

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS SISTEMAS DE MANEJO
GANADERO EN LOS PROCESOS EROSIVOS Y EL CAMBIO DE ALGUNAS
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS UBICADOS EN TRES
PENDIENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO.**

FASE A: ZONA PLANA

**ADRIÁN ANTONIO RIASCOS SALCEDO
BAYRON MILLER CORAL CRIOLLO
KRISTIAM JULIÁN PAZMIÑO BENAVIDES**

FASE B: ZONA MEDIA Y ALTA

**KEYLING LISBANY CÓRDOBA ROMÁN
MILADY PATRICIA JOSA SOLARTE
NATALIA CATERIN MORALES JAMIOY
DAVID GUSTAVO VILLOTA YAMÀ**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
INGENIERÍA AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2017**

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS SISTEMAS DE MANEJO
GANADERO EN LOS PROCESOS EROSIVOS Y EL CAMBIO DE ALGUNAS
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS UBICADOS EN TRES
PENDIENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO.**

FASE A: ZONA PLANA

**ADRIÁN ANTONIO RIASCOS SALCEDO
BAYRON MILLER CORAL CRIOLLO
KRISTIAM JULIÁN PAZMIÑO BENAVIDES**

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

**Investigadora principal:
ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA I.A. Esp. M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
INGENIERÍA AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2017**

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

Sibundoy Putumayo, Diciembre de 2017.

DEDICATORIA

En la culminación de esta etapa de mi formación universitaria, he contado con el apoyo de personas, quienes me han permitido en los momentos de consistencia y dificultad vivir una grandiosa experiencia profesional, a quienes doy mis sinceros agradecimientos.

Primero que todo agradezco a Dios, por la oportunidad de permitirme el haber culminado esta etapa tan importante de mi formación profesional y el haber conocido maravillosas personas.

Doy mis sinceros agradecimientos a mis padres, por enseñarme cada día a ser mejor ser humano, siendo un claro ejemplo de lucha y perseverancia, ya que sin su esfuerzo no hubiera sido posible todo esto, al dejarme una profunda lección de vida, convirtiéndose en la base fundamental para lograr esta meta, su apoyo y confianza fueron primordiales para lograr con humildad este objetivo.

Le agradezco a la Esp. Ing. Adriana Del Socorro Guerra Acosta, asesora de este proyecto de grado, por su incondicional apoyo y el haber ayudado alcanzar este pasó en mi formación profesional, sus conocimientos y amistad hicieron posible esto.

*A todos los docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo por compartir sus conocimientos, por su tiempo y por su pasión por la actividad docente, haciendo posible que mi formación se vea reflejado en el proyecto.
A mis amigos y compañeros, especialmente a los de mi proyecto, a quienes compartieron su confianza, tiempo y los mejores momentos especiales que hemos atravesado durante esta etapa universitaria, fortaleciendo más nuestra amistad.*

Finalmente agradezco a mis hermanos y demás familiares, quienes por estar siempre presentes, han hecho parte de la culminación de esta etapa en vida profesional.

Adrián Antonio Riascos Salcedo

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre Nelly Criollo por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos y valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Luciano Coral quien con sus consejos ha sabido guiarme demostrándome siempre su cariño y comprensión, sin importar nuestras diferencias de opiniones y así salir adelante para culminar mi carrera profesional

A mi hermano Camilo Gaviria Criollo por ser un gran amigo que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y uno de los seres más importantes en mi vida.

A mi hermana, mi guía, mi confidente, mi guardaespaldas, mi compañera Alejandra Criollo por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles de mi vida brindándome su apoyo y consejos.

Agradezco especialmente a mis tíos Inés, Roberto y abuela Inés Guerrero quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida. A mis sobrinas Gabriela, Sofía y demás familiares que siempre estuvieron pendientes de mí.

A mis ángeles que me cuidan y guían desde el cielo en especial a mi tío Carlos Criollo y mi abuelo Emiliano Coral para ustedes este logro.

A mis compañeros de trabajo y amigos Antonio Rjascos y Kristian Pazmiño, al equipo que formamos, logramos mantenernos siempre unidos apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional compartiendo momentos de

alegría y tristeza hasta llegar al final del camino culminando con éxito.

A la magister Adriana Guerra Acosta, por brindar su tiempo, su dedicación y sus conocimientos, por convertirse en un apoyo a lo largo de estos años de formación. En especial por brindarme sus consejos, enseñanzas de vida y ser la promotora de este proyecto para poder terminar con éxito esta investigación.

*A los docentes, compañeros y amigos que en mi formación académica de una u otra manera se compartió, vivió y disfruto una serie de experiencias y momentos que contribuyeron a la formación tanto personal como profesional.
Gracias totales.*

Bayrón Miller Coral Criollo

DEDICATORIA

A Dios por regalarme la vida, brindarme fortaleza y perseverancia para alcanzar mis sueños, por concederme la fe y el valor para luchar por mis ideales y lograr este propósito.

A mis padres José Julián Pazmiño Figueroa Y Piedad Libia Benavides, por ser mis pilares fundamentales, por su apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado brindándome lo mejor de sí, y por ser ese ejemplo de esfuerzo, perseverancia y dedicación. Gracias porque de ustedes aprendo el verdadero significado de luchar por una mejor vida, y eso hace que cada día sea más interesante.

A mis hermanas, tíos (Luis Antonio Pazmiño F. y Pedro Segismundo Pazmiño F) y demás familiares por enseñarme el verdadero significado de la familia, a pensar siempre en el mejor futuro, para hacer realidad todos nuestros sueños propuestos.

A Miller Coral Y Antonio Rjascos por su amistad, compromiso y responsabilidad en todas las actividades propuestas, por su alegría, ocurrencias y buen humor a pesar de las diferentes dificultades y adversidades presentadas.

A la magister Adriana Guerra Acosta, por todos y cada uno de sus conocimientos brindados, por convertirse en un apoyo y por estar siempre presta a todo aquello que necesitábamos y por último por confiar en nosotros y en nuestras capacidades, gracias porque más que un guía fue una amiga.

A los docentes en especial (Cesar, Yuberli, Liliana, Ruperto, Mario David), compañeros y amigos que en mi formación han contribuido, siendo portadores de conocimientos y fomentadores de inspiración.

Kristiam Julián Pazmiño Benavidez

AGRADECIMIENTOS

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

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

A los habitantes y propietarios de los predios ubicados en la Vereda San Miguel, La Loma y la Inspección de San Antonio de Porotoyaco del municipio de San Francisco, por su tiempo y colaboración con el desarrollo del proceso.

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

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

A la secretaria de planeación municipal de San Francisco Putumayo por facilitarnos la información necesaria sobre el consolidado de ganaderos para la realización de este proyecto.

A los docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo de las sedes Sibundoy y Mocoa, por su compromiso con la formación integral que nos han brindado durante los estudios profesionales.

Y a todas las personas que de una u otra manera, contribuyeron en este proceso investigativo.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.....	24
1. PROBLEMA.....	26
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	28
2. OBJETIVOS	29
2.1. OBJETIVO GENERAL	29
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
3. JUSTIFICACIÓN.....	30
3.1. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	31
4. HIPÓTESIS	32
4.1. HIPOTESIS EXPERIMENTAL.....	32
4.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	32
5. MARCO REFERENCIAL.....	33
5.1. MARCO TEÓRICO	33
5.1.1. Generalidades de los suelos	33
5.1.2. Impacto ambiental generado por el sobrepastoreo	34
5.1.3. Sistemas de producción ganadera	40
5.1.4. Importancia mundial del sector ganadero	45
5.1.5. El sobrepastoreo en Colombia.....	45
5.2. MARCO LEGAL	46
5.2.1. Según la Constitución Política Nacional de Colombia (1991).....	46
5.2.2. Del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Decreto 2811 de 1974, de la parte VII de la tierra y los suelos, título I del suelo agrícola	46
5.2.3. Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993	47
5.3. MARCO CONTEXTUAL	47
5.3.1. Departamento del Putumayo.....	47
5.3.2. Subregión Andino-Amazónica o Valle de Sibundoy	47
5.3.3. Municipio de San Francisco.....	48
5.4. MARCO CONCEPTUAL.....	49

5.4.1.	Compactación	49
5.4.2.	Degradación del suelo	49
5.4.3.	Degradación por la lluvia.....	49
5.4.4.	Erosión	49
5.4.5.	Erosión en cárcavas	49
5.4.6.	Erosión en surcos.....	49
5.4.7.	Erosión en terracetas.....	50
5.4.8.	Erosión hídrica	50
5.4.9.	Erosión laminar	50
5.4.10.	Erosión por escurrimiento	50
5.4.11.	Ganadería extensiva	50
5.4.12.	Pendiente	50
5.4.13.	Remoción en masa.....	50
5.4.14.	Sellado y encostramiento del suelo	51
5.4.15.	Sistemas de producción ganaderos	51
5.4.16.	Sobrepastoreo.....	51
5.4.17.	Suelo.....	51
6.	METODOLOGÍA.....	52
6.1.	LOCALIZACIÓN.....	52
6.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	52
6.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	53
6.4.	MUESTREO	54
6.4.1.	Determinación de algunas propiedades físicas y químicas con relación a la pendiente y al tipo de manejo en sistemas ganaderos	54
6.4.2.	Metodología de campo (recolección de muestras físicas y químicas).....	56
6.4.3.	Metodología de laboratorio	58
6.5.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	65
6.5.1.	Análisis estadístico.....	65
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
7.1.	FASE A: ZONA PLANA	66
7.1.1.	Localización de unidades experimentales de la zona plana	66

7.1.2. Diagnóstico del estado actual de los suelos manejados por producción ganadera en zona plana.....	70
7.1.3. Evaluación de las propiedades físicas y químicas.....	71
7.1.4. Análisis multivariado	111
7.1.5. Resultados y análisis de las encuestas realizadas a propietarios de fincas con producción de ganadería en las veredas San Miguel, La Loma y San Antonio en el municipio de San Francisco	118
7.1.6. Estrategias a implementar en los suelos erosionados por la ganadería	136
8. CONCLUSIONES.....	141
9. BIBLIOGRAFÍA.....	142
ANEXOS	156

FIGURAS.

Figura 1. Pradera dividida en 12 potreros, para un pastoreo rotativo en invierno con 44 días de descanso y 4 días de utilización de cada potrero.	44
Figura 2. Pastoreo en franjas con cerco eléctrico móvil adelante y atrás de las vacas para separar el área de pastoreo del área en descanso.	44
Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de San Francisco en el departamento del Putumayo, Colombia.	48
Figura 4. Sistemas de estudio en zona plana para la evaluación del efecto de la ganadería en la Vereda San Antonio, Municipio de San Francisco, Putumayo	54
Figura 5. Muestreo en campo.	56
Figura 6. Extracción de muestras disturbadas	57
Figura 7. Toma de muestras para la Evaluación de Resistencia del suelo	57
Figura 8. Toma de muestras disturbadas para evaluación de propiedades químicas	58
Figura 9. Secado de muestras de suelo disturbadas y sin disturbar	58
Figura 10. Rotulación de muestras de suelo para evaluación de propiedades químicas.....	59
Figura 11. Corte de excesos de suelo	60
Figura 12. Saturación de muestras	60
Figura 13. Montaje y recolección en el permeámetro	60
Figura 14. Determinación de densidad aparente en laboratorio.	61
Figura 15. Determinación de la densidad real en laboratorio	62
Figura 16. Determinación de la Textura en laboratorio.....	63
Figura 17. Evaluación de la estabilidad estructural del suelo	64
Figura 18. Determinación de la Humedad gravimétrica del suelo.....	65
Figura 19. Espacialización de las unidades de suelo de la cuenca alta del Rio Putumayo.....	67
Figura 20. Localización municipio de San Francisco.	68
Figura 21. Localización Puntos cardinales de las 9 unidades experimentales de investigación zona plana.	69
Figura 22. Proceso erosivos con terracetos y patas de vaca	70
Figura 23. Saturación del suelo en fincas evaluadas.....	71
Figura 24. Clases texturales de los bosques secundarios (S1) a dos profundidades de muestreo.	73
Figura 25. Clases texturales de sistema intensivo (S2) a dos profundidades de muestreo.	74
Figura 26. Clases texturales de sistema de manejo en franjas o cercado eléctrico (S3) a dos profundidades de muestreo.	75
Figura 27. Promedios de la Densidad aparente (D_a) en los tratamientos	77
Figura 28. Promedio Densidad real (D_r) en los tratamientos.....	79

Figura 29. Valor promedio para la variable Porosidad del suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario	80
Figura 30. Valor promedio para la variable distribución de agregados en seco (Shaker)	83
Figura 31. Promedio de humedad gravimétrica en los tratamientos.	84
Figura 32. Promedio de humedad volumétrica en los tratamientos.....	85
Figura 33. Promedio de conductividad hidráulica en los tratamientos.	86
Figura 34. Resistencia a la penetrabilidad en los Bosques secundarios (S1).	88
Figura 35. Resistencia a la penetrabilidad en Sistemas ganaderos intensiva (S2)	88
Figura 36. Resistencia a la penetrabilidad en Sistema de manejo de ganado en franjas con cercas eléctricas (S3).....	89
Figura 37. Variación Promedios de pH del suelo por sistemas	92
Figura 38. Promedios de Materia Orgánica por tratamientos	95
Figura 39. Promedio Fosforo Disponible	97
Figura 40. Valor promedio, variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario.....	99
Figura 41. Valor promedio, variable calcio de cambio de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario	100
Figura 42. Valor promedio, variable Magnesio de cambio de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario	101
Figura 43. Promedio Potasio de Cambio.....	102
Figura 44. Promedio Aluminio de Cambio.....	103
Figura 45. Valor promedio, variable nitrógeno total de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario	105
Figura 46. Variación de la relación Ca:Mg del suelo a través del sistema de manejo	107
Figura 47. Variación de la relación Mg:K del suelo a través del sistema de manejo	108
Figura 48. Variación de la relación K:Mg del suelo a través del sistema de manejo	109
Figura 49. Promedio Relación Calcio – Potasio.....	110
Figura 50. Valor promedio para la variable (Ca+Mg)/K del suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario	111
Figura 51. Aplicación de la encuesta en el municipio de San Francisco, Vereda San Miguel, La Loma y Vereda San Antonio.....	118
Figura 52. Tipo de pendiente del predio	119
Figura 53. ¿Cuál es el área de la finca dedicada a la producción ganadera?	119
Figura 54. ¿Hace cuantos años tiene el sistema de ganadería en su finca?.....	120
Figura 55. ¿Cuál es el número total de animales bovinos que se mantienen en la finca?	121
Figura 56. ¿Qué cantidad de bovinos alimenta por unidad de área?	121
Figura 57. ¿Es permanente la pastura para el ganado en la finca?	122

Figura 58. Con el paso de los años ¿cómo ha sido el comportamiento en los rendimientos de la producción ganadera?	123
Figura 59. ¿Cuál es el manejo que le da usted a los Saladeros y tomaderos de agua?.....	124
Figura 60. En su finca tiene zonas de aislamiento con bosques.....	125
Figura 61. ¿Cuál de las siguientes prácticas de manejo de ganado, realizan en la finca?	125
Figura 62. En su finca tiene establecidos arboles	126
Figura 63. Especies de árboles de encuestados que tienen establecidos árboles en su finca	127
Figura 64. ¿Cuáles de las opciones se encuentran implementadas en la finca para el mejoramiento de los pastos?	128
Figura 65. ¿Aplica insumos agropecuarios para mejorar el rendimiento de pastos?	128
Figura 66. ¿Cómo realiza el control de malezas dentro del potrero?	129
Figura 67. Maneja algún tipo de labranza para renovar los potreros	130
Figura 68. En el tiempo que usted ha manejado la producción ganadera con bovinos ¿ha observado cambios que se presenten en el suelo?	131
Figura 69. ¿Ha realizado análisis de suelos en áreas dedicadas al manejo de ganadería?	132
Figura 70. ¿Qué manejo se realiza a los estiércoles de los animales?	133
Figura 71. El manejo que ha dado a la materia orgánica ¿Ha mejorado la calidad de los pastos?	134
Figura 72. ¿Pertenece usted a alguna organización relacionada con la producción ganadera?.....	135
Figura 73. Si pertenece a alguna organización ¿Qué servicios le ofrece?	135

TABLAS.

Tabla 1. Propiedades físicas y método de determinación.....	55
Tabla 2. Propiedades químicas y método de determinación.	55
Tabla 3. Identificación de las unidades experimentales con relación al propietario del predio, su ubicación geográfica y tipo de sistema de manejo con que se dio a evaluar la respectiva investigación.....	66
Tabla 4. Análisis de varianza (Anova) de algunas variables físicas en los suelos evaluados	72
Tabla 5. Clasificación de porosidad total de un suelo	76
Tabla 6. Erosionabilidad de sistemas de manejo ganadero.....	76
Tabla 7. Clasificación de porosidad total de un suelo	81
Tabla 8. Calificación Diámetro Ponderado Medio.....	83
Tabla 9. Clasificación de la conductividad hidráulica.	87
Tabla 10. Interpretación de resistencia a la penetración (Mpa).....	89
Tabla 11. Análisis de varianza (Anova) de algunas variables químicas en los suelos evaluados.....	91
Tabla 12. Estimativo de pH del suelo.....	93
Tabla 13. Prueba significancia de Tukey.....	94
Tabla 14. Estimativo de materia orgánica según el clima	95
Tabla 15. Niveles críticos para la interpretación de P (mg/ Kg) de los suelos.	98
Tabla 16. Estimativos para fosforo (P), Calcio (Ca), magnesio (Mg) y Capacidad de intercambio catiónico (CIC).	99
Tabla 17. Aluminio Intercambiable	104
Tabla 18. Prueba significancia de Tukey.....	105
Tabla 19. Estimativo para el contenido de Nitrógeno total	106
Tabla 20. Apreciación en la relación de bases.....	107
Tabla 21. Balance de base Mg/K.....	108
Tabla 22. Balance de base K/Mg.....	109
Tabla 23. Balance de base Ca/K	110
Tabla 24. Balance de base (Ca + Mg) / K.....	111
Tabla 25. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas y químicas.....	116
Tabla 26. Prácticas de conservación del recurso suelo en sistemas de manejo de ganadería.....	138

ANEXOS.

ANEXO A. ENCUESTA.....	156
ANEXO B. Recopilación de la información necesaria para el desarrollo de la investigación: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE EL RECURSO SUELO EN TRES TIPOS DE PENDIENTE Y DOS SISTEMAS DE MANEJO EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO”. Fase A: Zona Plana	158
ANEXO C. Estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas (Fuente: (Castro & Gomez, 2010)).....	159
ANEXO D. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades 1 y 2.	160
ANEXO E. Clases texturales obtenidas en los diferentes tratamientos	160
ANEXO F. Promedios de resistencia a la penetrabilidad en los tratamientos	161
ANEXO G. Valores promedios halladas por cada variable evaluadas de las propiedades químicas.	162

RESUMEN DEL PROYECTO.

El uso irracional del suelo, es uno de los principales efectos que causan la degradación del mismo, siendo por esto, catalogado como un problema ambiental, entre las cuales se puede destacar la actividad ganadera, que incide en el pisoteo continuo del terreno, ha llevado al incremento de impactos negativos que disminuyen la productividad de este importante recurso.

En el municipio de San Francisco departamento del Putumayo, la ganadería está consolidada como la actividad de mayor importancia económica a nivel local y regional, realizándose en suelos ubicados en pendientes altas, medias como en planas con sistemas de producción de tipo intensiva que generan graves impactos ambientales a los recursos naturales principalmente al suelo.

En los suelos bajo sistemas ganaderos seleccionados se evaluó el tipo de erosión que estos presentan y el cambio de algunas propiedades físicas como, conductividad hidráulica (cm/h), densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad total (%), estabilidad estructural en seco (Shaker), textura al tacto, resistencia a la penetración, humedad gravimétrica y volumétrica (%), y algunas propiedades químicas como: pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), elementos mayores nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica, bases intercambiables Ca, Mg y K, buscando realizar la respectiva caracterización de las propiedades más sensibles a los cambios por el manejo que se ha venido por muchos años en la actividad ganadera.

Para llevar a cabo este estudio, se evaluó predios de manejo ganaderos para diagnosticar el tipo y grado de erosión, del mismo modo para evaluar las propiedades en los lotes seleccionados, que corresponden a la zona plana con pendiente entre 0 y 3% y tres subtratamientos, bosque secundarios, (S1), sistema de ganadería tradicional o intensiva (S2), franjeo y cercas eléctricas (S3), cada subtratamiento se evaluaron con 3 repeticiones respectivamente para un total de 9 unidades experimentales (lotes). En cada una de las unidades experimentales se elaboró tres cajuelas en forma aleatoria, tomando muestras disturbadas y sin disturbar a dos profundidades de 0-15cm y de 15-30 cm.

La información obtenida de cada una de las propiedades físicas y químicas evaluadas con relación a los diferentes tratamientos (tipos de pendientes) y subtratamientos (sistemas de manejo), se realizó un análisis estadístico de varianza (ANDEVA) ($P < 0.05$), encontrando diferencias estadísticamente significativas para las variables materia orgánica y nitrógeno total con un P valor de 0,0472 respectivamente, por lo cual se realizó la prueba de significancia de Tukey siendo el sistema bosque secundario (S1) con un promedio de 18,38 % el que difiere de los sistemas de manejo ganadero (sistema de franjeo "S2" con 16,33 % y sistema intensivo "S3" con 10,80 %); como no existieron diferencias

estadísticamente significativas para la mayoría de las variables evaluadas se discutieron los resultados con los promedios obtenidos y un análisis de correlaciones que permitió determinar las relaciones entre las diferentes propiedades evaluadas presentando relaciones inversas significativamente entre la densidad aparente con la porosidad, porcentaje de humedad gravimétrica y volumétrica con coeficientes de -0.982, -0.956 y -0.957. La porosidad presentó una correlación altamente significativa positiva con humedad gravimétrica y volumétrica con valores de 0,942 y 0,955. La CIC presentó una correlación positiva y altamente significativa con la relación K/Mg = 0.937, la relación Ca/K con Ca/Mg 0.827.

Igualmente para las propiedades químicas el contenido de materia orgánica presentó una correlación altamente significativa con el nitrógeno total, cuyo coeficiente fue 0.998 y el aluminio de cambio con 0.830.

Las unidades experimentales evaluadas presentaban procesos erosivos como terracetos o patas de vaca y altos niveles de saturación debido a niveles freáticos altos, por procesos evidentes de compactación, sobre todo en los sistemas de ganadería intensivo y menor en sistemas de franqueo en puntos de mayor presencia de ganado como son los bebederos.

Los valores promedios de las variables físicas y químicas evaluadas, determino que los suelos de mayor contenido de materia orgánica, presentan propiedades ideales siendo el sistema testigo bosque secundario con mayor contenido de materia orgánica con 18,37%.

Los demás sistemas de manejo ganadero evaluados el más alto con densidad aparente (D_a) con 0,81 g/cc es el de franqueo en la profundidad de 15–30 cm, el de densidad real (D_r) más alto fue en el sistema intensivo con 2,59 g/cc a una profundidad de 15-30 cm y el más alto con porosidad fue a una profundidad de 0-15 cm para el sistema intensivo con 85,05% y el más bajo fue en el de franqueo a una profundidad de 15-30 cm con 67,58%, explicando los resultados anteriores a menor porcentaje de porosidad mayor densidad aparente y densidad real, que implica que son suelos con los de mayor efecto ganadero al recurso suelo debido al pisoteo haciendo que se compacte.

Sin embargo, la estabilidad estructural de los suelos evaluados son muy estables de acuerdo a los resultados donde el sistema en franqueo fue la que presento los valores más bajos a ambas profundidades evaluadas con 5,27 mm (0-15cm) y con 5,11 mm (15-30mm), mientras tanto para conductividad hidráulica (CH) en los tres sistemas evaluados, a la profundidad de 0-15 cm la CH es moderada, mientras en las profundidades de 15-30 cm moderadamente es lenta, siendo el de menor valor el de sistema de franqueo en la profundidad de 15-30cm con 1,191 cm/hora, afirmando lo anteriormente mencionado en la estabilidad estructural, lo que implica que a menores valores en estos sistemas están relacionados con el incremento de la

densidad aparente, lo que genera disminución de la porosidad y actividad de la macro fauna. El suelo bosque secundario presentaron texturas franco arenosas (FA), mientras que los de sistema de manejo ganadero el de textura más representativa fue el de franco arcilloso (FAr).

Los 3 sistemas evaluados presentaron pH menor a 5,5 siendo así suelos extremadamente ácidos y con presencia de aluminio, por lo que se recomienda encalar con cal dolomítica. Las propiedades químicas el sistema de franjeo presenta los datos más altos de los nutrientes mayores con 36,87 mg/kg de fósforo, 6.70 cmol/kg⁻¹ de calcio, 0.53 cmol/kg⁻¹ de potasio, esto debido a que como la afirmaron los propietarios de las fincas evaluadas, de que aplican enmiendas al suelo como son los abonos orgánicos y la cal.

En términos generales los resultados de las variables tanto físicas como químicas evaluadas en los 3 tratamientos, presenta el sistema de franjeo a la profundidad de 15-30 cm con datos más relevantes que implicaría el de mayor efecto ganadero al recurso suelo, cabe resaltar que este sistema presenta datos más ideales en cuanto a las propiedades químicas, por lo que es necesario que se implemente buenas prácticas ganaderas que no den afectar negativamente al recurso suelo como han sido la formación de terracetas y saturación halladas en esta investigación, sino al contrario, brinde mejorar las condiciones del suelo promoviendo sistemas adecuados como el manejo silvopastoril, la incorporación de enmiendas orgánicas mediante la aplicación de abonos, el uso racional del recurso agua usados para bebederos del ganado mediante bebederos con flotadores y la labranza con arado de cincel que no implicaría la inversión de las capas del suelo, acciones menos dañinas que promueven mitigar los efectos al recurso, que se ven reflejadas ante un desarrollo inadecuado de la actividad ganadera.

Palabras claves: Propiedades físicas y químicas de los suelos, sistemas de ganadería, sistemas silvopastoriles, abonos orgánicos.

ABSTRACT

The irrational use of the soil is one of the main effects that cause the degradation of the same, being by this, cataloged like an environmental problem, between which it is possible to emphasize the cattle activity, that inside in the continuous trampling of the grand, which has generated the increase of negative impacts that decrease the productivity of this important resource.

In the municipality of San Francisco department of Putumayo, livestock is consolidated as the greatest economic activity at the local and regional level, occurring in soils with high, medium and flat slopes, with intensive production systems that generate serious environmental impacts to natural resources, mainly to the soil.

In the soils under selected livestock systems, was evaluated the type of erosion these present and the change of some physical properties such as hydraulic conductivity (cm / h), apparent density (g / cc), real density (g / cc), total porosity (%), dry structural stability (Shaker), texture to the touch, resistance to penetration, gravimetric and volumetric moisture (%), and some chemical properties such as: pH, cation exchange capacity (CIC), nitrogen major elements (N), phosphorus (P), potassium (K), organic matter, interchangeable bases Ca, Mg and K, searching to make the respective characterization of the properties most sensitive to changes by the management, that has been made for many years in the livestock activity.

In order to carry out this study, livestock management properties were evaluated to diagnose the type and degree of erosion, in the same way to evaluate the properties in the selected lots, which correspond to the flat area with a slope between 0 and 3% and three sub-treatments, secondary forests, (S1), traditional or intensive livestock system (S2), fringing and electric fences (S3). Each sub-treatment was evaluated with three repetitions respectively for a total of nine experimental units (lots). In each of the experimental units, three trunks were prepared in a random way, taking disturbed and undisturbed samples at two different depths of 0-15 cm and 15-30 cm.

The information obtained from each of the physical and chemical properties evaluated in relation to the different treatments (types of slopes) and sub-treatments (management systems), a statistical analysis of variance (ANDEVA) ($P < 0.05$), finding differences statistically significant for the variables organic matter and total nitrogen with a P value of 0.0472 respectively, for which the tests of significance of Tukey carried out being the secondary forest system (S1) with an average of 18.38% which differs of the systems of livestock management (fringing system "S2" with 16.33% and intensive system "S3" with 10.80%); as there were no statistically significant differences for most of the evaluated variables, the results were discussed with the averages obtained and a correlation analysis that allowed to determine the relationships between the different evaluated properties, presenting inverse relationships significantly between apparent density with

porosity, gravimetric and volumetric humidity percentage, with coefficients of -0.982, -0.956 and -0.957. The porosity showed a highly significant positive correlation with gravimetric and volumetric humidity with values of 0.942 and 0.955. The CIC presented a positive and highly significant correlation with the K / Mg = 0.937, the relationship Ca / K with Ca / Mg 0.827

Likewise, for chemical properties, the content of organic matter showed a highly significant correlation with the total nitrogen, whose coefficient was 0.998 and aluminum exchange with 0.830.

The evaluated experimental units presented erosive processes such as terracetas or cow legs and high levels of saturation due to high phreatic levels, due to evident processes of compaction, especially in intensive livestock systems and lower in fringing systems in points of greater presence of cattle as are the drinkers.

The average values of the physical and chemical variables evaluated, determined that the soils of higher content of organic matter, have ideal properties being the secondary forest control system with higher content of organic matter with 18.37%.

The other cattle management systems evaluated, the highest with apparent density (Da) with 0.81 g / cc is the fringing in the depth of 15-30 cm, the highest real density (Dr) was in the intensive system with 2.59 g / cc at a depth of 15-30 cm and the highest with porosity was at a depth of 0-15 cm for the intensive system with 85.05% and the lowest was at the fringe level at a depth of 15-30 cm with 67.58%, explaining the previous results: to lower percentage of porosity greater apparent and real density, which implies that they are soils with the greatest livestock effect to the soil resource due to trampling causing it to compact.

However, the structural stability of the evaluated soils are very stable according to the results where the fringing system was the one that presented the lowest values at both depths evaluated with 5.27 mm (0-15cm) and with 5.11 mm (15-30mm), meanwhile for hydraulic conductivity (CH) in the three evaluated systems, at the depth of 0-15 cm the CH is moderate, while in the depths of 15-30 cm it is moderately slow, being the lower value of the system of fringing in the depth of 15-30cm with 1,191 cm / hour, affirming the aforementioned in the structural stability, which implies that the lower values in these systems are related to the increase of the apparent density, that generates decrease of the porosity and activity of the macro fauna. The secondary forest soil presented sandy loam textures, while the most representative texture of the livestock management system was the loamy loam.

The 3 systems evaluated had a pH lower than 5.5, thus being extremely acid soils and with the presence of aluminum, so it is recommended to lime with dolomitic lime. The chemical properties of the fringing system presents the highest data of the major nutrients with 36.87 mg / kg of phosphorus, 6.70 cmol / kg-1 of calcium, 0.53 cmol / kg-1 of potassium, this because like the owners of the evaluated farms affirmed that they apply soil amendments such as organic fertilizers and lime.

In general terms, the results of the physical and chemical variables evaluated in the 3 treatments, presents the system of fringing at the depth of 15-30 cm with more relevant data that would imply the greatest livestock effect to the soil resource, it should be noted that this system presents more ideal data regarding chemical properties, so it is necessary to implement good livestock practices that do not adversely affect the soil resource as have been the formation of terraces and saturation found in this research, but on the contrary, provide improve soil conditions by promoting appropriate systems such as silvopastoral management, the incorporation of organic amendments through the application of fertilizers, the rational use of the water resource used for livestock watering troughs with floats and tillage with a chisel plow that would not imply inversion of soil layers, less damaging actions that promote mitigate the effects to the resource, which are reflected in the inadequate development of the livestock activity.

Keywords: Physical and chemical properties of soils, livestock systems, silvopastoral systems, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN.

El sobrepastoreo consiste básicamente en aplicar a una zona una carga ganadera mayor de la que puede soportar. La hierba no puede entonces regenerarse a la misma velocidad en que es consumida por el ganado y termina por desaparecer. Al quedar el suelo al descubierto, los agentes atmosféricos (sobre todo el agua y el viento) arrastran la capa superficial de suelo fértil y la tierra se vuelve improductiva. El ganado tiene que irse a otros lugares en los que se repetirá el fenómeno. Este proceso va, progresivamente agotando las tierras productivas y es lo que se conoce comúnmente como avance de los desiertos (Galiano, 1985).

La ganadería extensiva es causa del deterioro del suelo, principalmente por el efecto del sobrepastoreo, el cual provoca la pérdida o degradación de la cubierta vegetal y con ello la posibilidad de retener la materia orgánica y las partículas del suelo. Los sitios sobrepastoreados están más expuestos a la erosión hídrica y eólica (Semarnat, 2009). En la época de lluvias, puede presentarse la compactación acelerada de la superficie por el pisoteo continuo del ganado, lo que crea una estructura impermeable que favorece la formación de láminas de agua y la creación de encostramientos superficiales que impiden la infiltración y con ello el desarrollo vegetal (Semarnat, 2009).

El pisoteo, la defoliación y el retorno de nutrientes por los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo (Hilder citado por Funes F. , 1975), el pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos ocasionó la compactación de los suelos y con ello se modificó notoriamente la relación suelo -aire- agua. La diversidad biológica en estos sistemas sufre reducciones notorias.

En otra publicación realizada también por Ruiz & JZ-Janica, (2012), aseguran que la actividad ganadera es una de las causas principales de los problemas ambientales más apremiantes del mundo, como el calentamiento del planeta, la degradación de las tierras, la pérdida de biodiversidad, la contaminación atmosférica y la contaminación del agua.

Un estudio realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (2002) indica que las estadísticas del manejo del suelo en Colombia muestran que el uso potencial para agricultura es algo mayor a 18 millones de hectáreas, mientras que actualmente se dedican tan sólo cuatro millones. Por el contrario, la ganadería utiliza actualmente 38 millones de hectáreas, cuando sólo son aptas 15 millones

El establecimiento de la ganadería en el territorio colombiano tiene un alto costo ambiental. Pérdida de hábitats naturales, fragmentación de ecosistemas y disminución en la productividad de los suelos se cuentan dentro de las

consecuencias del modelo ganadero que actualmente prospera en el país (Latam & Rico, 2017).

La alta vulnerabilidad de los suelos en el municipio de San Francisco al ser expuestos a la actividad ganadera extensiva por mucho tiempo ha generado diversos impactos ambientales por lo que se hizo necesario la evaluación del suelo pendientes planas (0 – 3%), medias (8 – 45%) y altas (> 45 %), que permitio conocer el grado y tipo de erosión que presentan los suelos evaluados, además el estado actual de algunas propiedades físicas, químicas en comparación con bosques secundarios como referentes o testigos, sistemas de ganadería intensiva y franjeo con cercas eléctricas.

1. PROBLEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La actividad ganadera es una de las causas principales de los problemas ambientales más apremiantes del mundo, tanto en aspectos ambientales incluido el aire, y atmosfera, suelo, agua y biodiversidad como la degradación de los suelos y la pérdida de biodiversidad, la contaminación atmosférica y la contaminación del agua. En lo que respecta a la degradación de los suelos, es importante considerar que la ganadería es la actividad humana que ocupa una mayor superficie de tierra (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2009).

De acuerdo con Kaimowitz (1996) en la transformación de los ecosistemas naturales existe una conexión directa e indirecta entre la ganadería y la tala y quema de bosques. La magnitud con que este proceso se ha realizado en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical.

Los diagnósticos ambientales de carácter nacional demuestran con claridad que las cinco grandes regiones biogeográficas de Colombia (Andina, Amazonía, Orinoquía, Caribe y Pacífica) tienen problemas de potrerización acelerada por el incremento de la ganadería extensiva. Las regiones Andina y Caribe son las que más ecosistemas naturales boscosos han perdido por la ganaderización y consigo agudizando el efecto por el pisoteo excesivo en una determinada área, provocando con esto la aparición de terraceo, patas de vaca, compactación y pérdida de regeneración vegetal (Vera R. , 2008).

Según Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV, 2003), en los sistemas ganaderos de modalidad intensiva de producción de leche (también en sistemas de engorde de novillos en altas cargas), encontraron con una reducción en la diversidad de especies vegetales y la fauna del suelo. Los incrementos en el grado de la compactación por pisoteo de animales son considerables. Este fenómeno reduce significativamente el flujo del agua en el suelo y el volumen de los espacios ocupados anteriormente por poros con aire y agua y se comprueba con la diferencia para variables como materia orgánica (MO), densidad aparente (DA), porosidad total (POR), conductividad hidráulica (CON), resistencia a la penetración de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm (R10 y R20 respectivamente).

El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados, en muchas fincas ganaderas en los terrenos en pendientes es común observar la erosión en terracetos tipo pata de vaca y son frecuentes ya los

movimientos en masa y las cárcavas. Además, en las actividades pecuarias de pastoreo se generan otros impactos ambientales negativos como la erosión y compactación del suelo, la uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas mediante quemadas estacionales y eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos (herbicidas) o físicos, la desecación de humedales, la construcción de vías de penetración, la demanda creciente de madera para cercos, corrales de manejo y camiones ganaderos, la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas, así como las emisiones de gases producidas por la quema de combustibles en el transporte terrestre y fluvial de animales vivos o sus productos (Murgueitio E. , 1999).

Todas las prácticas agrícolas (cultivos, ganadería y también deforestación) tienen como consecuencia que la capa de vegetación desaparece durante un determinado periodo. Por ejemplo, en el caso de cultivos el suelo es arado antes de la siembra y en el caso de ganadería la quema es una práctica común. La desaparición de la vegetación protectora causa una exposición del suelo al aire y aumenta la evaporación en su superficie lo que tiene un efecto altamente significativo porque los suelos volcánicos poco desarrollados, que se encuentran en la mayoría de los páramos, se secan irreversiblemente y no recuperan su morfología original cuando se vuelven a mojar. Con prácticas agrícolas repetitivas, sin largos periodos de descanso, este ciclo de sequía y disminución de materia orgánica puede ser tan grave que el resultado es un suelo seco, arenoso y sin partes orgánicas (Hofstede, 1997).

En Colombia se ha desarrollado de manera extensiva, destinándose grandes terrenos, con bajos niveles de inversión y manejo inadecuado de praderas, lo cual ha provocado un deterioro ambiental de los ecosistemas y un impacto negativo en los sectores socioeconómicos del país (Murgueitio et al., 2011). Dichas pasturas, caracterizadas por una baja o nula diversidad vegetal y por la implementación de inadecuadas prácticas de manejo como el sobrepastoreo del ganado, la quema y la mecanización han causado una pérdida de calidad de los suelos, reduciendo los indicadores productivos, la biodiversidad e incrementando la necesidad de insumos químicos externos (fertilizantes y plaguicidas).

La economía para la región del Valle de Sibundoy se mueve en torno a los sistemas convencionales de producción que se encuentran en las zonas de bajo lomerío y la parte plana en la cual sobresale la producción ganadera lechera y la producción agrícola del cultivo de frijol. En la parte plana el alto nivel freático dificulta el manejo de praderas y afecta la calidad de los pastos repercutiendo en altos costos de producción para el mantenimiento del ganado y baja calidad en la leche de la cual hace parte el municipio de San Francisco (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

La ganadería es una actividad importante en la economía de la región es extensiva y con explotación doble propósito, esta actividad se desarrolla en la

parte baja y en las laderas de la zona de estudio; principalmente con especies como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y en menor proporción bajo pastos como ryegrass (*Lolium multiflorum*), saboya (*Panicum maximum*). La capacidad de carga promedio de cabezas / hectárea es de 0,7, inferior a las registradas para el piedemonte Amazónico y la región Amazónica. Para el municipio de San Francisco la capacidad de carga promedio de cabezas/hectárea es de 0,6 (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

Por esto se hizo necesario realizar esta investigación la cual permitió evaluar los grados y tipos de erosión presentados por el manejo de la ganadería, el cambio de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos generados como producto de la actividad ganadera en el municipio de San Francisco en zonas de pendientes altas, medias y planas.

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Qué efectos tienen los sistemas de manejo de producción ganadera en los procesos erosivos y el cambio de algunas propiedades físicas y químicas de suelos ubicados en diferentes pendientes en el municipio de San Francisco?

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar los efectos de los sistemas de producción ganadera en la erosión y el cambio algunas propiedades físicas y químicas de suelos de tres diferentes pendientes en el municipio de San Francisco Putumayo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Elaborar un diagnóstico del estado actual de los suelos manejados con producción ganadera, enfatizando sobre el tipo y grado de erosión que ellos presentan.

Evaluar algunas propiedades físicas como, conductividad hidráulica (cm/h), densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad total (%), estabilidad estructural en seco (Shaker), textura al tacto, resistencia a la penetración, humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%) y algunas propiedades químicas como, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), elementos mayores nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica, bases intercambiables Ca, Mg y K.

Definir las estrategias que se puedan implementar en los suelos erosionados por la ganadería.

3. JUSTIFICACIÓN.

La ganadería es una de las actividades más importantes que da lugar a una adecuada seguridad alimentaria, no solo por sus aportes directos en la sustentación familiar, sino por todas aquellas actividades derivadas a partir de la transformación de sus productos. Además, contribuye a la economía local generando empleo y utilidades al sector rural. Sin embargo, la implementación de la ganadería en los últimos años ha contribuido de manera considerable al deterioro ambiental, por el uso indiscriminado de los recursos naturales.

La ganadería basada en pastoreo, también conocida como de tipo extensivo, ha realizado el mayor cambio en los paisajes rurales y debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales (El Espectador, 2017).

En el Valle de Sibundoy, la economía se basa en la producción agropecuaria, principalmente en la ganadería extensiva, proporcionando a la comunidad sustentabilidad y sostenibilidad, obteniéndose así un efecto positivo para el desarrollo económico y social, pero a la vez un efecto negativo a nivel ambiental, puesto que conlleva ya sea a corto, mediano o largo plazo al deterioro del recurso suelo.

La ganadería es un factor importante en los cambios negativos que sufren los suelos en donde ésta se desarrolla, no solo por la deforestación que se realiza en aras de tener pastizales para su alimentación, sino, por el pisoteo permanente que realizan los animales, lo que va desencadenando una serie de cambios estructurales denotándose la erosión, la pérdida de nutrientes, compactación y endurecimiento, acidificación, disminución en el contenido de materia orgánica y pérdida de diversidad (Sadeghian, Rivera, & Gómez, s.f).

La presencia de animales grandes genera daños como compactación y contaminación del suelo, provocando la pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua o la erosión y falta de productividad en suelos ácidos. “Una vaca de 530 kilogramos ejerce 250 kPa de tensión al caminar sobre un terreno plano. Este proceso es mucho más dañino cuando la vaca sube una pendiente pronunciada, ya que, en este caso, la masa se concentra en las patas traseras cuando el animal asciende. Estos procesos de compactación afectan el desarrollo de las plantas porque el suelo genera más fuerza mecánica sobre la raíz, así su crecimiento es más lento” (Gonzales J. , 2017).

Esta degradación ha llevado a una pérdida acelerada e irreversible del suelo y con ello la productividad, lo que conduce a una ganadería más costosa, menos competitiva e insostenible a través del tiempo. La reducción de la productividad de los pastos por compactación de los suelos y la pérdida de la cubierta vegetal que deja expuesto al suelo a los agentes erosivos.

En el Municipio de San Francisco, tanto en la zona de la ladera como media y zona plana se han presentado procesos de degradación del suelo, causados por expansión de la frontera ganadera para pastoreo, lo que incluye el desmonte y descubierta del suelo, que ocasionan compactación, pérdida de la estabilidad estructural, hundimiento de los suelos por drenajes excesivos, al igual que procesos de erosión. Por ende, se realizó un análisis detallado que permita conocer la situación actual de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos que se encuentran expuestos a este sistema de producción en el municipio de San Francisco departamento del Putumayo.

Al igual esta investigación permitió caracterizar al suelo principalmente en sus propiedades físicas y químicas que han estado sujetos a la actividad ganadera, lo cual contribuyó a la búsqueda de alternativas de solución a nivel ambiental y social poniendo en conocimiento a la comunidad, estudiantes, profesionales e instituciones locales y regionales.

3.1. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO.

El impacto que se obtuvo mediante esta investigación fue determinar el efecto de la producción ganadera en la erosión de los suelos y sobre algunas propiedades físicas y químicas del recurso suelo en tres tipos de pendiente y dos sistemas de manejo y un comparativo del estado natural del suelo que son los bosques secundarios, que permitió tomar decisiones sobre un manejo sostenible a corto y largo plazo en los sistemas de producción ganadera, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y equilibrio ambiental de este importante recurso en la zona de estudio y para el Valle de Sibundoy.

4. HIPÓTESIS.

4.1. HIPOTESIS EXPERIMENTAL.

¿El manejo de diferentes sistemas ganaderos produce cambios de las propiedades físicas, químicas y ha generado procesos erosivos de diferentes grados y tipo en los suelos evaluados?

4.2. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$. No existen diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos y tres subtratamientos, con relación al efecto del pastoreo en los cambios de propiedades físicas y químicas de los suelos.

Ha: $\mu_j \mu_j; \neq j$. Por lo menos un tratamiento y/o subtratamientos produce un valor medio diferente, con relación al efecto del pastoreo en los cambios de las propiedades físicas y químicas de los suelos.

