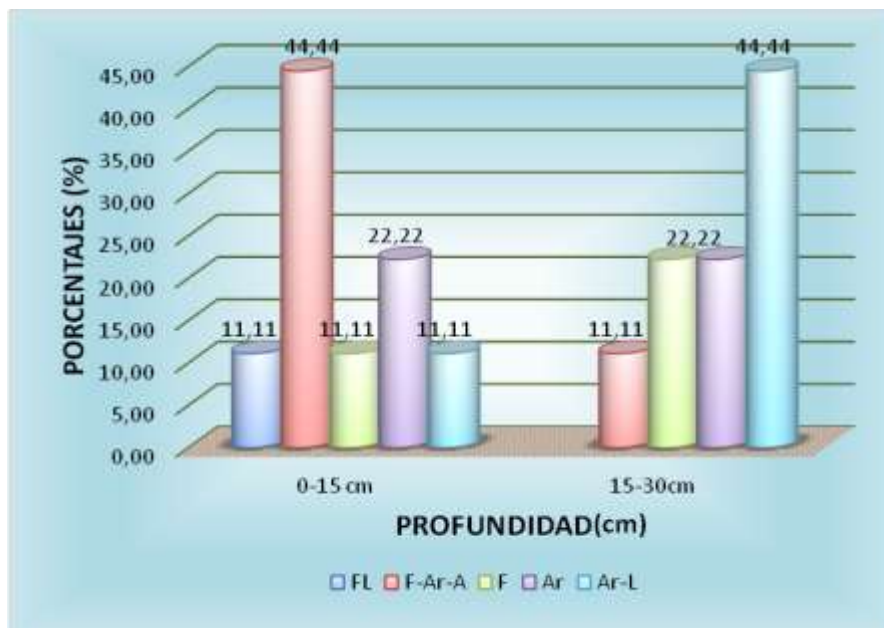
La gráfica 2 muestra que las texturas más representativas que se obtuvieron en estos muestreos se presentan en lotes intervenidos con labranzas de cincel más rastra (T1) encontramos que para las profundidades de 0-15cm es Franco-Arcilloso (FAr) con un valor de 33,33%; para las profundidades de 15-30cm se identificaron texturas representativas como Franco (F), Franco-Arcilloso (FAr) y Arcillo-Arenoso (Ar-A) con valores de 22,22% para cada una de ellas.

Gráfica 2. Análisis de textura para el tratamiento cincel más rastra



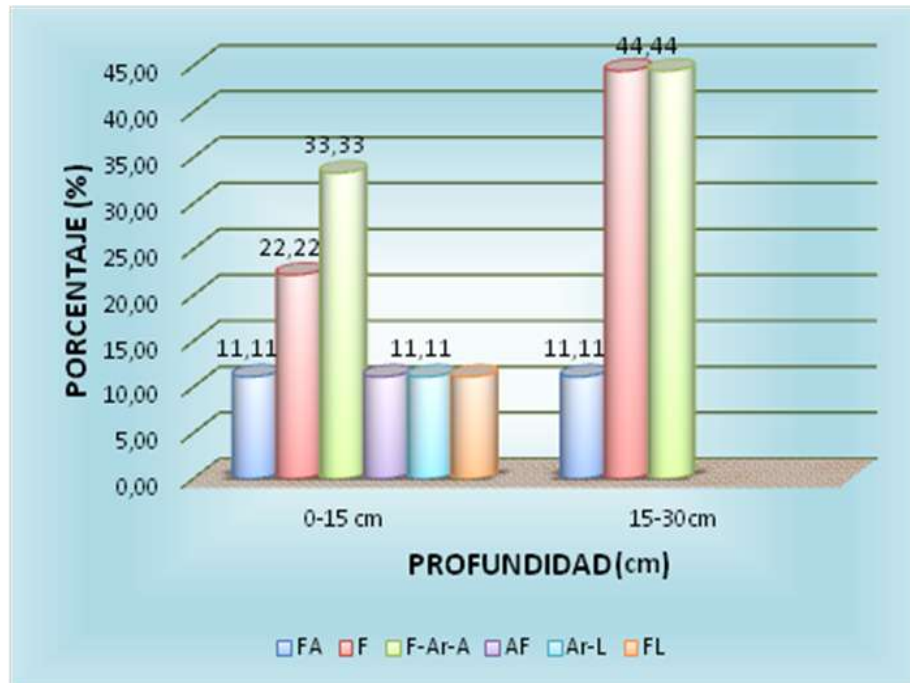
En lotes intervenidos con cincel más rotavito (T2), el análisis de textura presentado en la gráfica 3, donde las profundidades de 0-15cm se identificó que la textura representativa fue Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) con un valor de 44,44%; en las profundidades de 15-30cm las texturas sobresalientes fueron Franco (F) y Arcilloso (Ar) con valores de 22,22% cada una.

Gráfica 3. Análisis de textura para el tratamiento cincel más rotavito



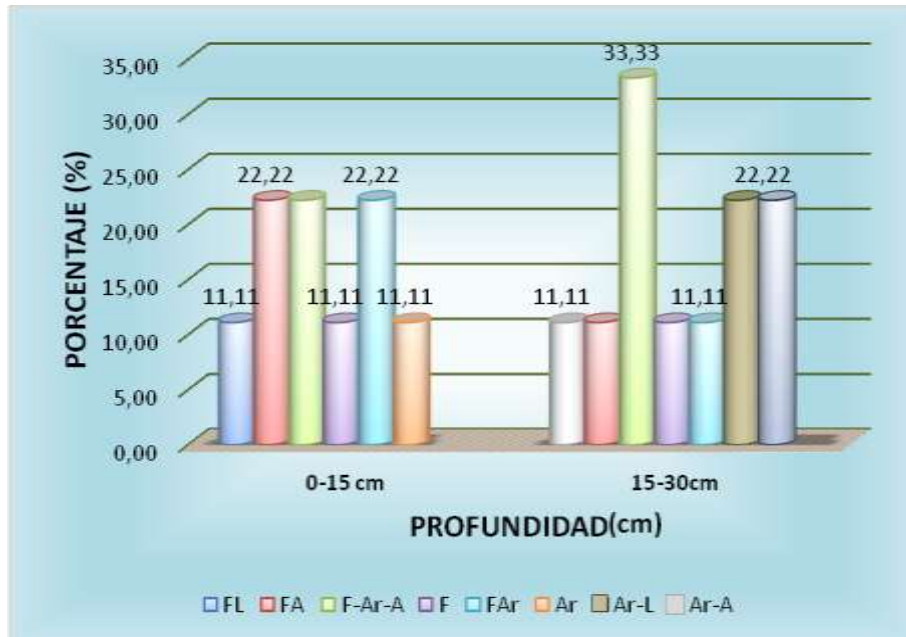
En la gráfica 4, donde se representan los lotes que se han intervenido con renovación de pradera (T3), se encontraron que a profundidades de 0-15cm la textura predominante fue Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) con un valor de 33,33%; para las profundidades de 15-30cm las texturas sobresalientes fueron Franco (F) y Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) con un valor de 44,44% respectivamente.

Gráfica 4. Análisis de textura para el tratamiento renovación de pradera.



En la gráfica 5 se evaluó las texturas encontradas en lotes con sistema silvopastoril, arrojaron los siguientes resultados, donde en las profundidades de 0-15cm predominaron Franco-Arenoso (FA), Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) y Franco-Arcilloso (FAr) con valores de 22,22% cada una; en profundidades de 15-30cm la textura más representativa fue Franco-Arcillo-Arenoso (F-Ar-A) con un valor del 33,33%.

Gráfica 5. Análisis de textura para el tratamiento silvopastoril



Cabe resaltar que la textura al ser una propiedad que no cambia por procesos de labranza profunda porque no existe un volteo de horizontes, pero cuando se usan equipos que mezclan el suelo, como la rastra y el rotavito, generan una mezcla entre los horizontes superficiales y poco profundos cambiando el grado textural y original de suelo.

En los suelos evaluados las texturas fueron heterogéneas debido a que el estar ubicados en zonas de pendiente media (entre 0-3 y 3-8%), donde se presenta arrastre de material que contiene diferentes tipos de agregados que cambian el grado textural del suelo (POMCA, 2010). Debido a que esta actividad se limita al movimiento del suelo y por ende no es alterada con la labranza, en general en los tratamientos evaluados las texturas más predominantes fueron las arcillosas y las franco arenosas corroborando con lo analizado en el POMCA (2010), donde se determina que en la asociación Chilcayaco, a la que pertenece los suelos en estudio, un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas con suelos de texturas moderadamente gruesas en la superficie a moderadamente finas y finas en el resto del perfil, textura franco arenoso en la superficie y arenosa franca en la profundidad.

7.1.8 Penetrabilidad. La medida de la resistencia a la penetración en los suelos se realiza con un instrumento denominado penetrógrafo, este instrumento posee un elemento semejante a una aguja, que se introduce en el suelo por impacto de una determinada magnitud o por medio de una presión constante, luego de

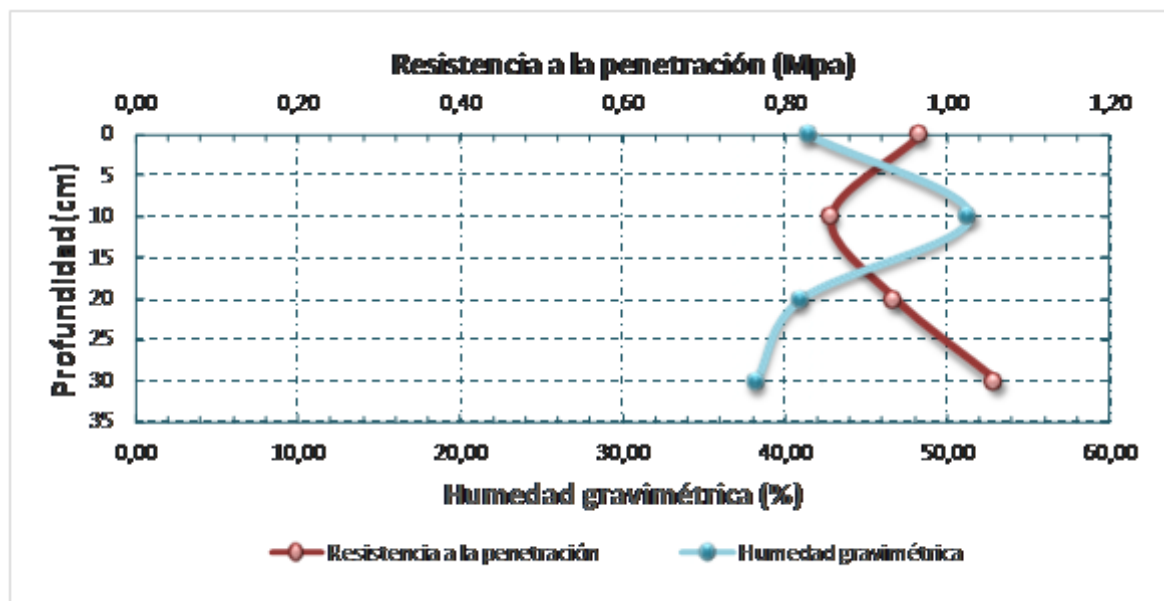
aplicado cierto número de impactos, o un tiempo determinado de presión constante según el tipo de aparato se determina la profundidad del suelo penetrada por la aguja.

Las medidas obtenidas por este aparato se toman como índice de resistencia mecánica que ofrece el suelo al crecimiento radicular, lo cual depende de la magnitud del espacio poroso grueso y su rigidez, la que es afectada por el contenido de humedad del suelo. Sin embargo, la resistencia del penetrógrafo es mayor que la resistencia de las raíces; algunas de las razones que explican esto es que el penetrógrafo no puede variar de la línea de avance cuando hay un agregado resistente en el camino (Rucks *et al.*, 2004).

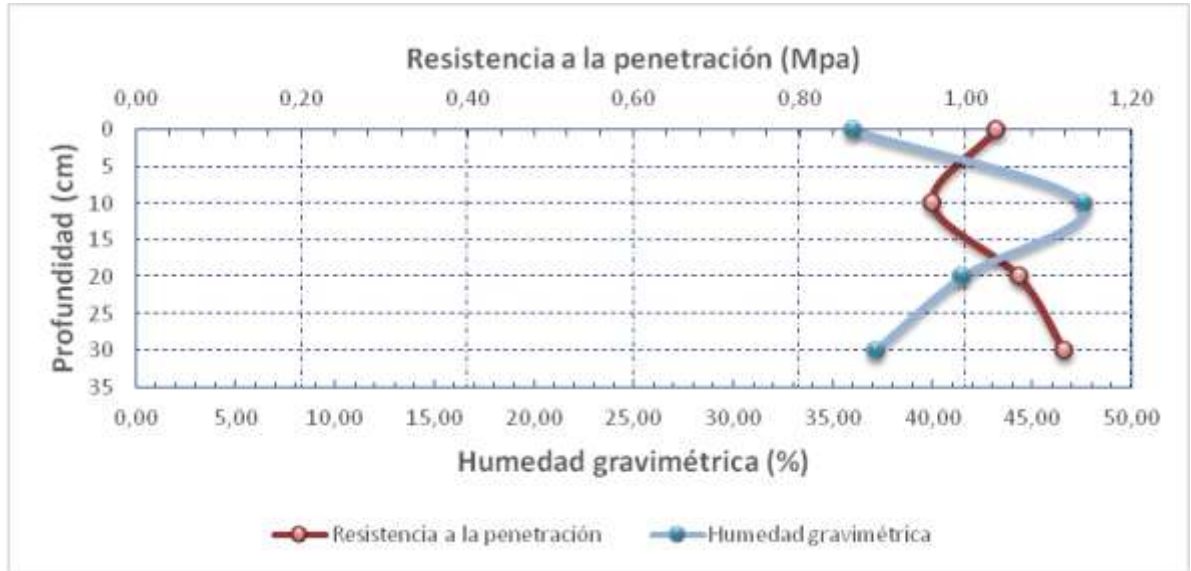
En el anexo F se incluyen los valores obtenidos para esta variable que incluyen la resistencia a la penetración a profundidades de 0-10cm, de 10-20cm y 20-30cm correlacionándolas con las muestras recolectada en campo de donde se saco la respectiva humedad gravimétrica de las profundidades anteriormente mencionadas, y las cual se obtuvieron en laboratorio por el método de Estufa a 105 °C (como se señala en la pagina 56 del presente trabajo) .

Los resultados de esta variable en los diferentes tratamientos y profundidades evaluados se sintetizan en las gráficas 6, 7, 8, 9 y 10.

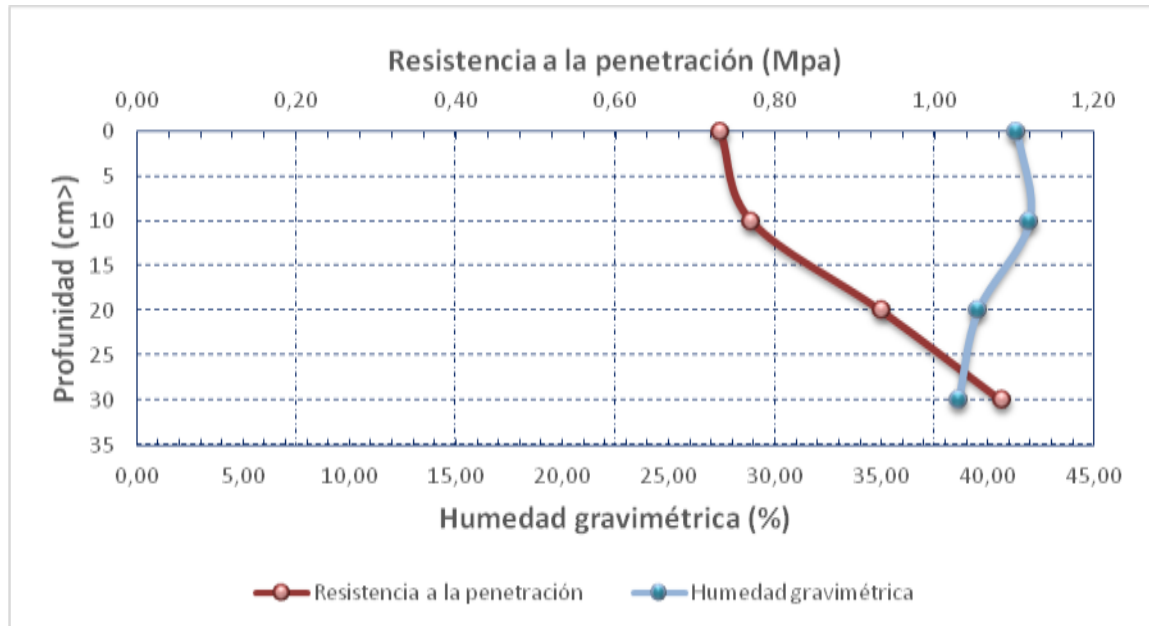
Gráfica 6. Resistencia a la penetrabilidad en lotes sin labrar (T0)



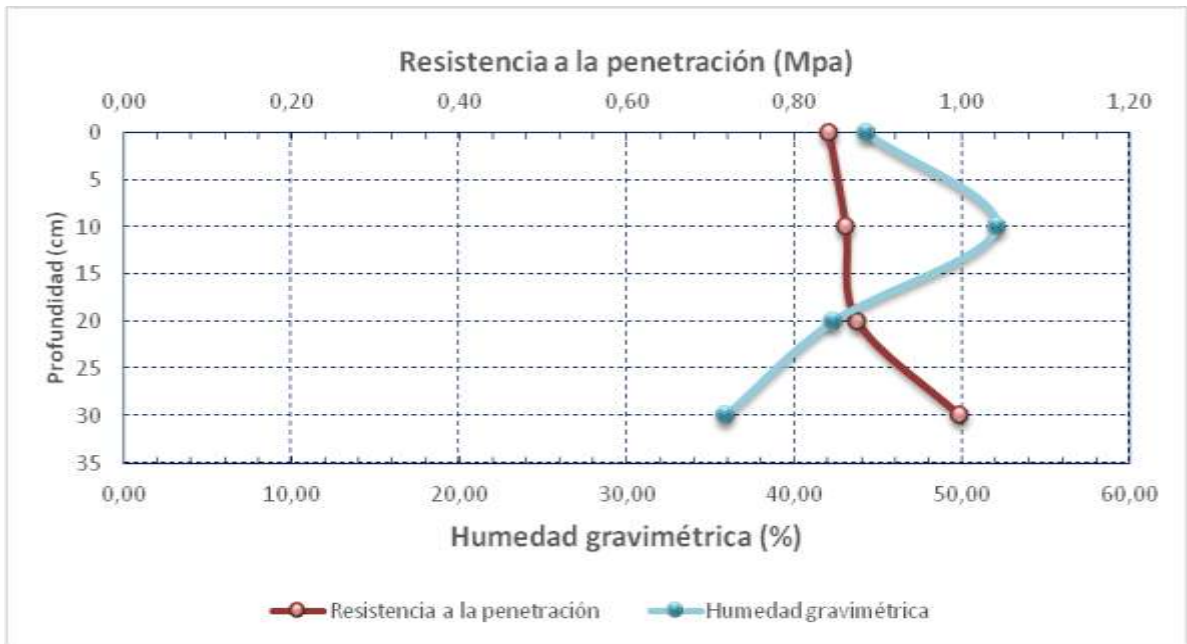
Gráfica 7. Resistencia a la penetrabilidad en lotes labrados con cincel más rastra (T1)



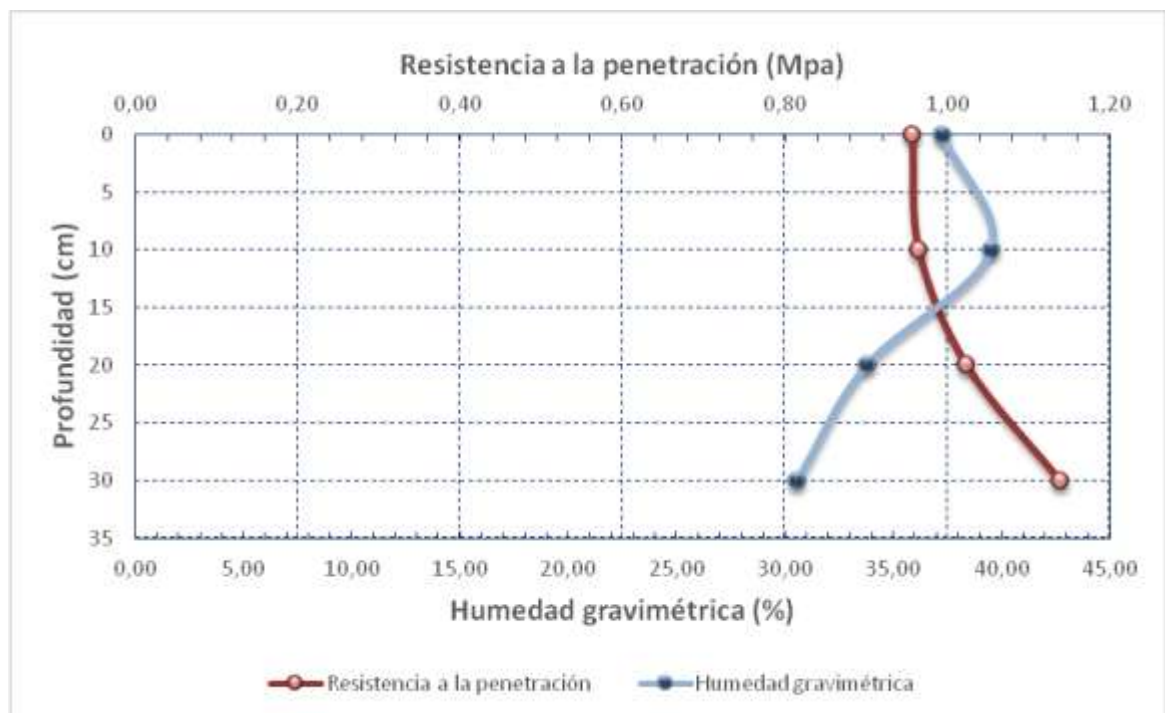
Gráfica 8. Resistencia a la penetrabilidad en lotes labrados con cincel más rotativo (T2)



Gráfica 9. Resistencia a la penetrabilidad en lotes manejados con renovación de pradera (T3)



Gráfica 10. Resistencia a la penetrabilidad en lotes con sistemas de producción silvopastoril (T4)



Los valores de la resistencia a la penetración permitieron determinar que esta variable, en los diferentes tratamientos, osciló entre los rangos estimativos de bajo con un valor de 0,73Mpa y media con un valor de 1,14Mpa, lo que indica que hay una limitación evaluada de ninguna a ligera, esto tomando como referencia la tabla 40, propuesta por Lal (1994), que indica los valores para interpretar la resistencia de esta variable.

En las profundidades analizadas en este estudio que fueron 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm, en cada uno los tratamientos y lotes evaluados, arrojaron valores promedios de 0,88Mpa, 0,97Mpa y 1,08Mpa respectivamente, lo que indica que la RP fue incrementando progresivamente a medida que se iba profundizando en cada uno de los perfiles de los suelos. Lo anterior se le suma que a medida que se iba extrayendo las respectivas muestras para la determinación de humedad, en algunos puntos del muestreo encontrábamos un suelo mas solido en bajas profundidades, con respecto a los de la superficie de 0-10cm.

Este incremento de la RP pudo estar relacionado con la disminución de la MO en los horizontes inferiores, dado que a mayor profundidad puede relacionarse con la contracción del contenido de MO y la formación de un horizonte B con predominio de minerales arcillosos, lo que provoca la reducción del volumen del agua gravitacional en el interior de los inceptisoles (Cabrera *et al.*, 2012).

Cassanova (1991), afirma que en condiciones naturales (sin intervención antropica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. Esto lo confirma Cabrera *et al.* (2012), quienes señalan que la densidad del suelo aumento debido a la influencia de la carga animal y el pisoteo del ganado.

Alvarez *et al.* (2012), plantearon además que en las áreas con pastizales la densidad del suelo presenta diferencias relacionadas con el sistema de manejo, y que esta propiedad física aumenta en los sitios en los que existen condiciones de estrés y pisoteo de ganado.

Tabla 40. Interpretación de resistencia a la penetración (MPa)

| 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 | | |

Fuente: Lal (1994)

En un análisis más segregado de la RP en las profundidades y su respectiva humedad gravimétrica analizada en laboratorio, encontramos que:

Al evaluar los primeros 10cm de profundidad del suelo en los diferentes tratamientos, el mayor valor de RP se presentó en el tratamiento silvopastoril con una media de 0,97Mpa, seguido por cincel más rastra con 0,96 Mpa, renovador de pradera con 0,86MPa, testigo con 0,85Mpa y por último cincel más rotavito con 0,77Mpa; el porcentaje de humedad vario entre 52,06% y 39,54% y lo que permite afirmar que hay una buena cantidad de humedad en el suelo. En esta profundidad la RP, según el rango propuesto en la tabla 40 (Lal, 1994), están en el estimativo bajo en los cuatro tratamientos porque oscilan entre 0,5 y 1Mpa, lo cual nos señala que puede presentar ninguna limitación en el crecimiento de las raíces de las plantas.

A profundidad de 20cm se evidenciaron variaciones de RP donde los valores del sistema de labranza cincel más rastra y silvopastoril presentaron los valores más altos con 1,07Mpa y 1,02Mpa respectivamente, según la tabla 40 (Lal, 1994), estos se encuentran en un rango estimativo de media lo cual nos indica una limitación ligera en el crecimiento de las raíces de las plantas; en cuanto a los otros tratamientos evaluados en estas profundidad están testigo y cincel más rotavito con valores similares de 0,93Mpa, y renovación de pradera con un valor de 0,88Mpa; el estimativo de estas medida obtenidas en campo, que se evalúan según la tabla 40 (Lal, 1994), están en un rango de bajo con ninguna limitación del suelo. Por otra parte, los porcentajes de humedad están comprendidos entre 42,28% y 33,80%, lo que nos da a entender que a esta profundidad se sigue manteniendo los porcentajes de buena humedad contenida en los suelos evaluados.

En la evaluaciones de 30cm de profundidad se mantiene la tendencia en cuanto a los tratamientos evaluados, porque el mayor valor se presentó en el sistema silvopastoril, seguido con cincel más rastra, cincel mas rotavito, testigo y renovación de pradera con valores de 1,14Mpa, 1,12Mpa, 1,08Mpa, 1,06Mpa y 1,00Mpa respectivamente, estos valores fluctúan en los rangos de estimativos (tabla 40) de media lo que indica una limitación ligera presentada en el suelo, con humedad que oscilan entre 38,60% y 30,58%, lo que nos indica que los índices de humedad gravimétrica van disminuyendo según como se profundiza en el perfil.

En general, en las tres profundidades evaluadas los tratamientos que presentaron mayor resistencia a la penetración son cincel más rastra y silvopastoril con promedios de 1,05 y 1,04 Mpa respectivamente y los más bajos se presentaron en cincel más rotavito con 0,92Mpa y renovación de pradera con 0,91Mpa, y los promedios de índices de humedad gravimétrica evaluados oscilaron entre en porcentaje mas alto 43,41% perteneciente a los lotes de renovación de pradera y la más baja que fue para el sistema silvopastoril con una humedad de 34,64%. Lo anterior nos confirma que en la renovación de pradera se presenta el menor valor obtenido para la RP, lo que nos indica que este tratamiento es el más favorable para las plantas que crecen en estos suelos. Lo anterior se presenta porque este sistema de labranza con subsolador permite una mayor ruptura del suelo, pero sin voltear sus horizontes favoreciendo una mayor porosidad, una mayor una aireación, una mejor retención de humedad y por ende una menor resistencia a la penetración.

En contraste a lo planteado anteriormente, Amézquita (1994), nos confirma que se puede mejorar la condición de alta densidad aparente y de alta resistencia a la penetración de los suelos mediante el uso de implementos de labranza vertical que permitan el rompimiento del suelo en una apta profundidad (cincales y subsolado superficial hasta profundidades de 35 o 40 cm), los cincales ideales para este propósito son los rígidos que son capaces de romper suelos que ofrecen alta resistencia al fraccionamiento.

Según Porta *et al.*, (1994), el arado deja una capa superficial suelta y un subsuelo denso debido a que aplica una presión que oscila entre 0,46 y 0,95 Kg/cm². Este efecto se acentúa cuando la labranza de tierra se hace a la misma profundidad durante muchos años.

Para argumentar el aumento de RP en cada profundidad la cual dio un estimativo de ligera, Zerpa *et al.* (2003), afirma que esto es muy común en suelos de actividades ganaderas y de labranza, pues los efectos del pisoteo del animal, de la rodadura y el peso de las maquinarias se distribuyen espacialmente en forma heterogénea, siendo entre estos factores la maquinaria agrícola la que mas compacta el suelo a mayor profundidad que la carga animal.

Lo anterior también lo confirma Agüero *et al.* (1987), quien menciona que las principales fuerzas de compactación son la maquinaria agrícola y la carga animal, además de estos el autor agrega a un factor compactante que es la lluvia, la cual tiene mayor incidencia en suelos desprovistos de cobertura vegetal, estos factores afectan el suelo en los primeros cinco centímetros de suelo, y se debe en su mayoría al peso del animal en relación a la superficie de contacto con el suelo en el que se posa.

Es por ello que el efecto de compactación de muchas prácticas agrícolas y pecuarias suelen ser acumulativos, no obstante, el suelo presenta una capacidad amortiguadora frente a las cargas estáticas lo que hacen que estas se atenúen entre profundidad (Porta *et al.*, 1994).

Tomando en cuenta los anteriores factores mencionados y la humedad edáfica que se presenta durante los momentos en que operan los factores compactantes, la acción de las raíces y otros aspectos tienen una gran variabilidad dentro de cada pastura (Preciado, 1997) como lo observado en este estudio.

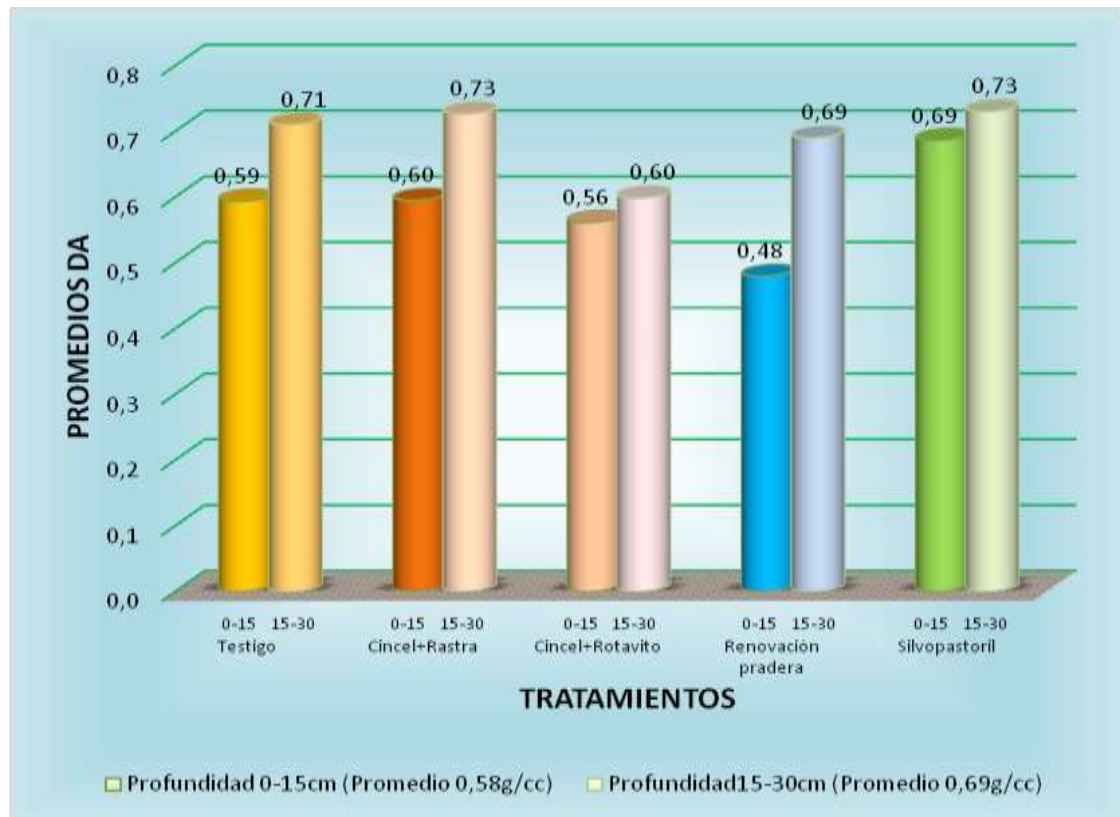
7.2 COMPARACION ENTRE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS Y LA PROFUNDIDADES DE EVALUACIÓN

7.2.1 Densidad aparente (Da). En la gráfica 11 se incluye los valores obtenidos en esta variable para las dos profundidades, los valores promedios encontrados a la profundidad 0-15cm en los cinco tratamientos fue de 0,58g/cc y de 0,69g/cc a profundidad de 15-30cm (ver Anexo G), destacándose las menores Da a las dos profundidades evaluadas en el sistema renovación de praderas con valor de 0,48g/cc (Ver Anexo D),

Lo anteriormente encontrado en este estudio obedece a que a pesar de que las labores agrícolas pueden afectar esta propiedad, existen otros factores que la determinan como el origen del suelo, especialmente referidos a sus materiales (orgánicos, piroclásticos arcillosos), la textura contenido de MO (Unigarro y Carreño, 2005).

En un análisis de la Da en la profundidad 0-15cm, para entender el anterior enunciado de los autores nombrados, encontramos que los valores bajos se deben al mayor contenido de MO que hace disminuir esta variable, ya que por equivalencia de volúmenes es mucho más ligera que la materia mineral e incrementa la estabilidad de agregados del suelo, siendo este segundo efecto el más importante en la mayoría de suelos (Thomson, 1988).