5. MARCO REFERENCIAL.

5.1. MARCO TEÓRICO.

5.1.1. Generalidades de los suelos. El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico que incluye componentes físicos, químicos, biológicos y sus interacciones. Por lo tanto, para evaluar su calidad resulta necesario la medición y descripción de sus propiedades (Luters & Salazar, 1999). La definición más completa y mundialmente aceptada define la calidad como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat (Doran & zeiss, 2000).

❖ **Propiedades del suelo.** La calidad del suelo depende de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales, de acuerdo con su variabilidad espacial y temporal, sensibilidad a cambios de uso y manejo del suelo, clara discriminación entre los sistemas de manejo, rápida respuesta al cambio y facilidad en su interpretación y ejecución, pueden ser utilizadas como indicadores de calidad; (Gil-Stores, Trasar-Cepeda, Leiros, & Seoane, 2005). Es así como dichas propiedades edáficas pueden emplearse como mecanismos de análisis para detectar tendencias y determinar si los actuales sistemas de manejo conservan, mejoran o degradan el suelo (Luters & Salazar, 1999). Adicionalmente, los indicadores resumen o simplifican información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible, y cuantifican, determinan y proporcionan información acerca del estado actual del funcionamiento edáfico (Navarrete , Vela, López, & Rodríguez, 2011).

❖ **Indicadores de la calidad del suelo.** De acuerdo con Luters & Salazar (1999), los indicadores de calidad se clasifican en cuatro categorías: indicadores visuales, físicos, químicos y biológicos. Los indicadores visuales pueden ser obtenidos a través de visitas de campo, así como de la percepción de los agricultores y los conocimientos locales; básicamente estos se basan en la observación e interpretación fotográfica; por ejemplo, la exposición del subsuelo, el cambio del color del suelo, la presencia de cárcavas, el encharcamiento prolongado, la presencia de malezas, la escorrentía, el pobre desarrollo de vegetación, entre otros, todos ellos son indicios claros de que la calidad del suelo ha sido alterada y está siendo amenazada (Navarrete , Vela, López, & Rodríguez, 2011). Aunque la mayoría de propiedades del suelo son interdependientes, es importante determinar o involucrar todas o la mayoría de propiedades (físicas, químicas y biológicas) para proveer una mejor comprensión de las condiciones (Doran & zeiss, 2000).

En otro estudio Singer & Erwing (2000), afirman que las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso

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

De la misma manera Schoenholtza (2000), propone que de las propiedades anteriormente mencionadas es importante destacar que la textura y la profundidad son propiedades que cambian poco en el tiempo como consecuencia del uso o manejo del suelo, por lo cual, a pesar de la importancia e influencia que ejercen sobre otras propiedades edáficas, especialmente la textura, su uso como indicadores resulta es cuestionable. Lo anterior se asocia a que la textura, por ejemplo, solo cambia en periodos geológicos de tiempo o debido a cataclismos y, por lo tanto, modificaciones en el uso de suelo o manejo no causan alteraciones en dicha propiedad.

Por otro lado Soil Quality Institute SQI (1996), asegura que los indicadores químicos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

Según lo afirmado por Rosell (1999), se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera S. , 2000).

5.1.2. Impacto ambiental generado por el sobrepastoreo. El uso de la agricultura y ganadería conlleva a un gran impacto ambiental, por ejemplo, se tiene que talar árboles para lograr un suelo apto para cultivos y pastizales, hacer embalses de agua para los regíos alterando las fuentes de agua, medidas que disminuyen la biodiversidad de especies en el planeta y los recursos ambientales (Boza, Cevallos, Sarabia, & Silva, 2016).

En lo que respecta a la degradación de los suelos, es importante considerar que la ganadería es la actividad humana que ocupa una mayor superficie de tierra. En total, a la producción ganadera se destina el 30% de la superficie terrestre del planeta. Alrededor del 73% de los pastos y praderas del mundo destinados a esta actividad, están situados en zonas áridas; en las cuales, se presenta algún grado de degradación causada principalmente por el sobrepastoreo, la compactación y la erosión resultantes de la acción del ganado (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2009).

La ganadería extensiva corresponde a los sistemas de producción de tipo extractivo y de pastoreo extensivo tradicional en donde su ciclo ganadero y de las condiciones climáticas es muy alta, el nivel de inversiones y el uso de tecnología son muy bajos. Esta estructura productiva no tiene en cuenta el contexto agroecológico, generando graves consecuencias para la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema (Balcàzar, 1992).

En el otro extremo de la ganadería extensiva está la ganadería intensiva tipo revolución verde, no menos nociva que la primera. Esta ganadería es una gran depredadora de recursos y altamente contaminante; pese a que requiere poco espacio para su establecimiento, el alimento requerido se produce por la agricultura en grandes extensiones. Por ejemplo, el 95% de la soya se produce para el consumo animal. A su vez, esta agricultura es muy nociva con el medio ambiente, requiere grandes cantidades de agua y de insumos químicos y presenta una gran dependencia del petróleo (Vergara W. , 2010).

A esto hay que añadir el pisoteo del ganado que reduce la densidad aparente y la tasa de infiltración del suelo, incrementando así el flujo superficial. Si las pendientes son fuertes y los suelos erosionables, la erosión puede conducir a la desertificación de los terrenos. Sin embargo, esto solo puede suceder cuando el sobrepastoreo es continuo, es decir, cuando un número excesivo de animales intenta alimentarse en una zona que dispone de una cantidad limitada de forraje (Dregne, 1978).

La acción del animal crea condiciones que modifican el microclima y el suelo. En éste la humedad, temperatura, porosidad, transformación y reciclaje de nutrientes pueden sufrir grandes variaciones. El efecto del pisoteo está influenciado por las condiciones climáticas, el comportamiento animal, disponibilidad de la pastura, cobertura basal de las especies y suelo desnudo, sistema de pastoreo y carga animal (Carrillo, 2003).

Además el pastoreo, por ejemplo influye en forma indirecta en la pastura por la compactación y la desagregación del suelo. La primera a su vez tiene influencia sobre el movimiento de agua en el suelo. Si bien la cantidad de agua de lluvia que penetra en el suelo o que corre sobre él se ve influida por la cantidad y volumen de las plantas que lo cubren, así como la pérdida de humedad del suelo por

evaporación directa, está regulada en cierta forma por la cobertura o techo que las plantas hacen sobre él (Carrillo, 2003).

La compactación afecta también a la pastura al reducir el crecimiento de las raíces. En los casos en que se logra desagregación de la superficie del suelo pueden producirse fenómenos de erosión. En condiciones naturales de pastoreo, con baja carga animal, las áreas que se presentan más dañadas son aquellas que sirven de punto de reunión de los animales, como las proximidades de los bebederos o los lugares donde establecen sus “dormideros” (Carrillo, 2003).

El daño aumenta en las áreas donde por cualquier causa se produce un sobrepastoreo, ya que al disminuir la cubierta vegetal se provoca un aumento de temperatura en el suelo por acción directa de los rayos solares, lo que a su vez trae apareada una mayor velocidad de evaporación de agua y posibles daños en yemas y coronas, llegando incluso a la muerte de las plantas. Si se compara la acción de los animales adultos con respecto a los jóvenes, se observa un mayor daño en la vegetación y en el suelo con los animales más pesados, lo que aumenta cuando corren o se desplazan y el suelo está helado o muy húmedo (Carrillo, 2003).

Cuando las lluvias son abundantes o hay escasa evapotranspiración y el agua permanece sobre el suelo o saturándolo, se produce barro y daños variables. Estos pueden agruparse en dos a corto plazo y los que sólo se manifiestan a largo plazo. Los primeros son los daños físicos directos por quebraduras, roturas, cortes o incluso arranque de plantas. Los efectos a largo plazo son una consecuencia de la compactación por pisoteo, que provoca pérdidas de aireación del suelo y por lo tanto en el intercambio gaseoso y en la infiltración del agua (Carrillo, 2003).

La compactación del suelo restringe el crecimiento de las plantas por falta de aire y agua, ya que por un lado no se permite la respiración normal de las raíces y por otro lado gran parte del agua que cae como lluvia se escurre superficialmente. La pérdida superficial de una lluvia suave comienza rápidamente en una pastura intensamente pastoreada debido al doble efecto de la falta de cobertura y la compactación del suelo con disminución de la porosidad. En una pradera excelente y bajo un pastoreo liviano ocurrirá todo lo contrario, ya que el agua caerá lentamente hacia el suelo y será fácilmente absorbida por el mismo sin que se produzca escurrimiento (Carrillo, 2003).

El sobrepastoreo produce disminución o pérdida de la cobertura vegetal, degradación de la composición de la flora, pérdida de la sombra, remoción del mantillo y compactación del suelo por efecto del pisoteo del ganado. El resultado de estas acciones provoca la pérdida de la capacidad de amortiguar la acción de la lluvia y el viento y la capacidad de retención de agua, lo cual conduce al desecamiento, erosión y por último a la desertificación (Claver et al, 1989).

Específicamente sobre la fauna silvestre, el impacto del sobrepastoreo se produce principalmente a través de modificaciones en su hábitat. Ello afecta la heterogeneidad espacial (horizontal y vertical) y, al disminuir las posibilidades de ocupación, la diversidad de la comunidad y en consecuencia, su estabilidad (Kufner et al, 1989).

La actividad ganadera genera efectos negativos sobre el recurso suelo, tales como, la compactación resultante del tránsito de los animales que afecta en forma negativa el flujo del agua a través del perfil y la estabilidad estructural, procesos que causan erosión superficial y remociones masales conocidos en el lenguaje común como deslizamientos, derrumbes o avalanchas. Estas son causadas o agravadas por obras de ingeniería donde se destacan las vías de orden menor destinadas a la recolección permanente de leche fresca, las que generalmente están mal trazadas y con manejos inadecuados de las aguas de escorrentía. Los dos tipos de degradación han llevado a una pérdida acelerada e irreversible del suelo y con ello la productividad, lo que conduce a una ganadería más costosa, menos competitiva e insostenible a través del tiempo (Murgueitio E. , 1999).

❖ **Degradación del suelo.** De acuerdo con Aguilar (2003), el uso y manejo que se hace del suelo provoca con gran frecuencia una alteración tan profunda de sus propiedades que determina una pérdida gradual de su capacidad productiva, de su fertilidad, de sus posibilidades de uso y aprovechamiento y, en ocasiones, hasta la pérdida del suelo mismo como elemento fundamental del medio natural. En consecuencia, el suelo puede llegar a experimentar una pérdida de calidad tan acentuada que le incapacite para ejercer las múltiples funciones que puede realizar.

La expansión de la producción ganadera es un factor fundamental en la deforestación, especialmente en América Latina, donde se está produciendo la deforestación más intensa: el 70 % de las tierras de la Amazonia que antes eran bosques hoy han sido convertidas en pastizales y los cultivos forrajeros cubren una gran parte de la superficie restante. Alrededor del 20 % de los pastos y praderas del mundo, un 73 % de las cuales está situado en zonas áridas, presenta algún grado de degradación causada principalmente por el sobrepastoreo, la compactación y la erosión resultantes de la acción del ganado. Estas tendencias afectan particularmente a las tierras áridas ya que la ganadería es el único medio de vida para los pobladores de estas áreas (Steinfeld, 2009).

❖ **Erosión del suelo.** De acuerdo con las investigaciones de Verstappen & Van Zuidam (1971), los suelos degradados resultan de la acción de múltiples procesos que ocasionan la pérdida o disminución de la productividad y afectan sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. La erosión es un proceso físico por el cual la totalidad o partes del suelo son removidas, transportadas y depositadas en otro lugar por la acción de los distintos agentes como agua, viento, hielo o gravedad. La antropogénesis o morfogénesis antrópica se refiere a la presencia

del hombre, como agente de cambios en el paisaje, generando reacciones de adaptación para establecer un nuevo equilibrio

La erosión del suelo es una de las principales problemáticas ambientales a nivel mundial, la degradación de los ecosistemas afectados involucra indirectamente un impacto económico y social, mientras que los efectos que presenta en el recurso suelo son variados y muchos de ellos se asocian a la pérdida de productividad (Den Biggealar et al., 2004 & Jagadamma et al., 2009).

Por otra parte Gayoso y Alarcón (1999), resaltan que entre los factores topográficos que tienen influencia en la erosión hídrica, se encuentran esencialmente el ángulo de la pendiente (mientras más pronunciada, mayor severidad de la erosión); el largo de la ladera (a mayor largo de la ladera se incrementa la severidad de la erosión); y la forma de la ladera.

Según Mardones (2007) la erosión se va incrementando a medida que aumenta la pendiente del terreno, en una superficie plana, las gotas de lluvia salpican las partículas de suelo en todas direcciones, en cambio en una superficie con pendiente las partículas de suelo que toman dirección hacia arriba recorren menos distancia que si fueran hacia abajo (debido a su trayectoria parabólica), por lo cual, estadísticamente cuando se observa al salpique en un terreno inclinado, las partículas de suelo tienden a desplazarse hacia abajo, aumentando la proporción en función de la pendiente.

Las pérdidas de suelo por erosión hídrica crecen al aumentar la inclinación y la longitud de un talud como consecuencia del incremento de la velocidad y volumen de la escorrentía superficial, y sus efectos se hacen sentir mucho más fuertemente en las partes inferiores de las laderas. Un factor importante que se desprende de la forma topográfica es el que guarda relación con la capacidad de la vegetación de desarrollarse en forma proporcionalmente inversa al aumento de la pendiente (a 45° ya se estima improbable el crecimiento de vegetación en forma natural).

Con respecto a las relaciones entre erosión y gradiente de pendiente, Morgan (1997) señala que, las cantidades de suelo perdidas, en las etapas de salpicadura y flujo precanalizado, son directamente proporcionales al gradiente de pendiente hasta alcanzar un máximo a inclinaciones de 14 a 18%. Similares resultados son informados por (Evans, 1980) con gradientes del orden de 5 a 10%.

La forma de la pendiente también influye en las tasas de erosión, pues éstas cambian a medida que varía la inclinación del terreno (Terrence, Foster, & Renard, 2002).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2000), la topografía es un importante factor para determinar la

erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra.

Cuanto mayor es el ángulo de la pendiente de la tierra y la longitud de esa pendiente, mayor será la erosión del suelo. Un aumento del ángulo de la pendiente causa un aumento de la velocidad de escorrentía y con ello la energía cinética del agua causa una mayor erosión. Las pendientes largas llevan a una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión más seria (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2000).

Además de los problemas de erosión, las áreas con pendientes agudas también presentan un menor potencial de uso agrícola. Esto es debido a la mayor dificultad o a la imposibilidad de la labranza mecánica o al transporte en o del campo, en este tipo de pendientes. La labranza en estos casos puede además ser limitada por la presencia de suelos superficiales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2000).

❖ **Atmósfera y clima.** El sector ganadero reviste una importancia fundamental ya que es responsable del 18 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero medidos en equivalentes de CO₂, un porcentaje mayor que el correspondiente a los medios de transporte (Steinfeld, 2009).

Asimismo, el sector pecuario produce el 9 % de las emisiones de CO₂ de origen antropógeno, la mayor parte de las cuales se deben a los cambios en el uso de la tierra (principalmente, la deforestación) causados por la expansión de los pastizales y la superficie destinada a la producción de forrajes. La ganadería es también responsable en medida aún más significativa de la emisión de algunos gases que tienen un mayor potencial de calentamiento de la atmósfera. Así, por ejemplo, el sector emite el 37 % del metano antropógeno, el cual proviene en su mayor parte del proceso de fermentación ocurrido en la digestión entérica de los rumiantes y tiene un potencial de calentamiento global (PCG) 23 veces mayor que el del CO₂, y el 65 por ciento del óxido nitroso antropógeno, cuyo PCG es 296 veces mayor que el del CO₂, en su mayor parte proveniente del estiércol. La ganadería también es responsable de casi las dos terceras partes (64 %) de las emisiones antropógenas de amonio, las cuales contribuyen significativamente a la lluvia ácida y a la acidificación de los ecosistemas (Steinfeld, 2009).

❖ **Agua.** El mundo avanza hacia un incremento de los problemas de escasez de agua dulce y agotamiento de los acuíferos. Se prevé que para el año 2025 el 64 % de la población mundial viva en cuencas bajo estrés hídrico (Steinfeld, 2009).

La ganadería también afecta la recarga de los acuíferos en tanto que influye en los procesos de compactación del suelo, reducción de la infiltración, degradación de los márgenes de los cursos de agua, desecamiento de llanuras inundadas y disminución de los niveles freáticos. La ganadería, al incrementar la deforestación, incrementa también las escorrentías y reduce los cursos de agua durante la estación seca (Steinfeld, 2009).

5.1.3. Sistemas de producción ganadera.

- **Sistemas ganaderos tradicionales.** Un sistema es un grupo de componentes que funcionan e interrelacionan para lograr un propósito común, tiene límites específicos, posee entradas y salidas, reacciona como un todo ante los estímulos externos (Pereira et al., 2011).

Vera & Vega (1979), definen el sistema de producción como la forma equilibrada y armónica en que se combinan los factores de producción para lograr unos productos o servicios de forma eficiente, pudiendo llamarse modelos a cada una de las principales formas de variación existentes dentro de cada sistema.

La explotación de los animales útiles al hombre puede adoptar dos grandes modalidades: el llamado sistema extensivo y el intensivo. Ambos tienen características radicalmente diferentes, tanto en lo que se refiere a las especies explotadas, como a razas y hasta individualidades, y también en cuanto a sistemas de alimentación, manejo, entre otros (Sotilo & Vijil, 1978).

De todas formas las notas que diferencian ambos sistemas no siempre están muy definidas, debido a la variedad de combinaciones que de hecho se dan en la práctica, lo que hace que sea muy difícil encuadrar las diversas posibilidades dentro de uno u otro sistema. En realidad se trata de una gama de formas muy próximas cuyos límites se confunden, al menos en los detalles. Según los autores citados (Sotilo & Vijil, 1978), se puede establecer una cierta secuencia entre los diversos sistemas:

- Pastoreo
 - Explotación extensiva
 - Explotación semi-extensiva
 - Explotación semi-intensiva
 - Explotación intensiva
 - Explotación ultra-intensiva
- **Sistemas extensivos.** Los sistemas de producción animal, existentes en Latinoamérica son principalmente los sistemas extensivos, los sistemas intensivos y los sistemas trashumantes (Pereira et al., 2011).

Como lo afirma Muller (1995), los animales pastan directamente en un mismo lote durante un tiempo prolongado (más de 90 días), utilizando la producción existente de la pastura y sus rebrotes. Si bien es la forma más empleada en las explotaciones agropecuarias, es la menos recomendable de aprovechar el forraje.

Según Sotilo & Vijil (1978), el sistema extensivo es el más antiguo y clásico de todos los existentes. No supone una simple evolución de las formas primitivas de ganadería (nomadismo, pastoreo), sino que por el contrario, constituye un fenómeno independiente y característico que se ve influenciado por una climatología no compatible con una agricultura rentable.

Durante mucho tiempo se han venido equiparando los términos pastoreo y extensivo, en el sentido de grandes extensiones de terreno; pero la realidad es mucho más compleja, ya que el factor determinante, con independencia del soporte territorial de la explotación, es la productividad animal alcanzada (Sotilo & Vijil, 1978).

Sánchez (1961), destaca como características de la explotación extensiva las siguientes:

- a) *Relativas al proceso agrario*: Apropriadadas superficies de pastizales o dehesas, zonas elevadas y áridas o francamente montuosas y escasa capacidad para el cultivo agrícola.
- b) *Referentes al ganado*: Biotipos ambientales, poder acomodaticio aumentado, limitado poder de transformación e índice de fecundidad reducido.
- c) *Elementos cooperantes*: Clima desfavorable, régimen pluviométrico deficiente, sistemas hidrográficos alejados, abrevaderos escasos, ciclos alimenticios intermitentes, ausencia de albergues y estados sanitarios adversos.

Todo esto resume a la explotación extensiva como aquella que mantiene animales de escasa productividad, rústicos y no seleccionados para una única aptitud, en un medio desfavorable para el cultivo agrícola rentable y del que dependen en gran medida para su alimentación, con unas exigencias mínimas de capital y mano de obra especializada.

- **Sistema Intensivo.** Al respecto Sotilo & Vijil (1978) señalan que este es el otro gran sistema en que tradicionalmente se ha dividido la explotación del ganado. Supone una forma de explotación animal altamente tecnificada, dirigida no ya al aprovechamiento de los recursos naturales de otra forma improductivos, como en el caso del régimen extensivo, sino por el contrario, a situar al ganado en condiciones tales que permitan obtener de él altos rendimientos productivos en el menor tiempo posible.

Sánchez (1961) señala, al igual que hace con el sistema extensivo, una serie de factores que concurren en la explotación intensiva:

- a) *Relativos al terreno*: superficies apropiadas al número de animales que se pretenden explotar y existencia de zonas regables o, al menos con gran capacidad forrajera, etc.
- b) *Referentes al ganado*: biotipos constitucionales, gran capacidad de transformación, alto índice de fecundidad, etc.
- c) *Factores complementarios*: climatología óptima, edificaciones adecuadas, ciclos alimenticios ininterrumpidos y equilibrados, estado sanitario óptimo, canales efectivos de comercialización.

En resumen se trata de tres aspectos que permiten definir la explotación intensiva como aquella que, abordada con un criterio empresarial, se caracteriza por un control completo sobre los animales seleccionados para una determinada aptitud, aportando los medios necesarios -alimentación, mano de obra, instalaciones, etc. para posibilitar la maximización de las producciones.

Como lo asegura Pereira et al., (2011), son sistemas que atentan contra el medio ambiente y son ecológicamente insostenibles, además de depender de insumos externos y alto consumo de energía, son altamente contaminantes y no viables para la pequeña y mediana producción.

- **Sistemas Silvopastoriles.** Existen numerosas experiencias en América Latina y el Caribe en la aplicación de sistemas silvopastoriles (SSP). El uso de árboles maderables y forrajero asociados a gramíneas y leguminosas herbáceas o en multiestratos, ha sido una práctica exitosa (Iglesias et al., 2007, Hernández et al., 2007, & Murgueitio et al., 2009). La gran ventaja del sistema es la complementación de dos actividades que permiten un aumento patrimonial a largo plazo (forestación) y la disponibilidad de capital circulante (ganadería), es decir, los árboles constituyen la caja de ahorro y los animales la caja chica (Esquivel & Lacorte, 2010).

En cuanto al recurso suelo se encontró que los árboles y arbustos en general contribuyen a mejorar las características físicas del suelo, al incrementar la porosidad, permeabilidad, tamaño de agregados y estabilidad, y al disminuir la densidad aparente. También ayudan a mejorar los parámetros micro-climáticos del suelo pues incrementan la capacidad de retención hidráulica, aireación y disminución de la temperatura (Mahecha, 2002). En cuanto a la erosión, se genera una reducción general durante los cinco años de monitoreo con los sistemas silvopastoriles implementados.

El silvopastoreo una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina, generando algunos efectos sobre el recurso suelo (Mahecha, 2002) tales como:

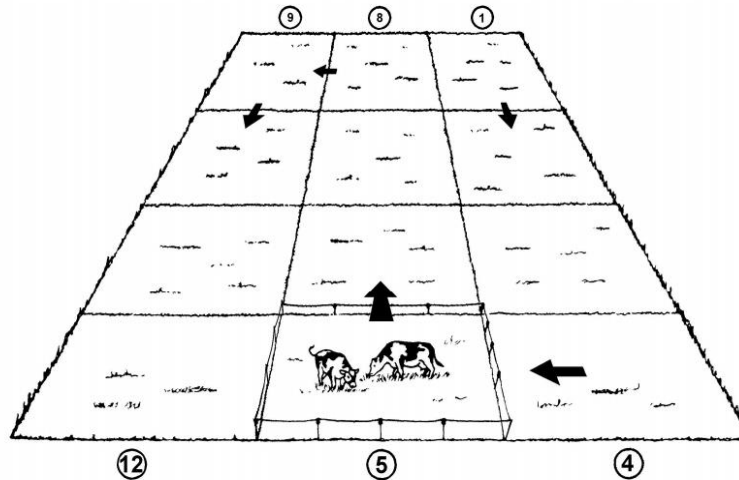
- ✓ Reciclaje de nutrientes: el manejo de gramíneas acompañado con árboles y/o arbustos, permite mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura.
 - ✓ Fijación de N: las leguminosas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* para captar nitrógeno atmosférico haciéndolo disponible para las gramíneas en el suelo. En promedio se estima una fijación de 200 kg N/ha/año en el trópico.
 - ✓ Profundidad de las raíces: El sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes.
 - ✓ Acción de micro y macro fauna: La mayor presencia de materia orgánica en el suelo y el microclima (humedad y temperatura) creado por la presencia de árboles, favorece la actividad biológica de la micro y macro fauna, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de N en el suelo. Además, la materia orgánica que es incorporada paulatinamente al suelo por la acción de la endofauna, contribuye a mejorar la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua.
 - ✓ Control de erosión: los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento. Ruiz & JZ-Janica (2012), demostraron que en suelos descubiertos o con monocultivos de gramíneas, la pérdida de suelo es mayor que en los bosques.
- **Sistema pastoreo rotativo y en franjas.** Los sistemas rotativos son aquellos que luego del pastoreo permiten a la pastura descansar por un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para que las plantas recuperen sus reservas y puedan volver a rebrotar (Smetham 1981, Voisin 1963, Lecomte 1968, Carambula, & Hodgson 1990).

De acuerdo con Norton (1998), existen diferentes variantes de pastoreo rotativo que pueden ser clasificadas según el número de parcelas involucradas y la velocidad de rotación (6), lo cual ha llevado a un gran número de denominaciones como por ejemplo pastoreo rotativo, controlado, racional, racionado, intensivo, en franjas, etc.

Este método consiste en subdividir la pradera en diferentes porciones, permanentes o temporales, de manera que el pastoreo pueda realizarse en forma parcializada y secuencial (Figura 1). Así, cada porción o potrero dispondrá de un

tiempo de utilización o pastoreo, seguido por un tiempo de descanso para permitir la recuperación de la pradera entre dos pastoreos sucesivos.

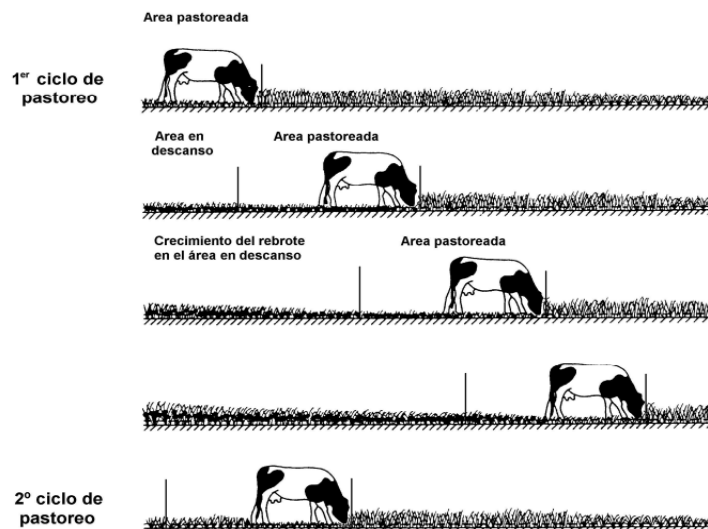
Figura 1. Pradera dividida en 12 potreros, para un pastoreo rotativo en invierno con 44 días de descanso y 4 días de utilización de cada potrero.



Las flechas indican la dirección en que avanza el pastoreo (Norton, 1998).

- Pastoreo en franjas.** El movimiento de las vacas lecheras dos veces al día para su ordeña, facilita el pastoreo en franjas diarias o de medio día. Esto consiste en asignar una nueva superficie de pradera cada día, o incluso después de cada ordeña, mediante el uso de cerco eléctrico móvil con una hebra electrificada adelante, e idealmente, otra detrás de los animales (Figura 2).

Figura 2. Pastoreo en franjas con cerco eléctrico móvil adelante y atrás de las vacas para separar el área de pastoreo del área en descanso.



Fuente. (Norton, 1998)

Aunque el pastoreo en franjas demanda más mano de obra que el rotativo tradicional con potreros fijos, se justifica plenamente en los períodos de mayor producción de forraje, como primavera y otoño, y cuando se debe pastorear pastos altos o encañados. La principal ventaja es que restringe el paseo de los animales buscando y seleccionando su alimento por el área no pastoreada, con lo que se reduce el gasto de energía de las vacas y las pérdidas por rechazo del forraje pisoteado, aplastado y bosteadado. Si el avance del pastoreo se hace una vez al día, es recomendable que durante la primavera y hasta el otoño éste se realice en la tarde, después de la segunda ordeña. Por una parte, a esa hora la pradera es más nutritiva y balanceada que temprano en la mañana. Por otra, coincide con que el pastoreo de la tarde suele ser el más intenso de la jornada, posibilitando así un mayor consumo de nutrientes (Parga & Nolberto, s.f).

5.1.4. Importancia mundial del sector ganadero. Este sector representa el 40 % del producto interno bruto (PIB) agrícola, genera empleo para mil trescientos millones de personas y medios de subsistencia para mil millones de pobres en todo el mundo. Los productos de la ganadería suministran un tercio del consumo mundial de proteínas y de la misma manera que contribuyen a la obesidad son una posible solución a la desnutrición (Steinfeld, 2009).

El crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos, así como la transformación de las preferencias alimentarias, están estimulando un acelerado incremento de la demanda de productos pecuarios, a la vez que la globalización impulsa el comercio de insumos y productos. Se prevé que la producción mundial de carne se incrementará en más del doble, pasando de 229 millones de toneladas en 1999 a 465 millones de toneladas en 2050, y que la producción de leche crecerá de 580 a 1.043 millones de toneladas. El impacto ambiental por unidad de producción ganadera ha de reducirse a la mitad si se quiere evitar que el nivel de los daños actuales se incremente (Steinfeld, 2009).

5.1.5. El sobrepastoreo en Colombia. Según Mahecha et al., (2002), la ganadería en Colombia se ha desarrollado de manera extensiva, destinándose grandes terrenos, con bajos niveles de inversión y manejo inadecuado de praderas, lo cual ha provocado un deterioro ambiental de los ecosistemas y un impacto negativo en los sectores socioeconómicos del país.

Dichas pasturas, caracterizadas por una baja o nula diversidad vegetal y por la implementación de inadecuadas prácticas de manejo como el sobrepastoreo del ganado, la quema y la mecanización han causado una pérdida de calidad de los suelos, reduciendo los indicadores productivos, la biodiversidad e incrementando la necesidad de insumos químicos externos (fertilizantes y plaguicidas). Por lo tanto, se hace necesario frenar la degradación edáfica y la pérdida de la biodiversidad en sistemas ganaderos, este reto implica cambios en las políticas estatales y un compromiso por parte de los productores, quienes deben ser los

más implicados con la recuperación de su entorno para garantizar la sostenibilidad del sistema productivo (Nair et al., 1995).

5.2. MARCO LEGAL.

El trabajo de investigación se encuentra basado en una serie de ideas y conceptos constitucionales y legales, los que se resumen a continuación:

5.2.1. Según la Constitución Política Nacional de Colombia (1991).

- **Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
- **Artículo 80.** El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados, así mismo cooperará con otras naciones en la protección.

5.2.2. Del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Decreto 2811 de 1974, de la parte VII de la tierra y los suelos, título I del suelo agrícola.

- **Capítulo I. Principios generales.**

Artículo 178. Los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo a sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región. Según dichos factores también se clasificarán los suelos.

Artículo 179. El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora. En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación.

Artículo 180. Es deber de todos los habitantes de la República colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos. Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

- **Capítulo III. Del uso y conservación de los suelos.**

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

- a) Inexplotación si, en especiales condiciones de manejo, se pueden poner en utilización económica.
- b) Aplicación inadecuada que interfiera la estabilidad del ambiente.
- c) Sujeción a limitaciones físico - químicas o biológicas que afecten la productividad del suelo.
- d) Explotación inadecuada. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, 2014).

5.2.3. Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993.

- **Artículo 3.** Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, 1993).

5.3. MARCO CONTEXTUAL.

5.3.1. Departamento del Putumayo. Está localizado al sur de Colombia, entre los 0°40' de latitud sur y 1° 25' de latitud norte y entre los 73° 50' y 77° 10' al oeste de Greenwich. Su extensión es de 25.282 kilómetros cuadrados, o sea el 2.26% de la superficie total del país. Limita al norte con el departamento del Cauca, al este limita con los departamentos del Caquetá y Amazonas, al sur limita con las Repúblicas del Ecuador y Perú y al oriente limita con el departamento de Nariño. El territorio se extiende de occidente a oriente desde el pie de la cordillera oriental hasta la llanura amazónica, entre los ríos San Miguel y Putumayo al sur, el Cascabel al norte y el Caquetá al oriente (Ramírez & Pinzón , 1987).

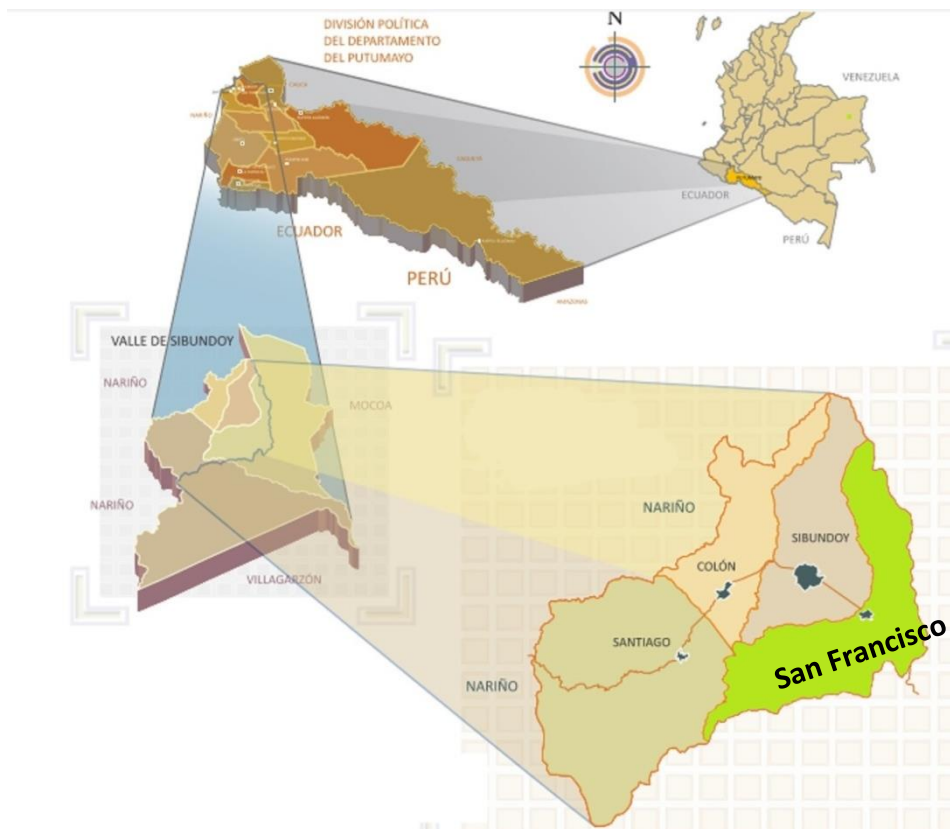
5.3.2. Subregión Andino-Amazónica o Valle de Sibundoy. Región noroccidental del departamento, conformada por los municipios de Colón, Santiago, Sibundoy y San Francisco, con una superficie total estimada de 960 km²; 3,76% del total territorial departamental; concentra el 11,2% de la población del departamento; distribuida en un 54,8% a nivel rural; su dinámica económica gira en torno a la producción agropecuaria, especialmente dirigida a la ganadería de leche y el cultivo del frijol. El desarrollo integrado de los cuatro municipios que

la conforman es evidente; éstos comparten identidades culturales, sociales, parentescos familiares, económicos y políticos (Ramírez & Pinzón , 1987).

El Valle de Sibundoy presenta una precipitación promedio multianual de 1.578 mm, con temperaturas que oscilan entre 15°C – 17°C y una altitud entre 2000-2100 m.s.n.m. (Ramírez & Pinzón , 1987).

5.3.3. Municipio de San Francisco. Está localizado a una altura de 2.100 m.s.n.m., se enmarca dentro de las coordenadas 1° 00' 21", 1° 22' 42" de latitud norte y 76° 43' 46" 76° 59' 18" de longitud Oeste. Su relieve es bastante ondulado y quebrado. La temperatura promedio es de alrededor de los 16.2 °C, lo que junto con una precipitación anual de cerca de 1578 mm, genera una humedad atmosférica constante y relativamente alta, superior al 83 %. Cuenta con un área de 432 Km² que corresponde al 0.57% del área total que tiene el Departamento del Putumayo (Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de San Francisco. EOT, 2010).

Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de San Francisco en el departamento del Putumayo, Colombia.



Fuente. (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

5.4. MARCO CONCEPTUAL.

5.4.1. Compactación. Es uno de los procesos de degradación física más común en suelos agrícolas altamente productivos y una de las causas de la reducción de la productividad. Bajo esta perspectiva, se justifica el desarrollo de metodologías que permitan estimar los riesgos de compactación de los suelos, para así prevenir o mitigar sus efectos adversos (Williams & Reyes, 2010).

5.4.2. Degradación del suelo. Cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. En términos generales la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (Prado & Veiga, s.f).

5.4.3. Degradación por la lluvia. Acción generalizada, si el suelo está sin cobertura; pero la desagregación por el escurrimiento es una acción dirigida que actúa sobre porciones de terreno en el cual éste se concentra con velocidades erosivas (Yapur, 2010).

5.4.4. Erosión. Es un proceso de desgaste que ocurre naturalmente y depende de las características climáticas, la naturaleza del suelo, la topografía y la vegetación. El fenómeno de erosión se presenta como un proceso de degradación, transporte y deposición de las partículas de la masa de suelo. De este modo se determina que el proceso erosivo tiene tres fases principales, el desprendimiento de las partículas individuales del suelo, su transporte, llevados a cabo por los agentes erosivos. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente se produce la tercera fase del proceso que es la sedimentación (Hernandez , 2011).

5.4.5. Erosión en cárcavas. Las cárcavas son canales profundos y de paredes empinadas que se encuentran en zonas con pendientes irregulares y con subsuelos profundos y frágiles. Son generalmente de carácter permanente. Evolucionan a partir de la combinación entre pequeños regueros hasta alcanzar un desarrollo donde ya no puedan ser eliminadas con las operaciones normales de labranza agrícola (Kirkby & Morgan, 1984).

5.4.6. Erosión en surcos. El flujo laminar sobre la superficie del suelo ocurre principalmente cuando la superficie es lisa y de pendiente uniforme; sin embargo en los cultivos esto no se da, ya que las superficies presentan depresiones, elevaciones, o irregularidades que concentran los flujos de agua en corrientes con capacidad erosiva en función de la velocidad del agua. El desprendimiento y transporte de partículas son mayores en ésta que en la laminar (Suárez, 1980).

5.4.7. Erosión en terracetas. Es causada por el ganado vacuno que camina en terrenos de ladera. Cuando el ganado es apacentado en estos terrenos, camina en forma intuitiva, siguiendo curvas de nivel. El paso continuo del ganado, sumado a su peso ejercido en el área de desplazamiento por las pezuñas, produce una compactación y genera un modelo erosivo en forma trapezoidal invertida, de diversos tamaños (Núñez, 2001).

5.4.8. Erosión hídrica. Es uno de los procesos de degradación más importantes, que afectan la capacidad de las tierras en pendiente, para la producción de alimentos, para el consumo humano o animal; además, la presencia de las plantas y las primeras capas del suelo son imprescindibles para que el agua de las precipitaciones se infiltre, por lo que el aumento en la erosión significa siempre una disminución en la recarga de los acuíferos (Rivera et al., 2005).

5.4.9. Erosión laminar. Es el arrastre de partículas de suelo suspendidas en el agua de lluvia, que se desplaza en sentido de la pendiente. El traslado de las partículas del suelo puede ocurrir en forma difusa o uniforme. Cuando ocurre en forma difusa, se considera como un tipo de erosión poco perceptible. Sin embargo, una inspección cuidadosa en el campo, revela que los residuos de cosecha se encuentran orientados en el sentido de escurrimiento del agua de lluvia, o en el sentido de la pendiente, si los terrenos están situados en áreas de laderas. Además, las pequeñas raíces absorbentes de plantas agrícolas, arbustos y árboles quedan expuestas en la superficie del suelo (Núñez, 2001).

5.4.10. Erosión por escurrimiento. Cuando el agua de lluvia no alcanza a infiltrarse en el suelo, debido a su saturación, pendiente elevada o poca capacidad de infiltración, fluye por la superficie de terrenos pendientes arrastrando el suelo desprendido (Prieto, 2004).

5.4.11. Ganadería extensiva. El sistema de pastoreo extensivo tradicional se caracteriza por la incorporación de prácticas culturales de manejo, tanto de la pradera como de los animales, dirigidas a preservar y, a veces, potenciar las capacidades productivas del agro ecosistema ganadero; la base fundamental de la producción es la pradera natural o introducida de baja productividad (Arias, 1990).

5.4.12. Pendiente. Inclinación con respecto a la horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje y en términos trigonométricos corresponde a la tangente del ángulo formado entre declive y su correspondiente horizontal (Zuñiga, 2010).

5.4.13. Remoción en masa. La remoción en masa, es el desplazamiento de grandes volúmenes de material superficial ladera abajo (a favor de la pendiente) por acción directa de la fuerza de la gravedad, hasta volver a encontrar un nuevo punto de reposo. Normalmente este terreno, en su parte superficial, presenta

rocas fragmentadas por acción de la meteorización física, química o biológica, sola o combinada, así como también puede presentar un estrato superficial de suelo grueso o delgado con o sin vegetación (Cortez , 2010).

5.4.14. Sellado y encostramiento del suelo. La rotura y dispersión de las partículas por efecto de las gotas de agua en el suelo es la causa principal del proceso de sellado superficial al igual que el proceso de encostramiento superficial que resulta de la degradación de la estructura y al rápido secado de un suelo húmedo. Tanto el sellado como el encostramiento disminuyen la porosidad y por tanto favorecen la escorrentía superficial aportando a la erosión del suelo afirma (Almorox, Lòpez, & Rafaelli, 2010).

5.4.15. Sistemas de producción ganaderos. Los sistemas de producción ganaderos tienen como propósito producir satisfactores sociales que puedan mantenerse a largo plazo mediante la conservación de las fuentes que proporcionen los recursos primarios de la producción agrícola o ganadera, sin dejar de lado los factores sociales, económicos y “tecnológicos” (Sevilla et al., 1999).

5.4.16. Sobrepastoreo. Excesiva carga animal, pisoteo, introducción inadecuada de ganado. Cuando el número de animales excede la capacidad límite del suelo (biomasa máxima de herbívoros que puede alimentar por metro cuadrado), se rompe el equilibrio dinámico entre ganado y tierra, la cubierta vegetal del suelo se empobrece ostensiblemente y se desencadenan los procesos erosivos. (Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte ASPAN, 2003).

5.4.17. Suelo. Es un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera que está encima y con los estratos que están debajo, que influye el clima y el ciclo hidrológico del planeta y que sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además, él juega un papel ambiental preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra. (Jaramillo D. , 2002).

6. METODOLOGÍA.

La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación denominada “EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS SISTEMAS DE MANEJO GANADERO EN LOS PROCESOS EROSIVOS Y EL CAMBIO DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS UBICADOS EN TRES PENDIENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO.” abarca los siguientes aspectos:

6.1. LOCALIZACIÓN.

La investigación se realizó en el municipio de San Francisco, con coordenadas geográficas N 1° 00' 21", 1° 22' 42" – W 76° 43' 46" 76° 59' 18", de acuerdo con el Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de San Francisco EOT (2010), se encuentra a una altura entre 2100 hasta 2.300 m.s.n.m. en zona plana y desde los 2300 a 3900 m.s.n.m. en zonas de montaña; una temperatura promedio alrededor de los 16.2 °C, precipitación anual 1578 mm, humedad relativa alta, superior al 83%, cuenta con un área de 432 Km² que corresponde al 0.57% del área total que tiene el departamento del Putumayo. La zona que incluye el área de investigación corresponde a las veredas La Loma, San Miguel, San Antonio, ubicadas a una altura de 2597 m.s.n.m., 2249 m.s.n.m., 2341 m.s.n.m., respectivamente.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

Llevado a cabo la investigación fue importante conocer la tendencia en el manejo de los sistemas que realizan los ganaderos, para lo cual se diseñó una encuesta (Anexo 1) con una muestra representativa de los sitios evaluados en la investigación.

Una vez aplicada la encuesta, los resultados obtenidos permitió determinar los siguientes aspectos:

- Determinar el tiempo de manejo del sistema, la capacidad de carga y el tipo de manejo ganadero (extensivo, intensivo, control de cerca eléctrica, silvo pastoril, entre otros) de las zonas de estudio.
- Establecer las unidades experimentales en donde se realizaron los diferentes muestreos correspondientes a las propiedades físicas y químicas del suelo a diferentes pendientes, del mismo modo se determinó el área de muestreo de cada una de las unidades experimentales.