Gráfica 11. Análisis de la variable densidad aparente entre los tratamientos y profundidades evaluadas



7.2.2 Densidad real (D_r). En la gráfica 12, el promedio de los valores obtenidos fue de 2,30g/cc en los diferentes tratamientos en la profundidad de 0-15cm, y 2,26g/cc en la profundidad 15-30cm (Ver anexo G), lo que indica que son los adecuados para la producción de pastos y cultivos; además estos datos se utilizaron para el cálculo de la porosidad total. Para entender un poco más de esta propiedad, Coral *et al.* (2003); citado por Burbano *et al.* (2005), afirma que la densidad real depende de la mineralogía de los suelos y del contenido de materia orgánica.

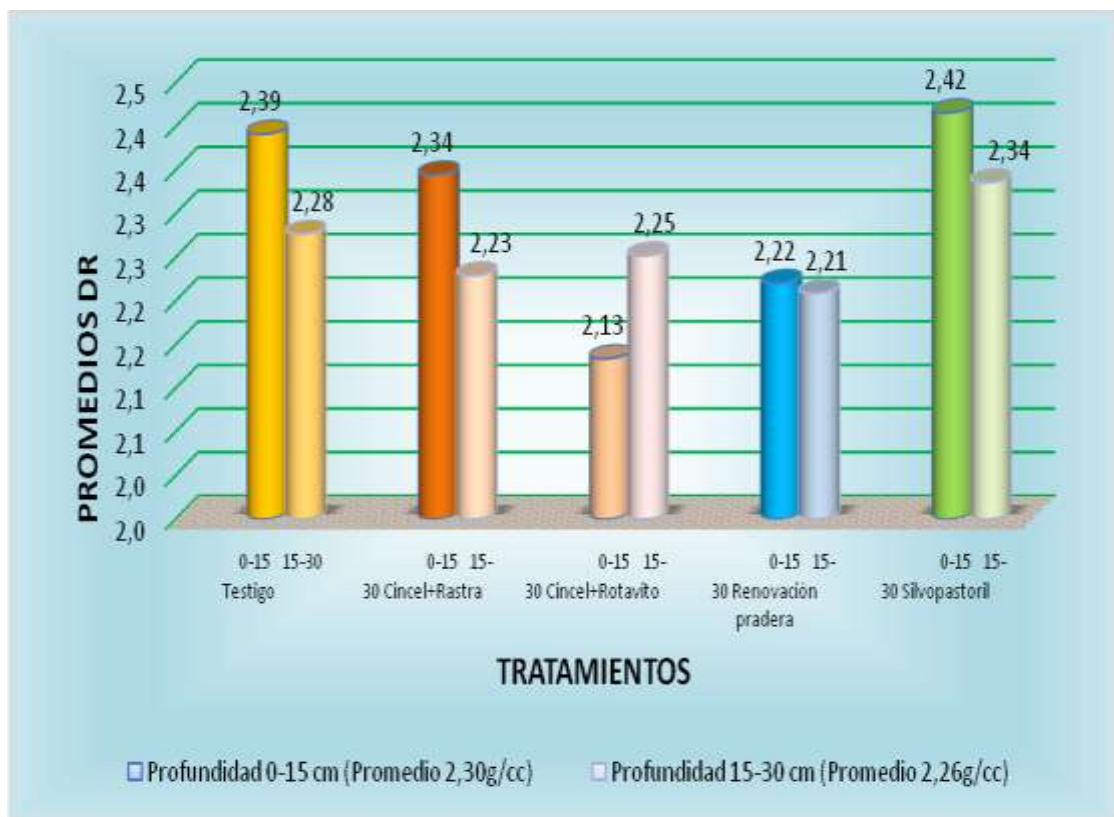
Jaramillo (2004); Burbano y Cadena (2009), coinciden en que la D_r varía entre 2,6 a 2,75 g/cc en todos los suelos agrícolas y cuando existen valores por debajo de los mencionados, se deben a la presencia de altos contenidos de materia orgánica en el suelo. Como fue el caso de esta investigación en los diferentes tratamientos y profundidades.

Además, Herrera y Amézquita (1989) encontraron una densidad real de 2,31 g/cc, en un suelo bajo labranza mínima con dos pases de rastrillo de disco, mencionan que los valores de densidad real son difíciles de alterar, ya que esta variable se

relaciona con las características mineralógicas del material parental; sin embargo, la erosión y excesiva compactación puede lograrlo en el largo plazo.

De igual forma Cairo y Fundora (1994), establecen como valor promedio adecuado de densidad real para suelos minerales es de 2,65 g/cc y establece que valores por debajo de este promedio puede indicar entre otras cosas, la presencia de altos contenidos de materia orgánica.

Gráfica 12. Análisis de la variable densidad real entre los tratamientos y profundidades evaluadas



7.2.3 Porosidad. Las fluctuaciones porosidad total para los diferentes tipos de labranza fueron de 74,44 % en profundidades de 0-15cm y de 68,26 % en profundidades de 15-30 cm, como se muestra en la gráfica 13, donde los valores están relacionados con los contenidos de materia orgánica (Tapia y Rivera, 2010; Mila, 2001; Soriano y Pons, 2004), coinciden en que la porosidad se relaciona directamente con la retención y movimiento del agua en el perfil del suelo. Es una propiedad física esencial ya que la aireación y transporte de oxígeno al sistema radicular de las plantas garantiza la facilidad con que las raíces pueden anclar y

sostenerse en el suelo y permitir así la rápida absorción de nutrientes de la solución del suelo.

En la tabla 41 se hace una comparación entre el grado textural, densidad aparente y porosidad total del suelo descrito por Almorox (1999); citado por Saquero (2000), por cuanto son variables cuyo comportamiento guarda una estrecha relación.

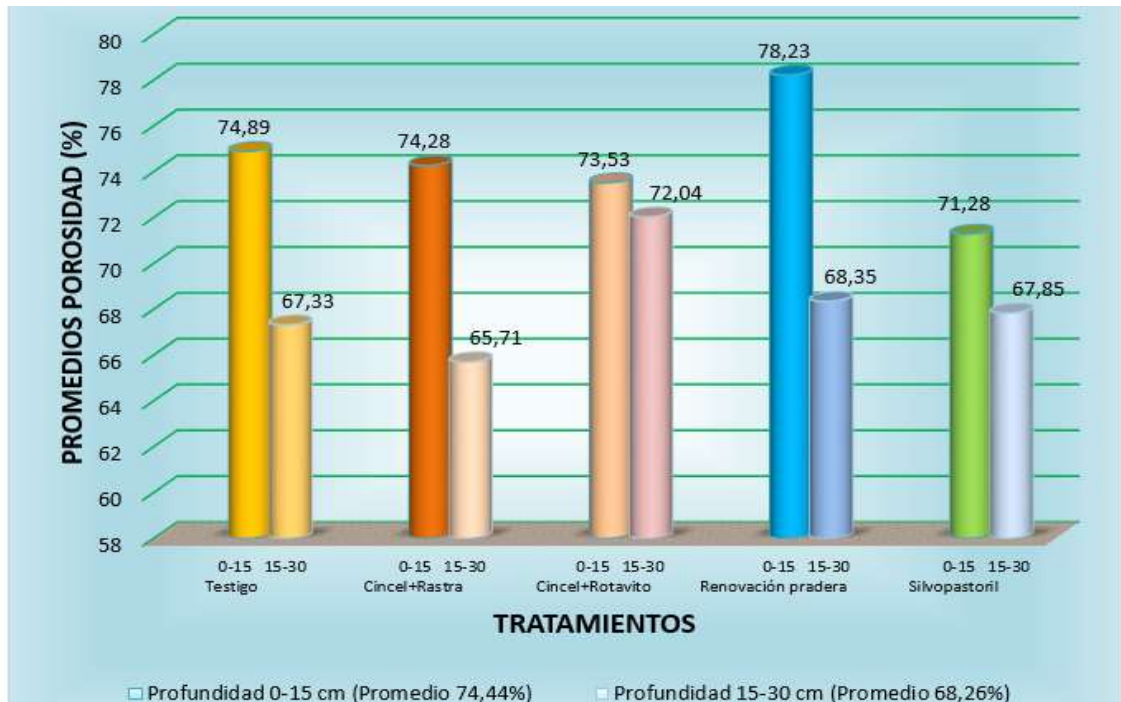
Tabla 41. Comportamiento de la porosidad total y la densidad aparente en relación con la clase textural de los suelos

| PROPIEDADES | | |
|------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Clase Textural | Porosidad (%) | Densidad Aparente (g/cc) |
| Arena | 43,7 | 1,49 |
| Arena franca | 43,7 | 1,49 |
| Franco arenosa | 45,3 | 1,45 |
| Franco | 46,3 | 1,42 |
| Franco limosa | 50,1 | 1,32 |
| Franco arcillo arenosa | 39,8 | 1,60 |
| Franco arcillosa | 46,4 | 1,42 |
| Franco arcillo limosa | 47,1 | 1,40 |
| Arcillo arenosa | 43,0 | 1,51 |
| Arcillo limosa | 47,9 | 1,38 |
| Arcilla | 47,5 | 1,39 |

Fuente: Saquero (2000).

Al evaluar estas características en conjunto, se puede afirmar que en los suelos de la investigación no hay una semejanza entre las clases texturales encontradas, con la densidad aparente de 0,58 g/cc promedio, entre los porcentaje de una mayor porosidad total encontrada promedio de 74,5%, dicho comportamiento podría obedecer a que esta variable depende de los contenidos de materia orgánica quien motiva que haya alta porosidad total, así como también influye el tipo de suelos que encontramos en el área de estudio, el tipo de laboreo que se han realizado en aquellos lotes donde el índice fue alto y el volumen de agregados. Al respecto Herrera (2002), manifiesta que la porosidad puede estar relacionada con la textura, contenido de materia orgánica, densidad aparente, consistencia y estructura principalmente.

Gráfica 13. Análisis de la variable porosidad entre los tratamientos y profundidades evaluadas



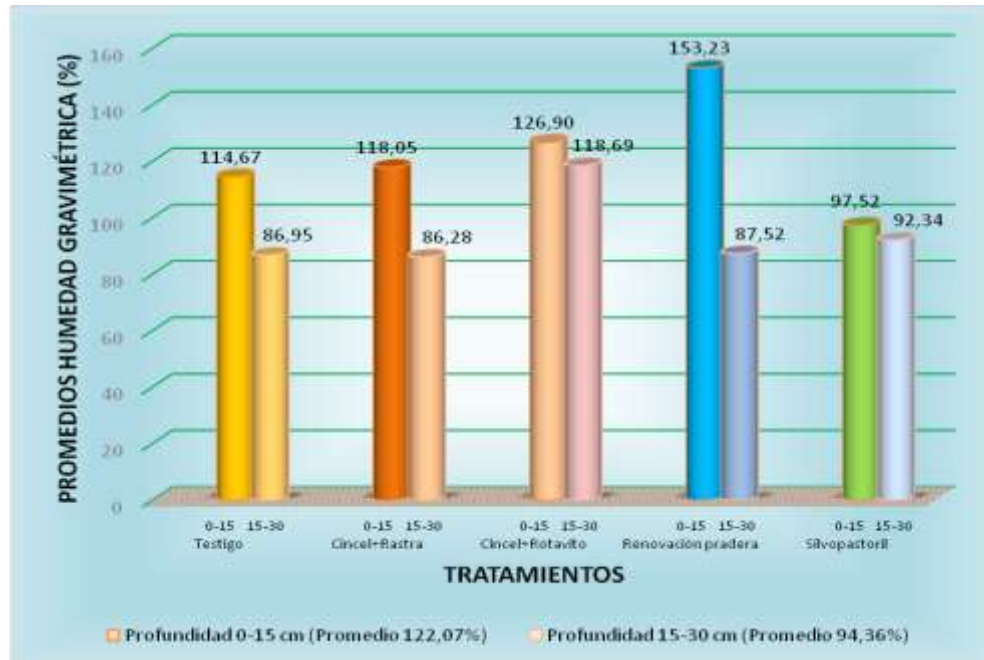
7.2.4 Humedad gravimétrica y volumétrica. En el análisis de estas dos variables, como se observan en las gráficas 14 y 15, se pueden determinar que la humedad gravimétrica en profundidades de 0-15cm presentan un promedio de 122,07% y en profundidades de 15-30cm se obtuvo un promedio de 94,36%. Para humedad volumétrica en la evaluación de profundidades de 0-15cm y 15-30cm valores promedios entre 68,21% y 60,87% respectivamente.

Es importante resaltar que el tratamiento donde se obtuvo un mayor registro de humedad gravimétrica a profundidad 0-15cm y 15-30cm fue renovación de pradera con un valor de 153,23% y un 87,52% respectivamente, esta incidencia se repite en para humedad volumétrica con valores de 71,23 y 59,73% en sus profundidades respectivas de 0-15cm y 15-30cm. Esto se puede presentar porque en este sistema de labranza vertical ruptura el suelo a profundidades por encima de 50cm facilitando la mayor infiltración como se analizó anteriormente.

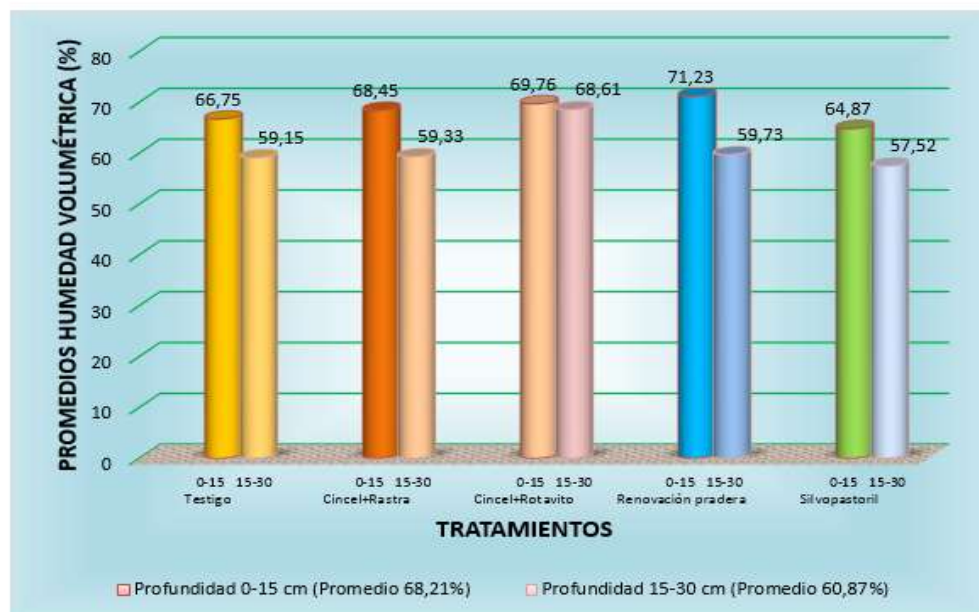
Esto nos muestra que ambas humedades evaluadas en cada tratamiento y en su respectiva profundidad, guardan una relación de almacenamiento de agua en su estructura sin presentar variaciones significativas entre las variables; además nos indica la buena retención de humedad que se presentan en los suelos de la asociación Chilcayaco. Pero a nivel de este estudio, los lotes que han sido intervenidos con labranzas presentan una retención de humedad mayor a los que

no se les han realizado ningún laboreo, siendo el tratamiento con renovación de pradera en la que se registran mayores porcentajes.

Gráfica 14. Análisis de la variable humedad gravimétrica entre los tratamientos y profundidades evaluadas



Gráfica 15. Análisis de la variable humedad volumétrica entre los tratamientos y profundidades evaluadas.



7.3 ENCUESTAS

Se realizaron encuestas a 25 propietarios de fincas con vocación ganadera que se ubican dentro del área de estudio (Ver tabla 42), con el fin de conocer de forma directa y obtener información relevante para esta investigación, las cuales se evaluaron posteriormente para escoger los predios que convendrían a este estudio para analizar los tratamientos que se plantearon al inicio del proyecto.