6.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Las unidades experimentales presentaron uniformidad con en el manejo ganadero, determinándose en tres pendientes diferentes, para la zona alta mayor de 45%, zona media entre 45% a 8% y zona plana entre 0 y 3%.

El diseño experimental a usar fueron bloques al azar con parcelas divididas, donde se tuvo en cuenta tres tratamientos (pendientes), tres subtratamientos (manejos) con tres repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales (27 lotes), de tamaño más representativo que correspondió a 1 hectárea según los resultados obtenidos de la encuesta.

En la presente investigación, los tratamientos fueron los siguientes:

- T1.** Zona alta, con pendientes mayores de 45%
- T2.** Zona media, con pendientes entre 45% a 8%
- T3.** Zona plana, con pendientes entre 0% a 3%

Los datos que se presentan en esta fase corresponden a la evaluación de campo laboratorio y análisis estadístico de la zona plana de estudio.

Los subtratamientos fueron los siguientes:

- S1.** Bosque secundario.
- S2.** Sistema ganadero intensivo.
- S3.** Sistema de manejo de ganado en franjas con cercas eléctricas.

Cada uno de los subtratamientos se evaluó con tres repeticiones en cada pendiente.

3 tratamientos x 3 Subtratamientos x 3 Repeticiones = 27 Unidades experimentales.

Una vez establecidos los tratamientos se procedió a la recolección de muestras en campo.

Figura 4. Sistemas de estudio en zona plana para la evaluación del efecto de la ganadería en la Vereda San Antonio, Municipio de San Francisco, Putumayo



a. Sistema bosque (S1) b. Sistema de Ganadería intensiva (S2) c. Sistema de ganadería con franjeo (S3)

6.4. MUESTREO.

Para establecer el efecto de la actividad ganadera en dos sistemas de manejo por franjeo o cerca eléctrica e intensiva y un sistema comparativo bosques secundarios, se evaluó las propiedades físicas y químicas de los suelos de las unidades experimentales que corresponden en el estudio de la zona plana en el municipio de San Francisco.

6.4.1. Determinación de algunas propiedades físicas y químicas con relación a la pendiente y al tipo de manejo en sistemas ganaderos.

Para evaluarlas se usaron indicadores sensibles de la siguiente manera:

- **Propiedades físicas.** Conductividad hidráulica (cm/h), densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad total (%), estabilidad estructural en seco (Shaker), textura al tacto, resistencia a la penetración, humedad gravimétrica g (%), humedad volumétrica (%).
- **Propiedades químicas.** pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), elementos mayores nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica, bases intercambiables Ca, Mg, K y relación de bases intercambiables.

Las variables evaluadas y su respectiva metodología de determinación se realizaron en el laboratorio del Instituto Tecnológico del Putumayo (ITP), sede Sibundoy y la Universidad de Nariño para las químicas.

Los métodos implementados para evaluar las propiedades físicas y para la correspondiente caracterización se detallan de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físicas y método de determinación.

PROPIEDAD	MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN
Densidad real (g/cc)	Picnómetro
Porosidad (%)	$1 - (\text{Densidad aparente} / \text{Densidad real}) \times 100$
Densidad aparente (g/cc)	Cilindro de volumen conocido
Resistencia a la penetración	Penetrográfo
Estabilidad de agregados (Seco)	Shaker
Conductibilidad hidráulica (cm/hora)	Permeámetro de carga constante
Textura	Tacto
Humedad gravimétrica (%)	Diferencia de peso
Humedad volumétrica (%)	Diferencia en volumen

De igual manera se evaluó variables químicas, la metodología usada para el correspondiente análisis se detallan de acuerdo con la Tabla 2.

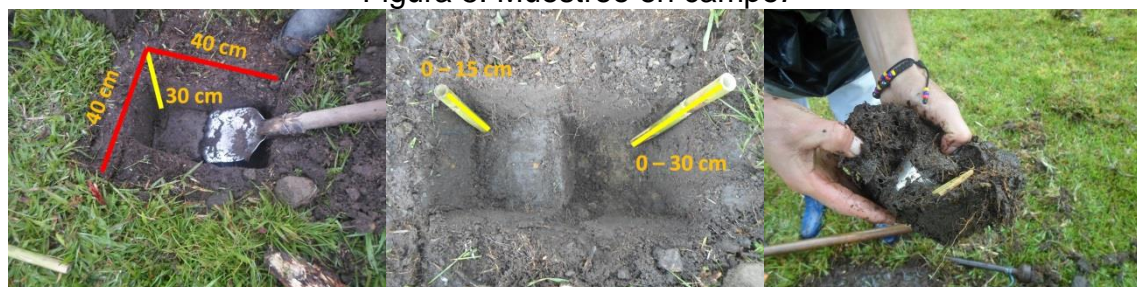
Tabla 2. Propiedades químicas y método de determinación.

PROPIEDAD	MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN
pH	Potenciómetro
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Acetato de amonio 1N pH 7
Materia orgánica	Walkley y Black colorimétrico
Acidez intercambiable	Cloruro de potasio 1 M
Nitrógeno - total	Con base a la materia orgánica
Fósforo - disponible	Bray II y Kurtz
Aluminio de cambio	Cloruro de potasio 1 M
Bases intercambiables (Ca, Mg y K)	Acetato de amonio 1N pH 7

6.4.2. Metodología de campo (recolección de muestras físicas y químicas).

En la toma de muestras en cada unidad experimental de la zona plana (9 lotes), se determinaron algunas propiedades físicas y químicas, para lo cual fue necesario realizar en cada uno de ellos tres cajuelas con dimensiones de 40 cm x 40 cm x 30 cm de profundidad, teniendo en cuenta que en cada una de ellas se tomó muestras a dos profundidades de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm. Las muestras tomadas sin disturbar, con anillos de acero de 2,5 centímetros (cm) de alto y 5 centímetros (cm) de diámetro y disturbadas según la variable que fue evaluada para el análisis químico.

Figura 5. Muestreo en campo.



a. Medidas de Cajuelas b. Profundidades de muestreo c. Retiro de muestra



d. Eliminación de excesos e. Rotulado del anillo f. Empacado y sellado de la muestra

Por otro lado, las muestras disturbadas que fueron utilizados para la evaluación de densidad real, textura, estabilidad estructural, se tomaron en la misma cajuela, utilizando una pala para cortar una porción de suelo de 2cm de ancho y el largo de 20 cm, se empacaron en las bolsas transparentes y se rotula cada una de las muestras teniendo en cuenta el tipo de sistema empleado, el numero destinado a la finca, numero de cajuela y profundidad a la que se extrajo la muestra. Esto también son procesos repetitivos y similares para las 3 cajuelas a muestrear 9 fincas por cada tratamiento.

Figura 6. Extracción de muestras disturbadas



a. Toma de muestra de 0-15cm b. Empacado y sellado de la muestra c. Transporte de muestras

❖ **Evaluación de la resistencia del suelo a la penetración.**

Esta propiedad se determinó en campo con la ayuda de un penetraógrafo, el cual grafica en una banda de papel la resistencia que el suelo presenta a diferentes profundidades. En cada una de las unidades experimentales se realizaron cuatro puntos, determinando además la humedad que presenta el suelo hasta 40 cm de profundidad (Figura 7).

Figura 7. Toma de muestras para la Evaluación de Resistencia del suelo



a. Ubicación de la banda para graficar b. banda ubicada desde el punto 0 c. Retiro de la banda



a. Cajuela para extracción de muestras b. Empacado muestra 20g c. Muestras identificadas

❖ **Toma de muestras para propiedades químicas.**

La toma de muestras que se enviaron al laboratorio para el análisis químico se realizó a una profundidad de 20 cm en corte en “V” en relación con la superficie

del suelo, por ser ésta la profundidad donde los pastos tienen su mayor profundidad radicular.

La obtención de las submuestras, fue completamente al azar, haciendo un recorrido en zig – zag en cada unidad, fueron recolectadas 10 submuestras con el fin de obtener una muestra homogénea de 1000 g.

Figura 8. Toma de muestras disturbadas para evaluación de propiedades químicas



a. Toma de muestra b. corte en V c. Toma muestra necesaria



d. Corte muestras e. Homogenización de muestras f. Denominación de muestras

6.4.3. Metodología de laboratorio.

A. Adecuación de muestras.

Las diferentes muestras obtenidas en campo, debidamente rotuladas, se esparcieron en papel periódico cada una identificada con los datos de cada sistema, número de cajuela y profundidad de muestreo con el fin de secar a temperatura ambiente. Los anillos se dejan previamente selladas en las bolsas.

Figura 9. Secado de muestras de suelo disturbadas y sin disturbar



a. Bandejas de secado b. Muestras de suelo c. Retiro de piedras y raíces



d. Anillos empacados e. Bandejas con anillos f. Anillos por sistema

B. Proceso para evaluación de propiedades químicas.

Luego de estar secas las muestras, se tamizaron en un tamiz número 10 (2mm) por separado los suelos muestreados según el sistemas ganaderos y bosques secundarios, para enviar al laboratorio de la Universidad de Nariño una cantidad de 1000 g.

Figura 10. Rotulación de muestras de suelo para evaluación de propiedades químicas



a – b. Secado a ambiente de muestras químicas c. Muestras químicas rotuladas

C. Proceso para evaluación de propiedades físicas con anillos.

❖ Conductividad Hidráulica (K).

La evaluación de esta propiedad se realizó con un permeámetro de carga constante.

Procedimiento:

- a. Como primer paso se adecuo las muestras contenidas en el anillo, cortando perfectamente los excesos de suelo y raíces que sobresalían de las paredes.

Figura 11. Corte de excesos de suelo



a. Muestra con excesos b. Corte de Excesos de suelo c. Anillos sin exceso

- b. Se saturó con agua las muestras contenidas en los anillos por un tiempo de 24 horas

Figura 12. Saturación de muestras



a. Anillos identificados por sistemas b – c. Saturación de muestras 24 horas

- c. Pasado este tiempo se sacó las muestras del contenedor y se llevó a montar los anillos con suelo hacia los tubos de PVC del permeámetro.
- d. El tiempo de medición se llevó a cabo cada 5 minutos durante 40 min y trascurrido este tiempo cada 10 min hasta que en cada anillo se obtengan 3 lecturas de volumen constante en el agua que se recoge en las probetas.
- e. El tiempo de medición de esta propiedad el máximo 3 horas, a cabo del cual si por algún motivo en algún anillo no desciende el agua se cierra totalmente la llave del equipo.

Figura 13. Montaje y recolección en el permeámetro



a. Permeámetro de cabeza constante b – c. Montaje de muestras



d. Descenso del agua **e.** Recolección de agua por cada muestra **f.** Medición en probeta del agua captada

❖ **Densidad Aparente D_a (g/cc).**

Para la determinación de la esta propiedad, se realizó por el método de anillo con volumen conocido.

Procedimiento.

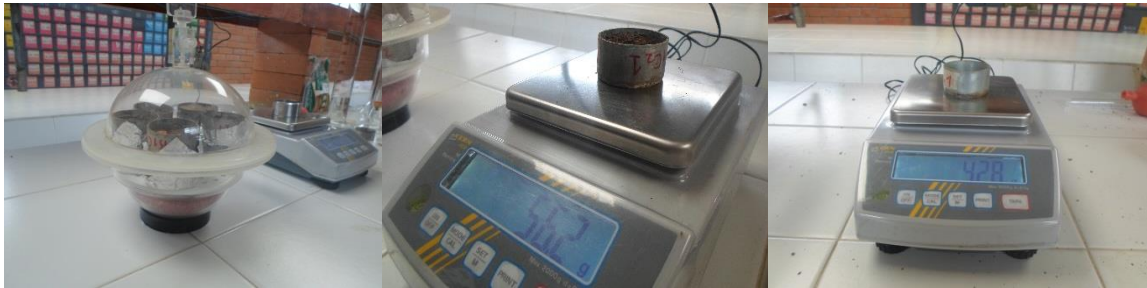
Para su determinación se utilizaron las mismas muestras de suelo en los anillos que se evaluó en la conductividad hidráulica.

- a. Se pesó anillos con suelo saturados.
- b. Las muestras se secaron en el horno a 115°C durante 24 horas
- c. Se pesó anillo con suelo seco
- d. Se pesó el anillo vacío
- e. Con esto datos se determinó densidad aparente (g/cc), humedad gravimétrica (%) y humedad volumétrica (%).

Figura 14. Determinación de densidad aparente en laboratorio.



a. Muestra en húmedo **b.** Recubrimiento de orificio del anillo **c.** Muestra al horno a 105°C



d. Muestras después de 24 horas **e.** Peso de muestra en seco **f.** Peso de anillo vacío

❖ Densidad Real D_r (g/cc).

En laboratorio, para establecer el valor de densidad real, se utilizó el método del picnómetro.

Para llevar a cabo con el estudio de esta propiedad física, se realizaron los siguientes pasos:

- Se pesó el picnómetro vacío.
- De las muestras de suelo secas al aire a humedad higroscópica, se tamizo (Numero 10) ,10g de suelo.
- Se llevó las muestras al horno durante 24 horas a $105^{+0}C$.
- Se pesó 2g de suelo
- Se adiciono 2g de suelo en el picnómetro con agua a la mitad.
- En la estufa se coloca el picnómetro con la muestra de suelo y agua por 3 minutos a partir de iniciar la ebullición.
- Se deja reposar sobre una malla de asbesto por un tiempo de una hora y media.
- Transcurrido este tiempo se llena el picnómetro con agua y se registra su peso.
- Eliminando la solución de suelo más agua y se procede a pesar el picnómetro con agua para los respectivos cálculos.

Figura 15. Determinación de la densidad real en laboratorio



a. Suelo Tamizado **b.** Secado al horno a $105^{\circ}C$ por 24 horas **c.** Peso de 2g de suelo



d. Peso del picnómetro vacío **e.** Adición de 2 g al picnómetro **f.** Adición de agua hasta la 3 parte del picnómetro



g. Muestra a punto de fusión **h.** Reposo de muestras **i.** Muestra con 2 g de suelo + agua

Este procedimiento se realizó para todas las muestras recolectadas en campo y se registran todos los datos anteriormente mencionados en una hoja de cálculo de Excel para su respectivo análisis.

❖ **Textura (%).**

Para esta propiedad física se usó las guías sugeridas por la Universidad Nacional de Ingeniería (Departamento de Ingeniería Agrícola), con las cuales se determinó con la metodología del tacto como se muestra en la Figura 16.

Figura 16. Determinación de la Textura en laboratorio



a. Muestra de suelo considerable **b.** Humedecimiento de muestra **c.** Formación de Anillo



d. Ruptura de anillo e. Formación de bolas f. Tinción de manos

❖ **Estabilidad estructural en seco con shaker.**

Procedimiento.

- a. De las muestras secas a temperatura ambiente se pesó 150g.
- b. En el equipo Shaker, se adiciono el suelo y se aseguró.
- c. El tiempo se calibro a 10min.
- d. Transcurrido este tiempo se retiró los tamices del equipo.
- e. En las taras ya enumeradas de acuerdo al número de tamiz, se procedió a vaciar sobre ella la muestra que quedó en cada uno de los tamices.
- f. Obtenido ya todas las muestras en la tara, se procede a pesar.

Esto se realizó para toda la totalidad de muestras.

Figura 17. Evaluación de la estabilidad estructural del suelo



a. Shaker b. Peso de 150 g de suelo c. Agregación del suelo al Tamiz



d. Separación de suelo tamizado e. Peso de cada muestra tamizado f. Suelo tamizado por diferentes diámetros

❖ Humedad gravimétrica (%).

De las muestras obtenidas se realizó el siguiente procedimiento:

- Se identifica cada una de las taras (cajas de aluminio) y luego se pesan
- Se adiciona una cantidad pequeña del suelo a evaluar.
- Las muestras se dejan en el horno a 105°C por 24 horas
- Transcurrido este tiempo se pesó la muestra de suelo más la tara
- Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo con el fin de interpretarlos.

Figura 18. Determinación de la Humedad gravimétrica del suelo



a. Identificación de muestra b. Peso de la Tara vacío c. Peso de la tara más peso de suelo agregado (Min 15 g y Max 20 g)



d. Muestra identificada e. Muestras ordenadas por sistema evaluado f. Secado de muestras de suelo a 105°C

6.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

6.5.1. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) determinando así si existieron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de manejo en comparación con los bosques secundarios en pendiente plana y pruebas de significancia de Tukey donde ($P < 0.05$).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1. FASE A: ZONA PLANA.

7.1.1. Localización de unidades experimentales de la zona plana.

Con el fin de establecer una sola zona de estudio, para evaluar el efecto de la ganadería en la parte plana con pendientes entre 0% - 3%, se seleccionaron 9 unidades experimentales (fincas) en la vereda San Antonio ubicado a 7 km de la cabecera municipal de San Francisco, a continuación se presenta un listado con la identificación de los propietarios de los predios, la respectiva ubicación geográfica y el tipo de sistema de manejo con el cual se evaluó el efecto de la ganadería sobre el recurso suelo.

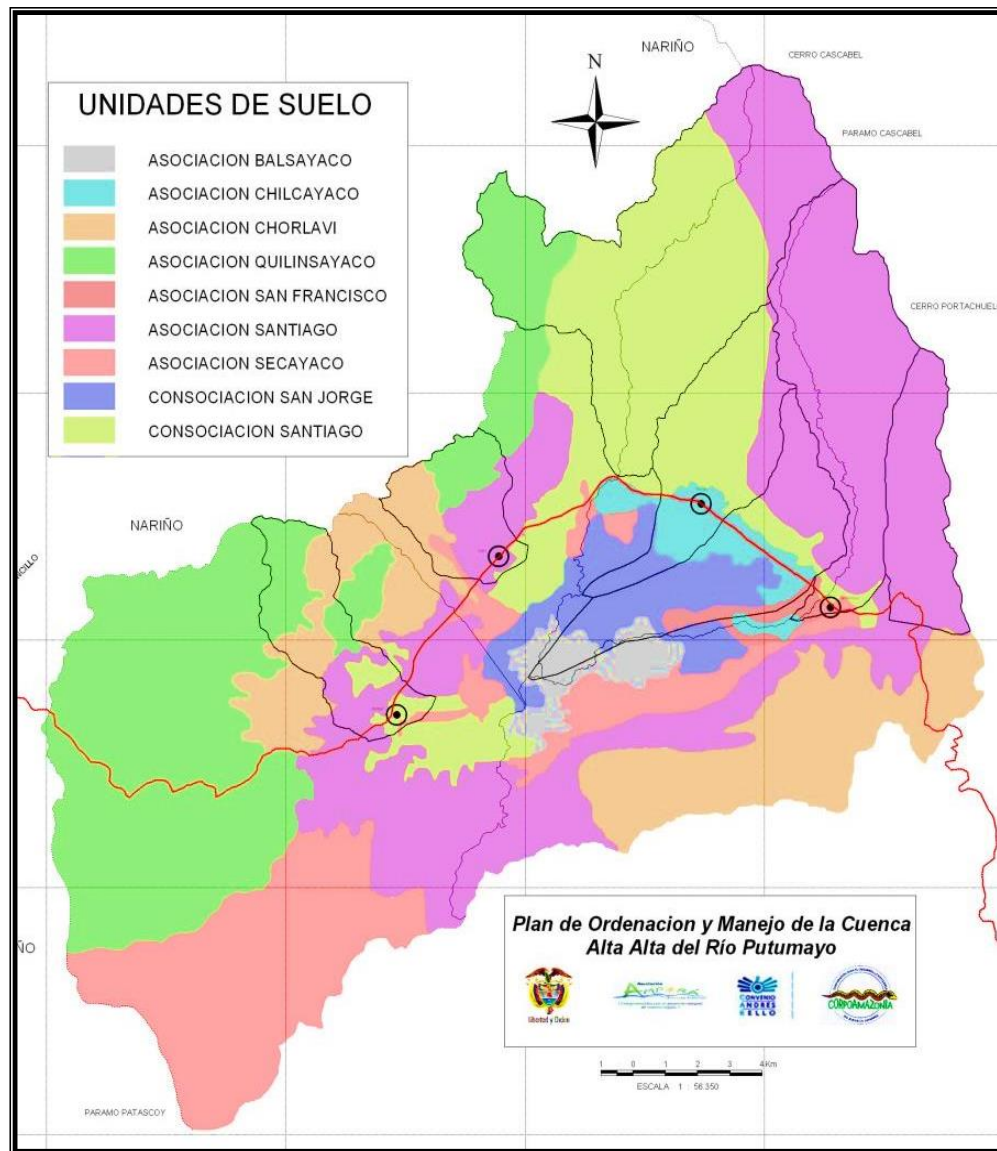
Tabla 3. Identificación de las unidades experimentales con relación al propietario del predio, su ubicación geográfica y tipo de sistema de manejo con que se dio a evaluar la respectiva investigación.

#	DATOS GEOGRÁFICOS			IDENTIFICACIÓN DEL PROPIETARIO	SISTEMA DE MANEJO DEL PREDIO QUE SE DIO A EVALUAR
	Finca	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m.)	Nombre y Apellido	
1	El Porvenir	N 01°08'11.7" W 76°55'13.1"	2221	Richar Vanegas Luna	S1. Bosque secundario, ubicado en las tres pendientes evaluadas.
2	San José del Chunga	N 01°07'51.7" W 76°55'37.5"	2102	Domingo Tiboluis Muyui Chasoy	
3	La Paz	N 01°07'51.7" W 76°55'37.5"	2179	Luciano Albert Salcedo Chávez	
4	El Cabuyo	N 01°08'27.1" W 76°55'23.1"	2105	Francisco Javier Burgos Salcedo	S2. Sistemas de ganadería intensiva (convencional).
5	El Triunfo	N 01°09'24.2" W 76°54'36.1"	2100	Irma Esperanza Enríquez	
6		N 01°08'55.2" W 76°54'48.0"	2125	Manuel Antonio Suarez	
7		N 01°08'45.1" W 76°55'16.4"	2103	Erazo Rodrigo Villareal	S3. Sistema de manejo de ganado en franjas con cercas eléctricas.
8	El Rosal	N 01°09'30.6" W 76°54'57.4"	2097	José Ignacio Burbano Jiménez	
9	El Trébol	N 01°08'52.0" W 76°54'56.4"	2127	Omar Enríquez Rózales	

Haciendo una revisión bibliográfica del tema y superponiendo los puntos coordenadas de las fincas de la zona de estudio donde se evaluó la parte plana con clasificación de suelos realizados en el Valle de Sibundoy (Mapa unidades de suelo cuenca Alta del Rio Putumayo, Figura 19 y Figura 21), la zona de estudio

pertenecen a suelos a la Asociación Santiago, Asociación Secayaco y Asociación Chorlavi, por lo cual fue seleccionada como área de muestreo donde se presentan uniformidad en su relieve.

Figura 19. Espacialización de las unidades de suelo de la cuenca alta del Río Putumayo



Fuente: Según el POMCA (2010).

Según el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Putumayo POMCA (2010), los suelos de la Asociación Santiago corresponden a zonas de vida al bosque pluvial montano (bp-M).

Los suelos de la Asociación Secayaco se ubican en superficies planas a ligeramente inclinadas, con pendientes que varían generalmente de 1 a 16% constituidas por materiales coluvio aluviales medios, gruesos y heterométricos. Las tierras presentan un clima muy húmedo y están dedicadas a la explotación de potreros con pastos como kikuyo y romanza, entre otros, para el sostenimiento de ganaderías de tipo lechero de raza holstein. El uso de los suelos está muy restringido debido a la poca profundidad efectiva y a la presencia de piedras en la superficie. La asociación está conformada por suelos entisoles en un 100%.

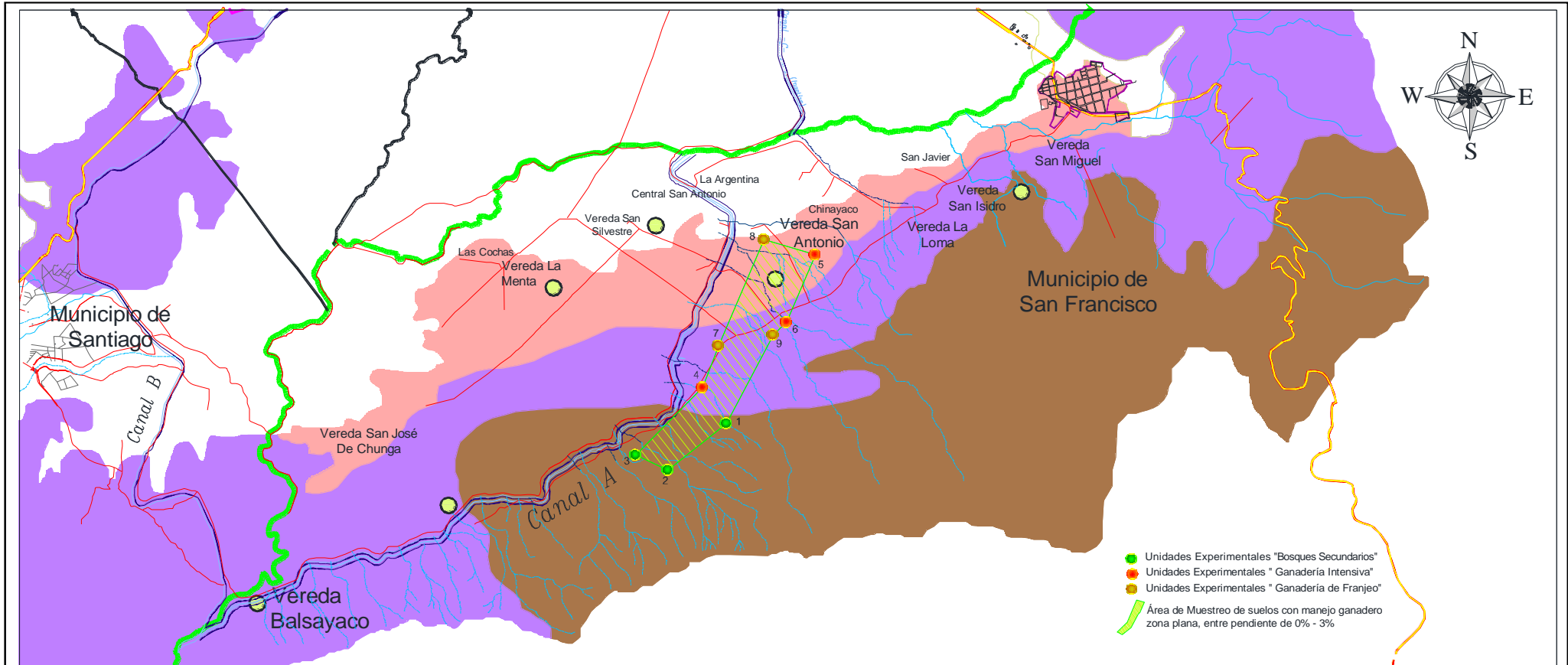
Mientras que los suelos de la Asociación Chorlavi están cubiertas de vegetación natural y pastos. El uso más aconsejable de estas tierras es la conservación del bosque para proteger los suelos, la flora y las fuentes de agua, está conformado en su mayoría por suelos entisoles en un 80% y el 20% restante corresponden a suelos inceptisoles.












El trabajo de investigación se realizó en la parte plana del municipio de San Francisco en la Inspección de Policía San Antonio del Porotoyaco, que se caracteriza por poseer zonas planas que van desde los 2.100 m.s.n.m. hasta los 2300 m.s.n.m. se enmarca dentro de las coordenadas 01° 09' 70.4" de longitud norte y 76° 56' 26.2" de longitud oeste (Figura 20), posee una temperatura promedio mensual anual 16,2°C, precipitación anual 1578 mm, humedad relativa 83 %, pertenece a la zona de vida según la clasificación de Holdridge al bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de San Francisco. EOT, 2010).

Figura 20. Localización municipio de San Francisco.



Figura 21. Localización Puntos cardinales de las 9 unidades experimentales de investigación zona plana.



	<p>NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE EL RECURSO SUELO EN TRES TIPOS DE PENDIENTE Y DOS SISTEMAS DE MANEJO EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO.</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p>Descripción Símbolo</p> <p>Limite Municipal </p> <p>Cabecera Municipal </p> <p>Via primaria (Troncal) </p>	<p>Descripción</p> <p>ASOCIACIÓN SANTIAGO </p> <p>ASOCIACIÓN SECAYACO </p> <p>ASOCIACIÓN CHORLAVI </p> <p>Canales Primarios Dist. de Drenaje </p>	<p>Símbolo</p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p>CONTIENE: Título: Unidades de suelo Municipio de San Francisco</p>		<p>GRUPO DE TRABAJO: GRUPO DE INVESTIGACIÓN : Grupo de investigación de recursos Amazónicos (GRAM), I.A - Esp - M.Sc. Adriana Guerra Acosta</p> <p>COINVESTIGADORES: Kristiam Julián Pazmiño Benavides Bayron Miller Coral Criollo Adrián Antonio Riascos Salcedo</p>
					<p>Fecha: 2017</p>	<p>Escala : 1:60.000</p>	

7.1.2. Diagnóstico del estado actual de los suelos manejados por producción ganadera en zona plana.

Para dar cumplimiento al objetivo “Elaborar un diagnóstico del estado actual de los suelos manejados con producción ganadera, enfatizando sobre el tipo y grado de erosión que ellos presentan” se realizaron recorridos de campo por los diferentes unidades experimentales evaluadas donde se determinó que:

1. La ganadería a generado procesos erosivos como las terracetas y patas de vaca las cuales fueron observadas en las 9 unidades experimentales evaluadas, incrementando su severidad en los sistemas intensivos donde el ganado recorre libremente en grandes áreas presionando sobre las primeras capas del suelo, mientras que en los sistemas de manejo de franjeo la presencia era menor.

Figura 22. Proceso erosivos con terracetas y patas de vaca



Estos efectos están relacionados a partir de las terracetas formadas por el tráfico del ganado, a través de la dirección de la vertiente. Además estas van formando un escalonamiento en las laderas cuya parte plana son consideradas como la zona de tráfico o de paso permanente, se va compactando y va perdiendo capacidad de infiltración; el agua en la terraceta se infiltra entonces por el respaldo y, si el suelo es poco profundo o tiene un horizonte de textura pesada y contrastante a poca profundidad, llega a saturarse en su horizonte superficial, pudiendo originar deslizamientos, soliflucción o reptación, dependiendo del gradiente de las pendientes y del suelo.

En comparación del sistema de franjeo y las fincas de manejo de ganado intensivo, el efecto es más severo en el último sistema mencionado, debido a que los animales al encontrarse en un área muy amplia, recorren un sendero continuamente para llegar a las zonas de su preferencia ya sea para pastorear o descansar lo que el pisoteo se reitera con alta frecuencia y la humedad edáfica es elevada. Si el contenido de humedad del suelo es alto, el impacto de la pezuña suele provocar deformación superficial (Sosa, Martín, & Zerpa, 1995) generando aumento en la densificación y disminuciones de la porosidad, la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración (Denoia, Sosa, & Zerpa, 2000).

2. Al estar ubicados los suelos de estudio en zona plana, acompañados de las altas precipitaciones en la región, se observó en los recorridos de campo que los suelos presentaban altos niveles de saturación debido a niveles freáticos altos, acompañados por procesos de compactación que se evidenciaron por la presencia de terracetas o patas de vaca donde se evaluaron, además se evidencio que los sitios como bebederos, la presencia de erosión tipo terracetas se incrementaba al existir una presión frecuente sobre estas zonas.

Ya que en el valle de Sibundoy se presentan cambios climáticos repentinos, que van desde brisas leves hasta calor extremos, estos efectos causan una alteración en el comportamiento habitual de los animales. Por lo que (Brown-Brandl TM, 2006b), dan a conocer que bajo condiciones de estrés por calor los animales aumentan el tiempo dedicado a beber agua y el que permanece de pie cerca de los bebederos.

Por esta razón el acceso a fuentes de agua como los bebederos; es muy importante ya que el consumo de agua es una de las formas más rápidas y eficientes por las que el animal reduce su temperatura corporal. Durante el verano ésta es prácticamente duplicada respecto al consumo de invierno. El consumo de agua en el verano alcanza $32,4 \pm 0,13$ L/día, mientras que en el invierno es de $17,3 \pm 0,08$ L/día (Arias R. , 2006).

Figura 23. Saturación del suelo en fincas evaluadas



Además en el caso de los potreros, la compactación resultante del tránsito de los animales afecta en forma negativa el flujo del agua a través del perfil y la estabilidad estructural, procesos que causan erosión superficial (Rivera, 1998).

7.1.3. Evaluación de las propiedades físicas y químicas.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se realizaron análisis físicos en el laboratorio del ITP y los químicos en el laboratorio especializado de suelos de la Universidad de Nariño, en los tres tratamientos evaluados, manejo intensivo de la ganadería (S2) y ganadería con franjeo (S3) y un testigo que corresponde a bosques secundarios (S1), en relieve con pendiente plana (T3) que oscila entre 0% - 3%.

A. Propiedades físicas.

El análisis estadístico de las variables, densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), estabilidad de agregados (SI) y conductividad hidráulica (CH) para los sistemas de manejo ganadero (sistema de franqueo S2 y sistema intensivo S2) y el de bosque secundario "S1" evaluados en la investigación, resultó estadísticamente no significativa ($P > 0,05$) como se muestra en la tabla 4, esto posiblemente por las características específicas de los suelos de sitio de estudio, el manejo dado por los ganaderos no incluye ganadería extensiva. Por tal motivo se realizó un análisis por promedios por cada propiedad física, tomando como base los resultados obtenidos en el laboratorio y en campo.

Tabla 4. Análisis de varianza (Anova) de algunas variables físicas en los suelos evaluados

FÍSICAS	P Valor 0 – 15 cm	P Valor 15 – 30 cm
Da	0,3424	0,5016
Dr	0,4521	0,9939
Porosidad	0,3580	0,5721
H. Gravimétrica	0,3085	0,4190
H. Volumétrica	0,3181	0,3693
Est. Agregados	0,8409	0,9697

$P < 0,05$ existen diferencias altamente significativas

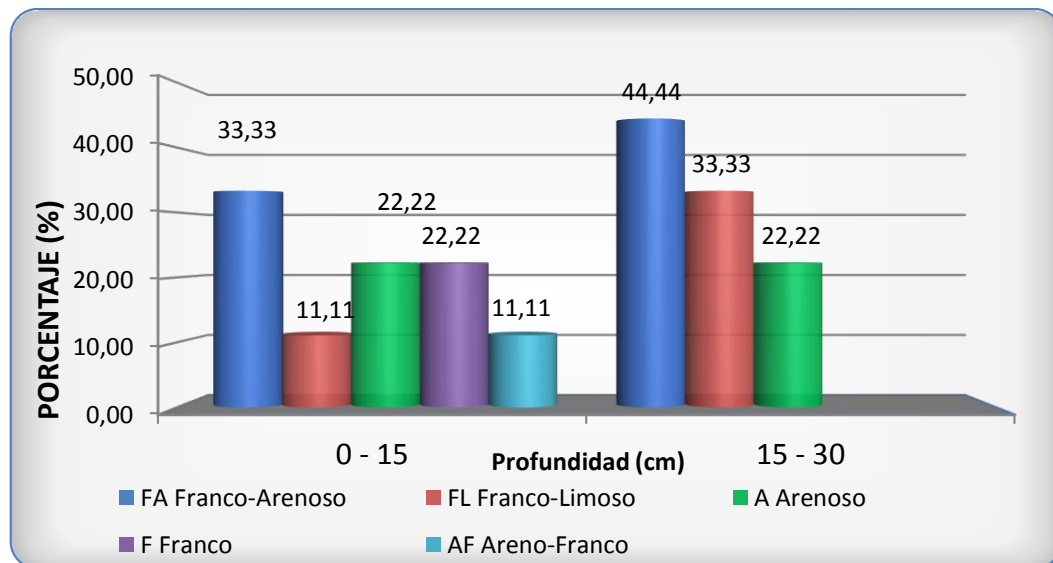
❖ Textura.

Esta propiedad hace referencia a la proporción de los componentes inorgánico de diferentes formas y diámetros como arena, limo y arcilla (FAO, 2000).

Para determinar la presencia de arena, se deduce por el grosor de la partícula que al friccionarse entre los dedos da una sensación de aspereza. El limo da una sensación de suavidad, similar a la mantequilla cuando se analiza en húmedo, mientras en seco da la sensación de pequeños terrones que se rompen fácilmente al friccionarlos. La arcilla en húmedo produce una sensación de plasticidad y pegajosidad, cuya intensidad varía dependiendo del tipo de arcilla (Valenzuela, Rodríguez, & Carrillo, 2013).

La textura determinada al tacto según las guías sugeridas por la Universidad Nacional de Ingeniería (Departamento de Ingeniería Agrícola), presento, los siguientes resultados.

Figura 24. Clases texturales de los bosques secundarios (S1) a dos profundidades de muestreo.



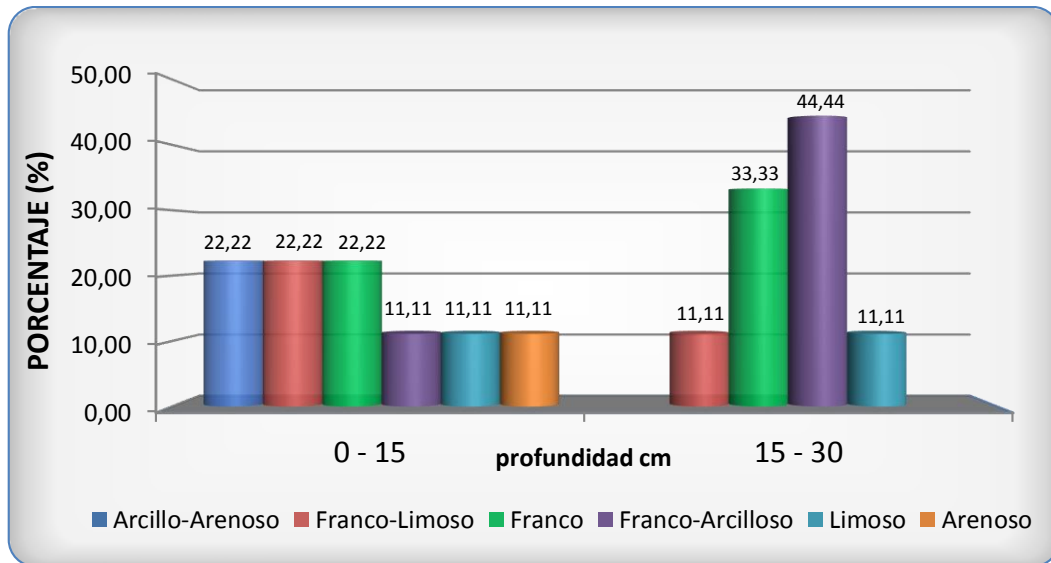
Según la Figura 24, los análisis resultantes de las muestras tomadas en los bosques secundarios evaluados, presentaron que a la profundidad de 0 a 15cm, que el 33,33% corresponde una textura franco-arenoso (FA), que al igual que en la profundidad de 15 -30cm corresponde al 44,44%, seguida con una textura franco limosa (FL) con un 33,33%, esto hace referencia a que los bosques se encuentran en zonas de influencia de material de arrastre por la cercanía a fuentes hídricas y por la acumulación de otros sedimentos como materia orgánica procedentes de residuos de su cobertura boscosa.

Los suelos franco-arenosos, se caracterizan por permitir el drenaje fácilmente desde la superficie al interior del perfil de suelo, por el amplio espacio poroso que poseen y que a su vez retiene una humedad considerable para que las plantas puedan retener el agua para subsistir, ya que como menciona Buckman & Brady (1993), estos son con frecuencia demasiado sueltos y abiertos y moderados de adsorber y guardar suficiente humedad y nutrientes.

Al igual que Buckman, Vera, W (1998) también señala, que las clases texturales de caso de las arenosas, determinan suelos con las siguientes características.

- ✓ Buena conductividad hidráulica
- ✓ Baja capacidad de retención de humedad
- ✓ Bien aireado
- ✓ Bajo contenido de nutrientes
- ✓ Baja capacidad de adsorción

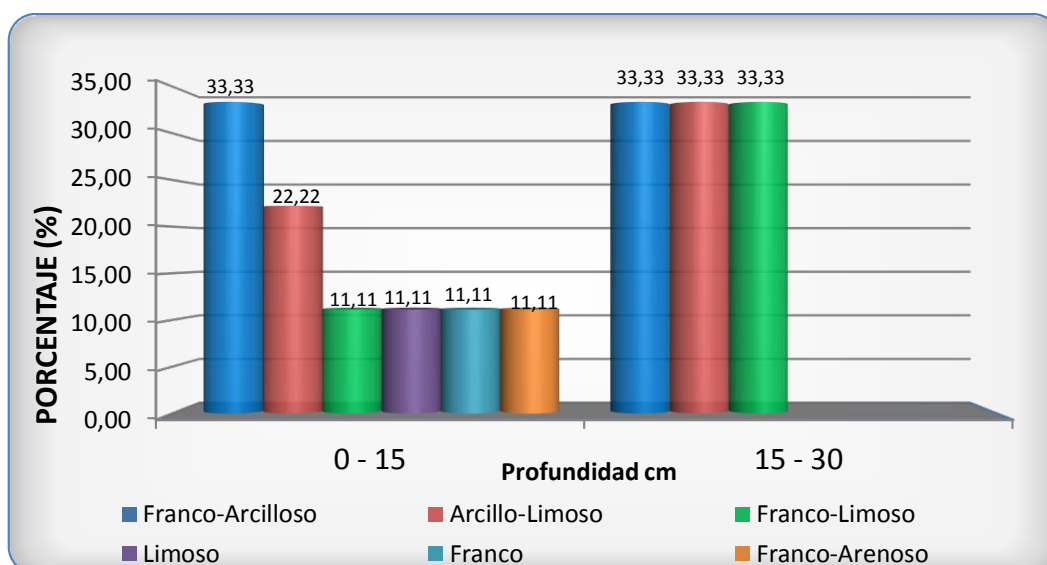
Figura 25. Clases texturales de sistema intensivo (S2) a dos profundidades de muestreo.



Para el sistema intensivo, en los primeros 15 cm de profundidad, las texturas más dominantes con un 22,22% corresponden a arcillo-arenoso (ArA), franco-limosa (FL) y franco (F), a diferencia en la profundidad 15 - 30 cm la textura más representativa con un 44,44% franco arcilloso (FAr).

Las zonas de sistema intensivo, en su totalidad presentaron características de acumulación de agua en su composición estructural, poca capacidad de drenaje en épocas de alta precipitación, por esto, Vera, W (1998) por el contrario en los suelos con textura franco arenosa, afirma que en los suelos franco arcillosos, se da la situación inversa, ya que los poros son demasiado pequeños y actúan como tapón impidiendo la percolación del agua, lo cual se debe principalmente a que la estructura molecular de la arcilla se expande o hincha con este elemento, generándose un suelo con condiciones impermeables, y por ende, con limitaciones al drenaje. Por consiguiente, el suelo que tenga un elevado contenido en arcillas y limos dificultará la penetración de las raíces a través del perfil.

Figura 26. Clases texturales de sistema de manejo en franjas o cercado eléctrico (S3) a dos profundidades de muestreo.



En el sistema de franjeo el 33,33% corresponde a una textura franco arcilloso (FAr) a ambas profundidades, además en la profundidad 15 – 30 cm texturas como arcillo limosa (ArL) y franca (F), están en un porcentaje del 33,33%. Lo que indica que estos suelos han sufrido un alto nivel de disgregación de agregados, debido a una alta sobrecarga y pisoteo por el ganado.

Al analizar el pedón de la serie, se establece que a más profundidad, cada vez más alterados y desagregados han generado material mucho más fino como son las arcillas y limos, y que en su asociación textural se lo identifica con franco arcillo limosas. Sumado a esto y a el rol de la arcilla, que en cantidades proporcionadas le asigna al suelo la capacidad de cohesionar sus partículas, lo cual es uno de los rasgos distintivos de la materia orgánica. En efecto, tal como lo plantea Buckman & Brady (1993), la fertilidad natural de los suelos minerales no puede ser alta sin este particular producto de la síntesis de la meteorización. Así el humus coloidal pasa a suplementar a la arcilla coloidal en la retención de nutrientes (Singer & Erwing, 2000).

Al ser comparadas las texturas de los diferentes sistemas de manejo, se puede afirmar que los suelos de estas zonas, según el POMCA (2010), presentan texturas que van de franco arenosas a franco arcillosas y colores oscuros en superficie grises a muy oscuros sobre pardo oscuro, amarillento oscuro a amarillo parduzco en profundidad; en un 20% de estos están limitados por la presencia de una banda de hierro y materia orgánica.

Montenegro (2003), hace referencia a que la presencia de porciones gruesas son de fácil infiltración, peligro de lavado de elementos nutritivos, aireación media a

alta, intercambio gaseoso rápido y retención de humedad baja; consideraciones validas solo cuando el suelo presenta contenidos bajos de materia orgánica.

De las muestras de texturas analizadas, y con base a las categorías generales de suelo y clases texturales (Tabla 5), se deben considerar los rangos de erosionabilidad que poseen cada una de ellas (Tabla 6), ya que los tamaños y compuestos de las partículas, reaccionan de distinta forma frente a los agentes erosivos. De acuerdo a esto, aquellas texturas catalogadas como arenosas o areno francosas poseen una muy alta susceptibilidad a la erosión, debido a que las fracciones gruesas de suelo están desagregadas, lo que genera menores posibilidades de fusión o cohesión de las partículas.