Tabla 42. Lista de personas encuestadas.

| ENCUESTADO | FINCA | VEREDA | COORDENADAS | |
|-----------------------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | N | W |
| Diego Fernando Enríquez | Fátima | Fátima | 01°11'39,7 | 76°54'17,5 |
| José Ignacio Burbano | | Versalles | 01°12'0,9" | 86°56'21,6" |
| Diócesis Mocoa - Sibundoy | La granja | Fátima | 01°12'03,0" | 76°54'40,0" |
| Sinforiano Moreno | Villa Clemencia | San Félix | 01°11'12,7" | 76°54'58,7" |
| Gloria Inés Guerrero Obando | La cumbre | La cumbre | 01°11'33,6" | 76°53'21,2" |
| Humberto Bastidas | Las palmas | El cedro | 01°12'18,8" | 76°55'36,7" |
| Julián Rojas Zamudio | San Ignacio | Fátima | 01°11'38,0" | 76°54'18,8" |
| Carlos Rosero Muñoz | Villa Ana María | Carrisayaco | 01°11'33,5" | 76°54'20,8" |
| Luis Alfonso Lara Gonzales | La arandía | Fátima | 01°11'24,5 | 76°53'53,2" |
| Isabel Zamora Rosero | El diamante | Fátima | 01°11'11,4" | 76°53'55,5" |
| Bernardo Ramiro Buchelly | Villa alda | Fátima | 01°11'33,9" | 76°54'37,5" |
| Hilda Alicia Chamorro | La Lorena | Carrizayaco | 01°11'54,6" | 76°53'49,1" |
| Jorge Zamudio Linares | La selva | Versalles | 01°12'15,4" | 76°56'09,4" |
| Franco Enríquez Mera | Las palmas | Versalles | 01°12'36,1" | 76°56'20,5" |
| Eduardo Cabrera Ponce | Villa Miriam | Tamabioy | 01°10'49,8" | 76°53'50,0" |
| Magno Alfonso Terán | Lorena grande | Tamabioy | 01°11'1,84" | 76°53'45,3" |
| José Hernando Narváez | El recuerdo | Fátima | 01°11'21,0" | 78°26'13,6" |
| José Hernán Caicedo | | Villanueva | 01°11'48,6" | 76°55'29,8" |
| Carmela Rosero Sossa | San Antonio | Cabrera | 01°11'10,7" | 76°53'23,6" |
| Clemencia Cuayal Vallejo | El Carmen | Cabrera | 01°10'59,5" | 76°53'11,7" |
| John Jairo Terán Perafan | Santa Ana | San Isidro | 01°10'35,0" | 76°53'14,4" |
| Mauricio Cabrera Ponce | San Antonio | Cabrera | 01°10'52,0" | 76°53'04,6" |
| Héctor Alfredo Córdoba | Santa Ana | San Isidro | 01°10'35,4" | 76°53'28,2" |
| Herman Pablo Ortega | El vergel | Fátima | 01°11'40,13 | 76°53'33,3" |
| Marco Eduardo Mora Caipe | El recuerdo | Vegas Fátima | 01°11'14,2" | 76°54'27,9" |

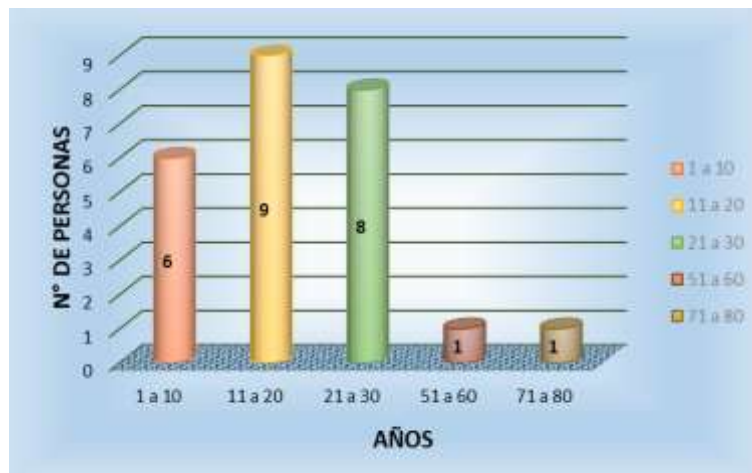
7.3.1 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en finca con producción ganadera. El cuestionario aplicado a los propietarios de las fincas (Ver anexo H), se direcciono con el fin de recolectar información necesaria para el desarrollo de este trabajo investigativo, sus respuestas se tabularon y se analizaron de manera que toda información nos lleve a entender las opiniones y puntos de vista que tienen las personas de estos predios con respecto a la sostenibilidad productiva y económica de pasturas para la ganadería aplicada, el nivel de manejo de sus suelos y los efectos de las labranza en sus cultivos.

Esta encuesta se dividió en dos partes, en la primera parte se evaluó la información de las actividades ganaderas en cada predio y en la segunda parte el manejo de labranza que se han realizado en los lotes de sus fincas.

1 PARTE: INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO DEL GANADO

1. ¿Hace cuantos años se dedica a las actividades ganaderas?

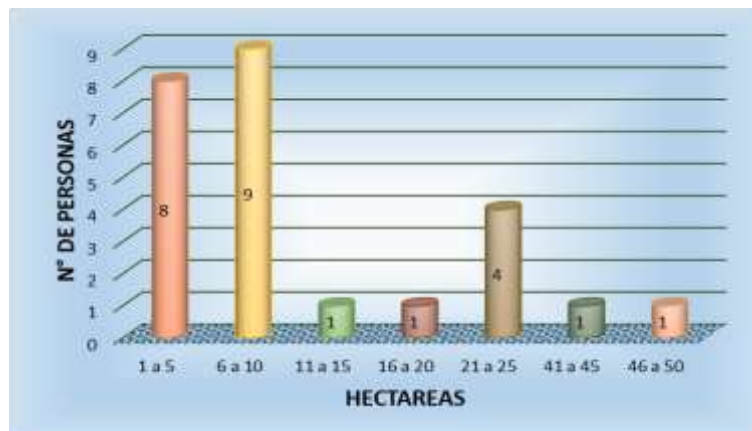
Gráfica 16. Años de dedicación a las actividades ganaderas de los entrevistados



Como se muestra en la gráfica 16, de los 25 encuestados el 24% (6 personas), han realizado labores ganaderas en sus predios durante 10 años, seguido del 36% (9 personas) los cuales han practicado esta actividad durante 20 años, el 32% (8 personas) han utilizado sus predios durante 30 años y el 8% restante (2 personas) han realizados esta actividad por más de 30 años.

2. ¿Cuántas hectáreas de sus predios utiliza para el pastoreo de ganado vacuno?

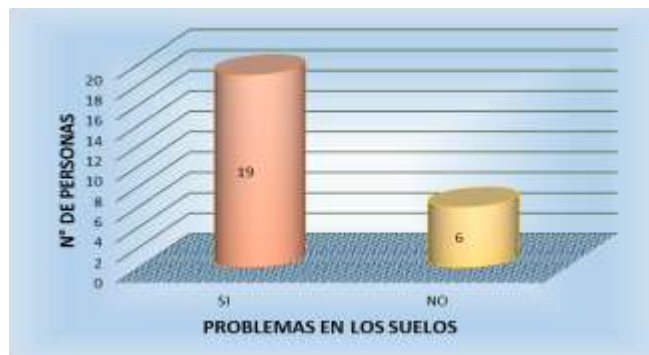
Gráfica 17. Hectáreas utilizadas para el pastoreo de ganado vacuno.



Según la gráfica 17, nos indica cuantas hectáreas (Ha) utilizan los propietarios para el pastoreo de ganado vacuno dentro de sus predios. Los porcentajes encontrados son, el 32% (8 personas) utilizan de 1 a 5 Ha de sus predios, el 36% (9 personas) utilizan de 6 a 10 Ha, el 8% (2 personas) utilizan de 11 a 20 Ha, el 16% (4 personas) utilizan de 21 a 25 Ha y el 8% restante (2 personas) utilizan de 41 a 50 Ha.

3. Con el paso del tiempo al manejar ganado, ¿Se han generado problemas en los suelos?

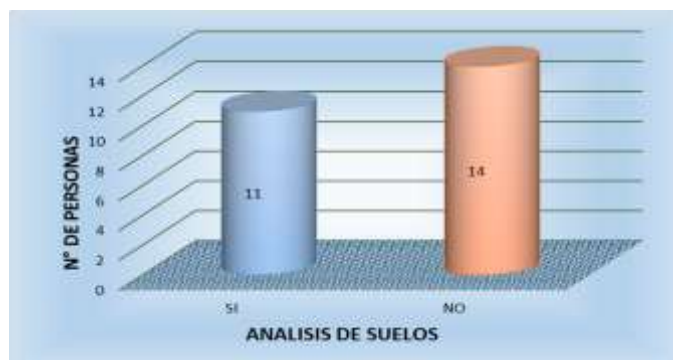
Gráfica 18. Porcentajes de personas que reportan problemas en los suelos por actividades ganaderas



De acuerdo a las afirmaciones de los propietarios de las fincas ganaderas que se muestran en la gráfica 18, el 76% (19 predios) presentan problemas en sus suelos, generados por las actividades ganaderas. Los problemas que mas se manifiestan, según la opinión de ellos son: que los suelos no producen hierba, se encuentran problemas de erosión como formaciones de terrazetas, deficiente infiltración del agua que provoca encharcamientos generando lodos excesivos en épocas de alta precipitación incrementando la posibilidad que el ganado sea más susceptible a contraer enfermedades disminuyendo la producción de leche y carne.

4. ¿Realiza análisis de suelos en áreas dedicadas a cultivos de pastos?

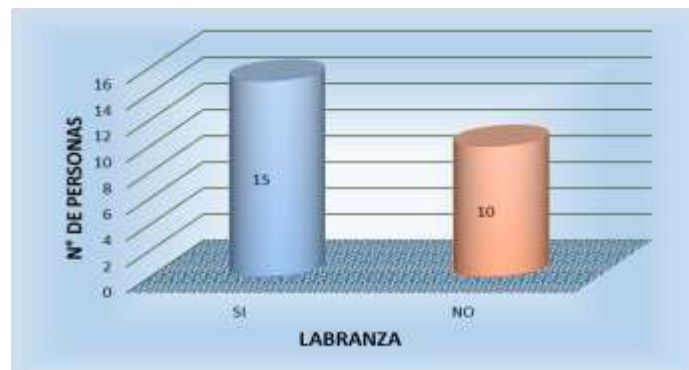
Gráfica 19. Porcentajes de personas que realizan análisis de suelos de cultivos de pastos en sus fincas



En la gráfica 19 las respuestas con respecto a la pregunta formulada solo el 44% (11 personas) realizan análisis de suelos en sus fincas con el fin de conocer las condiciones físicas y químicas de sus predios y así aplicar correctamente las enmiendas orgánicas y/o fertilización química, y un 56% (14 personas) no realizan estos análisis por falta de recursos económicos o desconocimiento de esta práctica.

5. ¿Realiza labores de labranza al suelo antes y después de sembrar pastos?

Gráfica 20. Porcentajes de personas que realizan labores de labranza sobre los suelos de cultivos de pastos.



De los 25 encuestados, el 60% (15 personas) realiza labores de labranza antes y después de sembrar pastos ya que de esta manera consideran que se logra mejorar las condiciones de sus predios y por ende mejorar la producción de carne y leche. En contraste el 40% (10 personas) no realizan estas labores ya que manifiestan no conocer los beneficios, como se muestra en la gráfica 20.

6. ¿Con el paso de los años como es el comportamiento de los rendimientos de los cultivos de pastos?

Gráfica 21. Porcentajes de percepción del rendimiento de los cultivos de pastos en los predios con el paso de los años.



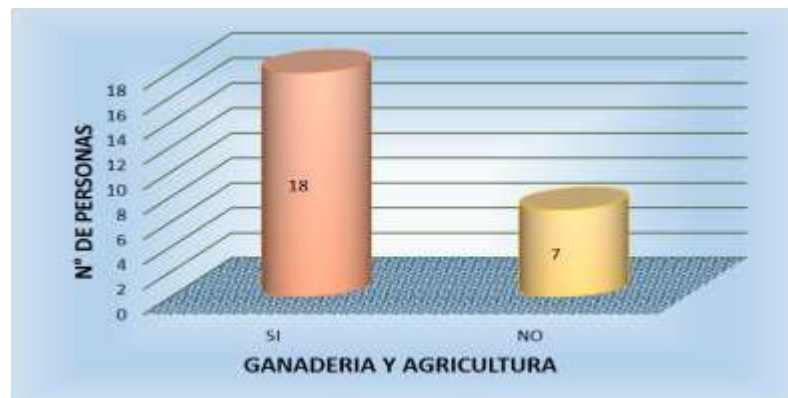
En la gráfica 21 podemos observar que los propietarios infieren opiniones como: el 12% (3 personas) manifiestan que el comportamiento de los rendimientos de los cultivos de pastos no varía (sigue igual) a causa de la falta de dedicación a la conservación de pastos y la carencia del mantenimiento del suelo de sus predios.

El 68% (17 personas) manifiestan que la producción de pastos disminuye ya sea por causas climáticas, pisoteo de ganado, sobrepastoreo, falta de fertilización química y orgánica, predominio de otros pastos que no son los mejores para la producción y por no realizar tecnificación del suelo.

Por último, el 20% (5 personas) expresan que se incrementa la producción de pastos por que han realizado acciones de labranza que afloja el suelo y han compensado las deficiencias de los suelos al aplicar enmiendas orgánicas y fertilizantes químicos.

7. ¿Se practica la ganadería asociada a la agricultura?

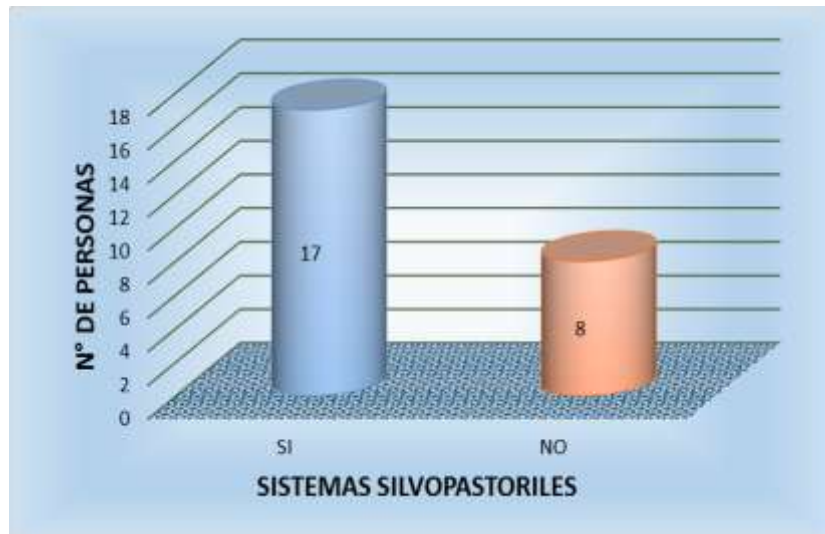
Gráfica 22. Porcentajes de respuestas de prácticas de ganadería asociada a la agricultura.



La gráfica 22 muestra que, el 28% (7 personas) no asocian las prácticas ganaderas con la agricultura, en cambio el 72% (18 personas) si realizan esta actividades en conjunto dentro de sus predios por que esto les permite mayor producción económica y obtener otros ingresos en épocas donde no es rentable la ganadería siendo el sustento la agricultura, y viceversa. Manifestando además la ventaja de que estas dos practicas son beneficiosas en conjunto para la estabilidad de los suelos.

8. ¿Maneja en su predio los sistemas silvopastoriles?

Gráfica 23. Porcentaje de personas que implementan un sistema silvopastoril en sus predios.



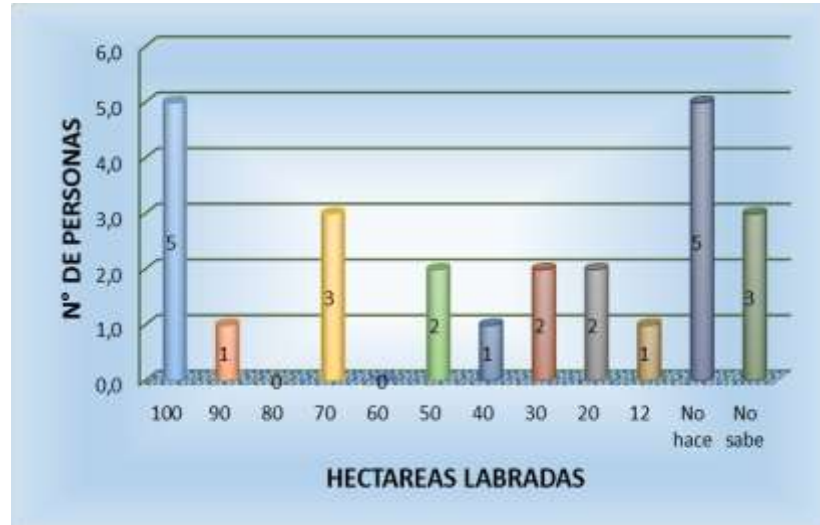
En la gráfica 23 nos indica que el 32% (8 personas) de las encuestadas no manejan en su predio los sistemas silvopastoriles, por otro lado el 68% de los propietarios (17 personas) si implementan este sistema en sus predios ya que esto permite crear un bienestar a sus animales con lo cual mejora la producción de leche y por consiguiente aumenta sus ingresos económicos, además mejora el paisaje y los pastos establecidos, los árboles con sus raíces de forma natural mejoran la autofertilización de materia orgánica, forma un microclima benéfico que atraen a las aves las cuales realizan un control de plagas biológico, crean un sistema de cercas vivas o rompe vientos, entre otros beneficios.

PARTE 2. INFORMACIÓN SOBRE PRÁCTICAS DE LABRANZA

En esta segunda parte se enfatizo mas en las encuestas realizadas, ya que por medio de estos datos se obtuvo información necesaria para seleccionar los predios donde se han presentado las labores de labranza que se analizaron en esta investigación. Seguidamente se fue a hablar con los propietarios que se entrevistaron para conocer mas sobre los lotes y el tipo de tratamiento que actualmente se presenta, y una vez identificados se obtuvo el debido permiso de los propietarios para realizar los muestreos de campo.

9. ¿A cuántas hectáreas de sus predios ha realizado labores de labranza?