Tabla 5. Rango de erosionabilidad según la clase de textura

CATEGORIAS GENERALES	CLASES TESTURALES	NIVELES DE EROSIONABILIDAD
SUELOS ARENOSOS	Arenosa (ag, a, af, amf)	Muy alta
Textura gruesa	Areno francosa(aFg, aF, aFf y aFmf)	
SUELOS FRANCOSES		
Textura moderadamente gruesa	Franco arenosa (Fag, Fa, Faf).	Alta
Media	Franco arenosa muy fina y limosa (Famf), Franca, Franco limosa y Limosa	Moderada
Fina	Franco arcillosa, Franco Arcillo arenosa, Franco arcillo limosa.	Baja
SUELOS ARCILLOSOS	Arcillo arenosa, arcillo	Muy baja
Textura fina	Limosa, arcillosa.	

Fuente: Según Vera, W (1998).

Tabla 6. Erosionabilidad de sistemas de manejo ganadero

SISTEMA	TEXTURA	EROSIONABILIDAD
SISTEMA BOSQUE SECUNDARIO (S1)	franco-arenoso (FA).	ALTA
	franco limosa (FL)	MODERADA
SISTEMA INTENSIVO (S2)	arcillo-arenoso (ArA)	MUY BAJA
	franco-limosa (FL)	MODERADA
	franco (F),	MODERADA
	franco arcilloso	BAJA
SISTEMA FRANJEO (S3)	franco arcilloso (FAr)	BAJA
	arcillo limosa (ArL)	BAJA
	franca (F)	MODERADA

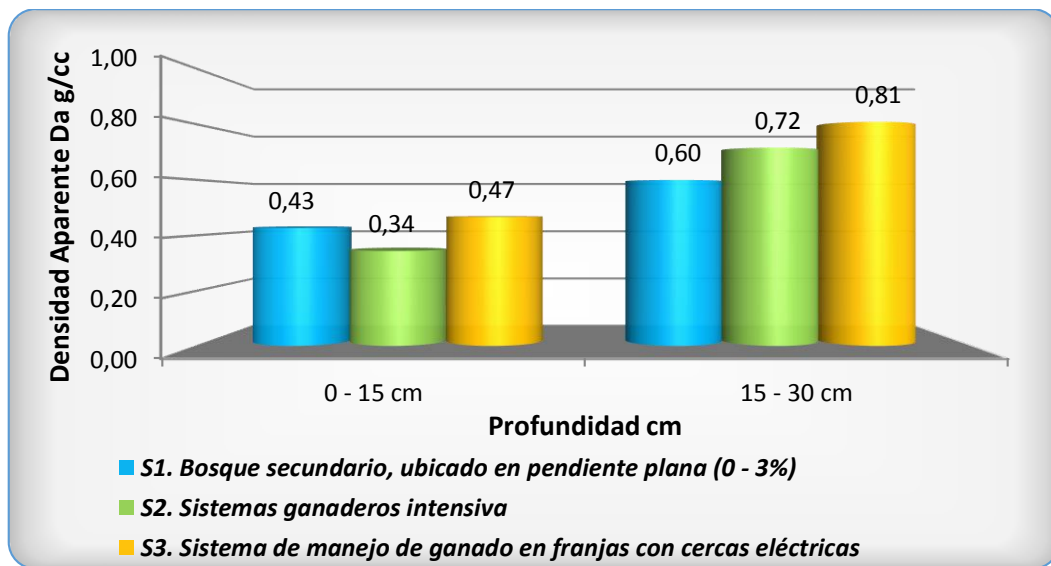
Los suelos de estudio, presentaron diversas clases texturales, en donde las más representativas corresponden a suelos del tipo franco arenoso limoso. Estos suelos, se caracterizan por poseer una mezcla de partículas de arena, limo calcáreo y arcilla que exhiben propiedades ligeras y pesadas casi en iguales proporciones (Buckman & Brady, 1993).

❖ **Densidad Aparente D_a (g/cc).**

Esta propiedad permite evaluar el efecto del manejo sobre el suelo, por lo que es un indicador de calidad de este recurso muy usado particularmente para determinar compactación, ya que refleja la condición de porosidad, aireación y dinámica de agua. Una densidad aparente baja es un signo de buen funcionamiento del suelo y que permite mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de raíces y por ende una mayor producción de los ecosistemas así como lo cito García E (2011), por ello es importante la evaluación de esta propiedad para esta investigación.

A parte de lo anterior, según Moro *et al.*, (2001), la densidad aparente 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 materia orgánica en el suelo puesto que ellos reducen el valor de dicha densidad.

Figura 27. Promedios de la Densidad aparente (D_a) en los tratamientos



Los valores de densidad aparente encontrados en los suelos evaluados no muestran diferencias significativas entre sistemas, pero si diferencias de acuerdo a las dos profundidades evaluadas de 0 – 15 cm y de 15 – 30 cm, oscilando valores de 0,34 g/cc - 0,47 g/cc en los sistemas intensiva y de manejo de franjeo y de 0,60 g/cc – 0,81 g/cc el de sistema de bosque y el de franjeo respectivamente, lo anterior es corroborado por Aguilera (1989) de que en suelos con alto contenido

de materia orgánica obtenidos en los resultados de los análisis químicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales, resaltando que estos suelos evaluados presentaron valores significativos de materia orgánica (Figura 38).

Además a lo anteriormente afirmado por Aguilera (1989), el sistema con bosque secundario en las dos profundidades evaluadas con valores 0,43 g/cc (Profundidad 0 – 15 cm) y 0,60 g/cc (Profundidad 15 – 30 cm) presenta densidades aparente muy baja, debido a que son suelos con mayor contenido de materia orgánica por su proceso de humificación que se presenta en su medio lo que obedece a que las raíces de las plantas se entrelazan generando una presión por la alta densidad vegetal sobre el suelo, tal es el caso que se obtuvo un valor promedio 18,37 % de MO, muy superior a los demás tratamientos evaluados de manejo de actividad ganadero (Figura 38).

Según Viveros, M (1999), quien afirma que la densidad aparente está afectada por el contenido orgánico, a pesar que los coloides inorgánicos pueden influir, especialmente en zonas bajo efecto de cenizas volcánicas donde los materiales alofanicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado, al respecto Díaz, *et, al* (2009), afirma que las variaciones de Da no siempre resultan detectables en lapsos de tiempo diferente y puede cambiar por el manejo dado al suelo y si este fuera enmendado periódicamente por compuestos orgánicos.

En cuanto a los sistemas de ganadería tipo sistema intensivos y tipo sistema con franjeo en relación a los valores de densidades aparentes muestran valores bajos en cuanto a la profundidad evaluada de 0 – 15 cm (Figura 27), esto se debe a que según Herrero (2003), los suelos provienen de incorporación de restos vegetales tal el caso de la primera capa vegetal de estos predios manejados con diferentes tipos de pastos establecidos y el de los animales en diferentes estados de descomposición por la constante defecación del ganado, además la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos se encuentran sometidos a un constante proceso de transformación. Al respecto, Thompson (2002) manifiesta que el estiércol proporciona materiales orgánicos que ejercen una influencia favorable sobre la estructuración del suelo. El estiércol aumenta la agregación de las partículas del suelo y reduce la densidad aparente.

A la profundidad de 15 – 30 cm el sistema de ganadería intensiva y el de ganadería con franjeo, presentan valores más altos con relación a la primera profundidad (0 – 15cm), esto puede ser debido como lo asegura Unigarro *et, al* (2005), por el exceso de actividades agropecuarias como lo es la presencia de animales (ganado bovino), han posibilitado su deterioro, dificultando así la aireación, percolación del agua que impiden o restringen la penetración de raíces, viéndose también afectado por la disminución de poros en el suelo. En el sistema de manejo de ganado con franjeo presenta el valor de densidad aparente más alto con 0,81 g/cc con relación a las demás variables, a lo que defiere que en los predios evaluados se esté llevando un manejo inadecuado del sistema como es la

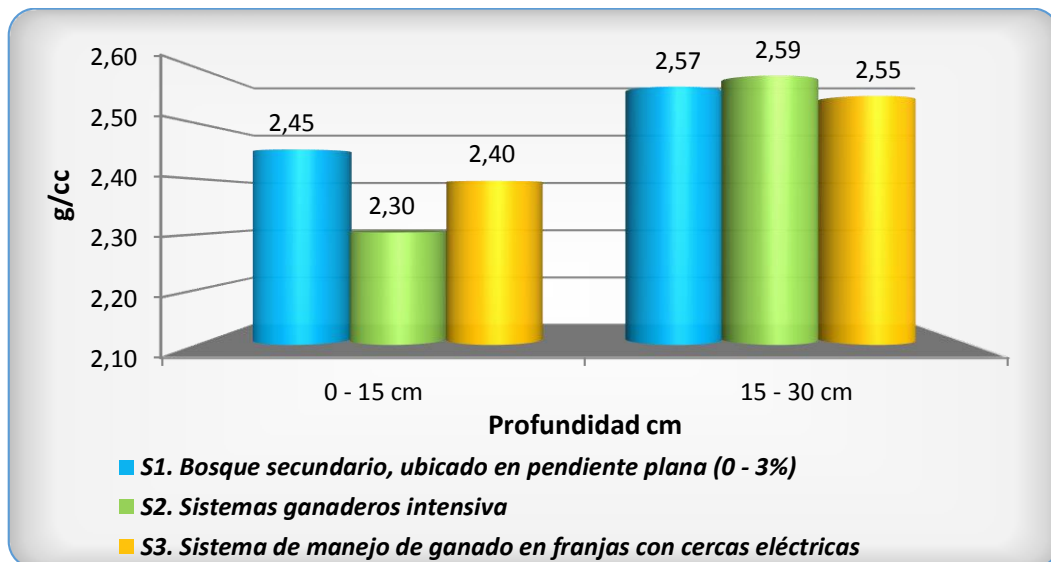
presencia del número mayor de animales por unidad de área, determinando mayor compactación del suelo.

El peso del ganado genera una presión sobre el suelo disminuyendo los espacios porosos que incrementan mediadamente las densidades, generando poco a poco problemas de compactación por lo cual se hace necesario disponer de parámetros que integren las interacciones suelo-planta, y un intervalo de agua óptimo como indicador de la calidad física y estructural del suelo que a su vez permitirán mínimas limitaciones asociadas a la aireación, y resistencia mecánica en función de la densidad aparente, aireación y resistencia a la penetración (Silva-Lora, 1994).

❖ **Densidad Real D_r (g/cc).**

La densidad real de un suelo depende principalmente de la composición y cantidad de minerales y de la proporción de materia orgánica que contiene. La densidad de la parte mineral de un suelo es mayor que la de la materia orgánica porque contiene cuarzo, feldespato, mica y óxidos de hierro como la magnetita y la hematita (Angeles, Hernandes, Ochoa, & Morales, 2010).

Figura 28. Promedio Densidad real (D_r) en los tratamientos



La densidad real encontrada presenta valor promedio más bajo de 2,30 g/cc a una profundidad de 0 – 15 cm y el valor promedio más alto de 2,59 g/cc a una profundidad de 15 – 30 cm, siendo estos datos del sistema de ganadería intensiva (Figura 28); El valor promedio más alto presentado en el sistema intensivo es debido según Sustaita *et, al* (2000), al que el suelo se encuentra expuesto al constante pisoteo del ganado más su peso que genera una presión sobre el suelo disminuyendo los espacios porosos, hecho que facilita la compactación, aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y ocasionando cambios

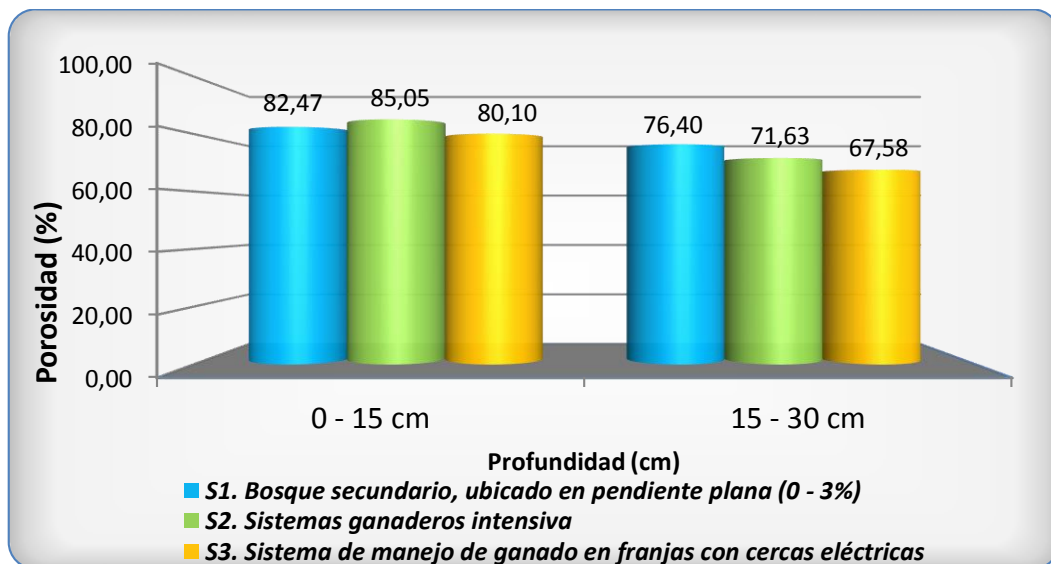
desfavorables en la relación suelo-agua-aire; por lo que los niveles originales de materia orgánica sean reducido y sea incrementado el potencial de compactación.

Sin embargo los valores anteriormente mencionados al igual que los de las demás variables evaluadas al ser inferiores a 2,65 g/cc se puede determinar como afirma Thompson (2002), que los suelos evaluados poseen un alto contenido de materia orgánica, situación que es la que se presenta en la investigación, ya que todos los suelos identificados de los tres sistemas arrojaron presencia de materia orgánica en un promedio de porcentaje alto (Figura 38, Tabla 14).

❖ Porosidad del suelo.

En esta propiedad del suelo, los poros juegan un papel muy importante ya que se mide los espacios que no son ocupados por materia sólida. Además esto nos determina la capacidad del suelo para almacenar agua o aire, siendo de gran importancia un parámetro muy relevante para el desarrollo y supervivencia de las plantas y para la actividad biológica del suelo, puede calcularse a partir de los valores de densidad aparente (D_a) y densidad real (D_r) (Jaramillo, Parra, & González, 1994).

Figura 29. Valor promedio para la variable Porosidad del suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario



Con respecto a la Figura 29, indica la porosidad más alta en la profundidad de 0 a 15 cm es en el sistema de ganadería intensiva con un 85.05%, seguido por el bosque secundario con un 82.47% y por último con 80.10% el sistema de manejo de ganado en franjas.

En cambio, entre las profundidades de 15-30cm el porcentaje de presencia de poros disminuye considerablemente en los sistemas de ganadería intensiva y

franjeo, siendo este último sistema con el menor porcentaje con un 67,58%, además la mayor porosidad se obtuvo con 76,40% en los bosques secundarios.

De estos valores, se puede deducir que entre los primeros cm de profundidad, el sistema de ganadería intensiva, tiene alto contenido de poros en su suelo en comparación con el sistema de manejo con franjas, esto se debe a que en el sistema intensivo, el pastoreo que realizan los animales es más extenso y no es muy constante, haciendo que no se compacten los agregados de este suelo.

Por otra parte entre los 15 y 30 cm, se refleja una disminución de porosidad en el sistema de manejo ganadero tipo franjeo, con respecto a los otros dos sistemas, esto es el resultado de que los animales son limitados a una cierta área para su pastoreo, lo que implica más carga de peso y mayor tiempo de presión al suelo, disminuyendo así los espacios de aire en las partes más profundas.

Por lo anterior Rubio & Lavado (2009), sugiere que los períodos de descanso prolongado con pastoreo rotativo mantienen la porosidad edáfica en rangos similares a los hallados en áreas excluidas del pastoreo por varios años.

Al realizar un análisis de los porcentajes que se observa en la Figura 29 y los valores estimados en la Tabla 7, los suelos evaluados presentan una porosidad entre excelente y excesiva, esto debido a los altos contenidos de materia orgánica corroborados en la Figura 38, además las texturas más representativas fueron franco arenoso, franco limosa y franco arcillosa, lo cual como lo manifiesta Gonzales *et al* (2009), que la porosidad puede estar relacionada con la textura, contenido de materia orgánica, densidad aparente, consistencia y estructura principalmente, los suelos evaluados tienen alto contenido de materia orgánica que procede del estiércol del ganado, quien motiva que haya alta porosidad total, así como también influye en la agregación del suelo.

Tabla 7. Clasificación de porosidad total de un suelo

POROSIDAD TOTAL (%)	CLASIFICACIÓN
> 70	Excesiva
55 - 70	Excelente
50 - 55	Satisfactoria
40 - 50	Baja
< 40	Muy baja

Fuente: Según IGAC (1990)

❖ **Distribución de agregados en seco (shaker).**

La estructura de un suelo se modifica en función del tiempo, de una manera cíclica frente a agentes naturales y antrópicos, también influye la acción de la flora y fauna del suelo, lo que determina las condiciones de estabilidad del medio estructural.

Según el departamento de ambiente y recursos naturales de la facultad de ciencias agrarios y forestales, (U.N.L.P., 2014), los suelos poseen capacidad estructurante, de agregación y fisuración natural, por lo que los agregados pueden dar otros más grandes o más pequeños. En el proceso de estructuración pueden intervenir distintos agentes cementantes como:

Materia Orgánica: Posee acción estabilizadora por su naturaleza coloidal en la formación de agregados. Se destacan las sustancias húmicas y otros polisacáridos, proteínas, lípidos, etc. Es muy frecuente la disminución de la agregación en suelos donde se reduce el contenido de materia orgánica. Forma complejos con el Ca^{++} de alta estabilidad; también forma quelatos con los metales (Fe) que son muy estables.

Arcilla: Junto con la materia orgánica forma complejos húmicos – arcillosos que son los principales responsables de la formación de agregados. En este sentido, (Emerson, 1959) ha destacado la importancia en la orientación de las partículas en la interacción entre arcillas o entre arcillas y materia orgánica (orientación cara-borde, caracara, borde-cara. Cuanto más arcilla tenga el suelo, mayor será la proporción de agregados, ya que une a las partículas de mayor tamaño; capas finas de arcillas recubren las arenas y limos y las mantienen unidas. Es de destacar que la capacidad estructurante de las arcillas guarda una directa relación con su gran superficie específica.

Coloides de Fe y Al: Se destacan en suelos con un bajo contenido de materia orgánica.

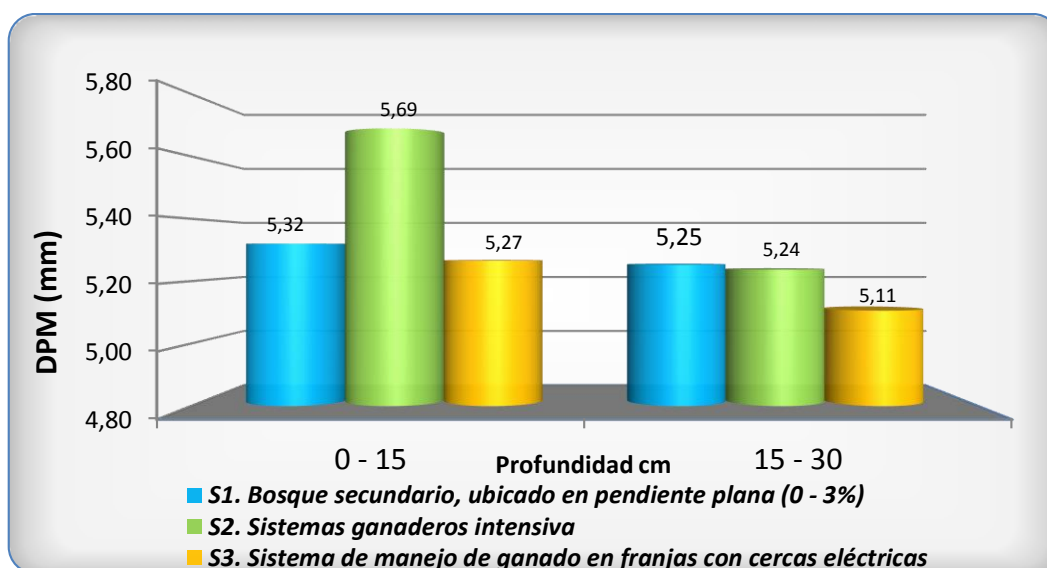
Microorganismos: Durante períodos de intensa actividad biológica, las células y los microorganismos mantienen unidas en forma mecánica las partículas del suelo. Colaboran en la formación de agregados a través de los compuestos producidos durante la descomposición de la materia orgánica; su actividad es muy efímera.

Animales: A través de productos metabólicos de lombrices, arañas, nematodos, insectos, etc.

Plantas y residuos vegetales: Por la excreción de compuestos a través de las raíces. Otra acción mecánica la ejercen las raíces, al aglutinar partículas de suelo a su alrededor (ej: raíces de gramíneas). Los residuos vegetales proporcionan el sustrato para los microorganismos del suelo.

Agua: Hinchamiento y contracción de los coloides, por humedecimiento y secado del suelo. Esto causa los planos de debilidad por los cuales se separan los agregados. Otro fenómeno es la tensión superficial, que mantiene unidas las partículas.

Figura 30. Valor promedio para la variable distribución de agregados en seco (Shaker)



Para el análisis de estos valores, se tomó como base la tabla 8 de la clasificación de la estabilidad de agregados de Leenheer y De Bould, 1958 citado por Lobo, Deyanira & Pulido (2011), que se muestra a continuación.

Tabla 8. Calificación Diámetro Ponderado Medio

DPM (mm)	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL
< 0.5	Inestable
0.5 – 1.5	Ligeramente estable
1.5 – 3.0	Moderadamente estable
3.0 – 5.0	Estable
>5.0	Muy estable

Fuente: Leenheer y De Bould, 1958 citado por Lobo, Deyanira & Pulido (2011)

De acuerdo con los valores promedios obtenidos en la Figura 30 y comparándolas con la tabla 8, los sistemas en las dos profundidades evaluadas que se encuentran en un rango de 5.11mm a 5.69mm, se encuentra en el equivalente de >5 que corresponde a que los suelos evaluados presentan una estabilidad estructura muy estable.

Además se deduce que en la primera profundidad, el sistema intensivo propasa la estabilidad de agregados en comparación con los demás con un valor de 5.69mm, esto puede ser una causa a la gran cantidad de materia orgánica procedente de las heces fecales de los animales que se encuentra sobre la superficie del suelo quien se incorpora con los agregados más finos originando mayor estabilidad estructural, al presentar estas condiciones, hacen participes los microorganismos

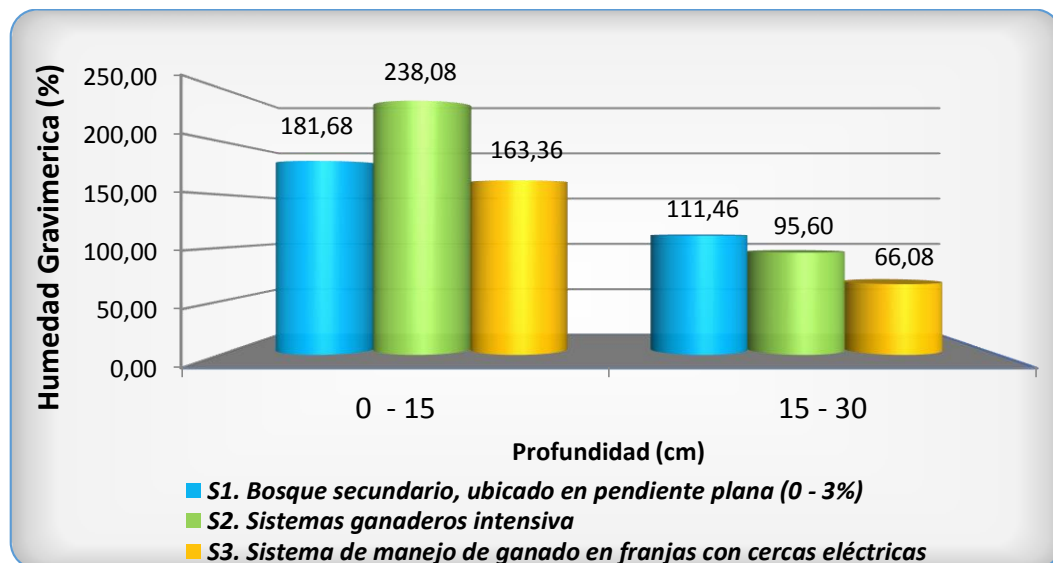
presentes en el suelo, ayudando con su actividad microbiana a mezclar la materia orgánica digerida con otros agregados del suelo, por tanto, la acción microbiana puede ser de gran ayuda, resultando una buena influencia a la formación de una buena estructura en cuanto a la dispersión de los agregados (Primavesi, 1984).

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

❖ **Humedad gravimétrica (%).**

La cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada fundamentalmente por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones minerales y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración (Jaramillo D. , 2002).

Figura 31. Promedio de humedad gravimétrica en los tratamientos.



Los valores promedios para la humedad gravimétrica oscilan entre 66.08% y 238.08% donde en la profundidad 0-15cm el valor más alto lo presenta el S2 238.08% (Sistema intensivo), seguido del S1 (Bosque Secundario) con 181.68%, el S3 (Sistema de Franjas) con 165.36%, en cuanto a la profundidad 15-30cm el valor más alto se evidencia en el S1 con un valor de 111.46%, seguido del S2 con

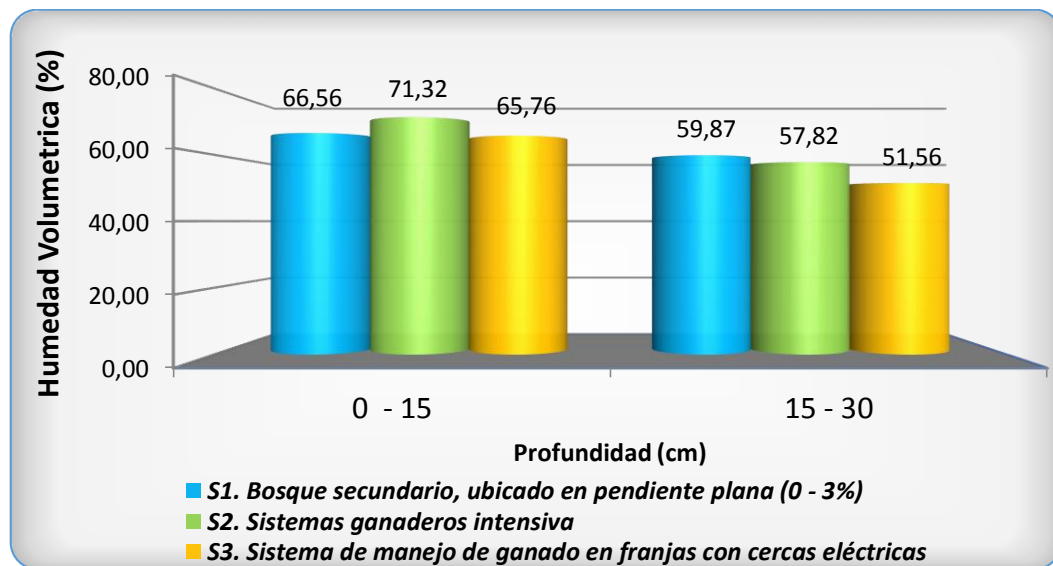
95.6%, el S3 con 66.08%, lo cual según Vélez (2010), se presenta debido a la existencia de materia orgánica que favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo, lo cual incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propio peso, reduciendo la pérdida de humedad por evaporación e incrementando la humedad disponible.

Cuando se alcanzan altos niveles de humedad en el suelo, el impacto a largo plazo respecto a la degradación depende del manejo dado al suelo mientras éste se encuentra demasiado húmedo. Si no hay aplicación de energía al suelo, no ocurrirá degradación física, entonces la separación de partículas y/o encharcamiento no se presentara López (2002).

Es importante resaltar que la textura es la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla. Se presenta buena distribución de los agregados del suelo, resaltándose un contenido menor de limos al ser F-Ar pero en general este suelo propicia según Terán (2002) un nivel adecuado de: movimiento y disponibilidad de humedad del suelo, aireación, disponibilidad de nutrientes y resistencia a la penetración por las raíces.

❖ **Humedad volumétrica.**

Figura 32. Promedio de humedad volumétrica en los tratamientos.



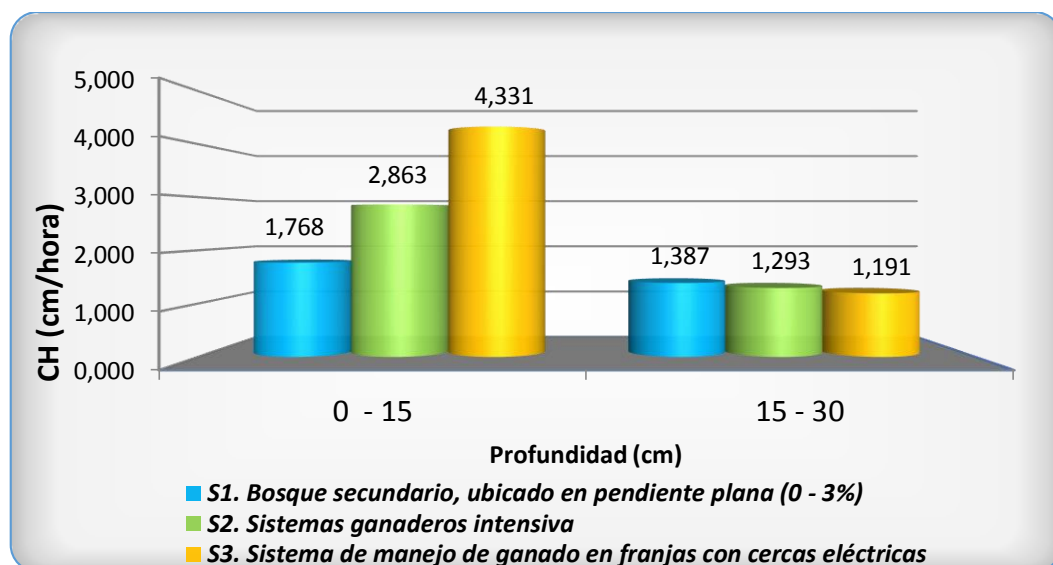
De acuerdo con la Figura 32 la humedad volumétrica en los diferentes tratamientos se encuentra para la profundidad 0-15cm en los S2, S1 y S3 con 71.32%, 66.56%, 65.76% respectivamente y en la profundidad de 15-30cm los S1, S2 y S3 con 59.87%, 57.82%, 51.56% respectivamente. Es interesante observar que el sistema en franjas, a pesar de tener un mayor contenido de materia orgánica, retiene menor humedad capilar gravitacional, este hecho se refleja

también en una mayor densidad aparente y menor contenido de aire. Según Ruiz (1995) la cantidad retenida a bajos valores de tensión, depende fundamentalmente de los fenómenos de capilaridad y de la distribución de poros que tenga el suelo y por tanto está fuertemente afectada por la estructura del suelo.

Según afirma Reyes (2010), la alta cantidad de materia orgánica, ayuda a que los índices de saturación aumenten considerablemente, que en los bosques, por lo general, se ve influenciada por la evapotranspiración ya que devuelven mayores cantidades de agua a la atmósfera, de manera que retornan menos agua al suelo que los pastizales o áreas de cultivo bien manejados, traducidos en porcentajes de humedad bajos.

❖ Conductividad Hidráulica.

Figura 33. Promedio de conductividad hidráulica en los tratamientos.



Después de analizar los resultados promedios a la profundidad de 0 a 15 cm el sistema S1 (bosque Secundario) presento una conductividad hidráulica de 1,76 cm/hora la cual está clasificada como moderada, seguido por el sistema S2 (sistema intensivo), S3 (Sistemas de franjas), con valores de 2.86cm/hora y 4.33 cm/hora clasificados como permeabilidad moderada, donde la conductividad hidráulica según Sandoval (2008) está relacionada con la distribución de los poros, una mayor proporción de poros pequeños disminuye su conductividad, el S3 se vio influenciada por la textura de suelo y la presencia de arcilla, en este caso la capacidad de absorber agua durante el procesos de humedecimiento. Este criterio se debe ya que a pesar de que existen diferencias entre el sistema intensivo y bosque secundario, existe una tendencia a disminuir este último, debido a su condición de textura más arenosa y lo que indica que los contenidos de humedad en los bosques secundarios son bajos respecto a los demás sistemas por la presencia de árboles que demandan gran cantidad de agua.

A la profundidad de 15 a 30 cm el sistema S1 (Bosque secundario) presentó un valor de conductividad hidráulica de 1.38 cm/hora con una clase de permeabilidad moderadamente lenta, seguido por los sistemas S2 (Sistema intensivo) con un valor de 1,29 cm/hora y por último S3 (Sistema de franjeo) con un valor de 1.19 cm/hora como moderadamente lenta, con estos datos se observó corroborando con Navarro *et al* (2012), la conductividad hidráulica saturada aumento con la disminución de la densidad aparente, debido a un aumento de la agregación del suelo y macroporos continuos atribuido al crecimiento de la raíz y actividades biológicas en el S1. Los menores valores en estos sistemas están relacionados con el incremento de la densidad aparente, lo que genera disminución de la porosidad y actividad de la macro fauna

Las propiedades hidráulicas están en función de la textura del suelo y de otras características disponibles como la distribución del tamaño de partículas, densidad aparente y/o contenido de materia orgánica. Por ejemplo, los suelos de textura fina suelen tener características diferentes de retención de agua y muy baja conductividad hidráulica saturada comparados con los suelos de textura gruesa, como también la conductividad dependió, según la función, del porcentaje de humedad, la retención de humedad fácilmente aprovechable, la textura, la porosidad de aireación, la estabilidad de agregados y del grado de compactación (Unigarro A. , 2005).

Tabla 9. Clasificación de la conductividad hidráulica.

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

❖ Resistencia a la penetrabilidad (RP).

La resistencia o impedancia mecánica del suelo (RP), medida con un penetrógrafo, ha sido correlacionada con penetración de raíces. Taylor, *et al.*, (1966), citados por Valenzuela y Torrente (2013), demostraron que esta relación fue la misma para un alto rango de tipos de suelos, contenido de humedad y densidad aparente, lo cual sugiere que se trata de una relación fundamental.

La variación de penetrabilidad en los diferentes tratamientos a las profundidades evaluadas se sintetizó en las figuras 34-35-36.

Figura 34. Resistencia a la penetrabilidad en los Bosques secundarios (S1).

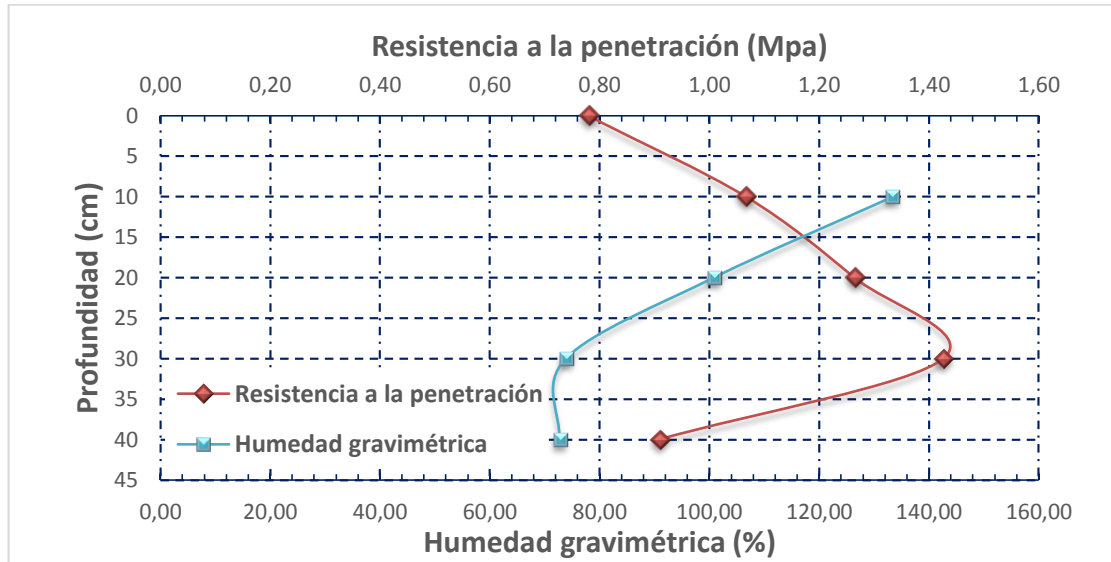


Figura 35. Resistencia a la penetrabilidad en Sistemas ganaderos intensiva (S2)

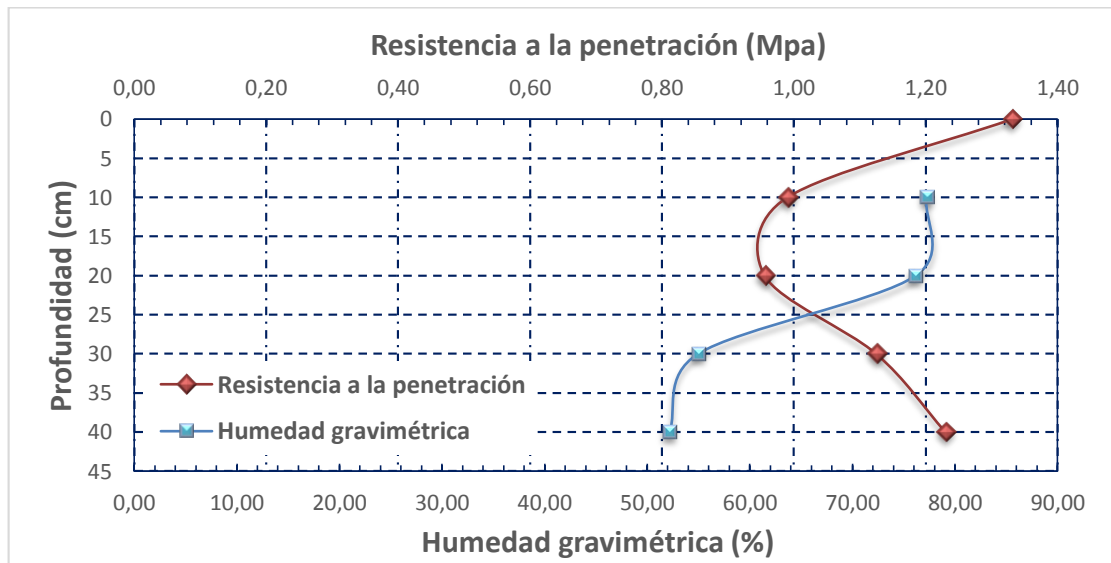
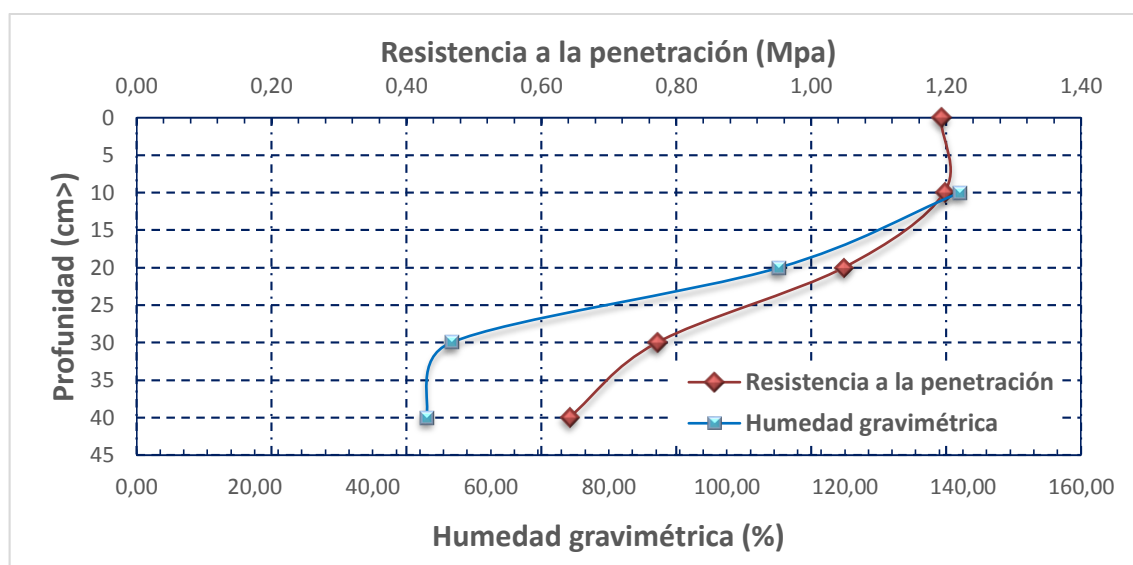


Figura 36. Resistencia a la penetrabilidad en Sistema de manejo de ganado en franjas con cercas eléctricas (S3)



En el sistema de bosque secundario (S1) con relación a las demás variables, en los primeros 20 cm presenta los datos el de menor y el más alto de RP con valores de 0,78 Mpa y 1,26 Mpa respectivamente, que de acuerdo al estimativo de RP mencionado por Lal (1994) Tabla 10 considera que es bajo y media; además estos valores oscilan con una humedad gravimétrica entre 133,37% a 100,80%.

De 20 cm a 40 cm evaluado los sistemas que presentan los datos de menor y más alta de RP fueron el sistema de manejo de ganadería en franjas (S3) y el de bosque Secundario (S1) con valores de 0,64 Mpa y 1,43 Mpa respectivamente, siendo estos los datos más relevantes en todos los variables a las diferentes profundidades evaluadas; estos valores según el estimativo por Lal (1994) Tabla 10, considera que la RP es baja y media, estos valores oscilan a una humedad gravimétrica entre 49,05 % a 76,14%.

Tabla 10. 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 general los bosques secundarios (S1) presentaron valores altos de resistencia (de 0,78 a 1,43 Mpa) obedeciendo a que el desarrollo radicular de la vegetación existente ejerce presión de amarre sobre el suelo y aprovechan los bosques el agua disponible en el suelo a mayores profundidades, utilizándola en el proceso de transpiración (Huber, C, & A, 1885).

En cuanto al sistema de ganadería intensivo (Figura 35) y el de sistema de ganadería por franqueo (Figura 36), comienzan en los primeros cm de profundidad evaluados con valores altos hasta ir descendiendo la RP con el aumento de la profundidad, el cual indica que en los primeros cm por el tipo de manejo de los predios hay un relevante pisoteo de ganado generando acción de presiones, proceso que conlleva a la compactación del suelo con posibles encharcamientos debido a que como afirma Atwell (1993) se comprime en una masa de suelo, disminuyendo su volumen, modificándose el número y tamaño de los poros y aumentando la densidad aparente, obtiene valores altos de humedad gravimétrica a los encontrados en la investigación.

Según Dam, (1971), Buol, Hole, Mc Cracken (1973) citados por Da Rocha (1973), se generan problemas de degradación física como pérdida de resistencia expresada como una disminución del esfuerzo de compresión no confinada en el suelo y se manifiesta en campo por el hundimiento en el suelo húmedo de las patas de los animales.

Mientras Fausey y Lal, (1990) citado por López (2002) afirman de que cuando se alcanzan altos niveles de humedad en el suelo, el impacto a largo plazo respecto a esta degradación depende del manejo dado al suelo mientras éste se encuentra demasiado húmedo. Si no hay aplicación de energía al suelo, no ocurrirá degradación física, entonces la separación de partículas y/o encharcamiento no se presentara.

El amasado superficial del suelo ello sucede cuando el suelo es transitado y pisoteado repetidamente con alta humedad. Ello da lugar a una imbibición e hinchamiento del suelo superficial, el cual se hincha y pierde no sólo su estabilidad sino también su resistencia (Taboada M. A., 2007).

Lo anterior se corrobora con la alta precipitación pluvial que se registra en la zona, en donde en el municipio de San Francisco, el promedio multianual registrado de la estación La Primavera es de 1666 mm (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

B. Propiedades químicas.

Según la Sociedad Colombiana de ciencias del Suelo (2003) las propiedades químicas del suelo también se derivan de las características de formación, material de origen, materia orgánica, actividad microbial y reacciones que ocurren

dentro del mismo. La composición química del suelo incluye la media de la reacción de un suelo (pH) y de sus elementos químicos (nutrientes).

Para las propiedades químicas, en cuanto al manejo de los sistemas ganaderos evaluados (sistema de franjeo S2 y sistema intensivo S2) en comparación con el bosque secundario "S1", no se observó diferencias significativas ($P < 0,05$) para las variables fósforo (P), capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y aluminio (Al), por el contrario, la materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N) presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) como se observa en la tabla 11, por lo cual se realiza prueba de significancia de Tukey y el análisis por promedios e igualmente para las demás variables tomando como base los resultados obtenidos en el laboratorio de la universidad de Nariño.

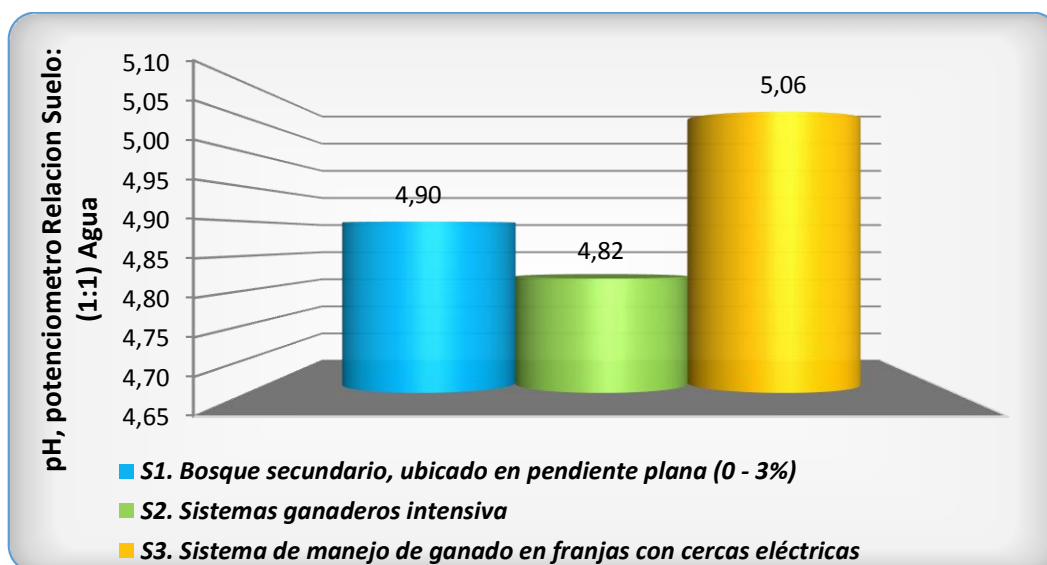
Tabla 11. Análisis de varianza (Anova) de algunas variables químicas en los suelos evaluados

QUÍMICAS	P Valor
Materia orgánica	0,0472**
Fósforo	0,1403
CIC	0,0702
Calcio	0,2452
Magnesio	0,4791
Potasio	0,4075
Aluminio	0,2484
Nitrógeno	0,0472**

$P < 0,05$ existen diferencias altamente significativas

❖ pH.

Figura 37. Variación Promedios de pH del suelo por sistemas



En la variable pH se obtuvieron promedios similares en los 3 sistemas evaluados (subtratamientos) en la zona de pendiente plana (0 - 3%); se aprecia que el menor valor se presentó en los suelos correspondiente al sistema ganadero intensiva con un pH de 4,82, seguido del bosque secundario y el de sistema de ganadería tipo franjeo, obteniendo valores de 4.90 y 5.06 respectivamente (Figura 37).

De acuerdo estudios realizados por el IGAC (1990), donde se afirma que los suelos del área de estudio presentan pH por debajo de 5.5, lo que está de acuerdo con la alta precipitación pluvial que se registra en la zona. Esta alta precipitación es la causa de un lavado permanente de los suelos y por consiguiente la pérdida considerable de cationes tales como el calcio, magnesio y potasio, al respecto el Plan de Ordenación y manejo de la cuenca Alta del Río Putumayo – POMCA (2010), los valores de pH encontrados en suelos de la Asociación Chorlavi, Asociación Santiago y Asociación Secayaco donde se ubican las fincas a evaluadas, están entre pH muy fuerte a fuertemente ácido, manteniendo una tendencia general con relación a los suelos del resto del país, situación que se corrobora con lo encontrado en esta investigación.

Según la clasificación de pH por el ICA (1992), (Tabla 12), los suelos evaluados pertenecientes a los sistemas de manejo ganadero en relación con el subtratamiento testigo como es el bosque secundario se los calificaría con pH extremadamente ácido por estar entre el rango < de 5,5, presentando posible toxicidad de aluminio (Al) y manganeso (Mn); posibles deficiencias de calcio (Ca), magnesio (Mg) y molibdeno (Mo); es necesario encalar la mayoría de los cultivos al igual que las pasturas (Unigarro & Carreño, 2005).

Tabla 12. Estimativo de pH del suelo

VALORES DE pH	CARACTERISTICAS
< 5.5	Extremadamente acido.
5.5 – 5.9	Moderadamente acido
6.0 – 6.5	Adecuado
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 8.0	Alcalino
> 8.0	Muy alcalino

Fuente: Según ICA (1992)

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan el uso agronómico del suelo. Así, la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH de 5,5 a 7,5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación y en función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico (Marín, 1986).

Según Zamboni, *et al.*, (2006), el pH de los bosques contiene una concentración del 15% de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos de tal forma que los ácidos húmicos son los constituyentes principales de la materia orgánica vegetal cuando esta llega a un alto grado de descomposición.

Según Diaz, Ruiz & Cabrera (2009), cuando se presenta un suelo ácido, la recuperación del mismo será resuelta mediante la práctica conocida como encalado, que consiste en una aplicación de enmienda cálcica que reduce la acidez del suelo al enriquecer el contenido de calcio intercambiable en la partícula coloidal.

Según Burbano Orjuela (1989), el grado de acidez de un suelo es el resultado de la interacción de diversos factores, entre los cuales se puede mencionar:

- A. Material de origen.** los suelos formados por intemperismo de rocas básicas tienen, en general, pH más elevado que aquellos que se originan de rocas ácidas.
- B. Lluvia.** el agua que atraviesa el suelo puede elementos “básicos”, como K, Ca, Mg, que son sustituidos por elementos “ácidos” como H, Al, Mn
- C. Planta.** los suelos de bosques tienden a ser más ácidos especialmente cuando se trata de coníferas que los suelos de pradera de otra parte, las plantas pueden variar mucho de Ca y Mg, que observen y remueven el suelo.
- D. Profundidad.** en general la acidez aumenta con la profundidad.

E. Fertilización. los fertilizantes, particularmente algunos nitrogenados, aumentan la acidez debido en gran parte a la transformación biológica “nitrificación”, que tienen que sufrir en el suelo, igual comportamiento tiene la materia orgánica que durante su descomposición produce aumento de la acidez, ya que en el proceso hay liberación de amonio que sufren nitrificación.

❖ **Materia Orgánica MO (%).**

La materia orgánica (MO) es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno (Gregorich, Carter, Angers, Monreal, & Ellert, 1994). Numerosos estudios coinciden en que la MO, es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Quiroga & Funaro, 2004).

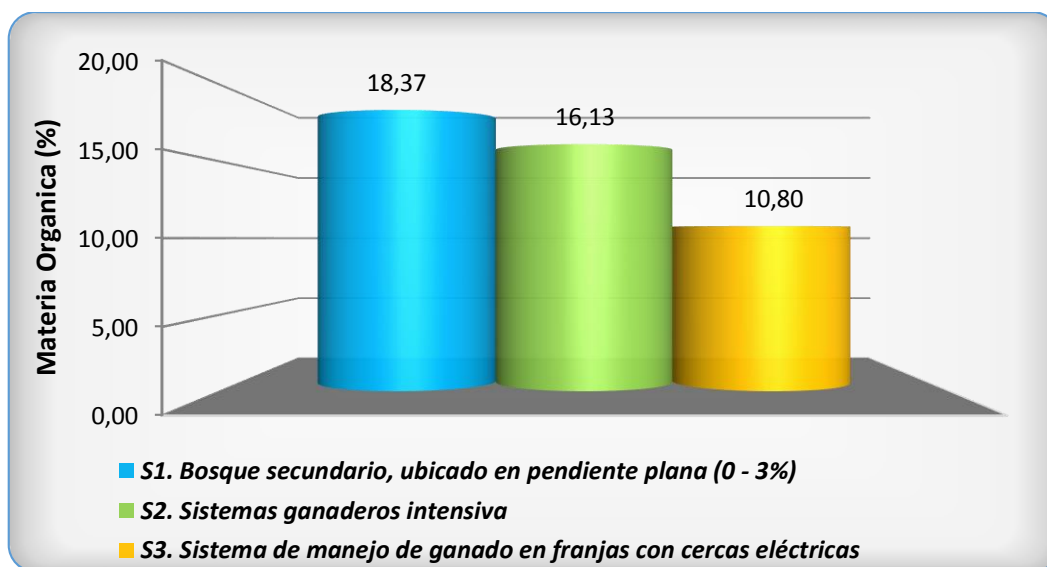
El manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura Ángeles et. Al (2010).

De acuerdo al análisis por varianza (anova), la variable materia orgánica presenta diferencias estadísticamente significativas con un P valor de 0,0472** por lo cual se realizó la prueba de significancia de Tukey por agrupamiento medias en letras (ver tabla 13), siendo el sistema bosque secundario (S1) el que difiere de los sistema de manejo ganadero de franjeo (S2) y el intensivo (S3), con un promedio de 18,37 % como se verifica en la figura 38.

Tabla 13. Prueba significancia de Tukey

Tukey agrupamiento	Media	N	SISTEMA
A	18.367	3	1
B A	16.133	3	2
B	10.803	3	3

Figura 38. Promedios de Materia Orgánica por tratamientos



El contenido de materia orgánica de los suelos evaluados fueron altos, porque según el estimativo dado por el ICA (1992), Tabla 14 para clima frío es mayor de 10, siendo el bosque secundario con el de mayor contenido de materia orgánica con 18,37% y el sistema de manejo de ganado con franjeo el de menor valor con 10,80% cercano a un término de rango de contenido materia orgánico medio; Según Salamanca (1981) determina que la materia orgánica es fuente principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) y algunos elementos menores, además mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad amortiguadora (Buffer), y tiene gran influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Cada 1% de materia orgánica representa en general, 2 meq/100 g en la medida de la CIC.

Tabla 14. Estimativo de materia orgánica según el clima

MATERIA ORGÁNICA SEGÚN EL CLIMA (%)			
INTERPRETACION	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	< de 5	5 – 10	> de 10
MEDIO	< de 3	3 – 5	> de 5
CALIDO	< de 2	2 – 3	> de 3

Fuente: Según ICA (1992)

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, es importante considerar en cuanto a sus usos del suelo, que los suelos con bosques secundarios tuvieron de mayor presencia de materia orgánica, esto se debe a que en el bosque existen mayor cantidad de microorganismos que llevan a cabo el proceso de mineralización o transformación de la materia orgánica en nutrientes que son asimilados por las plantas.

Sin embargo aunque los sistemas de manejo ganadero evaluados tanto intensivo y de franjeo presentan estimativo alto de materia orgánica estas se encuentran en menores cantidades, aunque cabe resaltar que es importante mantener y conservar esta propiedad del suelo con acciones ambientales que permitan conservar el suelo no solo para mejorar su fertilidad, sino también el de combatir la erosión y la protección de la vida que se encuentra en él (vocación protectora de vegetación natural y mantenimiento de la vida silvestre), ante acciones inadecuadas como lo ha sido la labranza de potreros removiendo la capa superficial de mayor contenido de materia orgánica y uso excesivo de productos químicos como son los herbicidas y abonos químicos que contribuyen no tan solo a la disminución de apreciación de la materia orgánica, sino que le prevé al propietario, con el transcurrir de un periodo, mayores costos de producción, aumento y resistencia de plagas y enfermedades, además de dar a degradar el suelo, constituyente a la pérdida de calidad del suelo, ante la pérdida parcial de las propiedades físicas, químicas y biológicas, que un suelo da a constituirse.

La diferencia de variación de contenido de materia orgánica en los diferentes sistema evaluados se explica a cambios intensos presentes principalmente en la superficie del suelo (Coyne, 2000).

Según Amezquita *et al.*, (2004), afirma que las actividades agropecuarias disminuyen el contenido de materia orgánica en el suelo comparado con las coberturas vegetales, tal es el caso de nuestra investigación en comparación de los sistema con ganado del sistema testigo con bosque secundario (Figura 38).

El contenido de materia orgánica en el suelo no es un valor fijo, toda vez que es resultado de la adición de materiales frescos y de la descomposición tanto de los materiales adicionados como del material humificado del suelo. La materia orgánica juega un papel en el mantenimiento de la fertilidad del suelo así como en la recuperación del mismo (Viera, 2002).

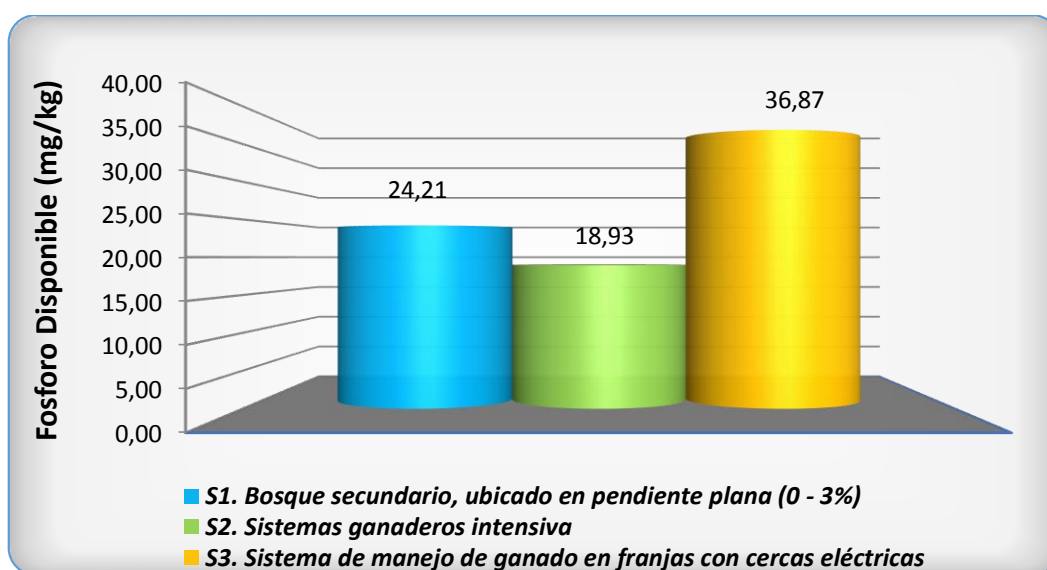
A su vez la materia orgánica es insoluble en agua por lo que evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes, tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua ya que absorbe varias veces su propio peso en agua y la retiene, evitando la desecación del suelo (Jimenez, 1993).

De igual manera mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, los suaviza, permite una aireación adecuada, aumenta la porosidad, la infiltración de agua, y eleva la capacidad de amortiguación o poder buffer, entre otros; se considera una importante fuente de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, especialmente (Jimenez, 1993).

❖ Fosforo Disponible.

El fósforo (P) es un macronutriente, necesario para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, supone de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía, por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El P es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (FAO, 2002).

Figura 39. Promedio Fósforo Disponible



En la Figura 39 se observa que el mayor valor de esta variable se presentó en los suelos correspondiente al sistema de franjas (36.87 mg/Kg), si comparamos con el cuadro estimativo es un valor medio porque oscila entre un 20 a 40 mg/kg Bray II, este comportamiento se relaciona con los altos contenidos de fósforo encontrados en el material parental, que pudo ser incorporado con las labores de preparación de suelos realizadas para establecer el sistema, pues según estudios realizados por Rivero *et al* (2001) muestran el efecto positivo de la adición de estiércol sobre las fracciones de fósforo hidrosoluble y disponible por parte de la roca fosfórica.

Según Duarte (2003), el fósforo (P) es imprescindible en los procesos reproductivos y metabólicos de las plantas, animales y microorganismos, además una concentración adecuada es crucial en la producción agrícola; la deficiencia de este elemento es uno de los factores que limita el desarrollo de los cultivos, ya que en la mayoría de los suelos el P se encuentra retenido, es decir las fases mineral y orgánica “atrapa” el fósforo (P) y no lo deja pasar a la solución del suelo donde las

plantas lo podrían absorber; el uso de materia orgánica y la acción de microorganismos son factores de mejoramiento de su disposición en diferentes tipos de suelos, encontrándose que la disposición misma de la materia orgánica libera ácidos orgánicos que a su vez disuelven fosfatos cálcicos y roca fosfórica.

La aplicación de abonos orgánicos en el sitio de estudio, no tan solo permitirá enriquecer el suelo sino también el de mantener este importante macronutriente, durante un largo periodo, pero es importante evitar el sobreuso del suelo para que no dé a erosionarse o exista el lavado de este nutriente por sobresaturación, que para ello es importante como es el caso al ser de una topografía plana, el de prever sistemas de drenaje.

El fósforo diamónico (DAP) es un fertilizante que desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y el crecimiento celular y otros procesos de las plantas, genera un efecto arrancador en los cultivos extensivos. Debido a su mayor contenido de nitrógeno, es bueno para los cultivos que requieren dicho nutriente en su etapa inicial. Es un producto con alta solubilidad en agua, lo que asegura una rápida respuesta a la fertilización (Rivero, Padrino, & Trinca, 2001).

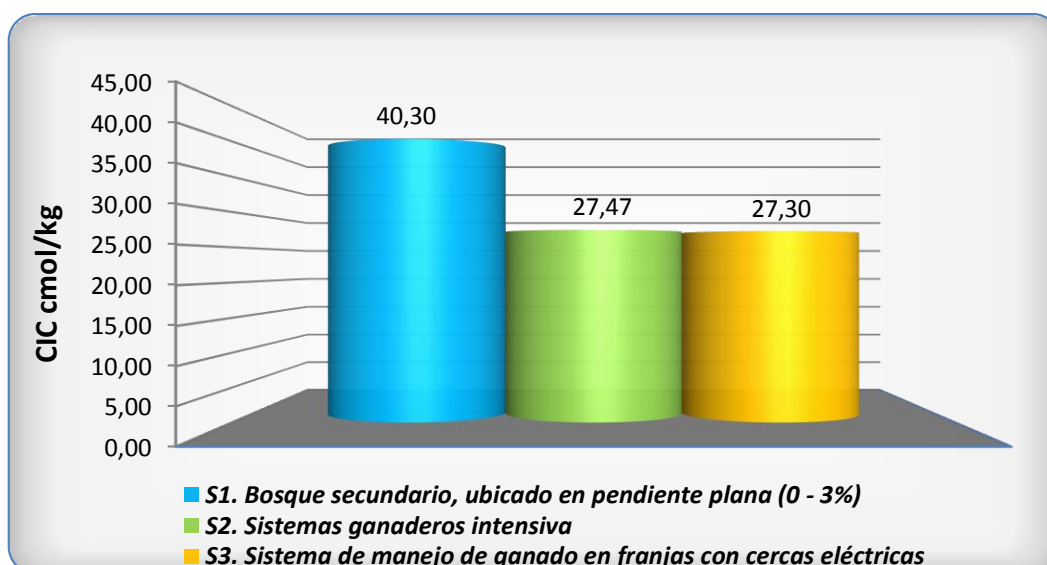
Tabla 15. Niveles críticos para la interpretación de P (mg/ Kg) de los suelos.

INTERPRETACIÓN PARA FOSFORO (mg/ Kg)			
Muy Bajo	Bajo	Medio	Alta
< 10	10 – 20	> 20 – 40	> 40

❖ Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

La CIC es considerada como una de las más importantes propiedades químicas de los suelos ya que al estar estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo, debido a que permite la absorción de cationes fácilmente intercambiables por la acción de grandes cantidades de arcillas (coloides inorgánicos) y materia orgánica (coloides orgánicos) (Salamanca Sanabria, 1984).

Figura 40. Valor promedio, variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario



La capacidad de intercambio catiónico (CIC), para el suelo de cada uno de los sistemas evaluados, de acuerdo con la anterior figura, se obtuvieron promedios de 40,30 $\text{cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$, para el sistema bosque secundario siendo este el más alto CIC, seguido de sistema ganadería intensiva con 27,47 $\text{cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$ y sistema de franjeo con 27,30 $\text{cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$.

Tabla 16. Estimativos para fósforo (P), Calcio (Ca), magnesio (Mg) y Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

APRECIACIÓN	ELEMENTO				
	P (ppm)		Ca	Mg	CIC
	Bray II	Oslen	$\text{Cmol}/\text{kg}^{-1}$	$\text{Cmol}/\text{kg}^{-1}$	$\text{Cmol}/\text{kg}^{-1}$
Muy bajo	<10	<8	<2	<0,5	<5
Bajo	10-20	8-16	2-3	0,5-1,2	5-10
Medio	>20-40	>16-35	>3-6	>1,2-1,8	>10-20
Alto	>40	>35	>6	>1,8	>20

Fuente: Según Castro & Gómez (2010)

Por un lado, es de gran importancia establecer que el suelo del sistema bosque, es el que presenta mayor capacidad de intercambio catiónico, ya que se encuentra en un rango de > 20 por lo que tiene una apreciación alta quiere decir que existen 40.30 cargas negativas por cada 100 g de suelo evaluado para ser intercambiadas por cationes o bases intercambiables como Ca (calcio), K (potasio), Na (sodio), Mg (magnesio), Al (aluminio) y Fe (hierro), esto puede ser relacionado por su alto contenido de materia orgánica, frente a esto, Gavilán (2004) sostiene que los materiales orgánicos presentan una elevada capacidad de intercambio catiónico y

por tanto, una alta capacidad tampón frente a cambios rápidos en la disponibilidad de nutrientes y en el pH. En consecuencia, la CIC constituye un depósito de reservas para los nutrientes, lo cual favoreció el comportamiento del sistema bosque secundario.

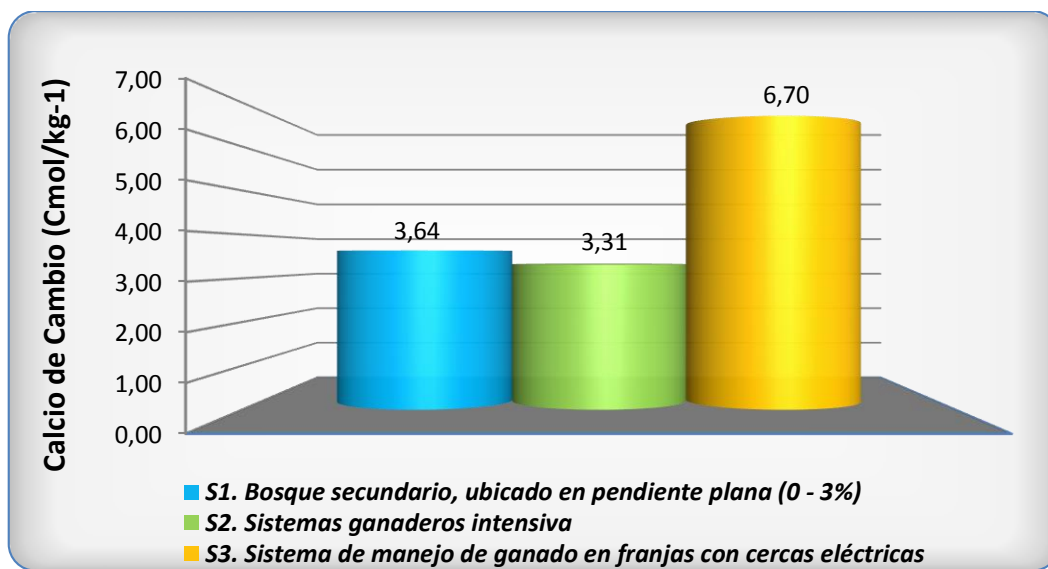
Por otro lado, los sistemas de manejo intensivo con 27,47 $\text{cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$ y franjeo en 27,30 $\text{cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$, al tener un porcentaje mucho menor en comparación con el bosque, con sus promedios entran en el mismo rango de apreciación alta.

En cuanto a la comparación del sistema bosque secundario en conjunto con el sistema tradicional y sistema por franjeo, es muy por debajo ya que la diferencia es que estos últimos no poseen grandes cantidades de reservas de humus proporcionados de protección arbórea como la tienen los bosques, además en campo a la hora de su respectivo muestreo, se encontró problemas en estos predios como, alta acumulación de agua, lo que refleja a simple vista que no hay buena infiltración y percolación, además en su capa interna se encuentran grandes cantidades de arcilla, lo cual impermeabiliza el suelo.

También muestra que al relacionar los valores de contenido de materia orgánica y la CIC se estima que a mayor materia orgánica, mayor CIC, mayor fertilidad del suelo, en donde los componentes orgánicos se transforman en inorgánicos o en su defecto se presenta la humificación, por lo tanto contribuye a que se mejore la infiltración, así como también disminución en los procesos de compactación y erosión.

❖ **Calcio de cambio.**

Figura 41. Valor promedio, variable calcio de cambio de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario

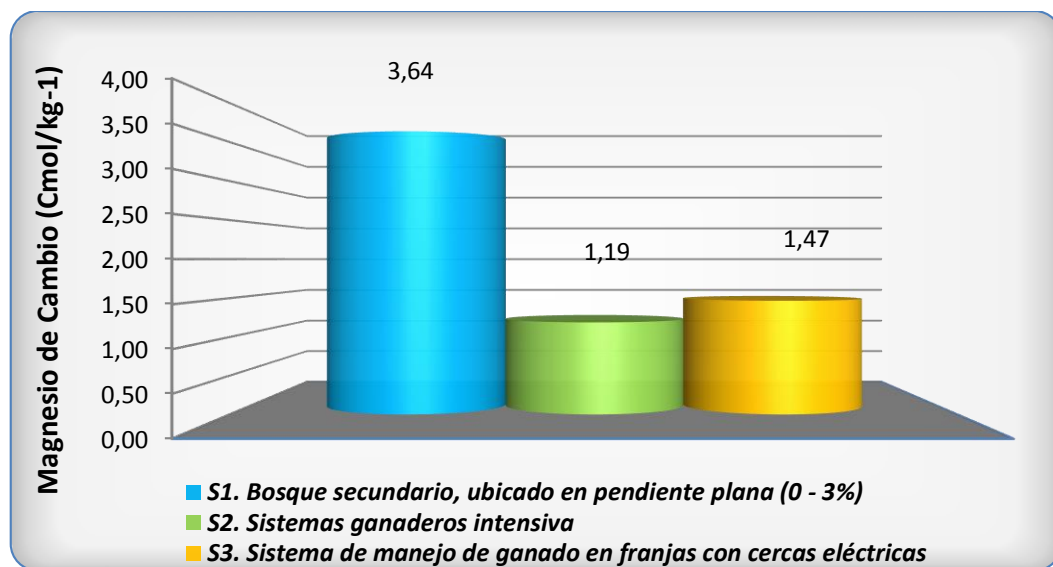


El contenido de calcio en los suelos evaluados el de mayor porcentaje promedio lo presenta el sistema con franjeo, el cual según el estimativo es alto, ya que presenta $6,70 \text{ cmol+}/ \text{Kg}^{-1}$ por estar por encima de $6 \text{ cmol+}/ \text{Kg}^{-1}$, esto debido a que en estos sistemas algunos de los ganaderos aplican cal, seguido del bosque secundario con $3,64 \text{ cmol+}/ \text{Kg}^{-1}$ y el de sistema de ganadería intensivo con $3,3 \text{ cmol+}/ \text{Kg}^{-1}$ con un estimativo medio, para estos sistemas es importante tener en cuenta que en las fincas evaluadas, no se establece el manejo de enmiendas para regular el pH, por lo que los resultados pueden ser una consecuencia de los contenidos normales en el suelo y no por influencia del encalamiento.

❖ Magnesio de cambio.

La absorción de magnesio es muy dependiente en las características del suelo en cada lugar: tipo y condición de complejo absorbente, su saturación con diferentes cationes, tales como calcio, competencia de absorción entre cationes, tales como potasio y magnesio contribuyendo así a una buena producción de forrajes para el ganado (Marschner, 1997).

Figura 42. Valor promedio, variable Magnesio de cambio de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario



De acuerdo al análisis efectuado a nivel del magnesio disponible y según los estimativos de la Tabla 16, en el primer sistema se encontró alto contenido de este elemento, ya que se encuentra en el rango de $>1.8 \text{ cmol}/\text{kg}^{-1}$, que corresponde al tratamiento bosque secundario, el sistema de franjeo y el intensivo presento un contenido bajo y medio de Mg, esto debido a que no son suelos orgánicos, y con contenido de carbonato debido a la fijación del magnesio (Andreas, 2015).

Además según (Parra, 2003) el calcio y magnesio tienen un comportamiento muy similar en el suelo y estos dos elementos son los que se encuentran generalmente

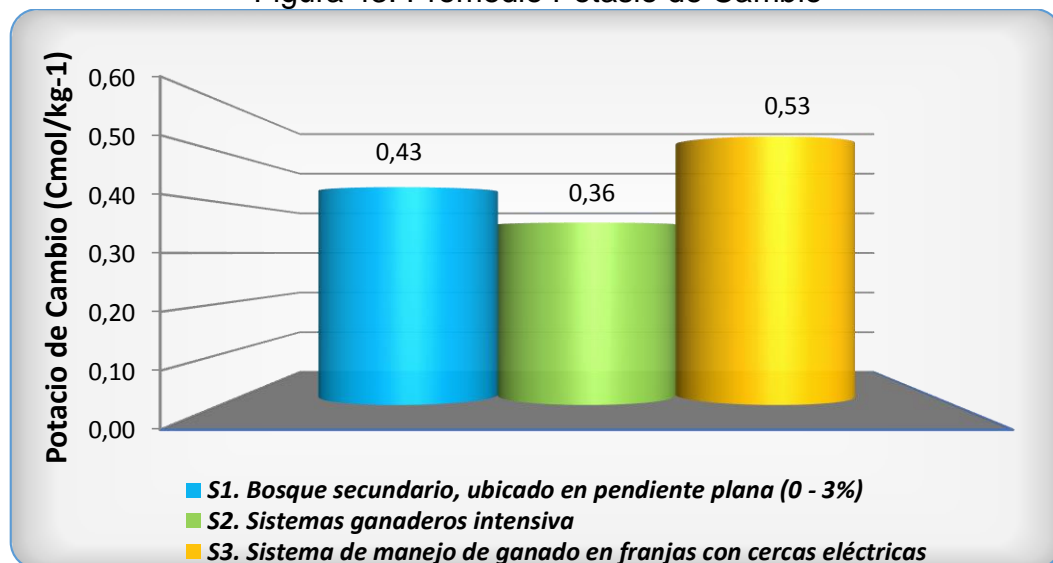
en niveles más altos. La concentración y la disponibilidad de ambos elementos están controladas generalmente por la capacidad de intercambio catiónico de manera directa. Por lo tanto, al tener una CIC alta, como se obtuvo en la presente investigación mayor de 20 cmol/kg^{-1} , permite una mayor disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo.

Es recomendable elevar los contenidos de calcio y magnesio intercambiables a 2 cmol/kg^{-1} o 3 cmol/kg^{-1} de suelo por medio del encalamiento en el caso de que los contenidos de estos elementos sean muy bajos aunque los suelos presenten contenidos bajos de aluminio intercambiable, esta recomendación se justifica aludiendo que se añaden el calcio y el magnesio como nutrimentos. Cualquiera que sea la justificación para aplicar caldolomita, ya sea para suministrar calcio o magnesio o para corregir acides, esta es útil para crecimiento de muchas plantas como los pastos, a pesar que un encalamiento más elevado sea el adecuado (Leon, 1994).

❖ Potasio de Cambio (K).

Para el potasio realizando un análisis de los valores promedios obtenidos en la Figura 43 se pudo determinar que los valores más altos fueron en el sistema de franjeo $0.53 \text{ cmol+/Kg}^{-1}$, en bosques secundarios con $0.43 \text{ cmol+/Kg}^{-1}$ que representa niveles medios de K según los estimativos analizados, los valores más bajos se encontraron en el sistema intensivo con $0.36 \text{ cmol+/Kg}^{-1}$ respectivamente.

Figura 43. Promedio Potasio de Cambio



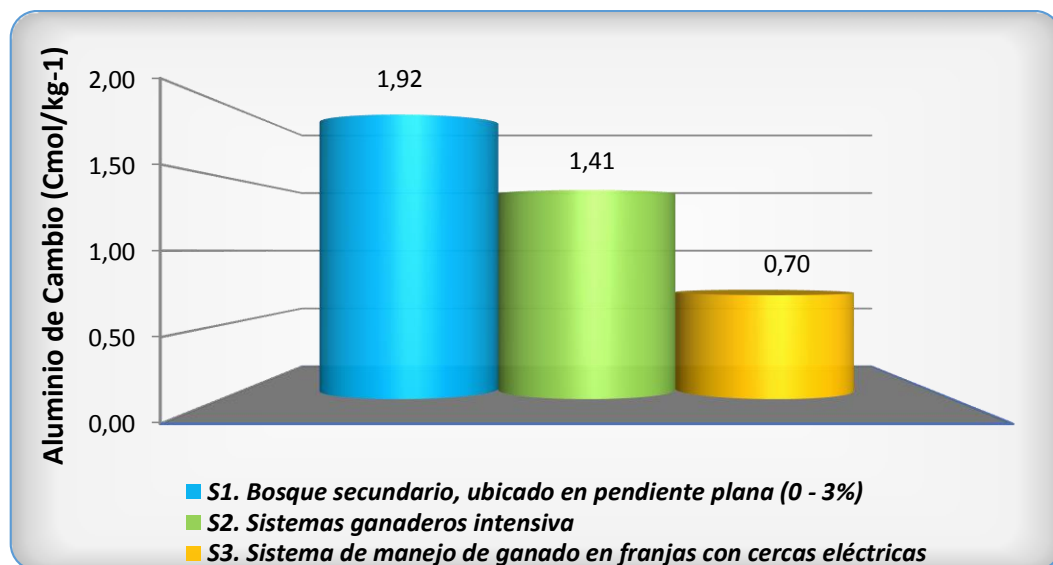
Estrada (1990) afirma que cuando se tiene deficiencia de este elemento como en el sistema intensivo evaluado, las plantas muestran principalmente un desorden en el balance hídrico, pero regularmente el K abunda en los suelos minerales, a

excepción de los suelos arenosos. Sin embargo, la cantidad de potasio existente en condición fácilmente cambiante es casi siempre muy pequeña. La mayor parte de este elemento se encuentra sujeto al suelo, de tal manera que difícilmente es asimilado por las plantas.

❖ Aluminio de Cambio.

Se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente y ha sido conocido por mucho tiempo como un tóxico para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos. Como un resultado de procesos de desgaste natural, el Al se encuentra en los suelos bajo forma de mineral secundario estable como arcillas o silicatos de Al impuros, hidróxido de Al, entre otros (British, 2002).

Figura 44. Promedio Aluminio de Cambio



De acuerdo con los promedios, el tratamiento con mayor contenido de Al se presenta en el bosque secundario con un valor $1.92 \text{ cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$, seguido del sistema intensivo con $1.41 \text{ cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$ con un estimativo según la Tabla 17 medio y el sistema de franjas con $0.7 \text{ cmol}^+/\text{Kg}^{-1}$ con una apreciación baja.

Los más altos niveles de disponibilidad dependen de varios factores, el más importante de estos es el bajo pH menor de 5.5, los suelos ácidos con altas concentraciones de aluminio disponible pueden ser encontrados en muchos lugares donde ha habido cultivos pesados o uso de fertilizantes de nitrógeno, en sitios de mina ácido reducido y en suelos forestales ácidos. La toxicidad del aluminio es considerada como una de las principales causas de no productividad en suelos ácidos (British, 2002).

Tabla 17. Aluminio Intercambiable

APRECIACIÓN	PROPIEDADES QUÍMICAS
	Al (Cmol/kg-1)
Alto	> 2,5
Medio	1 – 2,5
Bajo	< 1

El mayor efecto benéfico del encalado de suelos ácidos es la reducción en la solubilidad del aluminio y el manganeso. Estos dos elementos aun cuando estén presentes en bajas concentraciones, son tóxicos para la mayoría de plantas. El exceso de aluminio interfiere la división celular en las raíces de la planta y esta es la razón por el cual el sistema radicular de plantas creciendo en suelos ácidos es atrofiado y pobremente desarrollado. La presencia de altas concentraciones de aluminio en la solución de suelo inhiben también de absorción de calcio y magnesio por las plantas. Cuando se añade cal en el suelo, el incremento en pH induce la precipitación del aluminio y manganeso como compuestos insolubles, removiendo de esta forma de la solución del suelo (J. Espinosa, 1994).

Al respecto Castro *et al* (2013), expresa que para la neutralización total o parcial de la concentración del aluminio, cuando presenta valores de 1 cmol/kg de Al de suelo se requiere de 400 kg/ha de calcio (1 tonelada/ha CaCO₃ puro), dependiendo del número de Cmol/kg de aluminio a neutralizar obtendríamos las toneladas/ha de CaCO₃ puro, que deben ser transformadas a materiales encalantes comerciales, previo conocimiento de su composición y equivalente químico (EQ CaCO₃).

❖ **Nitrógeno total.**

La principal entrada de N se da por fijación biológica que consiste en capturar nitrógeno del aire en forma de N₂ y transformarlo en NH₃ - NH₄⁺, para que sea absorbido por las plantas; el mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nematodos, cuya presencia se encuentra relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en el suelo ya que esta se constituye en su fuente de alimentación (Briceño, 2002).

La mayor parte de la fijación del nitrógeno se lleva a cabo por bacterias que viven en el suelo, ya que la disponibilidad de nitrógeno para las plantas depende de la actividad microbiológica, tal actividad es mayor con un pH cercano a la neutralidad, al menos en lo que respecta a nitrificación y actividad biológica (Silva-Lora, 1994).

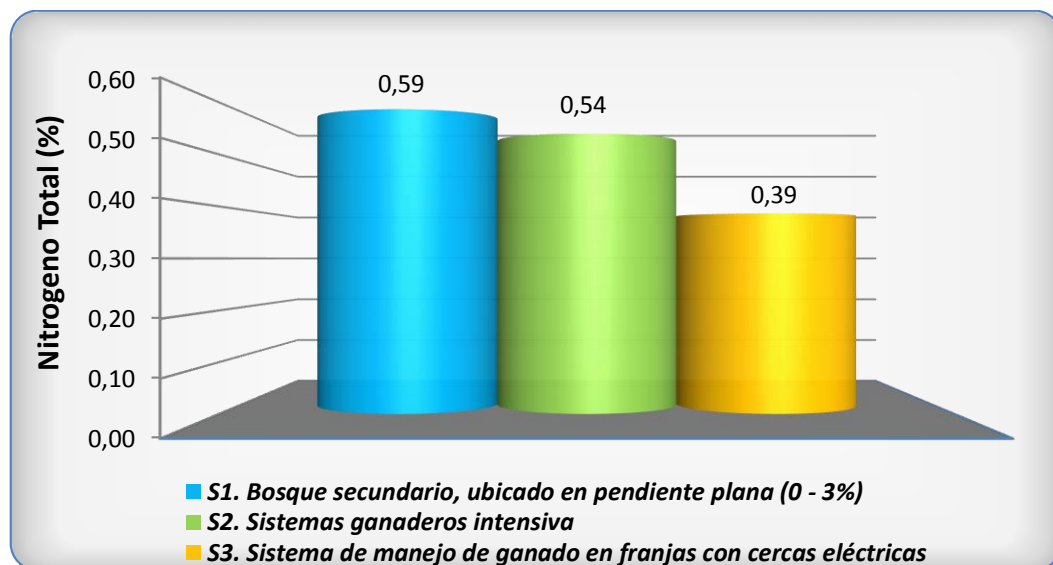
De acuerdo al análisis por varianza (anova), la variable nitrógeno total presenta diferencias estadísticamente significativas con un P valor de 0,0472** por lo cual

se realizó la prueba de significancia de Tukey por agrupamiento medias en letras (ver tabla 18), siendo el sistema bosque secundario (S1) el que difiere de los sistema de manejo ganadero de franjeo (S2) y el intensivo (S3), con un promedio de 0.59 % como se verifica en la figura 38.

Tabla 18. Prueba significancia de Tukey

Tukey agrupamiento	Media	N	SISTEMA
A	0.58667	3	1
B A	0.54000	3	2
B	0.38667	3	3

Figura 45. Valor promedio, variable nitrógeno total de suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario



Los contenidos de nitrógeno obtenidos mediante el análisis de suelo en los tres tratamientos evaluados de acuerdo a la calificación propuesta por Castro & Gómez (2010), fluctúan entre niveles alto y medio; para el caso de bosque secundario, se encuentra en un alto porcentaje de 0.59 %, seguida del sistema ganadero intensivo en un 0,54% y finalizando con 0,39% para el sistema de manejo de ganado en franjas.

Tabla 19. Estimativo para el contenido de Nitrógeno total

CLIMA	INTERPRETACIÓN DEL % DE N TOTAL		
	BAJO	MEDIO	ALTO
FRIO	< 0.25	0.25 – 0.50	> 0.50
MEDIO	< 0.15	0.15 – 0.25	> 0.25
CÁLIDO	< 0.10	0.10 – 0.20	> 0.20

Según Castro & Gómez (2010)

Es de gran importancia la disponibilidad de nitrógeno para las plantas ya que depende de la actividad microbiológica, estas actividades mayores con un pH cercano a la neutralidad, al menos en lo que respecta a nitrificación y actividad biológica.

Generalmente el contenido de N es muy bajo en contraposición a la alta demanda de consumo que tienen predios, puesto que el N favorece el crecimiento vegetativo, produce succulencia, da color verde a las hojas, gobierna en las plantas el uso de K, P y otros elementos.

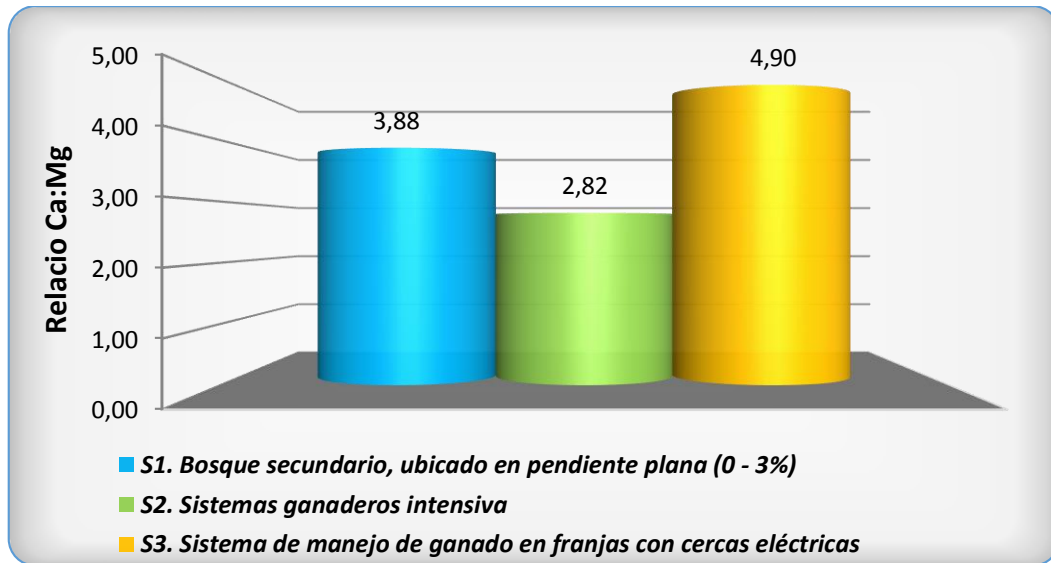
Al respecto el (ICA, 1992), afirma que los suelos de clima frío, contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor, debido a la baja tasa de mineralización, por lo general las formas de nitrógeno disponible en el suelo existen en niveles muy bajos debido a su rápida absorción, además de la potencial pérdida por lixiviación debido a la filtración de agua lluvia, donde en el municipio de San Francisco, los promedios multianual del 1666 mm registrados en la estación La Primavera (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

C. Apreciación de parámetros químicos ante la relación entre bases.

❖ Relación Calcio/Magnesio Ca/Mg.

Según el ICA (1992), uno de los problemas más comunes de los suelos Colombianos es el de la relación Ca/Mg en el complejo coloidal de los suelos, cuando la relación es amplia, mayor de 4 se han encontrado deficiencias de Mg, no obstante que se conocen muchos efectos benéficos del encalamiento en suelos ácidos, debemos neutralizar los efectos tóxicos del aluminio (Al) y del manganeso (Mn), y aprovechar otros nutrientes disponibles, también puede causar disturbios en la fertilidad del suelo cuando se usa cal agrícola, se presenta el desbalanceamiento de la relación Ca/Mg, provocando en muchos casos una deficiencia de magnesio, por tal motivo se debe tener mucho cuidado al momento de agregar al suelo los correctivos de pH.

Figura 46. Variación de la relación Ca:Mg del suelo a través del sistema de manejo



El tratamiento de bosques secundarios y el sistema de manejo de ganado con franjas con cercas eléctricas, presentan valores de relación entre Ca:Mg de 3,88 y 4,90 respectivamente, presentando los suelos de estos dos tratamientos una relación ideal de acuerdo a lo sugerido por (Castro & Gomez, 2010) Tabla 20, al oscilar entre 3 a 6; mientras que para el sistema de ganadería intensiva con un valor de relación que oscila en 2,82 implica deficiencia de Ca ya que se encuentra dentro del rango crítico de relación Ca:Mg < 3, por lo cual es recomendable aplicar cal agrícola sin exceso para alcanzar un equilibrio con el Mg y así tengan una adquisición eficiente de ello, como son los forrajes el cual poseen estos sistemas además implicaría un manejo adecuado de tecnificación del suelo como forma de conservar el ente productor y no deterioro del suelo.