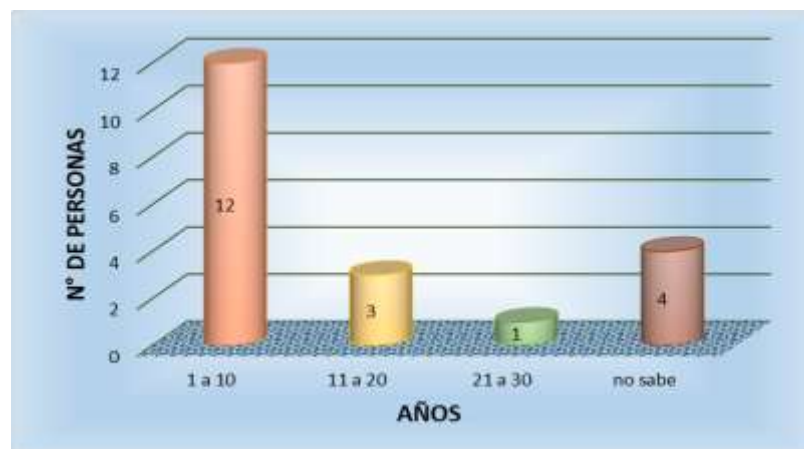
Gráfica 24. Porcentajes de áreas de los predios a las que se les ha realizado labores de labranza



Según la gráfica 24 los encuestados manifiestan que el 20% (5 personas) han realizado labores de labranza a todas las Ha de sus predios, el 16% (4 personas) han hecho labranza a tres cuartas partes, el 32% (8 personas) realizan entre dos cuartas partes o menos hectáreas de labores de labranza en sus fincas, y por último un 32% (8 personas) no realizan ninguna labor de remoción de suelo ya sea por el factor económico o por no conocer los beneficios de esta actividad.

10. ¿Desde hace cuantos años implementa labores de labranza en su finca?

Gráfica 25. Años en los que se han realizado labores de labranza en los predios de las fincas



En la gráfica 25 muestra que el 60% (12 personas) ha realizado labores de labranza desde hace 10 años, un 15% (3 personas) las ha hecho durante 20 años y solo un 5% (1 persona) durante 30 años, el 20% restante, o sea 4 personas, manifiestan no conocer el tiempo que ha transcurrido desde la última labranza que han realizado en sus predios.

11. ¿Qué tipos de labranzas implementa en el suelo?

Gráfica 26. Tipos de labranzas que se implementan en cada predio



La gráfica 26 da a conocer los tipos de labranza que se implementan en los suelos, siendo el cinzel y el rotavito los más utilizados con un 20% para los dos tipos de labranza, en segundo orden se encuentra los sistemas de labranzas como rastra, cinzel más rastra y cinzel más rotavito con un 12% de uso, seguido por la labranza manual con un 10% y por último el sistema de labranza de disco con un 3%. Existen otros tipos de labranza con 4% de uso como la renovación de pradera o en 1 caso aun se utiliza el arado con bueyes, el 3% restante no realiza labores de labranza.

12. ¿Cuál es el tipo de labranza que más utiliza en la preparación del suelo?

Gráfica 27. Tipos de labranzas más utilizados en cada predio.



En la gráfica 27 muestra que los tipos de labranza que más utilizan los propietarios que si han realizado labores de labranza en sus predios está el cincel y el rotavito con un 28% de uso, seguido por el cincel más rastra y cincel más rotavito con un 20% y 16% respectivamente y por último se encuentra la labranza con rastra con un 8%.

13. ¿Qué tipo de tractor se usa para los procesos de labranza que realiza?

Gráfica 28. Tipos de tractores utilizados en las labores de labranzas.



La gráfica 28 manifiesta que un 32% (8 personas) utilizan un tractor con 80HP de potencia en las labores de labranza el 20% (5 personas) utilizan un tractor con 90HP de potencia y el 24% (6 personas) usa ambos tractores, el 24% restante (6 personas) no sabe o no responde a esta pregunta.

8. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación podemos inferir que el mejor tratamiento de labranza para mejorar las condiciones estructurales físicas de los suelos, es el realizado con renovador de pradera con valores en las variables, a profundidades de 0-15cm, donde Da presenta un valor de 0,48g/cc, Dr con 2,30g/cc, porosidad total con un porcentaje de 74,44%, humedad gravimétrica de 122,07% y finalmente humedad volumétrica de 68,21%. Lo que nos indica que a la hora de optimizar los suelos con incidencia de actividades pecuarias se debe optar por utilizar esta maquinaria de labranza vertical que permite trabajar el suelo sin que los horizontes cambien su posición relativa permitiendo así la aireación, la retención de humedad, el aumento de contenido de MO, evitar el encostramiento y favoreciendo la infiltración del agua a las capas inferiores de los suelos del área de estudio.

En contraste el sistema silvopastoril fue el tratamiento en esta investigación donde en la profundidad de 0-15cm se registraron altos valores en Da de 0,69g/cc y Dr de 2,42g/cc y bajos porcentajes de porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica con valores de 71,28%, 97,52% y 68,87% respectivamente, y en profundidad de 15-30cm se obtuvieron valores en Da con 0,73g/cc, Dr con 2,34g/cc, porosidad con 67,85%, humedad gravimétrica con 92,34% y humedad volumétrica con 52,72%, lo cual nos muestra que los suelos a los que se dejan sin tratamiento de labranza alguno tienden a ser impactados negativamente por acción del pisoteo del ganado lo cual inciden directamente en el crecimiento de las plantas.

En cuanto a los índices de RP el menor valor de resistencia lo presentó también el tratamiento de renovación de pradera, con un valor de 0,91Mpa, lo cual nos indica que esta labranza permite al sistema radicular de las plantas garantizar la facilidad con que las raíces profundizan al interior del suelo y así se realice un mejor anclaje y también permitir una mejor obtención de minerales y nutriente que necesita la planta su correcto desarrollo. Los valores más altos se presentaron en los sistemas donde ha habido poca labranza o no se han realizado remoción de suelos, y además tienen una carga animal presente que afecta negativamente las variables físicas del suelo; estos lotes fueron el testigo y silvopastoril, con valores de RP de 1,05Mpa y 1,04Mpa respectivamente, esto puede deberse a que entre mas se profundiza hay una disminución de la MO en los horizontes inferiores, como se indicó en el análisis de color, y por ende la reducción del volumen de la humedad gravimétrica en el interior de los inceptisoles, lo que aumenta la resistencia mecánica a la penetración.

Es decir que las variables evaluadas en su mayoría están estrechamente relacionadas con el aumento o disminución de la Da, la cual se produce en todos los casos al pasar en predios de pastoreo con ganado vacuno a suelos intervenidos con los diferentes sistemas de labranza. Es por ello que la renovación

de pradera, entre todos los tratamientos evaluados, es el mejor tratamiento que impacta efectivamente la estructura del suelo, mejorando condiciones como la humedad y la aireación que permiten mejorar el rendimiento radicular de las plantas, así como también las condiciones ideales para que el edafón se mantenga estable en estos suelos.

Aunque los sistemas de labranza afectan directamente al suelo, ninguna de las variables evaluadas sobrepasa los niveles permisibles, como es el caso de la Da en profundidades de 0-15cm y 15-30cm donde se encuentran promedios de 0,58g/cc y 0,69 g/cc respectivamente, lo cual expresa que no existe un índice de compactación significativa ya que están por debajo de 1 a 1,7 g/cc; a si como también los índices de Dr que para esta investigación se registró un promedio de 2,30 g/cc y 2,26 g/cc en las dos profundidades evaluadas y no sobrepasa el rango de 2,6 a 2,75 g/cc. Por otra parte, los promedios de los porcentajes que se registraron en profundidades de 0-15cm para porosidad fueron de 74,44%, humedad gravimétrica de 122,07%, humedad volumétrica de 68,21%, y para profundidades de 15-30cm en porosidad se registro un valor de 68,26%, humedad gravimétrica con 94,36% y humedad volumétrica con 60,87%, esto nos muestra que existe una importante retención de humedad en los perfiles de suelos evaluados.

Todo lo anteriormente descrito nos indica de forma general que no existe una degradación de este recurso natural de forma significativa en sus propiedades físicas en los sitios de muestreo de la asociación Chilcayaco. Esto nos da a entender que la labranza convencional (rastra de discos, cincel y subsolador) ayuda a mantener estables y equilibrados las características físicas de los suelos inceptisoles, porque estos ayudan a incorporar el material vegetal al suelo (pastos y malezas), lo airea y permite la descomposición de los restos vegetales, con lo cual tendremos una mayor cantidad de nutrientes disponibles para las futuras plantas. Es decir, los suelos preparados con labranza vertical crean condiciones para que las plantas queden en mejores condiciones para la germinación, así se obtendrá un desarrollo más rápido y uniforme en los pastizales, y a la vez se pueden mejorar la productividad, sostenibilidad y competitividad de la ganadería bovina.

En una evaluación entre tratamientos versus las profundidades evaluadas con las diferentes variables analizadas obtuvimos que se presentan valores mas altos en las profundidad de 15-30cm con respecto a la otra profundidad evaluada en este trabajo investigativo, donde Da registro un promedio de 0,69g/cc y la Dr con 2,26g/cc, y los porcentajes mas bajos también se registraron a esta profundidad donde porosidad presento un valor de 68,26%, humedad gravimétrica con 94,36% y humedad volumétrica con 60,87%. Esto nos señala que a medida que se va profundizando en los perfiles del suelo las propiedades físicas se van alterando de forma paulatina; dado que a mayor profundidad puede relacionarse con la

contracción del contenido de MO y la formación de un horizonte B con predominio de minerales arcillosos, a esto se le suma el aumento en la densidad del suelo aumento debido a la influencia del pisoteo del ganado.

Desde un enfoque ambiental, el suelo debe ser visto de manera integral con sus componentes, funciones y servicios ecosistémicos, también con sus interrelaciones con los otros elementos o componentes del ambiente considerando entre ellos las dimensiones sociales, ambientales, económicas, políticas y culturales; el encontrar un paralelo entre la innovación y el desarrollo sostenible es esencial para restaurar, recuperar y conservar aquellos suelos degradados. Es así que tomado en cuenta los principios ambientales y las pautas de desarrollo sostenible que se promulgan en nuestro país, y en base a lo hallado en este estudio, se puede sugerir a los sistemas de labranzas evaluados (en especial el realizado con la renovación de pradera), como una alternativa de tecnología apropiada viable, donde con una correcta planificación y manejo adecuado se puedan aplicar dentro de los diferentes predios ganaderos que se interesen por generar un proceso de sostenibilidad del recurso suelo, procurando mantener su integridad física y su capacidad productora y a la vez anticipando las medidas de adaptación al cambio climático y a la variabilidad climática extrema que se presentan actualmente.

Esto no solo beneficiaría a los propietarios de los predios ganaderos, sino que podrían crear las pautas para generar mas conocimientos de buenas practicas agrícolas, además de crear planes en donde se puedan generar programas de conservación y recuperación de acuerdo a nuestras características regionales y buscando a la vez salvaguardar los procesos productivos, económicos, sociales y ambientales en la región del alto Putumayo.

9. RECOMENDACIONES

Toda esta investigación puede contar como información oportuna del estado actual de los suelos en estudio, en cuanto a las propiedades físicas descritas a lo largo de todo el texto, así como también el brindar a los usuarios interesados una herramienta útil que les ilustre acerca del beneficio de la labranza, en especial la de renovación de pradera, para la toma de decisiones con respecto al uso y manejo sostenible, control, restauración y conservación del recurso suelo.

El suelo, como recurso natural, es esencial para el sostenimiento social y natural de esta región del Putumayo, por ello es necesario mantener sus propiedades físicas estables para el sustento de las actividades ganaderas y agrícolas que sobre él se realiza. Por ello es necesario el recurrir a prácticas sostenibles que garanticen que su estructura se mantenga equilibrada para evitar su degradación, en especial por las cargas animales y de maquinaria que se posan sobre él, por ello un sistema de labranza bien realizado es una alternativa viable que permitiría mantener de forma sustentable su productividad.

Es recomendable que se utilicen más sistemas de labranza vertical, como la renovación de pradera, la cual profundiza en los perfiles del suelo y evita los volteos que afectan a algunas propiedades físicas del mismo.

Se hace necesario que los propietarios establezcan periodos prudentes de reposo en donde no se vea afectado el sustento económico, pero a su vez la calidad del suelo no se afecte, por otra parte, en lo posible evitar un sobrepastoreo con el cual aumente la carga animal que puedan soportar los predios.

En cuanto al desconocimiento, es el problema mas importante a combatir en nuestra región, en especial en cuanto al manejo de lo suelos porque el alto Putumayo netamente ligada su productividad a este recurso. Por lo anterior, es necesario formular programas educativos, de capacitación, y de sensibilización, dirigidos a incrementar el conocimiento sobre el suelo, a la adquisición de capacidades de manejo y uso sostenible, y al reconocimiento de su importancia que permitan orientar una gestión ambiental e integral sostenible. En este caso se recomienda el tema de la labranza como tecnología y alternativa sostenible para enfrentar las amenazas por erosión, compactación, pérdida de biodiversidad, entre otros factores, que conllevan a la degradación del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, E y MARTINEZ, E. (2004). Sistema de labranza y productividad de los suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Laboratorio de Relación Suelo-Agua-Planta. Casilla 1004, Santiago, Chile. Universidad de Chile. p: 14.
- AGUILAR CABALCETA, Gilberto; ALVARADO HERNÁNDEZ, Alfredo, WING CHING-JONES, Rodolfo; (2009). Impacto del pastoreo con ganado holstein y jersey sobre la densidad aparente de un andisol. Agronomía mesoamericana. p: 371-379.
- AGUERO J. M., ALVARADO A. (1987). Compactación y compactibilidad de suelos agrícolas y ganaderos de Guanacaste, costa rica!. COSTA RICA.
- AMÉZQUITA, E. (1991). Procesos dinámicos del suelo y nutrición vegetal. XXI Congreso Anual y Primer Simposio sobre Fisiología de la Nutrición Mineral. COMALFI, Febrero 20-22. Manizales, Colombia.
- AMÉZQUITA, E. (1998). Hacia la sostenibilidad de los suelos de los Llanos Orientales. IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, Paipa–Boyacá, Colombia, Octubre 21- 24 de 1998. p: 5.
- AMÉZQUITA E., D. I. MOLINA, L. F. CHÁVEZ, J. RICAURTE (2000) La construcción de una capa arable: Práctica clave para la agricultura sostenible en suelos de la altillanura colombiana. Trabajo presentado en el II Seminario de Aerotecnia y Tecnología Siglo XXI – Orinoquia colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología (PRONATTA), Villavicencio, Colombia, Agosto 23 – 25.
- AMÉZQUITA, E. (2004) La fertilidad física del suelo. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo sobre “Suelo, ambiente y Seguridad Alimentaria”. Cartagena, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p: 3.
- AMÉZQUITA, Edgar y CHÁVEZ, Luis F. (1994). La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Colombia. p: 1 - 18 – 20.
- ANGELES FRAGOSO, Cristian; HERNÁNDEZ ABREU, José Domingo; OCHOA ABDUL, Moisés; MORALES MOLINA, Ana Karen. (2010). Edafología: Determinación de la densidad real, porosidad del suelo y humedad gravimétrica. Universidad de ciencia y artes de Chiapas: Facultad de ciencias biológicas. Chiapas, México. p: 12, 14.

BARRERA, Rodrigo (1993) Riegos y drenajes universidad Santo Tomas centro de enseñanza desescolarizada Bogotá Colombia pág. 141.

BLANCO S. Rafael. (2000). Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos. Facultad de filosofía y letras. Departamento de geografía. Universidad de Málaga. p: 25.

BUNGE, V. (2010). “La capacidad de carga en la planeación territorial: una propuesta para su análisis”. Documento de Trabajo de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México. p: 2.

BURBANO, F y CADENA, W. (2009). Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño.

CASTRO, Jimena del Rosario; MARTÍNEZ JARAMILLO, Edwin Alfredo. (2008). Formulación del plan de gestión ambiental del municipio de Sibundoy (Putumayo): tomo I. Universidad tecnológica de Pereira facultad de ciencias ambientales. San Juan de Pasto. p: 16 – 20 – 21 – 38 – 49 - 68 – 118.

CAIRO, P., FUNDORA, Herrera, O. (1994). Edafología. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. 476 pp.

CORPOAMAZONIA (Ed). (2010). Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Putumayo. Mocoa. Corpoamazonia, WWF y Asociación Ampora. p: 109 – 110 – 111 – 177

CORPOICA & FEDEGAN. (2002). Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto: plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. Corpoica y Fedegan. Printed in Colombia. Bogotá D.C. p: 11

FAO. (1990). FAO Yearbook 1989. FAO Statistical Series No.94, Volumen 43. Roma, Italia. p: 2.

FAO. (2000). Manual de practica integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO – 8. Nigeria. p: 42, 43.

FAO. (2006). World reference base for soil resources: A framework for international classification, correlation and communication. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy p: 82

FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2011). El Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura cómo gestionar los sistemas en peligro. Oficina de intercambio de conocimientos, investigación y Extensión, Fao. Roma, Italia. p: 3.

FUNDACION SACHAMATES. (2012). Plan general de asistencia técnica agropecuaria. Municipio de Sibundoy. p: 3 - 5 – 7 – 12.

HENRIQUEZ, C y CABALCETA. (1999). G. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. p: 112

HERRERA B, J, A. 2002. Propiedades del suelo. Colombia.

HERRERA, P. y AMEZQUITA, E. (1989). Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo. Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Agrólogo).

HOLDRIDGE, L. R. 1947. «Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data». Science Vol 105 No. 2727: 367-368.