Tabla 20. Apreciación en la relación de bases

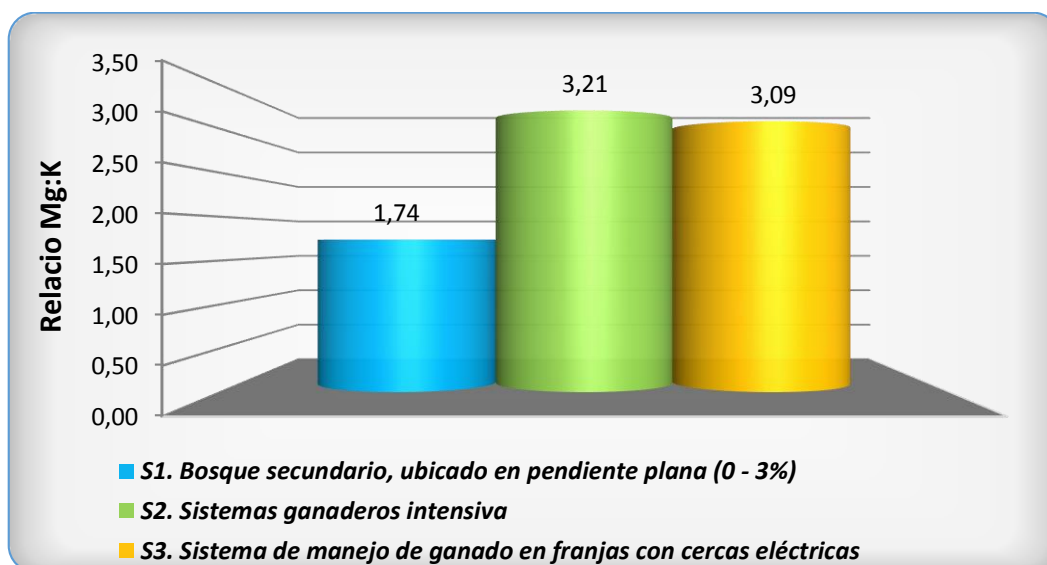
RELACIONES IÓNICAS	IDEAL	RENGO CRÍTICO	DEFICIENCIA
Ca/Mg	3 – 6	< 3	Calcio
		> 6	Magnesio

Fuente: Según Castro & Gómez (2010)

Según (Guerrero, 1980) los niveles satisfactorios de la fertilidad de un suelo en las regiones húmedas dependen del uso de enmiendas para balancear las pérdidas de Ca y Mg. Las enmiendas no sólo mantienen los niveles de Ca y Mg sino que también proveen de una estabilidad física y química en el suelo, y además, en términos generales el Ca y Mg se encuentran disponibles como cationes de intercambio y la cantidad disponible tiene una relación directa con la meteorización de los minerales, el grado de lixiviación y la porosidad.

❖ Relación Magnesio/Potasio Mg/K

Figura 47. Variación de la relación Mg:K del suelo a través del sistema de manejo



Los valores en la relación Mg/K, le otorgan al suelo una apreciación de un nivel de deficiencia en magnesio en los 3 sistemas (Subtratamientos) siendo el Bosque secundario el de menor dato promedio de relación con 1.74, seguido del sistema de manejo de ganado con franjas y Sistema con ganadería intensiva, con valores que oscilan entre 3.09 y 3.21 respectivamente, ya que de acuerdo a la calificación propuesta por Castro & Gómez (2010) Tabla 21, determina que los suelos con relaciones menores de 6 son deficientes en magnesio.

Tabla 21. Balance de base Mg/K

RELACIONES IÓNICAS	IDEAL	RENGO CRÍTICO	DEFICIENCIA
Mg/K	6 – 8	> 10	Potasio
		< 6	Magnesio

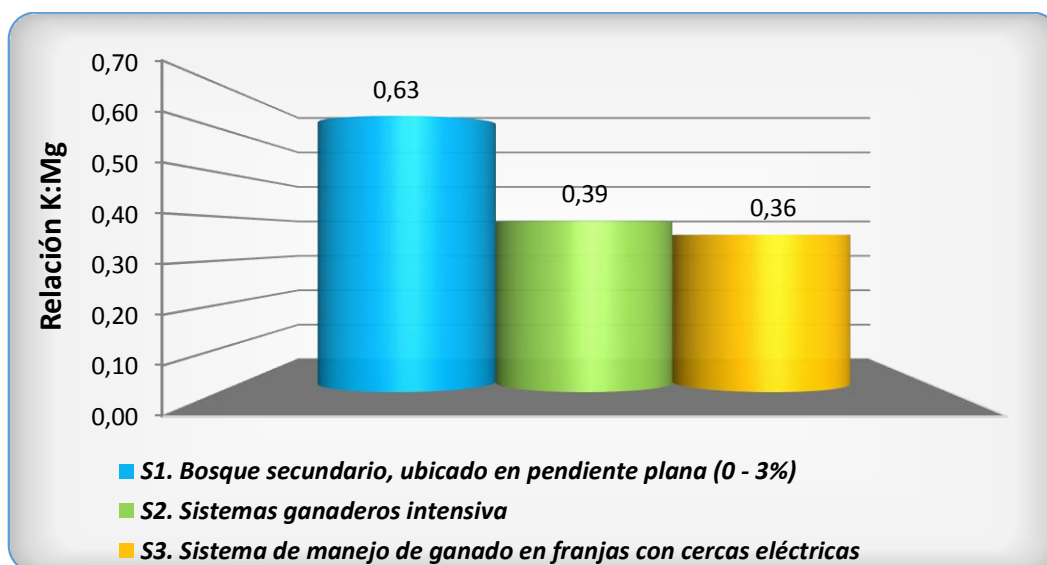
Fuente: Según Castro & Gómez (2010)

Las deficiencias de Mg²⁺ tienden a ocurrir cuando los suelos son ácidos, arenosos, altamente lavados y con baja capacidad de intercambio catiónico–CIC (Havlin, J.D, Tisdale, & Nelson, 1999).

Los suelos con bajos contenidos de Mg como los del estudio son más comunes que los suelos con bajos contenidos de Ca (Plaster, 2000) y en la zona de estudio las altas precipitaciones generan los procesos de lixiviación de este nutriente.

❖ Relación Potasio/Magnesio K/Mg.

Figura 48. Variación de la relación K:Mg del suelo a través del sistema de manejo



De acuerdo con Castro & Gómez (2010), Tabla 22, dando una estimación conceptual de esta variable se puede afirmar que en general los suelos evaluados presentan una marcada deficiencia de magnesio como se manifestó anteriormente al oscilar en un rango mayores a 0,3.

Tabla 22. Balance de base K/Mg

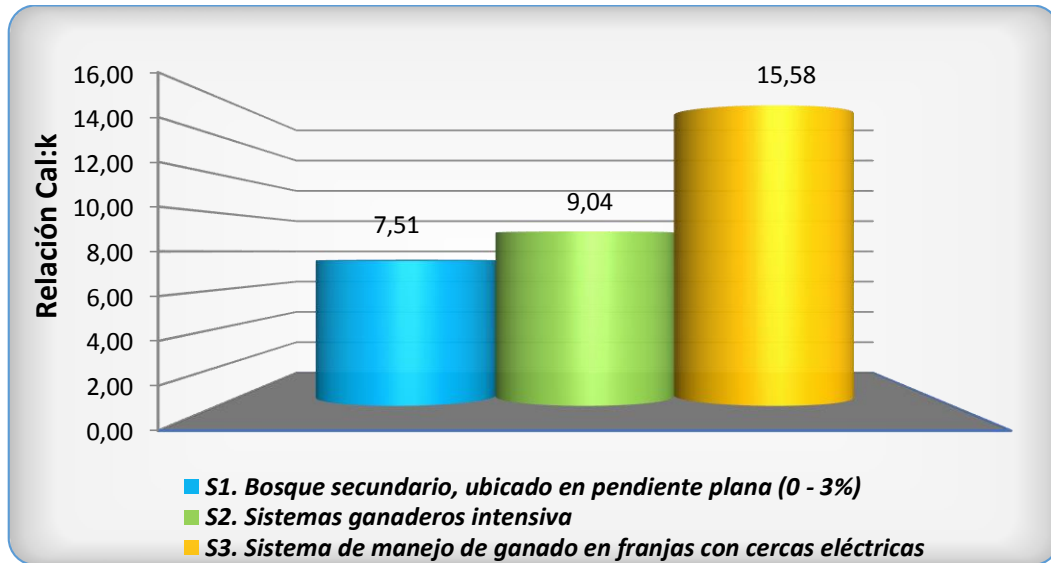
Relaciones Iónicas	Ideal	Rango crítico	Deficiencia
K/Mg	0.2 – 0.3	< 0.2	Potasio
		> 0.3	Magnesio

Fuente: Según Castro & Gómez (2010)

❖ Relación Calcio/Potasio Ca/K.

Los resultados de esta relación variaron entre 7.51 a 15.58, que de acuerdo Unigarro A. (2009) Tabla 23, en general los suelos evaluados como el sistema intensivo con 9.04, bosque secundario con 7.51 presentándose en ambos tratamientos deficiencia de calcio (Figura 49), mientras en el sistema de franjeo presenta según el estimativo una apreciación ideal con 15,58, esto debido a que los propietarios de estos predios aplican enmiendas de encalado, que permite valorar, un intercambio catiónico entre estos dos nutrientes, que dan a determinarse en la presencia con suelos requeridos por estos elementos para el crecimiento apropiado de las plantas.

Figura 49. Promedio Relación Calcio – Potasio



La concentración de Ca^{2+} en la solución del suelo es cerca de 10 veces mayor a la del K^+ ; pese a ello su absorción es menor que este nutriente, requeridas para un crecimiento apropiado de las plantas (Havlin, J.D, Tisdale, & Nelson, 1999).

Tabla 23. Balance de base Ca/K

Relaciones Iónicas	Ideal	Rango crítico	Deficiencia
Ca/K	15 – 30	< 15	Calcio
		> 30	Potasio

Fuente: (Unigarro A. , 2009).

❖ Relación Calcio + Magnesio/Potasio (Ca+Mg)/K.

Los resultados promedios, indican que los valores más bajos se presentaron en el sistema de bosque secundario, presenta un nivel bajo de la relación de esta propiedad, con un valor de 9,25cmol/kg y el sistema que tiene mayor porcentaje el sistema por franjeo con una puntuación de 18,67cmol/kg.

Figura 50. Valor promedio para la variable (Ca+Mg)/K del suelo en dos sistemas ganaderos y un testigo bosque secundario

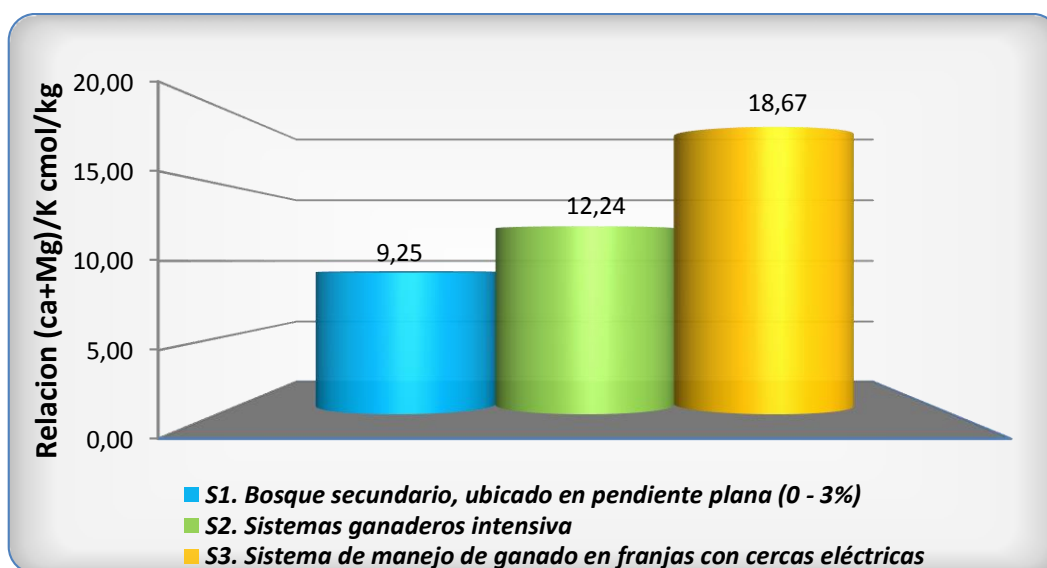


Tabla 24. Balance de base (Ca + Mg) / K

Relaciones Iónicas	Ideal	Rango Crítico	Deficiencia
(Ca + Mg) / K	20 – 40	< 20	Calcio y/o Magnesio
		> 40	Potasio

Fuente: según Castro & Gómez (2010)

Además en la correlación de la Figura 50 y Tabla 24, se puede deducir los tres sistema evaluados presentan deficiencias de Calcio y magnesio por estar entre el rango <20 de balances de base (Ca + Mg) / K), esta deducción se soporta con los análisis de la Figura 41 y Figura 42 anteriormente expuestas.

7.1.4. Análisis multivariado.

A través de este análisis se da a conocer las posibles interrelaciones entre las variables físicas y químicas del suelo evaluadas en los tres tratamientos S1 bosques secundarios S2 sistemas intensivos S3 sistemas de cercado eléctrico o franjeo.

Correlaciones múltiples entre las variables evaluadas. La tabla 25, reúne las correlaciones múltiples para las 21 variables físicas y químicas de los suelos evaluados a una profundidad de 0 – 20 cm, donde se tomaron los análisis químicos de suelos y la primera profundidad de muestreo en las propiedades físicas, esto debido a que el mayor porcentaje de raíces en los pastos están en los primeros 20 cm.

Se logró establecer que la densidad aparente presentó una correlación inversa y altamente significativa con la porosidad, cuyo coeficiente fue -0,982, también existe una relación inversa altamente significativa con el porcentaje de humedad gravimétrica y volumétrica con valores de -0,956 y -0,957 respectivamente.

La porosidad presentó una correlación altamente significativa positiva con humedad gravimétrica y volumétrica con valores de 0,942 y 0,955.

Estos resultados, permiten afirmar que el comportamiento de la densidad aparente en los suelos influye en la porosidad de los mismos, al respecto Rubio (2010) manifiesta que los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, por lo cual en conformidad con lo planteado por Thompson y Troeh (2002), esta propiedad refleja el contenido total de porosidad en un suelo, es decir, el volumen total de poros, que en general, se incrementa a medida que la textura es más fina, resultando en una disminución de la densidad aparente.

En los suelos evaluados se puede determinar que a mayor densidad aparente el porcentaje de porosidad disminuye esto debido a que el pisoteo frecuente del ganado sella los poros del suelo, incrementando la densidad aparente que es una propiedad indicadora de la calidad del suelo, además al incrementarse la densidad aparente y disminuir la porosidad la acumulación de agua se incrementa como lo afirma García *et al.* (2010), donde la densidad aparente y resistencia aumentan, la porosidad se reduce y la distribución y tamaño de los poros se altera, sumado a esto los suelos evaluados tienen un alto nivel freático el cual dificulta el manejo de praderas y afecta la calidad de los pastos repercutiendo en altos costos de producción para el mantenimiento del ganado y baja calidad en la leche de la cual hace parte el municipio de San Francisco (Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo POMCA, 2010).

García *et al.* (2010) afirman que en la actualidad para condiciones de suelos degradados, donde la densidad aparente y resistencia aumentan, la porosidad se reduce y la distribución y tamaño de los poros se altera. Por tales razones, la compactación es un serio problema debido a la interacción entre las propiedades físicas y el crecimiento y productividad de las plantas, lo cual conlleva a la necesidad de disponer de un parámetro que integre las interacciones suelo-planta.

Al respecto Tapia & Rivera (2010), 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 garantizan 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.

El contenido de materia orgánica presentó una correlación altamente significativa con el nitrógeno total, cuyo coeficiente fue 0.998 y el aluminio de cambio con 0.830, estos resultados, permiten afirmar que el comportamiento de la MO en los suelos, influye en las propiedades físicas y químicas. En lo físico permite la agregación de partículas del suelo, lo que mejora su estabilidad, porosidad, estructura física, de esta manera se incrementa la capacidad de infiltración y retención de agua en forma óptima.

Al respecto Burbano, (1989); Kolmans y Vásquez (1996); Jaramillo (2001) afirman que la materia orgánica ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo y a retener los nutrientes; actúa como amortiguador regulando la disponibilidad de estos según las necesidades de las plantas. Por ejemplo en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo, neutraliza el efecto tóxico del aluminio, aporta N, P, S principalmente, incrementa el valor de la CIC, es muy importante en los trópicos por su propiedad tampón o amortiguadora ("Bufferin") de los nutrientes, la densidad aparente está afectada por el contenido orgánico, los valores más bajos se obtienen en suelos con altos contenidos, valores inferiores de 1 g/cc.

Generalmente el contenido de N es muy bajo en contraposición a la alta demanda de consumo que tienen los cultivos, puesto que el N favorece el crecimiento vegetativo, produce succulencia, da color verde a las hojas, gobierna en las plantas el uso de K, P y otros elementos, un exceso de este elemento retarda la maduración, debilita la planta, puede bajar la calidad del cultivo y puede provocar menor resistencia a enfermedades (Espinel, 2001).

La estrategia central para la nutrición nitrogenada se basa en "optimizar el balance de nitrógeno en el suelo", maximizando las entradas y minimizar las salidas, las que varían según: cultivo, suelo, fertilización, nivel de materia orgánica y prácticas agronómicas (Briseño et al., 2004).

La principal entrada de nitrógeno se da por fijación biológica que consiste en capturar nitrógeno del aire en forma de N_2 y transformarlo en $NH_3 - NH_4^+$, para que sea absorbido por las plantas; el mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nematodos, cuya presencia se encuentra relacionada con la cantidad de materia orgánica presente en el suelo ya que esta se constituye en su fuente de alimentación (Briseño et al., 2004).

Por tal motivo Muñoz et al, (2000) afirman que es recomendable mantener y ampliar el porcentaje de nitrógeno, que por cierto la cantidad en el suelo es muy baja en contraposición de lo que consumen los cultivos que es muy alta, se debe buscar alternativas como el aporte de materia orgánica y la fijación bacteriana a partir del aire, y en este caso el frijol que es una leguminosa que tiene simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium* lo realiza eficientemente, como lo afirma

Burbano (1989), esta relación tiene gran importancia agrícola porque la simbiosis lleva a la formación de nódulos en sus raíces y capacidad para fijar N₂.

La CIC presentó una correlación positiva y altamente significativa con la relación K/Mg = 0.937, la relación Ca/K con Ca/Mg 0.827, esto debido a que los cationes más importantes en el proceso de intercambio, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos son Ca⁺² Mg⁺², K⁺ y Na⁺ (las bases del suelo) Jaramillo (2001). Esta propiedad está estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo, la carga negativa que tienen los coloides orgánicos y minerales esta neutralizada por los iones de carga positiva atraídos por la superficie de éstos; de ahí la importancia de que a mayor CIC, mayor fertilidad en el suelo (Salamanca Sanabria, 1984).

Lo anterior, concuerda con lo afirmado por Lara (2013), quien afirma que para una buena fertilidad del suelo debe haber una alta CIC para retener los cationes de cambio procedentes de la fertilización y meteorización, evitando su pérdida por lixiviación. Por lo tanto la adición de ésta, conjuntamente con cal, será una buena práctica para aumentar la CIC debido a las cargas negativas de la materia orgánica y el efecto de enclavamiento en cargas negativas variables o dependientes del pH de los óxidos e hidróxidos de Al y Fe.

Además los elementos relacionados con las propiedades de cambio son los cationes y la presencia de uno u otro depende del grado de acidez del suelo, del origen de las cargas (arcillas + materia orgánica y de las propiedades del elemento como energía de retención, radio iónico y valencia (Castro & Gomez, 2010), en general los suelos ácidos presentan baja disponibilidad de bases, de fósforo y molibdeno (Jaramillo J. , 2001)

Al respecto León (1994) manifiesta que, en general los contenidos muy altos de Ca²⁺ y Mg²⁺ disminuyen la absorción del K⁺ y que los niveles elevados de K⁺ pueden llegar a agravar la deficiencia de Mg²⁺. Pese a lo expuesto se debe resaltar que las plantas tienen una capacidad de adaptación bastante grande y solo en condiciones de relaciones extremas serían afectadas en su crecimiento. León (1994) sugiere las siguientes reglas prácticas como guía: i) no se debe dejar que el contenido de potasio esté por encima del Mg²⁺, ii) el mantener altos contenidos de Ca²⁺ ayuda a evitar las pérdidas de K⁺ por lixiviación y reduce el consumo de lujo de K⁺.

Es por ello que según Guerrero (1980), los niveles satisfactorios de la fertilidad de un suelo en las regiones húmedas depende del uso de enmiendas para balancear las pérdidas de Ca y Mg. Las enmiendas no sólo mantienen los niveles de Ca y Mg sino que también proveen de una estabilidad física y química en el suelo, y además, en términos generales el Ca y Mg se encuentran disponibles como cationes de intercambio y la cantidad disponible tiene una relación directa con la meteorización de los minerales y el grado de lixiviación.

En este sentido el valor mínimo para la relación debe ser uno, pero de acuerdo al valor obtenido, se identifica que la relación Ca/Mg es mayor de 6 por lo tanto se recomienda aplicar cal dolomita, cambiando la cal agrícola, para tratar de disminuir la relación entre estos dos elementos, ya que la cal dolomítica tiene magnesio y calcio.

Según Salamanca (1981), uno de los problemas más comunes de los suelos Colombianos es el de la relación Ca/Mg en el complejo coloidal de los suelos, cuando la relación es amplia, mayor de 6 se han encontrado deficiencias de magnesio, no obstante que se conocen muchos efectos benéficos del encalamiento en suelos ácidos, debemos neutralizar los efectos tóxicos del aluminio y del manganeso, y aprovechar otros nutrientes disponibles, también puede causar disturbios en la fertilidad del suelo cuando se usa cal agrícola, se presenta el desbalanceamiento de la relación Ca/Mg, provocando en muchos casos una deficiencia de magnesio en las plantas por tal motivo se debe tener mucho cuidado al momento de agregar al suelo los correctivos de pH.

Tabla 25. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas y químicas

		Densidad Aparente (g/cc)	Densidad Real (g/cc)	Porosidad (%)	Humedad Gravimetrica (%)	Humedad Volumetrica (%)	Distribucion de Agregados en Seco (Shaker)	Conductividad Hidraulica cm/hora	pH, Potenciómetro Relación Suelo: (1:1) Agua	Materia Orgánica (%)	Fósforo disponible (mg/kg)	Capacidad Intercambio Catiónico (CIC) (cmol /kg)	Calcio de Cambio (cmol /kg)	Magnesio de Cambio (cmol /kg)	Potasio de Cambio (cmol /kg)	Aluminio de Cambio (cmol /kg)	Nitrógeno Total (%)	Ca:Mg	Mg:K	K:Mg	Ca:K	(Ca+Mg)/K	
Densidad Aparente (g/cc)	Correlación de Pearson	1																					
	Sig. (bilateral)																						
	N	9																					
Densidad Real (g/cc)	Correlación de Pearson	,635	1																				
	Sig. (bilateral)	,066																					
	N	9	9																				
Porosidad (%)	Correlación de Pearson	-,982**	-,478	1																			
	Sig. (bilateral)	,000	,193																				
	N	9	9	9																			
Humedad Gravimetrica (%)	Correlación de Pearson	-,956**	-,591	,942**	1																		
	Sig. (bilateral)	,000	,094	,000																			
	N	9	9	9	9																		
Humedad Volumetrica (%)	Correlación de Pearson	-,957**	-,543	,955**	,905**	1																	
	Sig. (bilateral)	,000	,131	,000	,001																		
	N	9	9	9	9	9																	
Distribucion de agregados en seco (Shaker)	Correlación de Pearson	,027	,532	,100	,118	,132	1																
	Sig. (bilateral)	,945	,141	,797	,762	,736																	
	N	9	9	9	9	9	9																
Conductividad Hidraulica cm/hora	Correlación de Pearson	,013	-,676*	-,180	,025	-,104	-,558	1															
	Sig. (bilateral)	,973	,046	,643	,948	,789	,118																
	N	9	9	9	9	9	9	9															
pH, Potenciómetro Relación Suelo: (1:1) Agua	Correlación de Pearson	,180	-,134	-,244	-,270	-,078	-,365	,207	1														
	Sig. (bilateral)	,644	,732	,526	,483	,842	,334	,593															
	N	9	9	9	9	9	9	9	9														
Materia Orgánica (%)	Correlación de Pearson	-,674*	-,249	,714*	,684*	,508	,103	-,208	-,646	1													
	Sig. (bilateral)	,046	,519	,031	,042	,163	,793	,592	,060														
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9													
Fósforo disponible (mg/kg)	Correlación de Pearson	,026	-,384	-,121	,003	-,228	-,514	,752*	-,233	,200	1												
	Sig. (bilateral)	,947	,308	,756	,994	,555	,157	,019	,546	,607													
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9												

7.1.5. Resultados y análisis de las encuestas realizadas a propietarios de fincas con producción de ganadería en las veredas San Miguel, La Loma y San Antonio en el municipio de San Francisco.

De las encuestas aplicadas en fincas de actividad ganadera, se recopiló la información de 50 personas ubicados en las veredas: San Miguel, La Loma y San Antonio pertenecientes al Municipio de San Francisco. A continuación, se presenta un listado con la identificación de los encuestados y datos geográficos del predio (Anexo 1 y Anexo 2).

Figura 51. Aplicación de la encuesta en el municipio de San Francisco, Vereda San Miguel, La Loma y Vereda San Antonio.

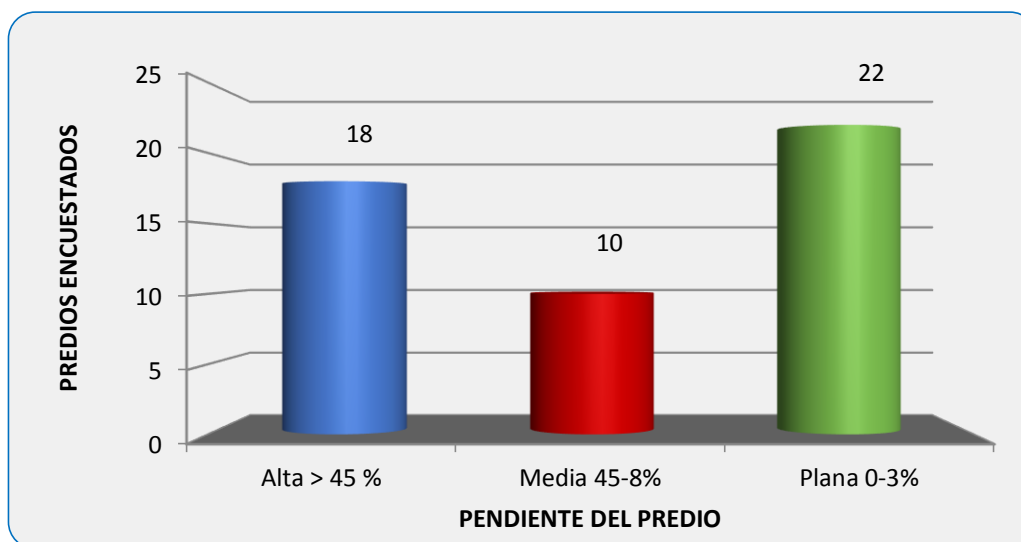


✓ Análisis de la Encuesta:

De los 50 ganaderos encuestados en el municipio de San Francisco, 9 son de la Vereda San Miguel, 7 de la Vereda la Loma y 34 de la Vereda San Antonio, de los cuales 43 son propietarios del predio, 4 son arrendatarios y 3 son administradores.

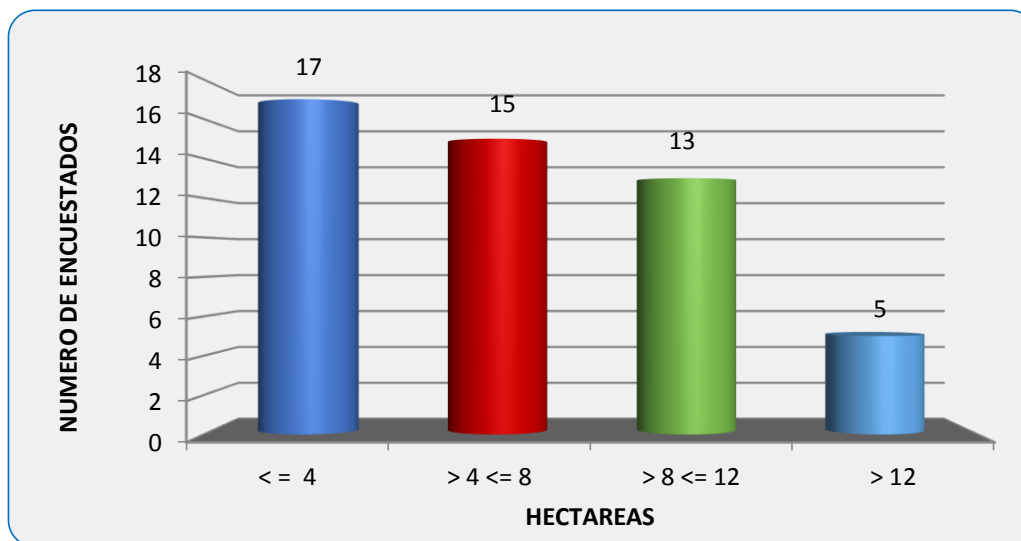
El mayor porcentaje de encuestados se realizó en la vereda San Antonio con 68% (34) del total de las personas encuestadas el 18% (9) en la vereda San Miguel, y el 14% (7) que corresponde a la vereda La Loma.

Figura 52. Tipo de pendiente del predio



Las personas encuestadas según la Figura 52, en la parte plana 44%(22) se encuentra el mayor porcentaje de los dueños de la finca, 20%(10) en la parte media y el 36%(18) que pertenece a la parte alta de las fincas evaluadas.

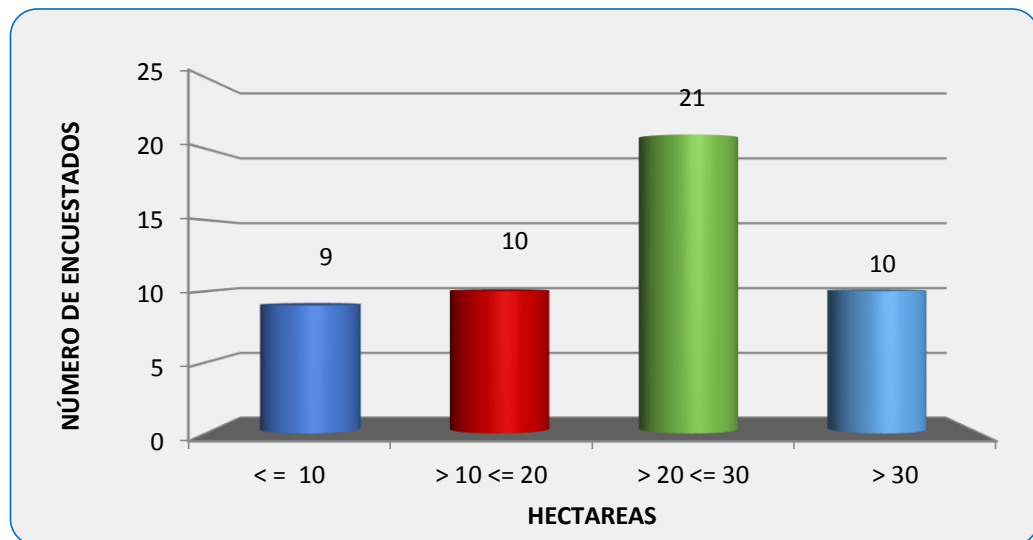
Figura 53. ¿Cuál es el área de la finca dedicada a la producción ganadera?



Según la Figura 53, indica las hectáreas (Ha) que utilizan los propietarios para el pastoreo de ganado vacuno dentro de sus predios. Los porcentajes encontrados son, el 34% (17 personas) de 1 a 4 Ha de sus predios, el 30% (15 personas) de 4 a 8 Ha, el 26% (13 personas) de 8 a 12 Ha, el 10% (5 personas) más de 12 Ha para la producción ganadera.

La ganadería es la actividad que más utiliza los recursos de la tierra a nivel mundial. Ocupa aproximadamente el 30 por ciento de la superficie terrestre libre de hielo (Steinfeld, 2009). Aproximadamente el 80% de las tierras agrícolas están destinadas al pastoreo y producción de forrajes, lo que equivale a 3400 millones de hectáreas en el pastoreo y 500 millones en la producción de cultivos para alimentación del ganado. A pesar de la gran cantidad de superficie que ocupa, la tendencia actual está siendo convertir los ecosistemas naturales en pastos, con lo que ello conlleva, pero no sólo eso, sino que, además, a los propios pastizales se le están dando otros usos, como tierras de cultivo, zonas urbanas, o bosques.

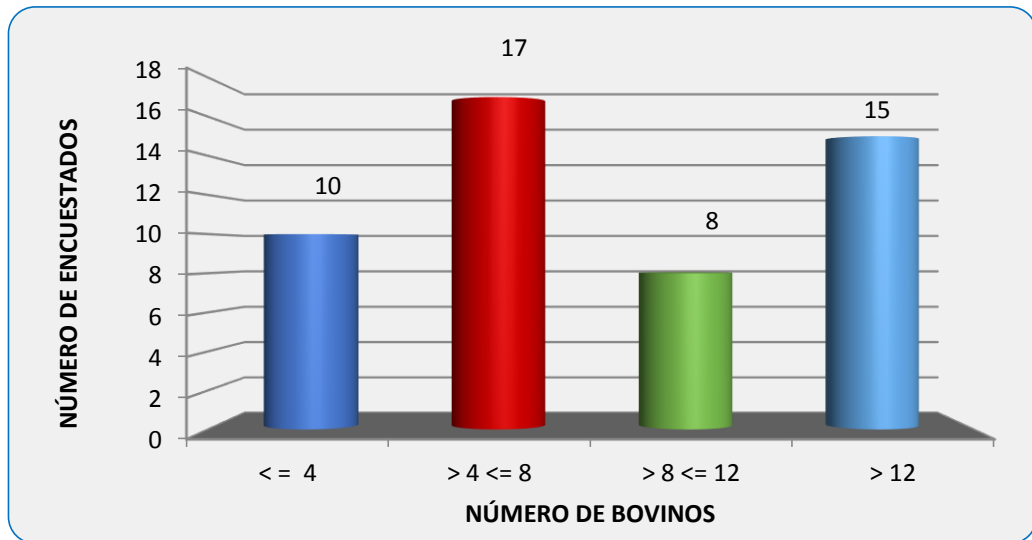
Figura 54. ¿Hace cuantos años tiene el sistema de ganadería en su finca?



En la Figura 54, de los 50 encuestados el 18% (9 personas), han manejado la producción ganadera en sus predios durante 10 años, seguido del 20% (10 personas) de 10 a 20 años, el 42% (21 personas) de 20 a 30 años y el 20% restante (10 personas) por más de 30 años.

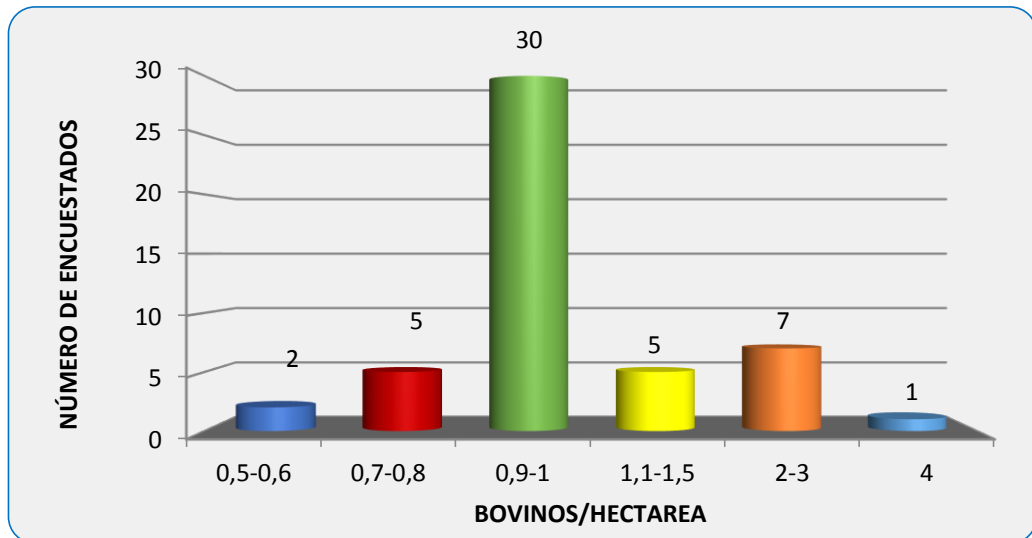
El uso prolongado del suelo para la ganadería, conlleva a la defoliación causada por el pastoreo generando cambios importantes en la composición florística de los ecosistemas. El pastoreo ejerce mayor presión sobre las especies más palatables, las cuales pueden llegar a desaparecer en función del tipo de pastoreo y de la oportunidad de los períodos de descanso otorgados. Se generan así cambios a nivel de la dinámica del agua, el carbono y los nutrientes del suelo (Taboada M. A., 2007).

Figura 55. ¿Cuál es el número total de animales bovinos que se mantienen en la finca?



El menor porcentaje del número total de bovinos por finca es de 8 a 12 con 16%(8), 20%(10) menor o igual a 4 animales bovinos, el 30%(15) más de 12 bovinos y el mayor porcentaje del 34%(17) está entre el rango de 4 a 8 animales bovinos

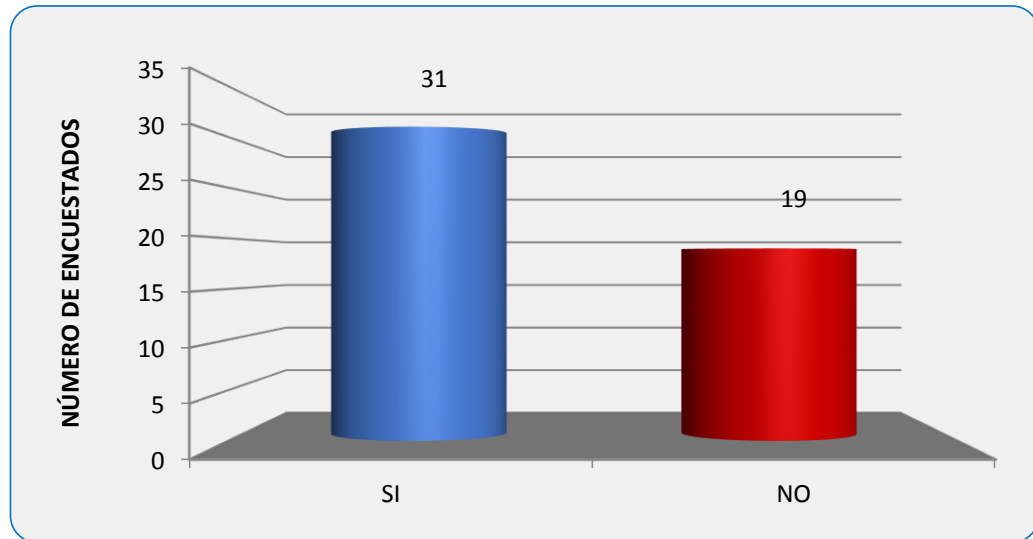
Figura 56. ¿Qué cantidad de bovinos alimenta por unidad de área?



La mayor cantidad de bovinos que se alimenta por unidad de área (hectárea) según la figura 56, el 60%(30) está entre 0.9 a un bovino por hectárea, el 14%(7) de 2 a 3 bovinos por hectárea, 10%(5) de 0.7 a 0.8 y de 1.1 a 1.5 bovinos por hectárea respectivamente, 4%(2) el menor rango de bovinos por hectárea que

corresponde 0.5 a 0.6 y solo un encuestado 2% es 4 bovinos por hectárea. Según los promedios regionales la capacidad de carga esta entre 0.7 – 09 unidades gran ganado por hectárea, esto debido a la disponibilidad de pastos de las áreas. Los resultados que están por encima de estos valores incluyen terneros.

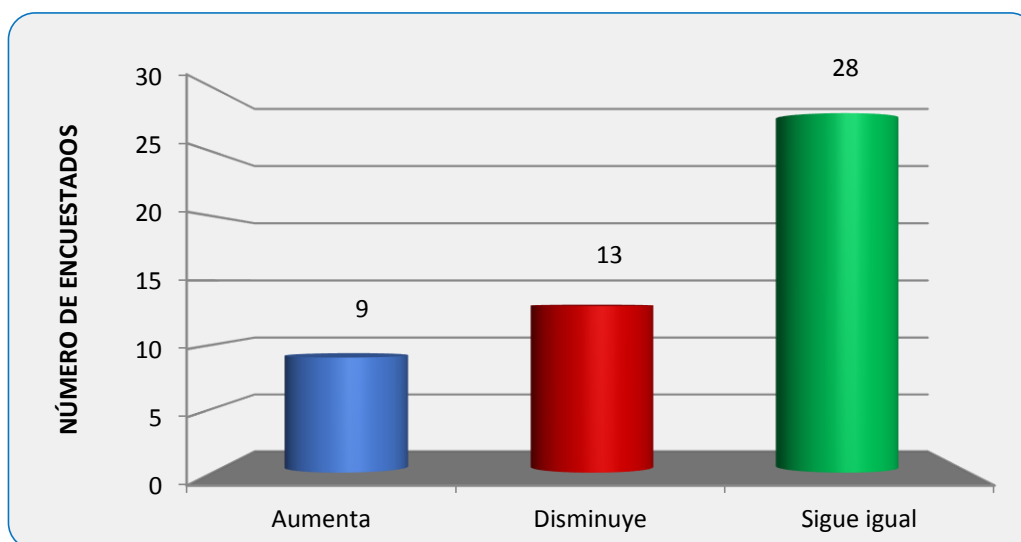
Figura 57. ¿Es permanente la pastura para el ganado en la finca?



Como se observa en la Figura 57 la mayoría de encuestados con 62%(31) es permanente la pastura del ganado debido al rendimiento que este brinda aumentando su producción, el 38%(19) no es permanente la pastura por el cambio de terrenos, escasas de pasturas y por la rotación en otros predios.

Los pastos y forrajes, son los principales recursos para la alimentación bovina en el Trópico, por lo tanto, existen diferentes especies de pastos y forrajes que se utilizan como alimento para los bovinos lecheros, entre las que se encuentran las gramíneas y leguminosas de corte y pastoreo. Sin embargo, la calidad del forraje está asociada con el estado de crecimiento de la planta, el tipo de planta y los factores edáficos (Torres, 2007).

Figura 58. Con el paso de los años ¿cómo ha sido el comportamiento en los rendimientos de la producción ganadera?



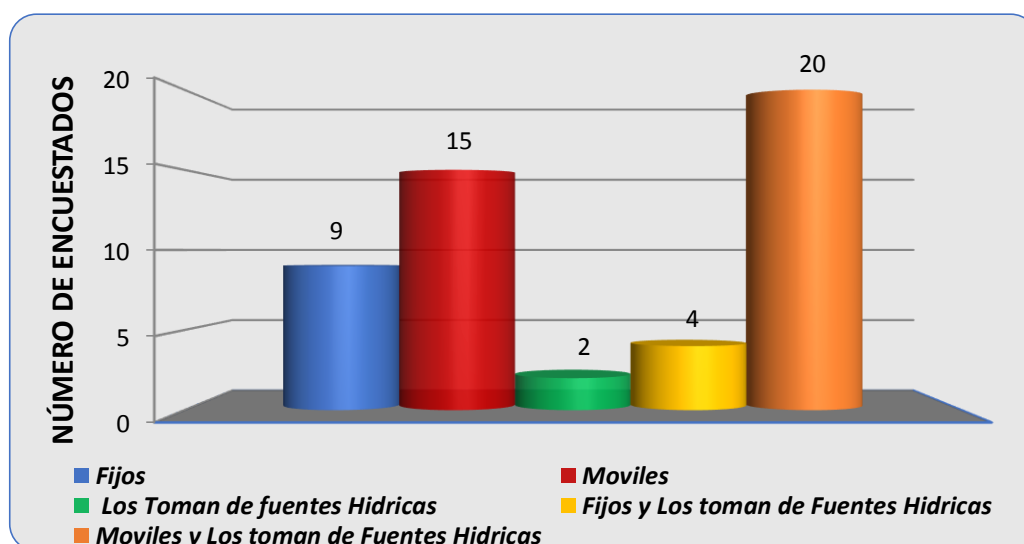
En la Figura 58 podemos observar que los propietarios infieren opiniones como: el 56% (28 personas) manifiestan que el comportamiento de los rendimientos de la ganadería no varía (sigue igual) manifiestan que esto se debe a la falta de capacitación para sustentar una buena tecnificación del predio

El 26% (13 personas) manifiestan que la producción de pastos disminuye ya sea por causas climáticas, pisoteo de ganado, sobrepastoreo, falta de fertilización orgánica, predominio de otros pastos que no son los mejores para la producción y por no realizar tecnificación del suelo.

Por último, el 18% (9 personas) expresan que se incrementa la producción de leche por que han realizado acciones al suelo como son los sistemas silvopastoriles con lo cual mejora los pastos establecidos y la producción de leche aumenta, aplicación de abonos orgánicos para el rendimiento de pastos y enclamiento.

Según PNUMA (2004), el cual realizó un estudio en el que se observó que aproximadamente un 20 por ciento de los pastos y los pastizales del mundo han sufrido algún grado de degradación. Esta se debe, sobre todo, a la falta de correspondencia entre la densidad del ganado y la capacidad del pastizal de recuperarse del pastoreo. Entre las consecuencias de la degradación de los pastos se encuentran la degradación de la vegetación, la erosión el suelo, la liberación de carbono de los depósitos de materia orgánica, la disminución de la biodiversidad y la alteración del ciclo del agua.

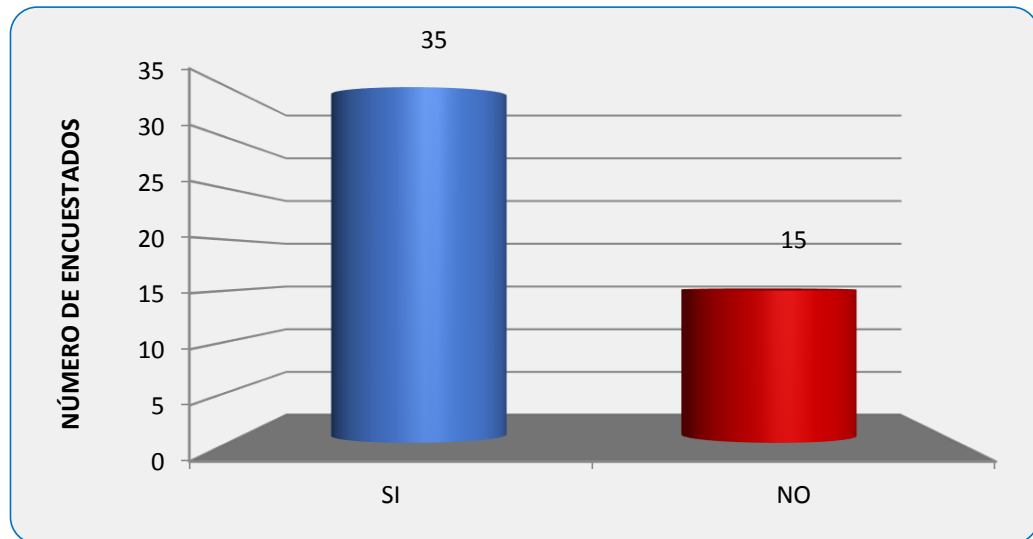
Figura 59. ¿Cuál es el manejo que le da usted a los Saladeros y tomaderos de agua?



Según la Figura 59 se puede observar que en los saladeros y tomaderos el manejo que le hacen la mayoría de encuestados el 40%(20) son móviles y los toman de fuentes hídricas lo cual generan un impacto en el punto de bebedero debido al pisoteo generando compactación del suelo, erosión hídrica tipo patas de vaca o terracetas y contaminación de las fuentes hídricas, el 30% (15) son móviles debido a que el ganado está en continuo cambio de potreros, el 18%(9) son tomaderos fijos lo cual genera compactación y endurecimiento del suelo, el 4 %(2) y 8%(4) corresponden a bebederos que los toman en fuentes hídricas y fijos los cuales son el ganado que está en libre pastoreo.

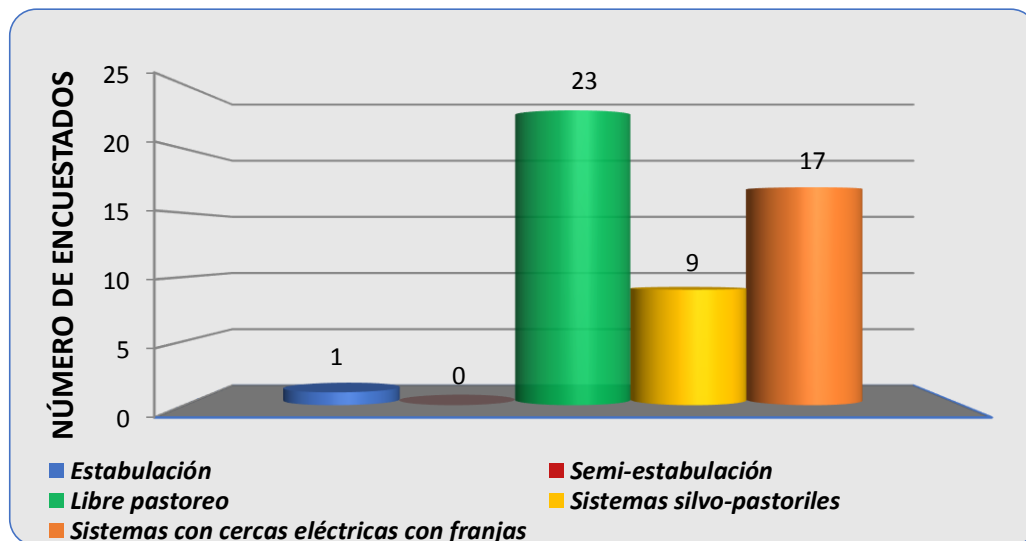
La mayor parte del agua que se utiliza en ganadería vuelve al ambiente en forma de estiércol o de aguas residuales. Las excretas del ganado contienen cantidades importantes de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), metales pesados, patógenos y residuos de medicamentos. Si estos elementos llegan al agua o se acumulan en el suelo constituyen una amenaza para el medio ambiente (Menzi, 2005).

Figura 60. En su finca tiene zonas de aislamiento con bosques



El 70%(35) de los encuestados tiene aislamiento con bosques en una zona del predio entre parte plana y zona de ladera, se encuentra barreras vivas de especies arbóreas y el 30%(15) no tiene zonas con bosques debido a que la mayoría de hectáreas solo está dedicado a la ganadería.

Figura 61. ¿Cuál de las siguientes prácticas de manejo de ganado, realizan en la finca?



De acuerdo a la información recolectada (Figura 61), el 46 % (23 personas) desarrolla la ganadería en forma intensiva, el 34 % (17 personas) han establecido el sistema con cercas eléctricas con franjas, siendo este último sistema donde se realiza mayor uso del suelo con la ayuda de cercas eléctricas para la división del

pastizal, por otro lado el 18% (9 personas) implementan el sistema silvopastoril a 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, solo 2% (1 persona) realiza la estabulación en su finca.

Los sistemas intensivos dependen de un número limitado de razas de animales y especies de cultivo, aunque con gran diversidad genética. Este tipo de manejo es culpable de la degradación de los ecosistemas. No obstante, un uso intensivo de las tierras podría proteger la biodiversidad no agrícola, ya que se reduce el uso de pastos y zonas de cultivo (Reid, 2009).

Por el contrario, los sistemas extensivos hacen uso de un mayor número de razas y de recursos vegetales, pero su menor productividad podría incrementar la presión para invadir los ecosistemas naturales. Es por eso, que el impacto que el ganado tiene sobre la biodiversidad depende de la magnitud de estos efectos, del grado en que está expuesta la biodiversidad a éstos, la sensibilidad de la biodiversidad al ganado, y del modo que sea capaz de responder a estos efectos (Reid, 2009). Tanto la presión para incrementar la producción mediante la intensificación, como mediante la ampliación del área, puede tener consecuencias ambientales muy negativas.

Figura 62. En su finca tiene establecidos arboles

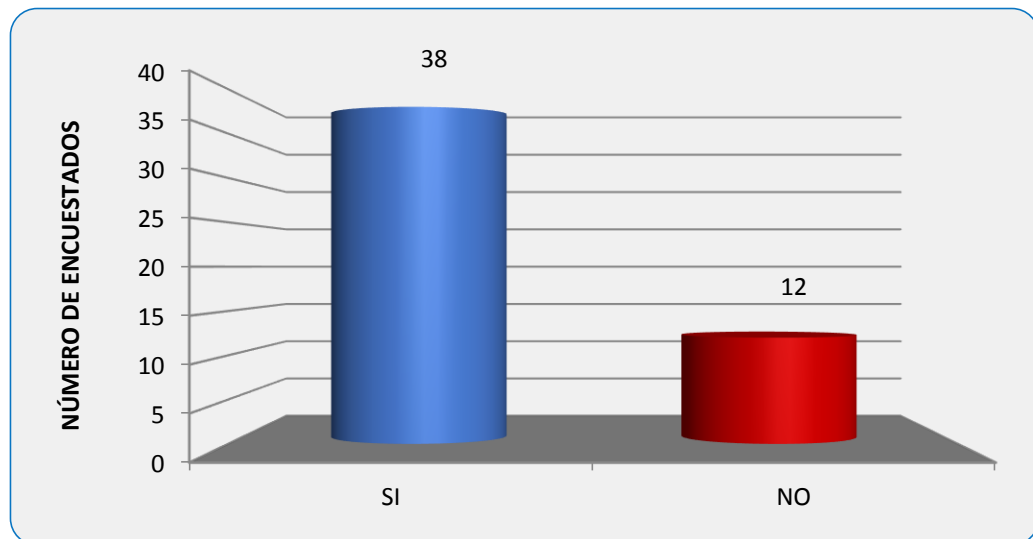
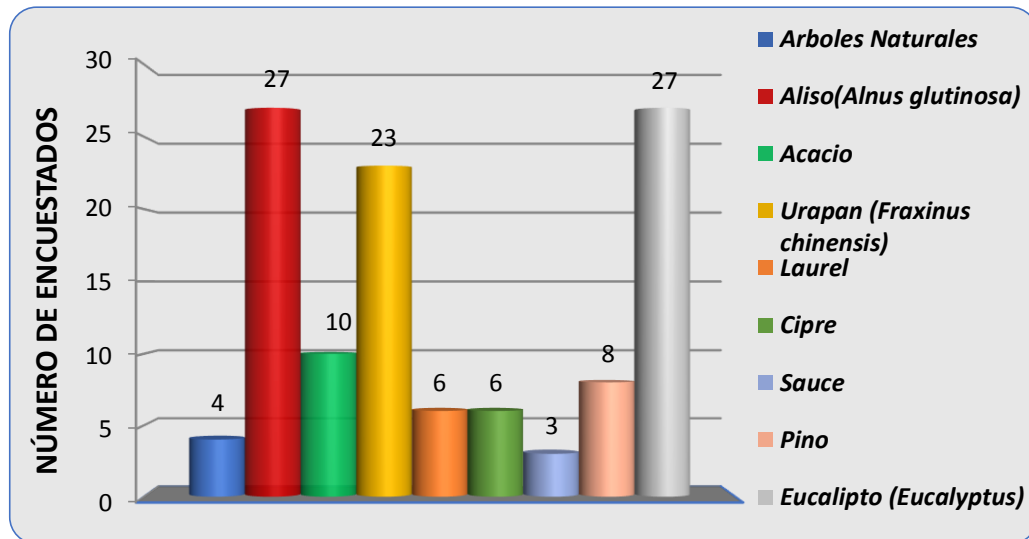


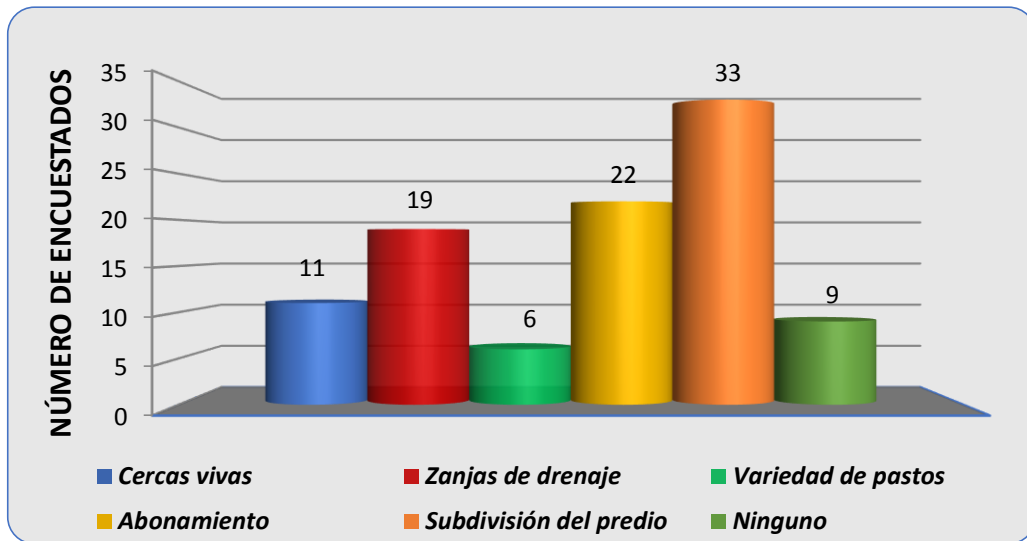
Figura 63. Especies de árboles de encuestados que tienen establecidos árboles en su finca



La Figura 62 muestra las especies forestales que están establecidas en las fincas donde el 76%(38) y el 24%(12) no tiene árboles en su finca. Relación la figura anterior con la figura 63 las especies arbóreas que se tienen establecidas son el eucalipto (*Eucalyptus*) (27), aliso (*Alnus glutinosa*) (27) y urapan (*Fraxinus chinensis*) (23) los cuales son de crecimiento rápido y crecen en suelo húmedo ayudan con la creación de cercas vivas o rompe vientos ya que son arboles de rápido crecimiento y muy altos. Las especies nativas como se destacan el motilón (*Hyeronima macrocarpa*) y pino silvestre (*Pinus sylvestris*), se encuentran en menor proporción en las fincas evaluadas debido a que el ciclo de crecimiento es más lento, por lo que estas especies arbóreas no se utilizan para los sistemas silvopastoriles.

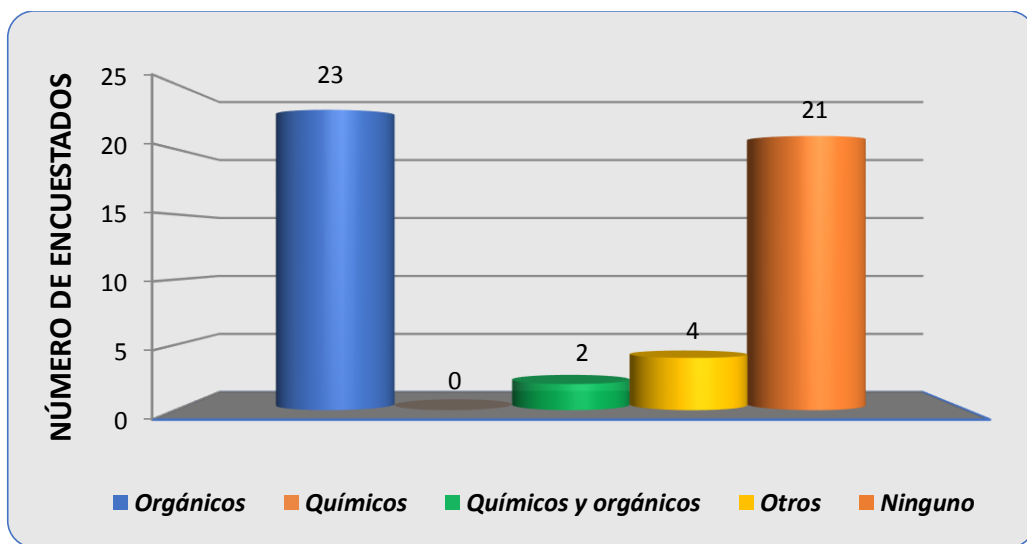
Se ha observado que los sistemas silvopastoriles son capaces de generar un microclima: durante el verano, la sombra proveniente de la forestación reduce el stress provocado por el calor sobre el ganado, y reduce la pérdida de palatabilidad y turgencia sobre el componente herbáceo permitiendo el consumo del mismo por parte del componente ganadero y aumentando los kilos ganados y por ende la producción y calidad de la carne. Durante el invierno, el dosel arbóreo provee protección contra las heladas; el ganado permite controlar la aparición de malezas resistentes a la sombra y ayuda a combatir el riesgo de incendio dado que se alimenta de la materia seca que se encuentra debajo del bosque. Comparado a otros sistemas productivos, el sistema silvopastoril provee un alto grado de cobertura del suelo y por ende contribuye a disminuir la erosión del mismo (Frey, y otros, 2008)

Figura 64. ¿Cuáles de las opciones se encuentran implementadas en la finca para el mejoramiento de los pastos?



El mejoramiento de pasturas para las personas encuestadas, es un proceso que tiene un alto grado de interés, observando en la Figura 64, el 66% (33 personas) se han implementado prácticas para la subdivisión del predio, el 44% (22 personas) realizan abonamiento en sus fincas para el mejoramiento de sus pastos, 38% (19 personas) optaron por las zanjas de drenaje debido a que los predios son altamente inundables por su relieve plano, las cercas vivas se han plantado al 22% (11 propiedades), el 18% (9 personas) no tiene implementado nada para el mejoramiento de los pastos y solo el 12% (6 personas) de los encuestados establece variedad de pastos.

Figura 65. ¿Aplica insumos agropecuarios para mejorar el rendimiento de pastos?

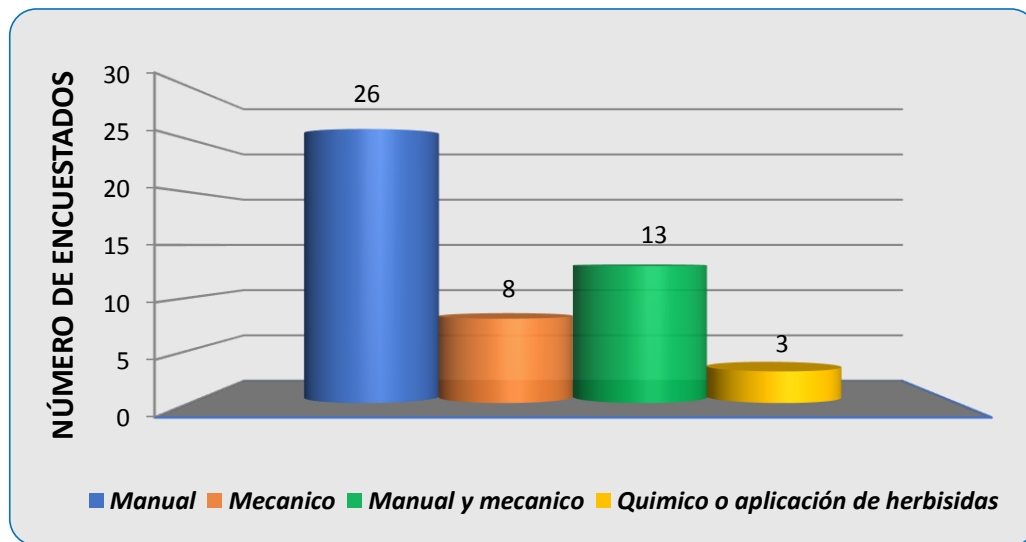


En la Figura 65 cabe resaltar que en el 46 % (23) personas usa fertilizantes orgánicos siendo el mayor porcentaje debido a que los ganaderos aplican abonos orgánicos tipo compost, lombricompost, fertilizantes orgánicos líquidos, entre otros para el mejoramiento de los pastos y el 42% (21 personas) no aplica ningún insumo agropecuario, 4% (2) y 8% (4) de las personas que aplican una mezcla de insumos químicos y orgánicos.

La materia orgánica es indispensable para mantener la fertilidad del suelo, de ahí que su incorporación en forma de abono es indispensable en sistemas de producción ecológica. Esta práctica, en conjunto con otras como las obras de conservación de suelos, la adecuada rotación y asociación de plantas, la diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio, entre otras, nos aseguran el alcance de un equilibrio en el sistema y, por lo tanto, una producción continua (Cedeco, 2005).

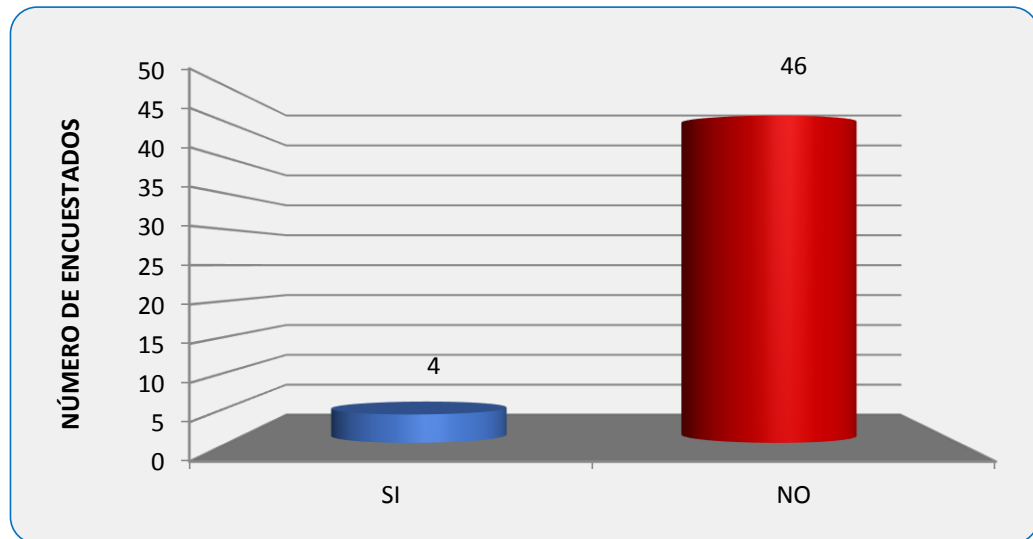
Según Quintero, M (2003), una de las fuentes de materia orgánica es la elaboración de abonos orgánicos y fertilizantes líquidos que ayudan a optimar la calidad del suelo y evitar su degradación ya que mejoran algunas propiedades físicas como químicas, además de estimular el edafon del suelo.

Figura 66. ¿Cómo realiza el control de malezas dentro del potrero?



Para el control de malezas el 52% (26 personas) lo hacen manual con machete, 26% (13 personas) con machete y guadaña, el 16% (8 personas) de forma mecánica (guadaña), manifestando que ahorran tiempo al momento de realizar su control y solo el 6% (3 personas) aplican matamalezas químicas como el glifosato.

Figura 67. Maneja algún tipo de labranza para renovar los potreros



Según los datos de la Figura 67 se observa que 92% (46 encuestados) no realizan labranza para la renovación de potreros debido a que la maquinaria es muy pesada, los terrenos son muy húmedos, además los costos de la labor mecánica son elevados y en algunos lugares de altas pendientes no entra maquinaria, solo el 8% (4 encuestados) si realizaron labranza usando arado de disco y cincel.

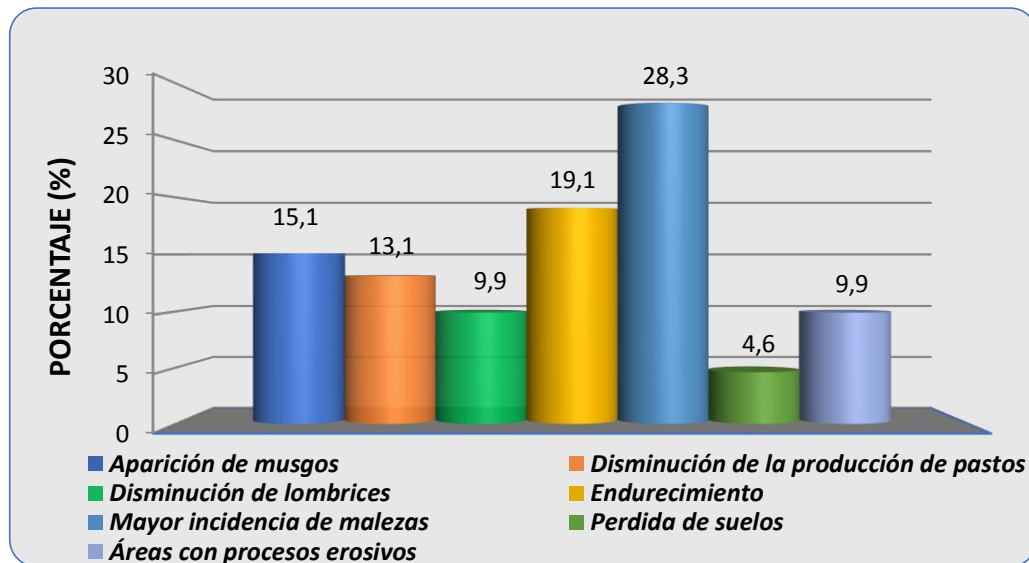
Al respecto Moncayo (2005) afirma que en Colombia al igual que en muchos países de Suramérica, se persiste en el uso de maquinaria pesada para la preparación de suelos, incluso en regiones como la andina caracterizada por su alta pendiente, donde los deterioros causados por estas prácticas son muy difíciles de remediar a corto plazo.

Las prácticas de labranza utilizando arado de disco genera un efecto negativo en el suelo, es invertido y desplazado lateralmente con mayor intensidad en terrenos con pendiente, formando un talud en los extremos del terreno cada vez más altos. Producen mezclas de los horizontes A y B y la pérdida del horizonte superficial (A), también produce alteraciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y como consecuencia se reduce la capacidad productiva de este (Aguilera S. , 2000).

El arado de cincel su efecto es positivo ya que afloja el suelo, posibilitando un afinamiento fácil y rápido con una rastra liviana. Dependiendo del cultivo y de la forma de siembra, facilita otras labores como construcción de eras, alomillados, surcos, etc. Controla las malezas del terreno, aunque hay ciertas limitaciones en este rompe las capas compactadas en el perfil, al aflojar el suelo sin volcarlo, crea condiciones favorables para el desarrollo de las plantas (raíces y parte aérea), sobre todo en relación con la estructura del suelo, la aireación, la infiltración y la temperatura. Como además hay un mayor grado de cobertura del terreno,

favorece el control de la erosión, permite aflojar el suelo sin traer a la superficie las capas subyacentes, normalmente más pobres en materia orgánica y con características más difíciles de manejar (textura, plasticidad, adherencia entre otros) (FAO, 1996).

Figura 68. En el tiempo que usted ha manejado la producción ganadera con bovinos ¿ha observado cambios que se presenten en el suelo?



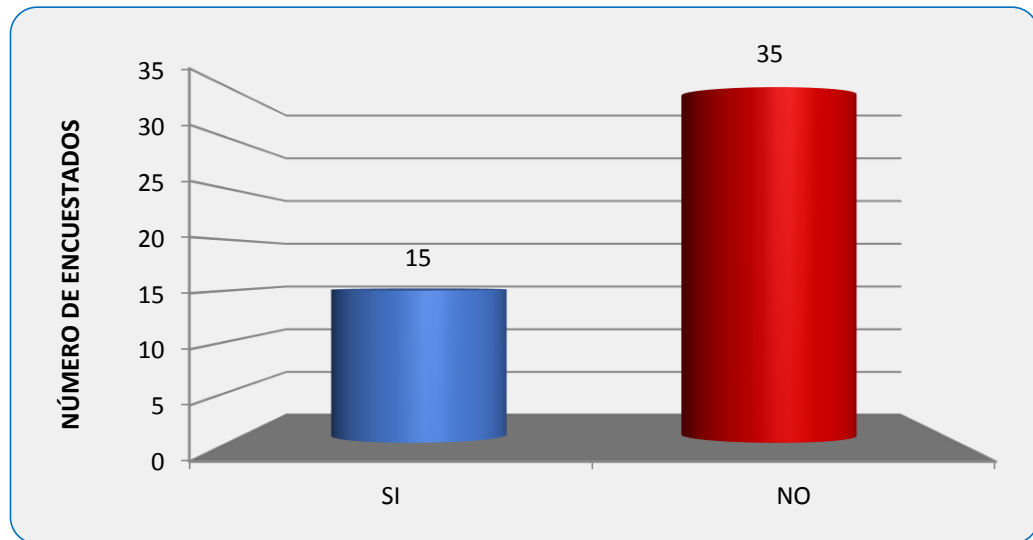
Las personas encuestadas manifiestan, que si han observado cambios en el suelo, donde el 28,3% han observado el incremento de malezas, seguido por el endurecimiento del terreno con 19.1%, siendo los problemas más representativos en las encuestas evaluadas, seguido de la aparición de musgos en un 15.1%, siendo el dato más bajo con 4,6% con pérdida de suelos esto se da más que todo en las pendientes altas.

La ganadería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, lo que se tiene es un efecto perjudicial tanto para el suelo como para los mismos animales del terreno. Entre los efectos directos se halla la repercusión en las propiedades químicas y físicas del suelo. Otros son los cambios en cuanto a sus propiedades químicas (disponibilidad de macro y micronutrientes), como son micro y macroelementos, el Nitrógeno, el Fósforo, Potasio, como la liberación de carbono de los depósitos de materia orgánica, así como la salinización del perfil. (FAO, 2009)

Las causas más importantes de la pérdida de la biodiversidad por el ganado son los cambios en el uso de la tierra, el cambio climático, la explotación excesiva y la contaminación. También, la producción ganadera puede tener un efecto directo sobre la biodiversidad por la transferencia de especies exóticas invasivas, por ejemplo, a través del pastoreo excesivo. La contaminación de las aguas con las

excretas amoniacales de los animales produce pérdida de biodiversidad, sobre todo en el caso de los ecosistemas acuáticos. (FAO, 2000).

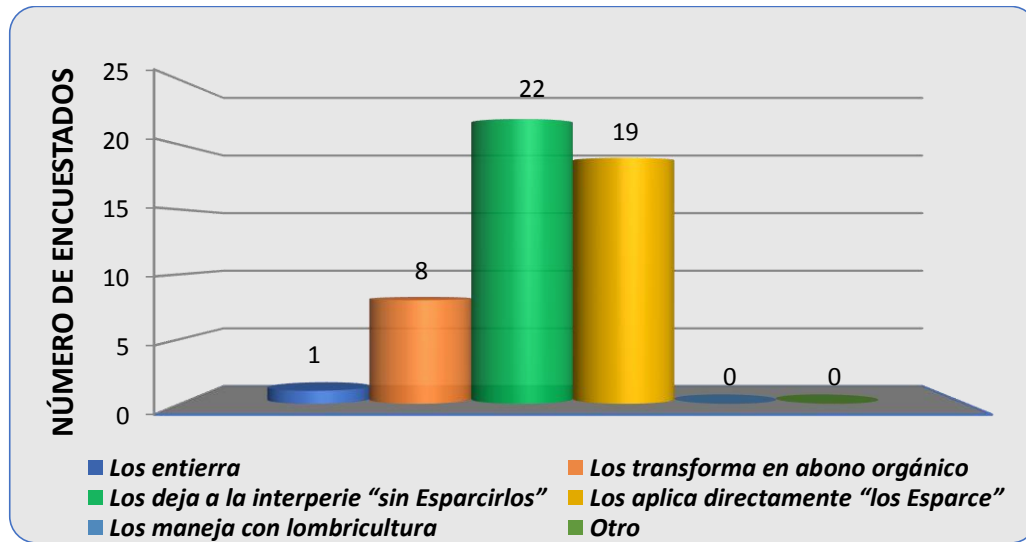
Figura 69. ¿Ha realizado análisis de suelos en áreas dedicadas al manejo de ganadería?



En la Figura 69 indica que el 30% (15 personas) realizan análisis de suelos en sus fincas con el fin de conocer las condiciones químicas del suelo y así aplicar correctamente las enmiendas orgánicas y/o fertilización química, y un 70% (35 personas) no realizan estos análisis por falta de recursos económicos o desconocimiento de esta práctica.

El desarrollo productivo de la ganadería, que se representa en ganancia de peso y leche, depende en gran parte en la cantidad y calidad de las pasturas; por lo cual, para obtener rendimientos y mayor valor nutritivo de los pastizales, estos deben manejarse con prácticas similares a las realizadas en los cultivos, tales como fertilización y control de plagas. De manera que se debería realizar el análisis de suelos para conocer, mejorar y controlar los aspectos concernientes al suelo, como los diseños de drenajes y riegos, planes de fertilización eficiente y manejo de praderas, además de identificar la vocación y la capacidad del recurso para soportar y mantener una actividad determinada (Viñeda, 2005)

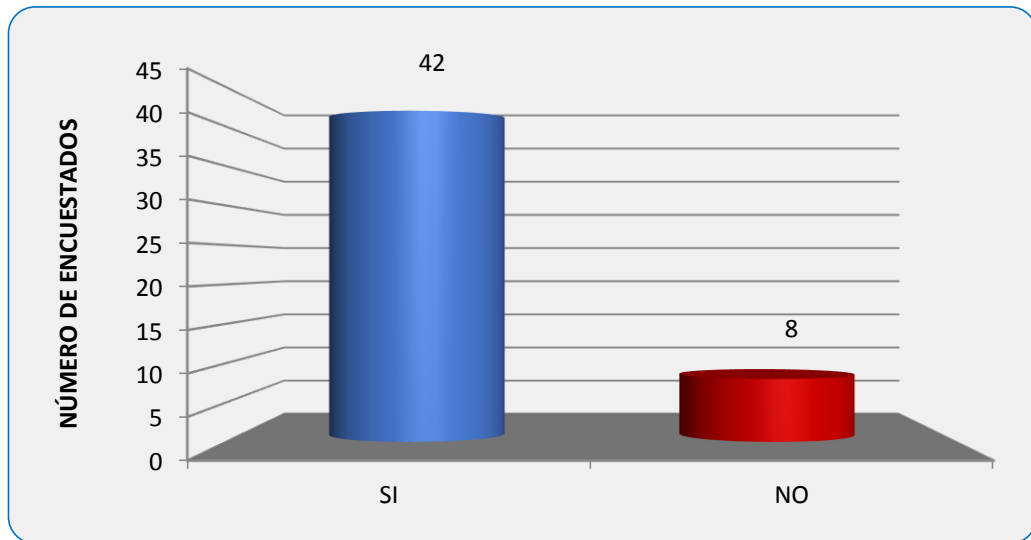
Figura 70. ¿Qué manejo se realiza a los estiércoles de los animales?



Como se puede apreciar en la Figura 70, el manejo realizado al estiércol el 44% (22 personas) en las fincas es nulo, debido a que se deja a la intemperie, solo el 38% (19 personas) los esparce y aplica directamente sin aplicarle nada y el 16% (8 personas) los transforma en abono orgánico y solo el 2% (1 persona) entierra el estiércol de animal.

El estiércol es el fertilizante orgánico por excelencia debido a su alto contenido en nitrógeno y en materia orgánica. Se ha utilizado desde la antigüedad para aprovechar los residuos del ganado y también, restaurar los niveles de nutrientes de los suelos agrícolas. Como es lógico, sus características nutricionales dependerán fundamentalmente del tipo de ganado en cuestión. Conviene a todas las plantas y a todos los suelos, da consistencia a la tierra arenosa y móvil, ligereza al terreno gredoso y refresca los suelos cálidos, calizos y margosos. La duración de su fuerza depende principalmente del género de alimento dado al ganado que lo produce (FAO, 2000)

Figura 71. El manejo que ha dado a la materia orgánica ¿Ha mejorado la calidad de los pastos?



Según se observa la Figura 71 el manejo que ha dado a la materia orgánica el 84%(42 personas) afirma que si a mejorado la calidad de pastos y mayor producción debido a las buenas practicas que manejan en la elaboración de abonos orgánicos y solo el 16%(8 personas) no ha mejorado su calidad.

La materia orgánica ejerce una serie de acciones benéficas sobre el suelo, favoreciendo la agregación de partículas estables en superficie, aumenta la resistencia del suelo frente a la erosión ya que impide el arrastre de las partículas finas por el agua de escorrentía, y el volumen de esta disminuye al incrementarse la permeabilidad edáfica. A su vez el impacto de las gotas de lluvia produce una menor liberación de partículas que pudieran ser posteriormente arrastradas (Kononova, 1982). Así pues, debido al efecto cementante de la materia orgánica sobre las partículas minerales del suelo, y su gran poder absorbente se favorece la capacidad de retención de agua en el suelo, la resistencia al encostramiento y la porosidad.

Figura 72. ¿Pertenece usted a alguna organización relacionada con la producción ganadera?

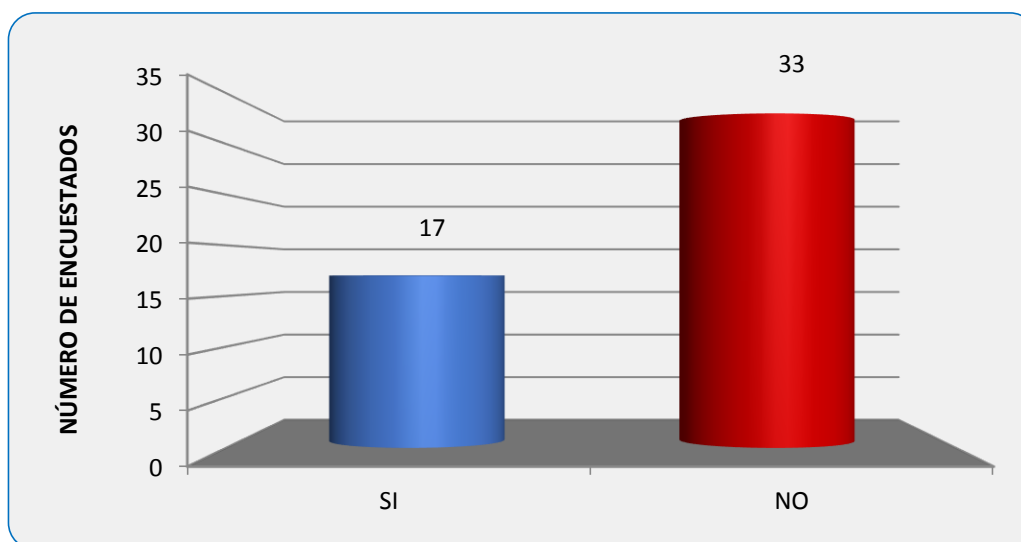
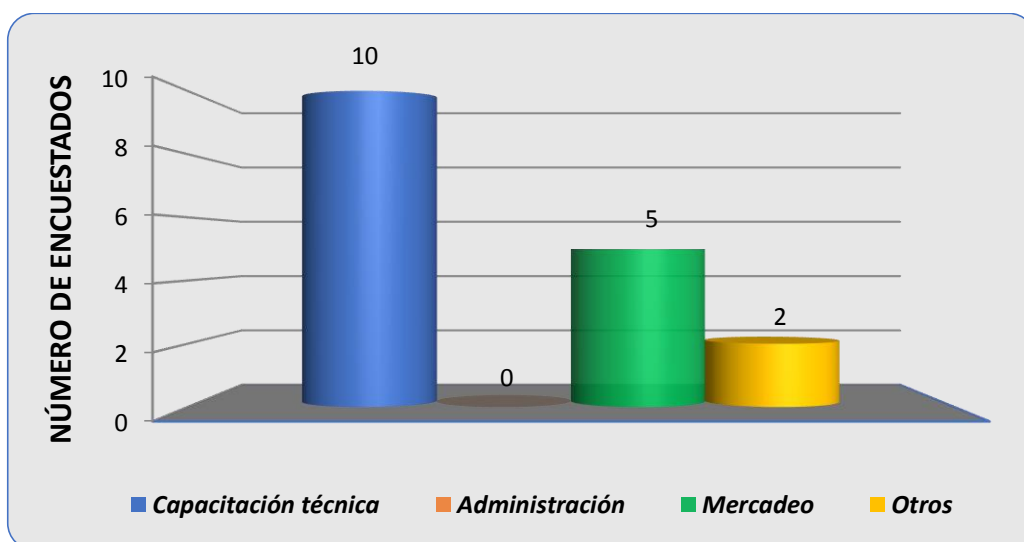


Figura 73. Si pertenece a alguna organización ¿Qué servicios le ofrece?



En la Figura 72 se observa que 33 personas (66%) no pertenecen a alguna organización en la producción ganadera debido a que no tienen conocimiento de que exista alguna en la región, y 17 personas (34%) si pertenecen a una organización como la WWF, el ICA y que en la organización que pertenecen como se observa en la Figura 73 solo 10 personas (59%) les brinda capacitación técnica para el mejoramiento de la producción ganadera, y a 5 personas (29%) les ofrecen el servicio de mercadeo y solo a 2 personas (12%) se les brinda otras ayudas por parte de la organización.

7.1.6. Estrategias a implementar en los suelos erosionados por la ganadería.

Los sistemas silvopastoriles en Colombia, hace su contribución al mejoramiento del medio ambiente que consiste en la transformación de la ganadería actual en un sistema más sostenible, menos incompatible con la diversidad biológica y más apropiada para lograr el bienestar humano (Calle, s.f.).

La implementación de sistemas silvopastoriles es una alternativa viable que permite mejorar la calidad de los suelos los cuales se basan en asociaciones de pastos, arbustos y árboles que contribuyen a la recuperación de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos ofreciendo servicios ambientales como la recuperación y mejoramiento de suelos, ciclaje de agua y nutrientes, mantenimiento, conservación, recuperación de la diversidad biológica y captura de CO₂ (Lozano & Denis, 2006), por esta razón es importante que se generen procesos de investigación en estos sistemas, estableciendo de acuerdo a las condiciones naturales del sitio de estudio, la adaptabilidad de especies forestales que comúnmente se encuentran como el urapan (*Fraxinus chinensis*), aliso (*Alnus jorullensis*), sauce (*Salix humboldtiana*), acacia (*Acacia melanoxylon*), sauco (*sambucus nigra*), cipre (*Cupressus sempervirens*) y arboles naturales como el motilón (*Hyeronina alchornoides*) y laurel (*Cordia alliodora*), en asociación con especies de pastos como botón de oro (*Tithonia diversifolia*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), pasto gramalote (*Paspalum fasciculatum*), pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) y pasto imperial (*Axonopus scoparius*), además del tipo de manejo más adecuado de las mismas en el sitio llevado la investigación, suelos en su mayoría entisoles que se caracterizan de acuerdo al POMCA (2010) por ser bien drenados y muy superficiales, limitados por la presencia de altos contenidos de materiales gruesos, especialmente piedras y cascajo por la presencia de piedra en superficie, pero existe un 15% de estos limitados por mal drenaje.

A nivel de labranza para suelos ganaderos, el manejo del arado de cincel es un equipo que forma parte de muchos de los sistemas de labranza de conservación que se utilizan en el mundo. Esta, como lo afirma Naderman & Vieira (1992), no es un método de labranza en particular, sino una meta u objetivo, que tiene en cuenta algunas variables, tales como: grado de cobertura con rastrojos, rugosidad de la superficie del terreno, reducción del número de pases con maquinaria, selección de equipos con herramientas de movilización menos dañinas para el suelo, aumento de la proporción de lluvia captada y almacenada en el perfil, prevención de la erosión. Se hace esta recomendación debido a que en la capa superficial en los primeros 10 cm, al evaluar la resistencia a la penetración que fluctuó entre 1,19 Mpa y 1,20 Mpa para el sistema intensivo y entre 1,33 Mpa y 0,99 Mpa para el sistema de franqueo, existe una mayor compactación por el constante pisoteo y sobrecarga del ganado impidiendo que la profundidad de las raíces de los

forrajes sea limitado, es importante que se maneje una labranza vertical por lo planteado anteriormente.

El manejo de agua pueden generar impactos significativos en la distribución del pastoreo si estos son apropiadamente localizados y desarrollados. Los cambios en los materiales para tuberías han abierto nuevas posibilidades para suministrar agua al ganado. Los bebederos pueden ser usados con cualquier fuente (Chavez, 2003).

La fertilidad del suelo se debe mejorar con algunas prácticas como la aplicación de abonos orgánicos según Calva (1988) es un producto derivado del proceso de descomposición de materiales de desecho orgánicos, a partir de la acción de una mezcla de poblaciones de microorganismos, en un medio ambiente aeróbico, de calor y humedad. Está considerado como un mejorador orgánico de los suelos, que tiene un alto valor energético y nutritivo para las plantas. Los abonos orgánicos al ser aplicados al suelo mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas, resolviendo los problemas de la fertilidad de los suelos, además de aumentar la capacidad de resistencia a factores ambientales negativos. De acuerdo a la investigación al presentar los sistemas evaluados con contenido de material orgánico alto con 16,13% para intensiva y 10,80% el de franjeo, se debe mantener las practicas ganaderas que implementan actualmente en los sistemas con un pensamiento futurista como ha sido la aplicación de enmiendas orgánicas.

El uso de análisis químico del suelo como guía para la adición de fertilizantes, involucra dos etapas: la interpretación de los resultados y la recomendación. La interpretación se refiere a la estimación de obtener respuesta mediante el empleo de fertilizantes, mientras que la recomendación es la interpretación práctica de los resultados obtenidos para aplicarla en la producción comercial de cultivos (Palmaven, 1986).

Tabla 26. Prácticas de conservación del recurso suelo en sistemas de manejo de ganadería.