HUERTA, Hilda E. C (2010). Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de san Joaquín, de Quentaro y su relación con el crecimiento bacteriano. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro.

IBÁÑEZ ASENSIO, Sara; GISBERT BLANQUER, Juan Manuel; MORENO RAMÓN, Héctor. (2006). Entisoles. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. p: 3

IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI. (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. p: 384.

IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1990). Estudio general de suelos detallado de los municipios de Santiago, Colón, San Francisco, Sibundoy, Mocoa, Villa Garzón, Puerto Asís, Orito y parte del norte de la Hormiga.

J. DENOIA, O. SOSA, G. ZERPA Y B. MARTÍN. (2000). Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. Manejo de Tierras. 2Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. CC 14. S 2125 ZAA Zavalla (Argentina) p: 130.

JARAMILLO J. Daniel f. (2002). Introducción a la Ciencia del suelo. Facultad de ciencias. Medellín. Universidad nacional de Colombia. p: 186 – 183 – 192.

LAL, R. (1994). Soil quality and sustainable. Advances in Soil Science. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp. 17-30.

LÓPEZ FALCÓN, R. (2002). *Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Impreso en los Talleres Gráficos del centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial universidad de los andes (CIDIAT) Mérida, Venezuela. p: 9 - 42.

L. RUCKS ING, GARCÍA, A. KAPLÁN, J. PONCE DE LEÓN & M. HILL. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo-Uruguay: facultad de agronomía universidad de la república

MALAGÓN CASTRO, Dimas. (2002). Los suelos de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D.C. p: 2

MARTINEZ, M Y MARTINEZ, C. Consecuencias de los recientes cambios agrícolas. En: Revista ciencia hoy en línea www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy87/consecuencias.htm, 2005 (Visitada el 18 de Junio del 2014).

MAVDT, SAC & FEDEPAPA. (2006). Lineamientos y recomendaciones para el programa labranza conservación de agua y suelo en el marco de las evaluaciones ambientales estratégicas según metodología del departamento nacional de planeación. Convenio especial de cooperación no78. Bogotá, julio de 2006.

MILA, A. (2001). Suelos, pastos y forrajes: Producción y manejo. Bogotá: UNISUR. p.88.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2013). Cambio climatico. 5 de Diciembre de 2015, de República de Colombia Sitio web: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/ambientes-y-desarrollos-sostenibles/cambio-climatico>

MORA GUTIÉRREZ, Manuel. Labranza de conservación evaluaciones en el estado de Querétaro. INIFAP-Querétaro. p: 135.

MORO, Enrique C.; VENIALGO, Crispín A.; GUTIERREZ, Noemí C.; DRGAN, Diego ASSELBORN, Alejandro; OLESZCZUK, José D. (2001). Efecto de las labranzas y rotaciones sobre la degradación física de suelos en diferentes sistemas productivos de la provincia del Chaco. Conservación y Manejo de Suelos - Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. Corrientes – Argentina. p: 1.

MUNSELL COLOR CO. (1976). Munsell book of color. Macbeth, a Division of Kollmorgen Corp., Baltimore, MD.

NACCI, Silvana y SENTÍS, Ildfonso. (1992). Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollado en el país. Centro Nacional de investigaciones agropecuarias. Facultad de agronomía. Universidad central de Venezuela. Maracaibo, Venezuela. p: 14.

OLDEMAN, L.R. 1994. The global extend of soil degradation. *In*: Soil Resilience and Sustainable Land Use. Greenland, D.J. and S. Zabolcs, eds. I. CAB International, Wallingford. Short Run Press Ltd., U.K. p: 99-118.

OVALLES VIANI, Francisco A. (2003). El Color del Suelo: definiciones e interpretación. 26 octubre 2015, de Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Sitio web: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n3/texto/fovalles.htm

PINZON. A y AMÉZQUITA. E. (1991). Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. Pasturas tropicales, Vol. 13 No. 2. Artículo científico. p: 2.

PORTA, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO Y C. ROQUERO. 2003. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. 3er ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

PRECIADO, L. 1997. Influencia del tiempo de uso del suelo en las propiedades físicas en la productividad y sostenibilidad del cultivo de arroz en Casanare. Palmira. Trabajo de grado Magíster Scientiae en conservación de suelos y aguas. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, 111p.

RADULOVICH, Ricardo. (2008). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. En Determinación químicas y focas del suelo en laboratorio (123-124). Agronomía Costarricens: [www.mag.go.cr/rev agr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm).

REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2010). Presentación “Una Política de Integral de Tierras para Colombia. Bogotá, agosto de 2010. (Consultada el 29 de Junio del 2014). http://www.minagricultura.gov.co/archivos/ministro_jc_restrepo_tierras_2.pdf.

RUBIO, Ana M. (2010) “La densidad aparente en los suelos forestales del parque natural los Alcornocales” Tesis para optar al título de Ingeniero Técnico Agrícola, especialidad en explotaciones agropecuarias. Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola. Universidad de Sevilla España.

RUCKS, L., GARCÍA, F., KAPLÁN, A., PONCE DE LEÓN, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Montevideo - Uruguay.

RIVAS, Libardo; HOYOS, Phanor; AMÉZQUITA, Edgar y MOLINA, Diego Luís. (2004). Análisis económico de una estrategia para su conservación y mejoramiento: Construcción de la capa arable. Proyecto de Evaluación de Impacto Proyecto de Suelos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Convenio MADR – CIAT. Cali, Diciembre. p: 2 -10-13.

RIQUELME S, Jorge. Ing. (2003). Agrónomo. Labranza de conservación. Instituto de investigaciones agropecuarias centro regional de investigación Raihuén. Ministerio de agricultura INIA RAIHUÉN. Gobierno de Chile.

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 p

RUIZ, E HUGO y LEGARDA, LUCIO. 2000. Hacia el manejo de suelos de ladera para una agricultura sostenible. EN: Revista de Ciencias Agrícolas, Vol. XVII. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño,. pp. 331-339

SALAMANCA, R. 1984. Suelos y Fertilizantes. Universidad Santo Tomas. Santa fe de Bogotá. 345 p.

SÁNCHEZ, Gabriel, José J. OBRADOR, David J. PALMA y Sergio Salgado (2003). “Densidad aparente en un vertisol con diferentes agrosistemas”. *Itinerancia*. Venezuela. 28 (6): 347-351.

SAMPAT A. Gavande, (1991), Física de suelo principios y aplicaciones, Editorial Limusa, México Pág.17.

SIAVOSH SADEGHIAN Kh. (2001). Impacto de la ganadería sobre el suelo alternativas sostenible de manejo. Ing. Agrónomo, Magister en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos. Investigador y Líder de la Disciplina Suelos en CENICAFÉ. p: 1-3.

SORIANO, S.M.; PONS, M.V. Prácticas de Edafología y Climatología. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2004. p: 33-38.

TAPIA, C.E.; RIVERA, C.C. Determinación de los factores climáticos y edáficos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2010. Trabajo de grado (Zootecnista).

UNIGARRO, A.; INSUASTY R.; CHAVEZ G. 2009. manual de practicas de laboratorio, suelos generales. Universidad de Nariño. Pasto Nariño, p: 125.

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA DE CIUDAD REAL. Relación agua – suelo - planta. Disponible en: www.ingenieriarural.com (Visitada el 8 de Julio del 2014).

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. (2014). Portal de Suelos de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/es/> (Visitada el 8 de Julio del 2014).

EROSION AND SOIL DEGRADATION. (2004). Portal de GLASOD. citado el 2/12/2004. Disponible en: (Visitada el 9 de Julio del 2014). <http://royal.okanagan.bc.ca/mpidwirn/agriculture/erosion.html>

VALENZUELA, I.; TORRENTE, A. (2013). Física de suelos. Ciencia del suelo, Principios básicos, segunda edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, D.C. pp 143 – 207- 153.

VALVERDE F, RAMOS M, VINUEZA V, SILVA J, RUALES W, PARRA R. (2004). Sistema de labranzas de conservación de los suelos y fertilización fosfórica en maíz. Quito-Ecuador: TECNIGRAVA QUITO

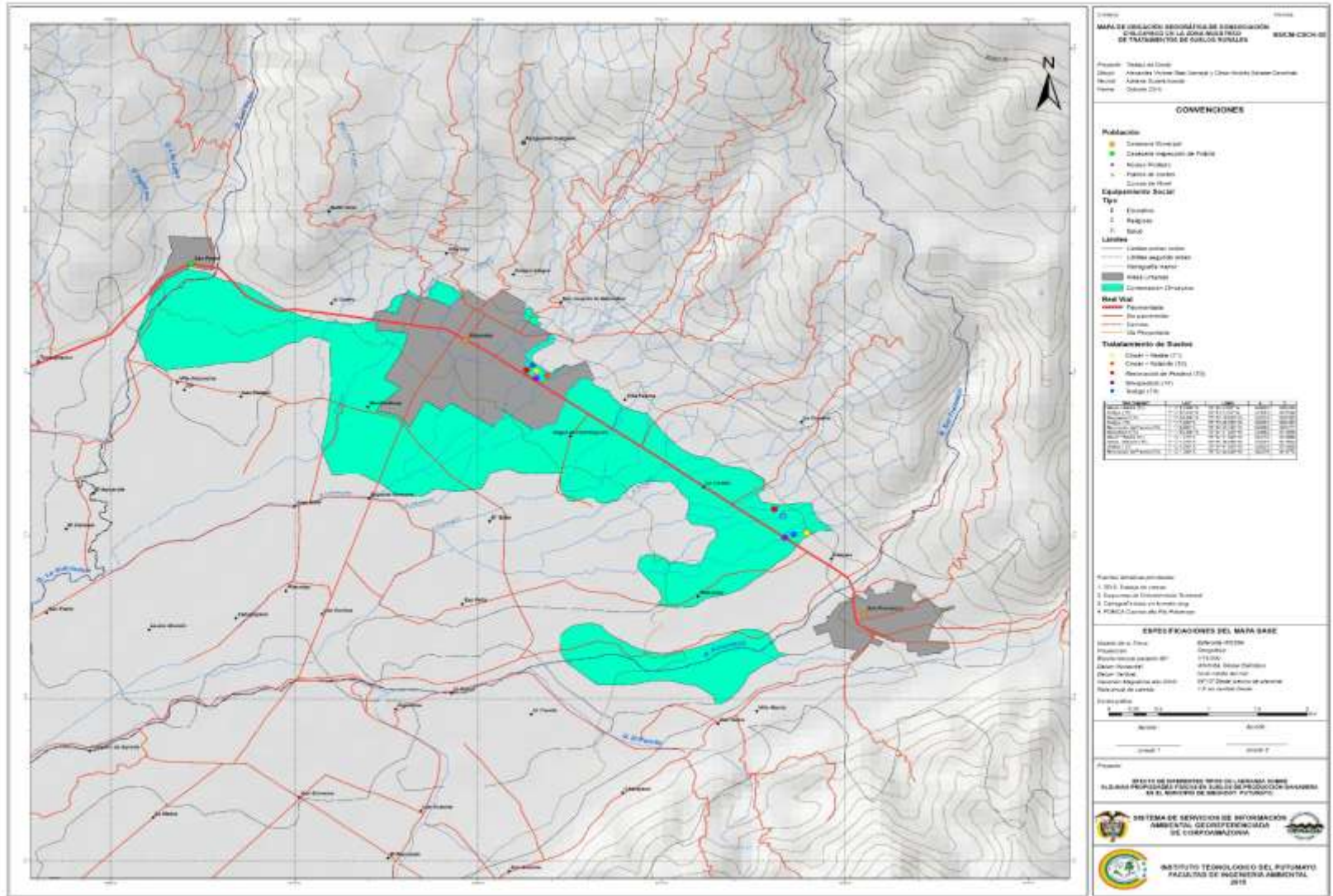
VAZQUEZ, M.; TERMINIELLO, A.; DUHOUR, A.; GARCÍA, M.; GUILINO, F. 2009. Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la pradera Pampeana: Asociación con propiedades químicas. Cienc. Suelo. 27 (1): 67-76.

VERA, Ricardo (2008). “Comparación del impacto ambiental generado por la explotación ganadera y la zootecnia de aves en un predio del municipio de la Tebaida Quindío”. Monografía para optar al título de especialista en gestión ambiental local. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales.

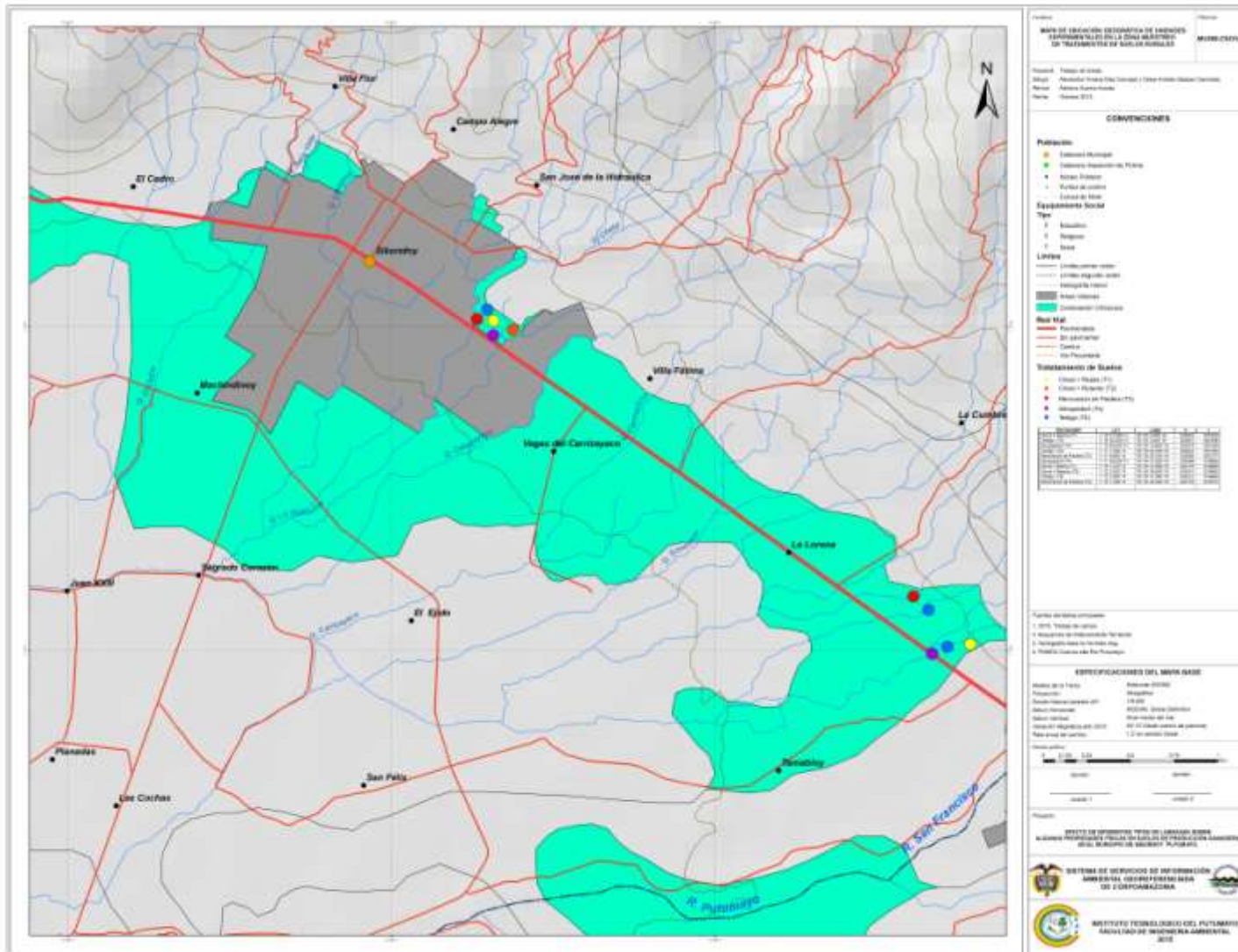
VIVEROS, M. (1999). Diagnóstico químico del suelo. En: Curso sobre diagnóstico – fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p: 1-31

ANEXOS

Anexo A. Mapa de ubicación geográfica Asociación Chilcayaco en el municipio de Sibundoy - Putumayo



Anexo B. Mapa de ubicación geografica de unidades experimentales en la zona de muestreo



Anexo C. Coordenadas de ubicación geografica de unidades experimentales en la zona de muestreo de tratamiento

| FINCA | TRATAMIENTO | PUNTO | CALICATAS | COORDENADAS | | ALTURA <msnm> |
|---|----------------------------|-------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| | | | | N | W | |
| LA GRANJA (Diocesis) N 01°12'03,0" W 76°54'40,0" | Testigo (T0) | 265 | Pto ref | 01°12'03,0" | 76°54'41,0" | 2144 |
| | | 274 | 1 | 01°12'02,9" | 76°54'41,8" | 2071 |
| | | 275 | 2 | 01°12'04,3" | 76°54'41,5" | 2145 |
| | | 276 | 3 | 01°12'05,1" | 76°54'41,6" | 2154 |
| | Cinzel + Rastra(T1) | 266 | Pto ref | 01°12'01,1" | 76°54'41,0" | 2138 |
| | | 270 | 1 | 01°12'00,5" | 76°54'41,5" | 2079 |
| | | 271 | 2 | 01°12'01,1" | 76°54'42,6" | 2089 |
| | | 272 | 3 | 01°12'01,7" | 76°54'41,8" | 2132 |
| | Cinzel + Rotavito (T2) | 254 | Pto ref | 01°12'02,2" | 76°54'38,5" | 2141 |
| | | 267 | 1 | 01°12'03,8" | 76°54'38,5" | 2090 |
| | | 268 | 2 | 01°12'03,0" | 76°54'37,4" | 2097 |
| | | 269 | 3 | 01°12'02,7" | 76°54'78,6" | 2100 |
| | Renovacion de pradera (T3) | 263 | Pto ref | 01°12'01,3" | 76°54'40,4" | 2138 |
| | | 283 | 1 | 01°12'01,6" | 76°54'40,1" | 2067 |
| | | 284 | 2 | 01°12'02,3" | 76°54'40,5" | 2113 |
| | | 285 | 3 | 01°12'03,0" | 76°54'40,0" | 2146 |
| | Silvopastoril (T4) | 262 | Pto ref | 01°11'58,3" | 76°54'41,0" | 2134 |
| | | 277 | 1 | 01°12'00,4" | 76°54'40,6" | 2082 |
| | | 278 | 2 | 01°12'00,8" | 76°54'39,5" | 2095 |
| | | 279 | 3 | 01°12'00,0" | 76°54'39,6" | 2114 |
| 280 | | 4 | 01°11'59,4" | 76°54'40,6" | 2131 | |
| 281 | | 5 | 01°11'58,4" | 76°54'40,4" | 2140 | |
| | | 282 | 6 | 01°11'57,9" | 76°54'40,7" | 2129 |

| FINCA | TRATAMIENTO | PUNTO | CALICATAS | COORDENADAS | | ALTURA <msnm> |
|--|-------------------------|-------|-----------|-------------|-------------|------------------|
| | | | | N | W | |
| SAN ANTONIO (Mauricio Cabrera) N 01°10'52,0" W 76°53'04,6" | Testigo (T0) | 254 | Pto ref | 01°10'52,2" | 76°53'03,2" | 2102 |
| | | 296 | 1 | 01°10'52,2" | 76°53'03,6" | 2151 |
| | | 297 | 2 | 01°10'52,0" | 76°53'04,6" | 2158 |
| | | 298 | 3 | 01°10'51,4" | 76°53'04,2" | 2157 |
| | Cinzel + Rastra(T1) - 1 | 251 | Pto ref | 01°10'55,9" | 76°53'02,0" | 2090 |
| | | 292 | 1 | 01°10'54,6" | 76°53'02,3" | 2171 |
| | | 291 | 2 | 01°10'55,5" | 76°53'01,7" | 2173 |
| | | 290 | 3 | 01°10'54,5" | 76°53'00,5" | 2171 |
| | Cinzel + Rastra(T1) - 2 | 253 | Pto ref | 01°10'51,9" | 76°53'02,0" | 2098 |
| | | 295 | 1 | 01°10'52,1" | 76°53'01,4" | 2128 |
| | | 294 | 2 | 01°10'50,5" | 76°53'00,5" | 2123 |
| | | 293 | 3 | 01°10'52,2" | 76°52'59,6" | 2121 |
| | Cinzel + Rotavito (T2) | 250 | Pto ref | 01°10'57,4" | 76°53'02,7" | 2074 |
| | | 289 | 1 | 01°10'57,3" | 76°53'02,7" | 2175 |
| | | 287 | 2 | 01°10'57,9" | 76°53'01,6" | 2072 |
| | | 288 | 3 | 01°10'59,5" | 76°53'03,5" | 2134 |

| FINCA | TRATAMIENTO | PUNTO | CALICATAS | COORDENADAS | | ALTURA <msnm> |
|---|----------------------------|-------|-----------|-------------|-------------|------------------|
| | | | | N | W | |
| SAN ANTONIO (Hnos. Rosero) N 01°11'10,7" W 76°53'23,6" | Testigo (T0) | 261 | Pto ref | 01°11'07,4" | 76°53'20,3" | 2158 |
| | | 307 | 1 | 01°11'07,0" | 76°53'19,4" | 2098 |
| | | 306 | 2 | 01°11'05,2" | 76°53'18,7" | 2095 |
| | | 305 | 3 | 01°11'04,5" | 76°53'17,2" | 2079 |
| | Renovacion de pradera (T3) | 259 | Pto ref | 01°11'09,9" | 76°53'23,1" | 2156 |
| | | 308 | 1 | 01°11'10,7" | 76°53'23,6" | 2107 |
| | | 309 | 2 | 01°11'11,3" | 76°53'22,8" | 2115 |
| | | 310 | 3 | 01°11'12,1" | 76°53'23,2" | 2113 |
| | | 311 | 4 | 01°11'12,6" | 76°53'22,7" | 2121 |
| | | 312 | 5 | 01°11'13,1" | 76°53'22,8" | 2126 |
| | | 313 | 6 | 01°11'13,4" | 76°53'22,3" | 2127 |

| FINCA | TRATAMIENTO | PUNTO | CALICATAS | COORDENADAS | | ALTURA <msnm> |
|--|------------------------|-------|-----------|-------------|-------------|------------------|
| | | | | N | W | |
| EL CARMEN (Hnos. Cuaya) N 01°10'59,5" W 76°53'11,7" | Cinzel + Rotavito (T2) | 255 | Pto ref | 01°10'58,6" | 76°53'12,2" | 2156 |
| | | 299 | 1 | 01°10'57,7" | 76°53'11,5" | 2165 |
| | | 300 | 2 | 01°11'00,3" | 76°53'10,3" | 2171 |
| | | 301 | 3 | 01°10'59,5" | 76°53'11,7" | 2168 |
| | Silvopastoril (T4) | 258 | Pto ref | 01°10'59,3" | 76°53'19,6" | 2155 |
| | | 302 | 1 | 01°10'58,8" | 76°53'18,1" | 2158 |
| | | 303 | 2 | 01°10'59,7" | 76°53'18,3" | 2152 |
| | | 304 | 3 | 01°10'59,9" | 76°53'19,5" | 2154 |

Anexo D. Resultados obtenidos en campo y el laboratorio por tratamientos a profundidades de 0-15cm y 15-30cm

| Resultados Profundidad 0 - 15 cm | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | |
| TESTIGO (T0) | 1 | 1 1 | Ar-L | Arcillo - Limoso | 0,65 | 2,86 | 77,25 | 105,96 | 68,86 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 2 1 | F-Ar | Franco - Arcilloso | 0,70 | 2,00 | 65,16 | 88,30 | 61,52 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 1 | FA | Franco - Arenoso | 0,53 | 2,22 | 76,16 | 125,77 | 66,62 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | Promedio | | | | 0,63 | 2,36 | 72,86 | 106,68 | 65,67 | | | | |
| | 2 | 1 1 | Ar-A | Arcillo-Arenoso | 0,65 | 2,50 | 73,84 | 97,20 | 63,56 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | | 2 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,51 | 2,50 | 79,55 | 131,87 | 67,43 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro |
| | | 3 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,60 | 2,22 | 73,14 | 101,02 | 60,30 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,59 | 2,41 | 75,51 | 110,03 | 63,76 | | | | |
| | 3 | 1 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,48 | 2,50 | 80,85 | 157,87 | 75,58 | 5YR 8,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | | 2 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,65 | 2,50 | 74,09 | 104,72 | 67,84 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| 3 1 | | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,58 | 2,22 | 73,96 | 119,37 | 69,06 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 5/3 | Pardo | |
| Promedio | | | | 0,57 | 2,41 | 76,30 | 127,32 | 70,83 | | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | 0,59 | 2,39 | 74,89 | 114,68 | 66,75 | | | | | |

| Resultados Profundidad 15 - 30 cm | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|---------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | |
| TESTIGO (T0) | 1 | 1 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,70 | 2,22 | 68,65 | 91,81 | 63,97 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 2 2 | F-Ar | Franco - Arcilloso | 0,72 | 2,00 | 64,25 | 88,03 | 62,95 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,64 | 2,86 | 77,68 | 97,12 | 61,93 | 7,5YR 6/4 | Pardo claro | 10YR 6/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,68 | 2,36 | 70,19 | 92,32 | 62,95 | | | | |
| | 2 | 1 2 | Ar-L | Arcillo - Limoso | 0,82 | 2,86 | 71,34 | 66,67 | 54,60 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro |
| | | 2 2 | F | Franco | 0,73 | 2,50 | 70,91 | 80,39 | 58,47 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 1,01 | 1,67 | 39,50 | 44,44 | 44,82 | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro |
| | Promedio | | | | 0,85 | 2,34 | 60,58 | 63,83 | 52,63 | | | | |
| | 3 | 1 2 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,55 | 2,50 | 78,00 | 118,15 | 64,99 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 2 | F-Ar-L | Franco arcillo limoso | 0,65 | 2,22 | 70,57 | 90,03 | 58,87 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| 3 2 | | FAr | Franco - Arcilloso | 0,58 | 1,67 | 65,04 | 105,94 | 61,73 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo | |
| Promedio | | | | 0,60 | 2,13 | 71,20 | 104,71 | 61,86 | | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | 0,71 | 2,28 | 67,33 | 86,96 | 59,15 | | | | | |

| Resultados Profundidad 0 - 15 cm | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|---------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 1 | 1 | 1 | Ar | Arcilloso | 0,62 | 2,22 | 72,31 | 107,95 | 66,41 | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 2 | 1 | F-A | Franco - Arenoso | 0,52 | 2,22 | 76,62 | 145,88 | 75,78 | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 | 1 | F | Franco | 0,54 | 2,86 | 81,25 | 134,60 | 72,12 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | Promedio | | | | | 0,56 | 2,43 | 76,73 | 129,48 | 71,44 | | | | |
| | 2 | 1 | 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,48 | 2,00 | 76,06 | 151,06 | 72,32 | 2,5YR 2,5/0 | Negro | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro |
| | | 2 | 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,51 | 2,22 | 76,90 | 139,29 | 71,51 | 2,5YR 2,5/0 | Negro | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,65 | 2,22 | 70,85 | 95,91 | 62,13 | 10YR 2,5/1 | Negro rojizo | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro |
| | Promedio | | | | | 0,55 | 2,15 | 74,60 | 128,75 | 68,65 | | | | |
| | 3 | 1 | 1 | Ar-A | Arcillo - Arenoso | 0,73 | 2,50 | 70,83 | 87,43 | 63,76 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro |
| | | 2 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,64 | 2,86 | 77,54 | 100,95 | 64,78 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 1 | Ar-A | Arcillo - Arenoso | 0,68 | 2,00 | 66,18 | 99,40 | 67,23 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | | 0,68 | 2,45 | 71,52 | 95,93 | 65,26 | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | | 0,60 | 2,34 | 74,28 | 118,05 | 68,45 | | | | | |

| Resultados Profundidad 15 - 30 cm | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|---------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| CINCEL + RASTRA (T1) | 1 | 1 | 2 | F-A | Franco - Arenoso | 0,85 | 2,50 | 66,10 | 71,15 | 60,30 | 10YR 6/3 | Pardo palido | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 | 2 | F | Franco | 0,58 | 1,54 | 62,39 | 116,20 | 67,23 | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 | 2 | F | Franco | 0,71 | 2,50 | 71,64 | 84,77 | 60,10 | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | Promedio | | | | | 0,71 | 2,18 | 66,71 | 90,71 | 62,54 | | | | |
| | 2 | 1 | 2 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,54 | 2,22 | 75,52 | 118,35 | 64,37 | 2,5YR 2,5/2 | Rojo muy oscuro | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro |
| | | 2 | 2 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,56 | 1,67 | 66,39 | 122,18 | 68,45 | 5YR 2,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 2 | Ar-L | Arcillo - Limoso | 0,61 | 1,82 | 66,61 | 80,87 | 49,10 | 10YR 2,5/2 | Pardo muy oscuro | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro |
| | Promedio | | | | | 0,57 | 1,90 | 69,51 | 107,14 | 60,64 | | | | |
| | 3 | 1 | 2 | Ar-A | Arcillo - Arenoso | 0,88 | 4,00 | 77,90 | 62,67 | 55,41 | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro |
| | | 2 | 2 | Ar-A | Arcillo - Arenoso | 0,90 | 2,00 | 55,18 | 60,00 | 53,78 | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,91 | 1,82 | 49,69 | 60,36 | 55,21 | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro | 10YR 6/3 | Pardo palido |
| | Promedio | | | | | 0,90 | 2,61 | 60,92 | 61,01 | 54,80 | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | | 0,73 | 2,23 | 65,71 | 86,28 | 59,33 | | | | | |

| Resultados Profundidad 0 - 15 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------|---------------|-----------------------|-----------|-----------------------|--|
| Tratamiento | | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 1 | 1 | 1 | FL | Franco - Limoso | 0,60 | 1,82 | 67,06 | 113,95 | 68,25 | 5YR 3/4 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo | |
| | | 2 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,61 | 2,22 | 72,41 | 112,29 | 68,86 | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | |
| | | 3 | 1 | F | Franco | 0,63 | 2,50 | 74,74 | 108,06 | 68,25 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | |
| | Promedio | | | | 0,61 | 2,18 | 71,40 | 111,43 | 68,45 | | | | | | |
| | 2 | 1 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,69 | 2,22 | 69,11 | 99,41 | 68,25 | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | |
| | | 2 | 1 | Ar | Arcilloso | 0,44 | 2,22 | 80,29 | 160,93 | 70,49 | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | |
| | | 3 | 1 | Ar | Arcilloso | 0,59 | 2,00 | 70,46 | 121,03 | 71,51 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | |
| | Promedio | | | | 0,57 | 2,15 | 73,29 | 127,12 | 70,08 | | | | | | |
| | 3 | 1 | 1 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,46 | 2,00 | 76,98 | 141,15 | 64,99 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 7,5YR 3/2 | Pardo oscuro | |
| | | 2 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,49 | 2,22 | 77,91 | 148,96 | 73,13 | 5YR 2,5/1 | Negro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | |
| | | 3 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,54 | 2,00 | 72,80 | 136,33 | 74,15 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | |
| | Promedio | | | | 0,50 | 2,07 | 75,90 | 142,15 | 70,76 | | | | | | |
| | Promedio por Tratamiento | | | | 0,56 | 2,13 | 73,53 | 126,90 | 69,76 | | | | | | |

| Resultados Profundidad 15 - 30 cm | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------|---------------|-----------------------|----------|-----------------------|--|
| Tratamiento | | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 1 | 1 | 2 | F | Franco | 0,67 | 2,86 | 76,40 | 85,50 | 57,65 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | |
| | | 2 | 2 | F | Franco | 0,63 | 2,50 | 74,66 | 97,43 | 61,73 | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | |
| | | 3 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,63 | 2,00 | 68,32 | 100,00 | 63,36 | 7,5YR 4/4 | Pardo oscuro | 10YR 5/8 | Pardo amarillo | |
| | Promedio | | | | 0,65 | 2,45 | 73,13 | 94,31 | 60,91 | | | | | | |
| | 2 | 1 | 2 | Ar | Arcilloso | 0,61 | 3,33 | 81,79 | 98,99 | 60,10 | 10R 3/1 | Gris rojizo oscuro | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | |
| | | 2 | 2 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,56 | 2,00 | 72,19 | 104,40 | 58,06 | 5YR 2,5/2 | Pardo rojizo oscuro | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | |
| | | 3 | 2 | Ar | Arcilloso | 0,66 | 1,54 | 56,83 | 99,39 | 66,00 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 3/4 | Pardo oscuro | |
| | Promedio | | | | 0,61 | 2,29 | 70,27 | 100,93 | 61,39 | | | | | | |
| | 3 | 1 | 2 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,46 | 2,22 | 79,10 | 239,91 | 111,43 | 5YR 2,5/1 | Negro | 5YR 4/1 | Gris oscuro | |
| | | 2 | 2 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,54 | 2,00 | 73,11 | 136,36 | 73,34 | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | |
| | | 3 | 2 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,62 | 1,82 | 65,94 | 106,25 | 65,80 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | |
| | Promedio | | | | 0,54 | 2,01 | 72,72 | 160,84 | 83,52 | | | | | | |
| | Promedio por Tratamiento | | | | 0,60 | 2,25 | 72,04 | 118,69 | 68,61 | | | | | | |

| Resultados Profundidad 0 - 15 cm | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|----------|--------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | 1 | 1 | 1 | FA | Franco - Arenoso | 0,68 | 2,22 | 69,29 | 96,42 | 65,80 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 2 | 1 | AF | Arenoso - Franco | 0,45 | 2,50 | 82,07 | 157,73 | 70,69 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 1 | F | Franco | 0,52 | 2,22 | 76,81 | 133,60 | 68,86 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,55 | 2,31 | 76,06 | 129,25 | 68,45 | | | |
| | 2 | 1 | 1 | Ar-L | Arcillo-Limoso | 0,46 | 2,00 | 76,88 | 158,15 | 73,13 | 2,5YR 3/2 | Rojo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,46 | 2,50 | 81,75 | 164,29 | 74,97 | 2,5YR 3/2 | Rojo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,46 | 2,22 | 79,19 | 154,63 | 71,51 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,46 | 2,24 | 79,27 | 159,02 | 73,20 | | | |
| | 3 | 1 | 1 | FL | Franco - Limoso | 0,44 | 2,50 | 82,56 | 176,64 | 77,01 | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 | 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,34 | 1,82 | 81,06 | 200,59 | 69,06 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 1 | F | Franco | 0,51 | 2,00 | 74,43 | 137,05 | 70,08 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,43 | 2,11 | 79,35 | 171,43 | 72,05 | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | | 0,48 | 2,22 | 78,23 | 153,23 | 71,23 | | | | | |

| Resultados Profundidad 15 - 30 cm | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| Tratamiento | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | | | |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | 1 | 1 | 2 | F | Franco | 0,82 | 2,50 | 67,24 | 72,64 | 59,49 | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 10YR 5/8 | Pardo amarillo |
| | | 2 | 2 | FA | Franco - Arenoso | 0,72 | 2,22 | 67,09 | 78,83 | 57,65 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 2 | F | Franco | 0,66 | 1,82 | 63,70 | 95,37 | 62,95 | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,73 | 2,18 | 66,01 | 82,28 | 60,03 | | | |
| | 2 | 1 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,78 | 2,86 | 72,76 | 76,44 | 59,49 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,72 | 2,22 | 67,82 | 79,77 | 57,04 | 5YR 3/2 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 4/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | | 3 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,72 | 2,00 | 64,15 | 81,82 | 58,67 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,74 | 2,36 | 68,24 | 79,34 | 58,40 | | | |
| | 3 | 1 | 2 | F | Franco | 0,60 | 2,22 | 72,96 | 100,68 | 60,50 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 | 2 | F | Franco | 0,58 | 2,22 | 73,87 | 102,11 | 59,28 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 | 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,63 | 1,82 | 65,60 | 100,00 | 62,54 | 5YR 3/3 | Pardo rojizo oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | Promedio | | | | | 0,60 | 2,09 | 70,81 | 100,93 | 60,78 | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | | 0,69 | 2,21 | 68,35 | 87,52 | 59,73 | | | | | |

Resultados Profundidad 0 - 15 cm

| Tratamiento | | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| SILVOPASTORIL (T4) | 1 | 1 1 | FL | Franco - limoso | 0,67 | 2,22 | 69,66 | 96,37 | 64,99 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 1 | FA | Franco - Arenoso | 0,83 | 2,50 | 67,00 | 71,36 | 58,87 | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,66 | 2,22 | 70,39 | 102,17 | 67,23 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,72 | 2,31 | 69,01 | 89,97 | 63,70 | | | | |
| | 2 | 1 1 | F | Franco | 0,76 | 2,22 | 65,81 | 84,18 | 63,97 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 3/4 | Pardo amarillo oscuro |
| | | 2 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,80 | 2,50 | 68,14 | 81,84 | 65,19 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | | 3 1 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,69 | 2,22 | 68,92 | 94,69 | 65,39 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,75 | 2,31 | 67,62 | 86,90 | 64,85 | | | | |
| | 3 | 1 1 | Ar | Arcilloso | 0,74 | 2,50 | 70,26 | 86,58 | 64,37 | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 2 1 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,49 | 2,86 | 82,96 | 128,87 | 62,75 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | | 3 1 | FA | Franco - Arenoso | 0,54 | 2,50 | 78,41 | 131,70 | 71,10 | 10YR 3/3 | Pardo oscuro | 10YR 6/3 | Pardo palido |
| | Promedio | | | | 0,59 | 2,62 | 77,21 | 115,71 | 66,07 | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | 0,69 | 2,42 | 71,28 | 97,53 | 64,87 | | | | | |

Resultados Profundidad 15 - 30 cm

| Tratamiento | | Simbolo Textura | Textura | Densidad Aparente Anillos (g/cc) | Densidad Real (g/cc) | Porosidad (%) | Humedad Gravimetrica (%) | Humedad Volumetrica (%) | Color en Humedo | | Color en Seco | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------|---|----------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|-----------------------|----------|----------------------|
| SILVOPASTORIL (T4) | 1 | 1 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,76 | 2,50 | 69,69 | 74,73 | 56,63 | 10YR 5/6 | Pardo amarillo | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | | 2 2 | Ar - L | Arcillo limoso | 0,81 | 2,22 | 63,33 | 61,50 | 50,11 | 10YR 5/4 | Pardo amarillo | 10YR 6/4 | Pardo amarillo claro |
| | | 3 2 | FA | Franco - Arenoso | 0,72 | 2,22 | 67,73 | 91,19 | 65,39 | 10YR 3/2 | Pardo gris muy oscuro | 10YR 4/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,76 | 2,31 | 66,92 | 75,81 | 57,38 | | | | |
| | 2 | 1 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,76 | 2,50 | 69,69 | 75,54 | 57,24 | 10YR 6/3 | Pardo palido | 10YR 3/4 | Pardo oscuro |
| | | 2 2 | F | Franco | 0,82 | 2,22 | 62,96 | 74,50 | 61,32 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 5/4 | Pardo amarillo |
| | | 3 2 | F-Ar-A | Franco - Arcillo - Arenoso | 0,76 | 2,00 | 62,21 | 74,39 | 56,23 | 10YR 5/3 | Pardo | 10YR 3/3 | Pardo oscuro |
| | Promedio | | | | 0,78 | 2,24 | 64,95 | 74,81 | 58,26 | | | | |
| | 3 | 1 2 | Ar - L | Arcillo limoso | 0,26 | 2,86 | 90,80 | 256,59 | 67,43 | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | 10YR 6/2 | Gris pardo claro |
| | | 2 2 | Ar - A | Arcillo - Arenoso | 0,83 | 2,50 | 66,67 | 54,77 | 45,63 | 10YR 4/3 | Pardo oscuro | 2,5Y 7/4 | Amarillo palido |
| | | 3 2 | FAr | Franco - Arcilloso | 0,85 | 2,00 | 57,52 | 67,87 | 57,65 | 10YR 4/2 | Pardo gris oscuro | 10YR 5/3 | Pardo |
| | Promedio | | | | 0,65 | 2,45 | 71,67 | 126,41 | 56,91 | | | | |
| Promedio por Tratamiento | | | | 0,73 | 2,34 | 67,85 | 92,34 | 57,52 | | | | | |

Anexo E. Repeticiones y porcentajes de textura en los tratamientos

| Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm | | | | |
|---|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| TESTIGO (T0) | Ar-L | Arcillo-Limoso | 1 | 11,11 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 4 | 44,44 |
| | FA | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | Ar-A | Arcillo-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 2 | 22,22 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm | | | | |
|--|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| TESTIGO (T0) | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 3 | 33,33 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 3 | 33,33 |
| | Ar-L | Arcillo-Lomoso | 1 | 11,11 |
| | F | Franco | 1 | 11,11 |
| | F-Ar-L | Franco-Arcillo-Limoso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm | | | | |
|---|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| CINCEL + RASTRA (T1) | Ar | Acilloso | 1 | 11,11 |
| | FA | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | F | Franco | 1 | 11,11 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 3 | 33,33 |
| | Ar-A | Arcillo-Arenoso | 2 | 22,22 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm | | | | |
|--|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| CINCEL + RASTRA (T1) | FAr | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | F | Franco | 2 | 22,22 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 2 | 22,22 |
| | Ar-L | Arcillo-Limoso | 1 | 11,11 |
| | Ar-A | Arcillo-Arenoso | 2 | 22,22 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-arenoso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm | | | | |
|---|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | FL | Franco-Limoso | 1 | 11,11 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 4 | 44,44 |
| | F | Franco | 1 | 11,11 |
| | Ar | Arcilloso | 2 | 22,22 |
| | Ar-L | Arcillo-Limoso | 1 | 11,11 |
| | | | | 9 |

| Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm | | | | |
|--|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | F | Franco | 2 | 22,22 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | Ar | Arcilloso | 2 | 22,22 |
| | Ar-L | Arcillo-Limoso | 4 | 44,44 |
| | | | | 9 |

| Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm | | | | |
|---|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | FAr | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | AF | Arenoso-Franco | 1 | 11,11 |
| | F | Franco | 2 | 22,22 |
| | Ar-L | Arcillo-Limoso | 1 | 11,11 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 3 | 33,33 |
| | FL | Franco-Limoso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm | | | | |
|--|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | F | Franco | 4 | 44,44 |
| | FAr | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 4 | 44,44 |
| | | | | 9 |

| Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm | | | | |
|---|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| SILVOPASTORIL (T4) | FL | Franco-Limoso | 1 | 11,11 |
| | FA | Franco-Arenoso | 2 | 22,22 |
| | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 2 | 22,22 |
| | F | Franco | 1 | 11,11 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 2 | 22,22 |
| | Ar | Acilloso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

| Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm | | | | |
|--|---------|------------------------|----------|------------|
| Tratamiento | Textura | | Muestras | % muestras |
| SILVOPASTORIL (T4) | F-Ar-A | Franco-Arcillo-Arenoso | 3 | 33,33 |
| | Ar-L | Arcillo-Limoso | 2 | 22,22 |
| | FA | Franco-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | F | Franco | 1 | 11,11 |
| | Ar-A | Arcillo-Arenoso | 1 | 11,11 |
| | FAr | Franco-Arcilloso | 1 | 11,11 |
| | | | 9 | 100 |

Anexo F. Promedios de resistencia a la penetrabilidad en los tratamientos

| Tratamiento | Profundidad (cm) | Resistencia a la penetración (Mpa) | Humedad gravimétrica (%) |
|--------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| TESTIGO (T0) | 0 | 0,96 | 41,30 |
| | 10 | 0,85 | 51,24 |
| | 20 | 0,93 | 40,86 |
| | 30 | 1,06 | 38,07 |
| PROMEDIOS | | 1,06 | 43,39 |

| Tratamiento | Profundidad (cm) | Resistencia a la penetración (Mpa) | Humedad gravimétrica (%) |
|----------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| CINCEL + RASTRA (T1) | 0 | 1,04 | 36,04 |
| | 10 | 0,96 | 47,58 |
| | 20 | 1,07 | 41,51 |
| | 30 | 1,12 | 37,15 |
| PROMEDIOS | | 1,05 | 42,08 |

| Tratamiento | Profundidad (cm) | Resistencia a la penetración (Mpa) | Humedad gravimétrica (%) |
|------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| CINCEL + ROTAVITO (T2) | 0 | 0,73 | 41,36 |
| | 10 | 0,77 | 41,94 |
| | 20 | 0,93 | 39,51 |
| | 30 | 1,08 | 38,60 |
| PROMEDIOS | | 0,93 | 40,02 |

| Tratamiento | Profundidad (cm) | Resistencia a la penetración (Mpa) | Humedad gravimétrica (%) |
|----------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| RENOVACION DE PRADERA (T3) | 0 | 0,84 | 44,33 |
| | 10 | 0,86 | 52,06 |
| | 20 | 0,88 | 42,28 |
| | 30 | 1,00 | 35,90 |
| PROMEDIOS | | 0,91 | 43,41 |

| Tratamiento | Profundidad (cm) | Resistencia a la penetración (Mpa) | Humedad gravimétrica (%) |
|--------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|
| SILVOPASTORIL (T4) | 0 | 0,96 | 37,28 |
| | 10 | 0,97 | 39,54 |
| | 20 | 1,02 | 33,80 |
| | 30 | 1,14 | 30,58 |
| PROMEDIOS | | 1,04 | 34,64 |

Anexo G. Promedios de comparación entre los tratamientos evaluados y la profundidad de evaluación

| VARIABLE | TRATAMIENTOS | PROFUNDIDADES | |
|--------------------------|----------------------------|---------------|---------|
| | | 0-15cm | 15-30cm |
| Densidad aparente (g/cc) | Testigo (T0) | 0,59 | 0,71 |
| | Cinzel+Rastra(T1) | 0,60 | 0,73 |
| | Cinzel+Rotavito(T2) | 0,56 | 0,60 |
| | Renovación de Pradera (T3) | 0,48 | 0,69 |
| | Silvopastoril (T4) | 0,69 | 0,73 |
| | PROMEDIOS | 0,58 | 0,69 |
| Densidad real (g/cc) | Testigo (T0) | 2,39 | 2,28 |
| | Cinzel+Rastra(T1) | 2,34 | 2,23 |
| | Cinzel+Rotavito(T2) | 2,13 | 2,25 |
| | Renovación de Pradera (T3) | 2,22 | 2,21 |
| | Silvopastoril (T4) | 2,42 | 2,34 |
| | PROMEDIOS | 2,3 | 2,26 |
| Porosidad (%) | Testigo (T0) | 74,89 | 67,33 |
| | Cinzel+Rastra(T1) | 74,28 | 65,71 |
| | Cinzel+Rotavito(T2) | 73,53 | 72,04 |
| | Renovación de Pradera (T3) | 78,23 | 68,35 |
| | Silvopastoril (T4) | 71,28 | 67,85 |
| | PROMEDIOS | 74,44 | 68,26 |
| Humedad Gravimétrica (%) | Testigo (T0) | 114,67 | 86,95 |
| | Cinzel+Rastra(T1) | 118,05 | 86,28 |
| | Cinzel+Rotavito(T2) | 126,9 | 118,69 |
| | Renovación de Pradera (T3) | 153,23 | 87,52 |
| | Silvopastoril (T4) | 97,52 | 92,34 |
| | PROMEDIOS | 122,07 | 94,36 |
| Humedad Volumétrica (%) | Testigo (T0) | 66,75 | 59,15 |
| | Cinzel+Rastra(T1) | 68,45 | 59,33 |
| | Cinzel+Rotavito(T2) | 69,76 | 68,61 |
| | Renovación de Pradera (T3) | 71,23 | 59,73 |
| | Silvopastoril (T4) | 68,87 | 57,52 |
| | PROMEDIOS | 68,21 | 60,87 |

Anexo H. Encuesta



**ENCUESTA DIRIGIDA A PROPIETARIOS DE FINCAS
GANADERAS UBICADOS EN LA ASOCIACIÓN CHILCAYACO DEL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY**

ENCUESTA REALIZADA POR:

- Alexandra Viviana Díaz Carvajal
- César Andrés Salazar Canchala

Estudiantes de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico del Putumayo

OBJETIVO: Recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación: EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE LABRANZA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO.

Encuesta N° _____
Fecha _____/_____/_____

DATOS GEOGRÁFICOS

Finca _____
Áreas N° (Ha) _____
Coordenadas N _____
W _____
Vereda _____
Municipio _____
Departamento _____
N° Celular _____

IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO

Nombres y Apellidos _____ Edad _____
Cedula de Ciudadanía. _____
Propietario () Arrendatario () Otro ()
¿Cuál? _____

INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO GANADERO

¿Hace cuantos años se dedica a las actividades ganaderas? _____

¿Cuántas hectáreas de sus predios utiliza para el pastoreo de ganado vacuno? _____

Con el paso del tiempo al manejar ganado, ¿se han generado problemas en los suelos?

¿Realiza análisis de suelos en áreas dedicadas a cultivos de pastos?
SI () NO ()

¿Porqué? _____

¿Realiza labores de labranza al suelo antes y después de sembrar pastos?
SI () NO ()

¿Cuáles? _____

¿Con el paso de los años cómo es el comportamiento de los rendimientos en los cultivos de pastos?

- Aumenta
- Disminuye
- Sigue igual

¿A qué causas le define ese comportamiento? _____

¿Se practica la ganadería asociada a la agricultura?
SI () NO () ¿Por
qué? _____

¿Maneja en su predio los sistemas silvopastoriles?
SI () NO ()

Si la respuesta es afirmativa ¿qué ventajas trae para Usted este modelo de producción? _____

INFORMACIÓN SOBRE PRÁCTICAS DE LABRANZA

¿A cuántas hectáreas de sus predios ha realizado labores de labranza?

¿Desde hace cuantos años implementa labores de labranza en su finca?

¿Qué tipos de labranzas implementa en el suelo?

| | | | |
|----------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| Cinzel | <input type="checkbox"/> | Cinzel más rastra | <input type="checkbox"/> |
| Rastra | <input type="checkbox"/> | Cinzel más rotavito | <input type="checkbox"/> |
| Rotavito | <input type="checkbox"/> | Cero labranza | <input type="checkbox"/> |
| Disco | <input type="checkbox"/> | Manual | <input type="checkbox"/> |

Otro ¿Cuál? _____

¿Cuál es el tipo de labranza que mas utiliza en la preparación del suelo?

En sus labores de labranza. ¿Todavía se utilizan herramientas tradicionales?

SÍ () NO ()

Si la respuesta es afirmativa

¿Cuáles? _____

¿Qué tipo de tractor se usa para los procesos de labranza que realiza?

OTRA INFORMACIÓN

¿Tiene algún conocimiento de prácticas de conservación de suelos?

SÍ () NO ()

¿Cuáles se manejan en la finca? _____

¿Pertenece usted a alguna organización?

SI () NO ()

¿Cuál? _____

Su organización le ofrece servicios de:

Capacitación técnica () Administración () Mercadeo ()

Otro ()

¿Cuál? _____

¿Qué sugerencias hace para poder mejorar el manejo del suelo?

Firma del encuestado

Cedula de ciudadanía

MUCHAS GRACIAS POR SU AMABLE ATENCIÓN