ALTERNATIVAS DE MANEJO AMBIENTAL				
PRACTICA DE CONSERVACIÓN	OBJETIVO	ALTERNATIVAS	ACTIVIDADES	EFFECTOS SOBRE EL SUELO
SISTEMAS SILVOPASTORILES	Brindar servicios ambientales para la conservación del recurso suelo	<p>Cecas vivas</p> <p>Plantas leñosas perennes en callejones</p> <p>Pastoreo en plantaciones de maderables o frutales</p> <p>Barreras vivas</p> <p>Sistemas Silvopastoril multiestrato</p> <p>Arboles dispersos en potreros</p>	<p>Rotación e introducción de árboles y arbustos</p> <p>Manejo de gramíneas acompañados con árboles y arbustos.</p> <p>Generar procesos de investigación en este tipo de sistemas para la zona en estudio (adaptabilidad de plantas, especies promisorias)</p>	<p>➤ Reciclaje de nutrientes. Mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura.</p> <p>➤ Fijación de N. las leguminosas se asocian con bacterias del género <i>Rhizobium</i> para captar nitrógeno atmosférico haciendo disponible para las gramíneas en el suelo.</p> <p>➤ Profundidad de las raíces. el sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes.</p> <p>➤ Acción de micro y macro fauna. mayor presencia de materia orgánica en el suelo. La endofauna, contribuye a mejorar la estabilidad del suelo y capacidad de infiltración de agua.</p> <p>➤ Control de erosión. los sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo. El control de la erosión superficial por parte de los árboles se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción de impacto de la lluvia al suelo ✓ Aumento de la infiltración ✓ Permanencia de materia orgánica sobre la superficie del suelo ✓ Efecto agregado de las partículas del suelo. <p>➤ Mitigación de los efectos del pisoteo del ganado</p>

<p style="text-align: center;">MANEJO DEL RECURSO SUELO</p>	<p>Mejorar las condiciones de estabilidad estructural del suelo</p> <p>Disminuir la susceptibilidad a los fenómenos erosivos mediante prácticas sencillas de manejo.</p>	<p>Uso de materia orgánica y cal</p>	<p>Elaboración de abonos orgánicos sólidos y líquidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Aprovechamiento de los residuos vegetales.</i> ➤ <i>Mejora propiedades físicas y químicas del suelo.</i> ➤ <i>Regulación del pH de suelo</i> ➤ <i>Reducción de la toxicidad de Aluminio</i> ➤ <i>Disposición de nutrientes para la asimilación de plantas.</i>
<p style="text-align: center;">MANEJO DEL RECURSO AGUA</p>	<p>Conservar de la mejor forma estas zonas de las fincas y utilizar herramientas para el uso racional de este recurso como los bebederos sustitutos.</p>	<p>Bebederos móviles</p>	<p>Bebederos con flotador</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Se hace buen uso de - cantidades limitadas de agua.</i> ➤ <i>Proporciona agua limpia lejos de áreas bajas húmedas.</i> ➤ <i>El agua puede ser colocada al terreno mejor para beneficiar el manejo del pastoreo y el comportamiento animal.</i> ➤ <i>Incrementar el número de bebederos con el fin de abastecer a más bovinos y evitar así el sobre pisoteo.</i>

<p style="text-align: center;">IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS QUÍMICOS</p>	<p>Las características químicas del suelo, deben ser conocidas por el ganadero, ya que el crecimiento y desarrollo del ganado, la cantidad y calidad, están en relación directa con los nutrimentos y las características de los suelos que se reflejan en la calidad de los pastos.</p>		<p style="text-align: center;">Análisis químico de suelos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos. ➤ Ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo. ➤ Determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas.
<p style="text-align: center;">LABRANZA</p>	<p>Es rescatar y promover el uso de la labranza, para ayudar a cumplir con el objetivo de un suelo productivo y conservacionista.</p>	<p style="text-align: center;">Labranza vertical</p>	<p style="text-align: center;">Arado de cincel</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crea condiciones favorables para el desarrollo de las plantas, sobre todo en relación con la estructura del suelo, la aireación, la infiltración y la temperatura ➤ Favorece el control de la erosión ➤ Controla las malezas del terreno

8. CONCLUSIONES.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación se puede inferir que los sistemas experimentales de manejo con ganadería (intensiva "S2" y de franjeo "S3"), no se evidencio de manera significativa el efecto sobre la mayoría de las propiedades físicas y químicas, sin embargo existe una diferencia de los resultados con relación al tratamiento testigo (bosque secundario "S1"), el cual permite deducir que de acuerdo al tipo de manejo de los suelos, estas tienden alterarse con el transcurrir del tiempo.

La correlación de variables por el método multivariado permitió determinar que existe la relación como la densidad aparente, porosidad y humedad gravimétrica, en cuanto a la propiedades químicas evaluadas las que se correlación fueron la materia orgánica, nitrógeno total, fosforo disponible y capacidad de intercambio catiónico, relaciones con alta influencia que indican sus efectos sobre los suelos del estudio.

El uso del análisis varianza (ANDEVA) y pruebas de significancia de Tukey donde ($P < 0.05$), ayuda a identificar el comportamiento de las diferentes propiedades del suelo, así como en la comprensión y establecimiento de las relaciones entre éstas, como una técnica que puede ayudar en la toma de decisiones en donde se vea reflejada mayor efecto de la producción ganadera en el recurso suelo, que de acuerdo a la investigación mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en cuanto a la variable materia orgánica y nitrógeno total, entre el tratamiento testigo (S1) con los sistemas de manejo ganadero (intensiva "S2" y de franjeo "S3"), indicando que el manejo alteran de manera significativa estas dos propiedades químicas evaluadas.

En cuanto a los resultados por promedios, la materia orgánica presento un estimativo alto, esto puede ser debido a la presencia de residuos orgánicos por la defecación del ganado y el desarrollo de las pasturas en la capa superficial, igualmente estimativos ideales como las encontradas en el sistema de franjeo con 36,87 mg/kg de fosforo, 6.70 cmol/kg⁻¹ de calcio, 0.53 cmol/kg⁻¹ de potasio, esto debido por la aplicación de fertilizantes y correctivos en los sitios de investigación.

El uso de correctivos disminuye la acidez del suelo que fue muy alto en los tres sistemas ya que presentaron pH menor a 5,5 y los contenidos de Al con estimativo bajo para el sistema de franjeo y medio para el sistema intensivo; es necesario su uso con alguna periodicidad, para mantener o mejorar las condiciones de fertilidad y evitar limitantes en el desarrollo de las pasturas en ese tipo de suelos.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar, J. (04 de 02 de 2003). *Influencia del uso del suelo en su calidad ambiental en medio semiárido (Murcia SE España)*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2010000100021&lng=pt&tlng=es.
- Aguilera, N. (1989). *Tratado de Edafología de México*. Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aguilera, S. (04 de 02 de 2000). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006
- Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte ASPAN. (02 de 02 de 2003). *Desertificación y sociedad civil*. Obtenido de Fundación del Sur: http://www.aspan.org.br/riodbrasil/pt/documentos/Desert_y_Soc_Civil.pdf
- Almorox, J., Lòpez, F., & Rafaelli, S. (14 de 03 de 2010). *La degradación de los suelos por ersión hídrica, métodos de estimación*. Obtenido de Google Books: <https://books.google.com.co/>
- Amézquita, E., Friezen, D., & Sanz, J. (2004). Sustainability indicators: Edaphoclimatic parameters and diagnosis of the cultural profile. En E. Ghuimaraes, J. Sanj, I. Rao, M. Amezquita, E. Amezquita, & R. Thomas, *Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America* (pág. 347 P). Cali, Colombia: CIAT.
- Andreas, G. (2015). *"fertilizantes"*. *Consultoría Agraria de K+S KALI GmbH. IAPN*. Estados unidos: Consultoría Agraria de K+S KALI GmbH. IAPN.
- Angeles, C., Hernandez, J., Ochoa, M., & Morales, A. (2010). *Edafología: Determinación de la densidad real, porosidad del suelo y humedad gravimétrica*. Chiapas, Mexico: Universidad de ciencia y artes de Chiapas: Facultad de ciencias biologicas.
- Arias, H. (04 de 02 de 1990). *Desarrollo e implementación de la ganadería intensiva, para una mejor comercialización de carne bovina en la finca " El cortijo las Marias"*. Obtenido de Universidad Autónoma de Occidente: http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/ECONOMICAS_6/Administracion_de_Empresas/12.pdf
- Arias, R. (2006). *Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots*. . Nebraska, USA.: Master Thesis, University of NebraskaLincoln.
- Atwell, B. J. (1993). Response of roots to mechanical impedance. *Environmental and Experimental Botany*.
- Balcàzar, A. (1992). *La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia*. Obtenido de Universidad de la Salle: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/350/281>

- Boza, J., Cevallos, R., Sarabia, M., & Silva, C. (08 de 2016). *Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias en el Cantón El Empalme, Ecuador*. Obtenido de Revista Caribeña de Ciencias sociales: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/ganaderia.html>
- Briceño, O. (2002). *Evaluación de diferentes coberturas vivas como barbechos mejorados en un sistema de labranza conservacionista y su relación con las propiedades químicas de dos suelos de textura contrastantes del estado Guárico*. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 71 p.
- British, J. (2002). *Criterios de calidad de suelos, aluminio*.
- Brown-Brandl TM, J. N. (2006b). *Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds*. *Livest Sci* 105, 19-26.
- Buckman, H., & Brady, N. (1993). *"Naturaleza y Propiedades de los Suelos"*. 5ª Edición. México. U.T.E.H.A. Pp. 590.
- Burbano Orjuela , H. (1989). *Capítulo I: El sistema suelo. El suelo una visión sobre sus componentes biogénicos*. Pasto Colombia: Universidad de Nariño. Pag. 29.
- Calle, E. M. (s.f.). *Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, 27.
- Calva. (1988). *Los campesinos y su devenir en las economías de mercado*.
- Carrillo, J. (14 de 07 de 2003). *Impacto de la explotación ganadera*. Obtenido de Universidad Nacional de Catamarca: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/008-Impacto-explotacion-ganadera.pdf>
- Castro Franco, H. E., & Gómez Sánchez, M. I. (2013). *Capitulo IV, Fertilidad de suelos y fertilizantes*. Santafé de Bogotá pag. 274: *Ciencia del suelo, principios básicos, segunda Edición*. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo.
- Castro, H., & Gomez, M. (2010). *Fertilidad de suelos y fertilizantes*. En *Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo*. (págs. pp 217- 298.). Bogotá, D.C.: *Principios básicos, segunda edición*.
- Cedeco. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. En C. E. Costarricense. San José, Costa Rica: *Serie de agricultura orgánica N° 8*.
- Chavez, J. M. (2003). *Manejo de agua para ranchos ganaderos en zonas aridas de baja california*. *Instituto Nacional de Investigaciones forestales agricola y pecuaria*, 24.
- CIPAV. (2003). *Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución*. Cali, Colombia.: *Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles* .
- Claver et al. (1989). *Impacto de la actividad ganadera*. Obtenido de Universidad de la Salle: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/008-Impacto-explotacion-ganadera.pdf>
- Constitucion Política de colombia. (1991). Obtenido de <http://www.corteconstitucional.gov.co> Obtenido de <http://www.corteconstitucional.gov.co>

- <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia%20-%202015.pdf>
- Cortez , A. (15 de 07 de 2010). *Apuntes de Clases de Geología Agrícola*. Obtenido de Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica: <https://es.scribd.com/doc/34404184/remocion-en-masa>
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Madrid, España: Ed. Paraninfo.
- Da Rocha, H. O. (1973). *"Mapificación, caracterización y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy"* Tesis para optar por el título de magister scientiae. Bogotá: Universidad nacional de Colombia – Instituto Colombiano Agropecuario.
- Den Biggealar et al., 2004, C., & Jagadamma et al., 2009, S. (s.f.). *Efectos de la erosión en las propiedades del suelo*. Obtenido de Revista Electrónica AgroSur: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022011000100001&script=sci_arttext
- Denoia, J., Sosa, O., & Zerpa, G. y. (2000). *Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo*. . Pastos XXX (1): 129-141.
- Diaz, G., Ruiz, M., & Cabrera, J. (2009). *Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (Oryza sativa L.)*. cultrop. 30 (3).
- Doran, J., & zeiss, M. (04 de 02 de 2000). *Impotancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en Sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Dregne, H. (06 de 04 de 1978). *Sobrepastoreo*. Obtenido de Ambiente y algo mas: <http://edithgonzalezsalazar.blogspot.com.co>
- Duarte, R. (2003). Solubilización microbiana de fosfatos en la perspectiva del manejo ecológico. *Programa de escuela de sistemas de comercialización y producción agropecuaria*. Cauca, Colombia: Funcop.
- El Espectador. (26 de 01 de 2017). *La ganadería extensiva está acabando con los bosques en Colombia*. Obtenido de El Espectador: <http://blogs.elespectador.com/medio-ambiente/mongabay-latam/la-ganaderia-extensiva-esta-acabando-los-bosques-colombia>
- Emerson, W. (1959). The structure of soil crumbs. J. Soil Sci-10.
- Esquema de Ordenamiento Territorial municipio de San Francisco. EOT. (2010). *Diagnostico General*. Obtenido de Municipio de San Francisco: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20-%20san%20francisco%20\(43%20pag%20-%201271%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20-%20san%20francisco%20(43%20pag%20-%201271%20kb).pdf)
- Esquivel, J., & Lacorte, S. (2010). *Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000200001

- Estrada, G. (1990). *Elementos secundarios: calcio, magnesio, azufre. fundamentos e interpretacion de analisis de suelos, plantas y aguas para riego*. Bogota: Tercera.
- Evans, R. (1980). *Efecto del gradiente y aspecto de la pendiente en al erosión hídrica de un suelo del secano, interior de la zona central de Chile*. Obtenido de Universidad de Chile: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/lopez_af/sources/lopez_af.pdf
- FAO. (1996). Uso del arado de cincel para la producción agrícola y la conservación de suelos y agua. *Ministerio de agricultura y ganadería (MAG)*, 15-17.
- FAO. (2000). "Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos". Boletín de Tierras y Aguas de la FAO 8. Instituto Internacional de Agricultura Tropical. .
- FAO. (2002). *los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Roma: Cuarta Edición.
- FAO. (2009). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. *La ganadería, a examen*.
- Frey, G., Fassola, H., Pachas, N., Colcombet, L., Lacorte, S., Cubbage, F., y otros. (2008). Percepciones de los sistemas de silvopastura en el noreste de Argentina. *Jornadas técnicas forestales y ambientales*.
- Galiano, E. (03 de 02 de 1985). *Los riesgos del sobrepastoreo*. Obtenido de Diario El País: http://elpais.com/diario/1985/02/03/agenda/476233205_850215.html
- García, E. (2011). "Evaluación del impacto del uso ganadero sobre suelo y vegetación en el sistema agroforestal Quesungual (SAQ) en el sur de Lempira, Honduras". En L. (. 2002, *Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Escuela de posgrado*. Turrialba Costa Rica.
- García, I., Sánchez, M., Vidal Díaz, M., & Betancourt. (2010). Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.
- Gavilán, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo*. España: Mundi-Prensa, p.122.
- Gayoso, J., & Alarcón, D. (1999). *Guía de conservación de suelos forestales*. Obtenido de Universidad Austral de Chile: <https://es.scribd.com/document/233190222/Guia-de-Conservacion-de-Suelos-Forestales>
- Gil-Stores, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros, M., & Seoane, S. (04 de 02 de 2005). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Gonzales, C. O., Iglesias, C. E., & Herrera, S. M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol 18 Nº 2 , 57-63.
- Gonzales, J. (26 de 01 de 2017). *La ganadería extensiva está acabando con los bosques en Colombia*. Obtenido de El Espectador: <http://blogs.elespectador.com/medio-ambiente/mongabay-latam/la-ganaderia-extensiva-esta-acabando-los-bosques-colombia>

- Gregorich, E., Carter, M., Angers, V., Monreal, M., & Ellert, B. (1994). Alrededor de un mínimo dato establecer el acceso a suelos orgánicos manteniendo calidad suelos de agricultura. En *Can J. ciencia del suelo*. (págs. 367-385).
- Guerrero, R. (1980). La recomendación de fertilidad, fundamentos y aplicaciones. En *Fertilidad del suelo, diagnóstico y control* (págs. 225-227).
- Havlin, J. L., J.D. B., Tisdale, S., & Nelson, W. (1999). Suelos fértiles y fertilizados: Una introducción de nutrientes de magnesio. En *Suelos fértiles y fertilizados* (pág. 499 p.). Prentice Hall.: 6 ed. Upper saddle River Estados Unidos).
- Hernandez, D. (04 de 02 de 2011). *Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos*. Obtenido de Universidad del Bio -Bio: http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2011/hernandez_d/doc/hernandez_d.pdf
- Herrero, M. (2003). *“Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico”*. TESIS DOCTORAL. Departamento de Recursos Naturales Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).
- Hilder citado por Funes, F. (1975). *Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales*. . Rev. Cubana Cienc. Agric. 9: 395 - 412 p.
- Hofstede, R. (30 de 08 de 1997). *Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia*. Obtenido de Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y: http://www.condesan.org/mtnforum/sites/default/files/publication/files/La_Importancia_Hidrica_del_Paramo_y_Aspectos_de_su_Manejo.pdf
- Huber, A., C, O., & A, E. (1885). “Balance hídrico en tres plantaciones de Pinus radiata y una pradera”. Humedad del suelo y evapotranspiración. En 1. Lee. Universidad austral de Chile facultad de ciencias forestales. Bosque 6.
- ICA. (1992). Fertilización en diversos cultivos. En I. C. AGROPECUARIO, *Manual de asistencia técnica No. 25*. ICA. (pág. 64 p.). Bogotá.: 5ª Edición.
- IGAC. (1990). Estudio general de suelos detallado de los municipio de Santiago, Colón, San Francisco, Sibundoy, Mocoa, Villa Garzón, Puerto Asís, Orito y parte del norte de la Hormiga. En C. I. Agustin.
- Iglesias et al., 2007, J., Hernández et al., 2007, D., & Murgueitio et al., 2009, E. (s.f.). *Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000200001
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (22 de 06 de 2002). *La ganadería extensiva y el problema agrario.El modelo de un reto de desarrollo rural sustentable para Colombia*. Obtenido de Revistas Universidad de la Salle: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/viewFile/350/281>
- J. Espinosa. (1994). *Acides y encalado de los suelos. Fertilidad del suelo diagnóstico y control*. Santafé de Bogotá. pag. 123: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.

- Jaramillo , D. (02 de 02 de 2002). *Introducción a la Ciencia del suelo*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Jaramillo, D. (2002). *Manejo del medio físico del suelo. introducción a la ciencia del suelo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Jaramillo, D. F., Parra, L., & González, L. (1994). El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Jaramillo, J. (2001). Ciencia del suelo. Notas de clase, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.
- Jimenez. (1993). Fertilidad de suelos; diagnóstico y control. En F. (. In: Silva M., *Evaluación de la fertilidad del suelo*. (págs. p. 155–186.). Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Kaimowitz, D. (30 de 06 de 1996). *Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución*. Obtenido de Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de la Producción Agropecuaria (CIPAV): <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm>
- Kirkby, M., & Morgan, R. (09 de 03 de 1984). *Estudio de los procesos erosivos de una microcuenca*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid, Tesis doctoral: r1.ufrj.br/lmbh/pdf/mono_disset_tese/mono_disset_tese03.pdf
- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1996). Una introducción a los principios básicos y su aplicación. En *Manual de agricultura ecológica* (pág. P 221). Managua Nicaragua.: SIMAS.
- Kononova. (1982). *Materia Orgánica en el suelo, sus propiedades, naturaleza y métodos de investigación*. Barcelona: Oiko-Thaus.
- Kufner et al. (1989). *Impacto de la Ganadería en Colombia*. Obtenido de Universidad de la Salle: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/008-Impacto-explotacion-ganadera.pdf>
- LAL, R. (1994). Soil quality and sustainable. En *Advances in Soil Science*. (págs. pp. 17-30.). Florida.: CRC Press. Boca Raton.
- Latam, M., & Rico, G. (26 de 01 de 2017). *La ganadería extensiva está acabando con los bosques en Colombia*. Obtenido de El Espectador: <http://blogs.elespectador.com/medio-ambiente/mongabay-latam/la-ganaderia-extensiva-esta-acabando-los-bosques-colombia>
- Leon, L. A. (1994). *Evaluación de la fertilidad del suelo, Fertilidad del suelo diagnóstico y control*. santafe de Bogotá. pag. 172-174: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.
- Lobo , L., Deyanira, & Pulido, M. M. (2011). Métodos e índices para evaluar estabilidad estructural de los suelos. Universidad central de Venezuela, Facultad de agronomía, instituto de Edafología.
- López, R. (2002). *Degradación del suelo Causas, procesos*. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial Mérida Venezuela.

- Lozano, T., & Denis, G. A. (2006). *Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes*. Espinal Tolima: PRODUMEDIOS.
- Luters, J., & Salazar, J. (1999). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3955>
- Mahecha et al, L. (04 de 02 de 2002). <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Mahecha, L. (2002). *Efectos ambientales y socio-económicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de Montería, departamento de Córdoba*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/2505>
- Mardones. (2007). *Influencia de la pendiente y la precipitación en la erosión de taludes desprotegidos*. Obtenido de Universidad del BIO-BIO: http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2011/hernandez_d/doc/hernandez_d.pdf
- Marín, J. (1986). "Variabilidad espacial del Nitrógeno disponible en los andisoles de la zona cafetera". En *Tesis: Ingeniero Agrónomo*. (pág. Pág 90). Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Marschner, H. (1997). *Minera I Nutrition o f Higher Plants*. . Londres: 2 e éd. Royaume-Uni , Academic Press.
- Menzi, G. y. (20-24 de septiembre de 2005). *Perdidas de nitrógeno de sistemas intensivos de ganadería en sudeste de Asia; una revisión de las tendencias actuales y las opciones de mitigación*. *Acts de la 2ª conferencia internacional sobre gases de efecto invernadero y agricultura animal*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. (1993). *Sistema General Ambiental SINA*. Obtenido de Instituto Alexander Von Humboldt: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Obtenido de Decreto 2811 de 1974: <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MADS-0026/MADS-0026.pdf>
- Moncayo, A. y. (2005). *Efecto del laboreo reducido y fertilización orgánico-mineral sobre las características de un andisol bajo pradera de kikuyo (*pennisetum clandestinum*, *hoechst*)*.
- Montenegro, H. (2003). "Propiedades físicas de los suelos en relación con la fertilidad". En *Manejo integral de la fertilidad del suelo* (págs. Pág 3-28.). Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

- Morgan , R. (1997). *Efecto del gradiente y el aspecto de la pendiente en la erosión hídrica de un suelo seco interior de la zona central de Chile*. Obtenido de Universidad de Chile: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/lopez_af/sources/lopez_af.pdf
- Moro, E., Venialgo, C., Gutierrez, N., Drgan, D., & Oleszczuk, J. (2001). *Efecto de las labranzas y rotaciones sobre la degradación física de suelos en diferentes sistemas productivos de la provincia del Ch.*
- Muller, H. (1995). *Guía del productor agropecuario*. Editorial Hemisferio Sur. Obtenido de UCO: http://www.uco.es/organiza/departamentos/prodanimal/economia/aula/img/pictorex/02_17_18_ariel.pdf
- Murgueitio, E. (1999). *Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución*. Obtenido de Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de la Producción Agropecuaria (CIPAV): <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm>
- Murgueitio et al., E. (18 de 02 de 2011). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v16n1/v16n1a06.pdf>
- Naderman, G., & Vieira, M. (1992). Labranza de conservación, manual de sistemas de labranza para América Latina. *Boletín de suelos de la FAO N° 66*, 31-56.
- Nair et al., P. (04 de 02 de 1995). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Navarrete , A., Vela, G., López, J., & Rodríguez, M. (04 de 02 de 2011). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Navarro, A., Figueroa, B., Sanguerman, J., & Dora, M. y. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Ciencias Agrícolas*, 90-97.
- Norton, B. (1998). *Producción y manejo de pasturas*. Obtenido de sistemas de pastoreo: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art_pastoreo2_completo.pdf
- Núñez, J. (04 de 02 de 2001). *Manejo y Conservación de suelos*. Obtenido de Google Books: https://books.google.com.co/books?id=-l47PHoTfjoC&pg=PA113&lpg=PA113&dq=erosion+en+terracetas&source=bl&ots=LJmgT5G9Vo&sig=4tXiwuS0uN6z54gqZm8jvoQL_48&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwifPI2MjVAhUHLmMKHZxMCbUQ6AEITTAJ#v=onepage&q=erosion%20en%20terracetas&f=fal

- Ordóñez, E. (2007). "Efecto del sistema guachado (wachay) y uso del suelo sobre algunas propiedades físicas en la microcuenca del río Bobo, departamento de Nariño" Universidad nacional de Colombia sede Palmira Tesis presentada para optar al grado de magíster.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2000). *Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo*. Obtenido de Manual on integrated soil management and conservation practices: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/FAO-2000.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2009). *Efectos ambientales y socioeconómicos del sistema de producción ganadera con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional implementados en las fincas Escocia y Alejandría respectivamente en el municipio de Montería en Córdoba*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/2505>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (02 de 02 de 2009). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s.pdf>
- Palmaven. (1986). Analisis de suelo y su interpretacion. *Palmaven*, 58.
- Parga, J., & Nolberto, T. (s.f). *Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes*. Obtenido de Biblioteca virtual: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33838.pdf>
- Parra, J. (2003). *guia de muestreo*. maracaibo: luz.
- Pereira et al., C. (2011). *Sistemas de producción animal 1*. Obtenido de Universidad de Caldas-Colombia: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4782/sistemas_produccion_animal_i.pdf
- Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del rio Putumayo POMCA. (18 de 02 de 2010). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del río Putumayo*. Obtenido de Corpoamazonia: http://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/11%202010_Pomca_cuenca_alta_rio_Putumayo/7%202010_POMCA_Cuenca_alta_Rio_Putumayo.pdf
- Plaster, E. (2000). La ciencia del suelo y su manejo. . Madrid: Editorial Paraninfo.
- PNUMA. (2004). *Degradacion de la tierra en las tierras secas(LADA)*. Nairobi: solicitud de subvencion del FMAM, programa de naciones unidas para el medio ambiente.
- Prado, L., & Veiga, M. (s.f). *Erosión y pérdida de fertilidad del Suelo*. Obtenido de Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>
- Prieto, C. (04 de 02 de 2004). *Estimación de la erosión hídrica a través de modelación mediante un SIG en la zona cañera de la vertiente del Pacifico de Guatemala*. Obtenido de Universidad Rafael Landívar: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Nelson-Juan.pdf>

- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecologico del suelo*. Buenos Aires, Argentina : 6a. ed., Ateneo.
- Quintero, M. (2003). Importancia de la materia orgánica en el suelo y su relación con las propiedades físicas y químicas del mismo. Editorial Andrea Brechet.
- Quiroga, D., & Funaro, A. (2004). Materia orgánica. En *Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana*. (pág. Actas Pp: 476.). XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Ramírez, M., & Pinzón , C. (17 de 04 de 1987). *Introducción a la Colombia Amerindia*. Obtenido de Biblioteca Luis Angel Arango: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/antropologia/amerindi/putucaqu.htm>
- Reid, R. P. (2009). ¿es posible mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en los ecosistemas pastorales de los tropicos? *Ambiente, desarrollo y sostenibilidad*, 91-109.
- Reyes. (2010). Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de leon, en base a sus características físicas y sistemas de producción. Colombia.
- Rivera et al., F. (04 de 02 de 2005). *Estimación de la erosión hídrica a través de modelación mediante un SIG en la zona cañera de la vertiente del Pacífico de Guatemala*. Obtenido de Universidad Rafael de Landívar: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Nelson-Juan.pdf>.
- Rivera, P. (1998). *Control de Cárcavas Remontantes en Zonas de Ladera Mediante Tratamientos Biológicos*. . Chinchiná (Colombia): Cenicafé,. 8 p. (Avances Técnicos CENICAFE No 256).
- Rivero, C., Padrino, M., & Trinca, G. (2001). Efecto de la incorporación de estiércol de bovino y roca fosforica sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo. *Agronomía*, 143-153.
- Rosell, R. (04 de 02 de 1999). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006
- Rubio, A. M. (2010). “La densidad aparente en los suelos forestales del parque natural los Alcornocales” . En *Tesis para optar al título de Ingeniero Técnico Agrícola, especialidad en explotaciones agropecuarias*. (pág. 229 p). Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícolas.
- Rubio, G., & Lavado, R. (2009). Efectos de alternativas de manejo pastoril sobre la densidad aparente. Departamento de suelos. Facultad de agronomía.
- Ruiz, F., & JZ-Janica. (04 de 2012). *Efectos ambientales y socio-económicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de Montería, departamento de Córdoba*. Obtenido de Pontificia Univercidad Javeriana:

- <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/2505/RuizSoleraFlorAngela2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruiz, M. e., & Utset, I. (1995). Curvas tension humedad III. Comparacion de algunos modelos analiticos de algunos suelos. *Ciencias Tecnicas de la agricultura*, 77-79.
- Sadeghian, Rivera, & Gómez. (04 de 02 de s.f). *Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Siavosh6.htm>
- Salamanca Sanabria, R. (1984). *Suelos y fertilizantes*. Bogotá:: Universidad Santo Tomás, Pag.46, 47, 141.
- Salamanca, I. (1981). Fertilización en diversos cultivos. Boyacá: Centro experimental Tibaitata: Manual de asistencia técnica No 25. 4ª edición.
- Sánchez, A. (1961). *Producción pecuarias (explotaciones ganaderas)*. Obtenido de Imprenta Moderna: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_17_41_Yenny_Torres.pdf
- sandoval-estrada, stolpe, I., Zagal, V., & maria, c. (2008). Aporte de Carbono organico en la labranza cero y su impacto en la estructura de un andisol. *Agrociencias*, 57-60.
- Schoenholtz, S. (04 de 02 de 2000). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392013000100006
- Semarnat. (2009). *Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana, 2001-2002*. Mexico.
- Sevilla et al., E. (02 de 03 de 1999). *Caracterización de los sistemas ganaderos en dos comunidades del municipio de Tuzantla de la región de Tierra caliente, Michoacán*. Obtenido de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: <http://www.uco.mx/revaia/portal/pdf/2008/mayo/4.pdf>
- Silva-Lora, R. (1994). *Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas*. Bogotá: 2a edición. Editorial Guadalupe Ltda.
- Singer, M., & Erwing, S. (04 de 02 de 2000). *La calidad del suelo y sus indicadores*. Obtenido de Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54013210>
- Smetham 1981, M., Voisin 1963, A., Lecomte 1968, A., Carambula, M., & Hodgson 1990, J. (s.f.). *Producción y manejo de pasturas*. Obtenido de sistemas de pastoreo: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art_pastoreo2_completo.pdf
- Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (2003). Manejo integral de la fertilidad del suelo. Comité regional de Cundinamarca y Boyacá: Primera edición, Editorial Guadalupe.
- Soil Quality Institute SQI. (04 de 02 de 1996). *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001

- Soriano, S. Y. (2004). *Prácticas de edafología y climatología*. México D. F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Sosa, O., Martín, B., & Zerpa, G. y. (1995). *Acción del pisoteo de la hacienda sobre el suelo y la vegetación: Influencia de la altura del tapiz*. *Revista Argentina de Producción Animal* 15(1): 252-255.
- Sotilo, J., & Vijil, E. (1978). *Producción animal. Bases Fisiocootécnicas*. Obtenido de ingeba: <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur19/19espej/19espejo.htm>
- Steinfeld, H. P. (2009). La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. *Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO*, <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>.
- Suárez, J. (1980). *Erosión. Aspectos introductorios*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/cap%201%20y%202%20libro%20erosion.pdf
- Sustaita, R. F., Ordaz, C. V., Ordaz, S. C., & León, G. F. (2000). *Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola, Agrociencia, Volumen 34. Tensión infiltrómetros*. *Soil Science Society of America Journal*.
- Taboada, M. A. (2007). "Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos de siembra directa" 4º simposio de ganadería en siembra directa" Aapresid. potrero de los funes, San Luis: Catedra de fertilidad y fertilizantes, Fac de agronomía UBA.
- Tapia, C., & Rivera, C. (2010). Determinación de los factores climáticos y edáficos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst) en condiciones de no intervencionn en el municipio de de Guachucal, departamento de Nariño. En *Trabajo de grado (zootecnista)*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Pecuarias, Programa de zootecnia.
- Terán, C. (2002). *Manejo del suelo y el agua en praderas del tropico alto. En renovacion y manejo de praderas degradadas del tropico alto*. Colombia: IZA.
- Terrence, J., Foster, G., & Renard, K. (2002). *Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas volumen 1*. Obtenido de Programa Hidrológico Internacional: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216338s.pdf>
- Thompson, L. M. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona. 77-87: Cuarta edición. Editorial Reverté.
- Thompson, L., & Troeh, F. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Editorial Reverté S.A. Cuarta Edición.
- Torres. (2007). Perspecivas de la produccion bovina en el estado trujillo. *Mundo Pecuario*, 14-16.
- U.N.L.P. (2014). *Estructura y estabilidad estructural del suelo*.
- Unigarro, A. (2005). *Metodos quimicos para el analisis de suelos*. Nariño.
- Unigarro, A. (2009). *Manual de Laboratorio de suelos Generales*. Nariño: Universidad de Nariño.

- Unigarro, A., & Carreño, M. (2005). *Métodos químicos para el análisis de suelos*. Pasto: Universidad de Nariño.
- Valenzuela, I., & Torrente, A. (2013). Física de suelos. En *Ciencia del suelo, Principios básicos, segunda edición* (págs. pp 143 – 207- 153). Bogotá, D.C.: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Valenzuela, V. e., Rodríguez, F., & Carrillo, G. (2013). *Departamento de Fomento de la Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias*. Universidad de Chile.
- Velez, A. N. (2010). Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. *Revista de ciencias agrícolas*.
- Vera, & Vega. (1979). *Futuro de la explotación ovina en España. Problemas perspectivas y posibilidades*. Obtenido de Universidad de Zaragoza : <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur19/19espej/19espejo.htm>
- Vera, R. (2008). *Comparación del impacto ambiental generado por la explotación ganadera y la zootecnia de aves en un predio del municipio de la Tebaida Quindío*. Univer: Monografía para optar al título de especialista en gestión ambiental local.
- Vera, W. (1998). *“Suelos, una visión actualizada del recurso”*. Santiago, Chile.: 2ª edición. Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Vergara, W. (09 de 2010). *La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia*. Obtenido de Universidad de la Salle: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/350>
- Verstappen, H., & Van Zuidam, F. (1971). *The ITC system of geomorphologic survey*. . Obtenido de ITC: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222010000300007
- Viñeda, P. C. (2005). Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. Bogotá, Colombia.
- Viveros, M. (1999). En: Curso sobre diagnóstico – fertilidad e interpretación de análisis de suelos. En *Diagnóstico químico del suelo*. (págs. p: 1-31). Pasto: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Williams, J., & Reyes, S. (30 de 02 de 2010). *Evaluación de la susceptibilidad a la compactación en cuatro series de suelo bajo uso agrícola en Venezuela*. Obtenido de scielo: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100004&lng=es&tlng=es.
- Yapur, S. (09 de 03 de 2010). *Determinación de la Erosión Hídrica Potencial de los Suelos de la Cuenca Inferior del Río Bermejo, Salta-Jujuy*. Obtenido de Universidad Nacional de Salta: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-erosionh_cirb_salta_jujuy.pdf
- Zamboni, I. R., Ballesteros, M. I., & Zamudio, A. M. (2006). Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. *Revista Colombiana de Química*, 35 (2).

Zuñiga, H. (02 de 03 de 2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, util en el ordenamiento espacial del municipio*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas:
http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf

ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA

OBJETIVO: Recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE EL RECURSO SUELO EN TRES TIPOS DE PENDIENTE Y TRES SISTEMAS DE MANEJO EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO".

Encuesta N° _____ Fecha _____

DATOS GEOGRÁFICOS.

Finca _____

Área (Has) _____

Coordenadas _____

Vereda _____

Pendiente (%): Alta > 45 % () Media 45-8% () Plana 1-3% ()

IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO.

Nombre y Apellido _____ Edad _____

Propietario () Arrendatario () Administrador ()

DATOS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN GANADERA.

1. ¿Cuál es el área de la finca dedicada a la producción ganadera? _____
2. ¿Hace cuánto tiempo Usted es propietario o arrendatario de la finca?

3. ¿Hace cuantos años tiene el sistema de ganadería en su finca? _____
4. ¿Cuál es el número total de amínales bovinos que se mantienen en la finca?

5. ¿Es permanente la pastura del ganado en la finca? SI () NO ()
¿Por qué? _____
6. ¿Con el paso de los años cómo ha sido el comportamiento en los rendimientos de la producción ganadera? Aumenta () Disminuye () Sigue igual () ¿A qué causas se debe ese comportamiento?

ASPECTOS TÉCNICOS DEL MANEJO DE LA GANADERÍA

1. ¿Cuál de las siguientes prácticas de manejo de ganado, realizan en la finca?
Estabulación () Sistemas silvo-pastoriles ()
Semi-estabulación () Sistemas agro-silvopastoriles ()
Libre pastoreo ()

2. ¿Cuáles de las opciones se encuentran implementadas en la finca para el mejoramiento de los pastos?

Bebederos y comederos ()

Variedad de pastos ()

Cercas vivas ()

Zanjas de drenaje ()

Subdivisión del predio ()

Ninguno ()

3. ¿Aplica insumos agropecuarios para mejorar el rendimiento de pastos? Orgánicos ()
Químicos () Químicos y orgánicos () Ninguno ()

¿Cuáles? _____

4. ¿Cómo realiza el control de malezas dentro de la finca?

Manual () Mecánico () Químico o aplicación de herbicidas ()

5. ¿En el tiempo que usted ha manejado la producción ganadera con bovinos ha observado cambios que se presenten en el suelo?

Aparición de musgos ()

Disminución de la producción ()

Disminución de lombrices ()

Endurecimiento ()

Mayor incidencia de malezas ()

Perdida de suelos ()

Ninguno ()

Áreas con procesos erosivos ()

¿Cuáles? _____

6. ¿Ha realizado análisis de suelos en áreas dedicadas al manejo de ganadería?

SI () NO ()

¿Porque? _____

ASPECTO AGROECOLÓGICO

1. ¿Qué manejo se realiza a los estiércoles de los animales? Los entierra () Los transforma en abono orgánico () Los deja a la intemperie () Los aplica directamente () Los maneja con lombricultura ()

2. El manejo que ha dado a la materia orgánica ha incrementado la población de organismos del suelo. SI () NO () ¿Por qué? _____

DATOS COMPLEMENTARIOS DE CONOCIMIENTO

1. Pertenece usted a alguna organización relacionada con la producción ganadera. SI () NO ()

¿Cuál? _____

2. Su organización le ofrece servicios de: Capacitación técnica () Administración () Mercadeo () Otro ()

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO B. Recopilación de la información necesaria para el desarrollo de la investigación: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE EL RECURSO SUELO EN TRES TIPOS DE PENDIENTE Y DOS SISTEMAS DE MANEJO EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO”.
Fase A: Zona Plana

#	DATOS GEOGRÁFICOS				IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO		
	Finca	Área (Has)	Vereda	Pendiente (%) Alta > 45 %, Media 45-8% Plana 0-3%	Nombre y Apellido	Edad años	Propietario Arrendatario Administrador
1	Jalisco	5	San Miguel	Plana	Miguel Bastidas Córdoba	61	Propietario
2	El Porvenir	11	San Miguel	Plana	Luis Eduardo Pabón	50	Propietario
3	La Saboya	5	La Loma	Alta	José Antonio Botina	45	Propietario
4	Los Pinos	14	San Antonio	Media	Héctor Perafan	36	Propietario
5	La Hostería	17	San Antonio	Media	Francisco Rivera	42	Administrador
6	El Retiro	11	San Antonio	Media	Nairo Días	40	Arrendatario
7	San Jorge	5	San Antonio	Plana	Julio Enríquez Muños Días	68	Propietario
8	San Martin	11	San Antonio	Plana	Jairo Valencia	37	Propietario
9	El Rosal	20	San Antonio	Plana	José Ignacio Burbano	45	Propietario
10	La Granja	7	San Antonio	Media	Gilberto Fidencio Chamorro	69	Propietario
11	San Isidro	6	San Antonio	Plana	Leonisa Ramos	76	Propietario
12	El Socorro	5,5	San Antonio	Plana	María Pasaje	67	Propietario
13	Jalisco	6	San Antonio	Media	Carlos Norberto Fuertes	57	Propietario
14	La Royera	16	San Miguel	Media	Antonio Meneses	67	Propietario
15	El Recuerdo	8	San Miguel	Media	Jesús Antonio García	64	Propietario
16	Jalisco	3	San Miguel	Media	Luis Antonio Buchelly	74	Arrendatario
17	Villa Recuerdo	6,5	San Miguel	Media	Carlos Augusto Navarro	32	Administrador
18	El Carmen	1,5	San Antonio	Plana	Estela Portillo	62	Propietario
19	Bellavista	8	San Antonio	Alta	José Salcedo	76	Propietario
20	El Porvenir	5	San Antonio	Plana	Richar Vanegas	36	Propietario
21	San Miguel	14	San Antonio	Alta	Gildardo Mora Córdoba	41	Propietario
22	El Diamante	11	San Antonio	Plana	Ganadería Buchelly	57	Propietario
23	El Recuerdo	3	San Antonio	Plana	Benjamín Ramiro Erazo	67	Arrendatario
24	Santa Teresa	10	La Loma	Media	José Ignacio Enríquez	85	Propietario
25	El Paraíso	10	San Antonio	Alta	Arsenio Pinchao Erazo	74	Propietario
26	Las Palmeras	3,5	La Loma	Alta	Silverio Maigual Delgado	56	Propietario
27	La Loma	1,5	La Loma	Alta	Wilson Delgado	29	Arrendatario
28	La Saboya	8	La Loma	Alta	Licitación Pantoja Botina	84	Propietario
29	San Javier	1,5	La Loma	Alta	María Ilia	58	Propietario

30	La Saboya	2,5	La Loma	Alta	José María Delgado	60	Propietario
31		18	San Antonio	Plana	Manuel Antonio Suarez	74	Propietario
32	Secayaco	8	San Antonio	Plana	Erazo Rodrigo Villareal	67	Propietario
33	El Trébol	11	San Antonio	Plana	Omar Enríquez Rosales	65	Propietario
34	El Retiro	10	San Antonio	Plana	Yeni Burgos	44	Administrador
35	La Granja	1,5	San Antonio	Plana	Carlos Enríquez Mora	88	Propietario
36	Filadelfia	11	San Antonio	Alta	Héctor Álvaro Rodríguez	43	Propietario
37	El Socorro	2,5	San Antonio	Plana	Franco Gilberto Bravo	52	Propietario
38	La Concepción	6,5	San Antonio	Alta	Herney Vanegas	43	Propietario
39	Las Acacias	8	San Antonio	Plana	Edgar Ortiz	55	Propietario
40	Betania	1	San Antonio	Plana	Sandra Fuenmayor	36	Propietario
41	La Paz	10	San Antonio	Alta	Luciano Albert Chávez	70	Propietario
42	El cabuyo	3,5	San Antonio	Plana	Francisco Javier Burgos	62	Propietario
43	El Triunfo	5	San Antonio	Plana	Irma Esperanza Enríquez	61	Propietario
44	Secayaco	23	San Antonio	Alta	Francisco Alirio Riascos	31	Propietario
45	Bellavista	30	San Antonio	Alta	Segundo Alirio Riascos	60	Propietario
46	El Recuerdo	15	San Antonio	Alta	Arturo Suarez	57	Propietario
47	San Antonio	12	San Antonio	Plana	Jorge Burgos	64	Propietario
48	Santa Cecilia	15	San Miguel	Alta	Edgar Edmundo Burbano	47	Propietario
49	Villa Julia	9	San Miguel	Alta	José Arturo Perafan	45	Propietario
50	Santa Cecilia	15	San Miguel	Alta	Gilda Marleny Burbano	43	Propietario

ANEXO C. Estándares generales para interpretar análisis de suelos con fines agrícolas (Fuente: (Castro & Gomez, 2010))

pH	APRECIACIÓN	% M.O.			P(ppm)		Ca		Mg		K		Na		cic cmol.kg ⁻¹	s (ppm)	ELEMENTOS MENORES (ppm)					CE (ds.m ⁻¹)
		C.F	C.M	C.C	Bray II	Olsen	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat	cmol.kg ⁻¹	%Sat			B	Mn	Cu	Zn	Fe	
< 4,5 Extremadamente ácido	Muy bajo				< 10	< 8	< 2		< 0,5		< 0,2				< 5							< 0,5
4,5 - 5,0 Muy fuertemente ácido	Bajo	< 5	< 3	< 1,5	10-20	8-16	2-3	< 30	0,5-1,2	< 15	0,2-0,4	< 2	< 0,1	< 7	5-10	< 8	< 0,3	< 5	< 2	< 3	< 50	0,5-1
5,1 - 5,5 Fuertemente ácido	Medio	5-10	3-5	1,5-3	>20-40	>16-35	>3-6	30-60	>1,2-1,8	15-25	>0,4-0,6	2-3	0,1-0,5	7-15	>10-20	8-16	0,3-0,6	5-10	2-4	3-6	50-100	> 1-2
5,6 - 6,0 Moderadamente ácido	Alto	>10	> 5	> 3	> 40	> 35	> 6	> 60	>1,8	> 25	>0,6-1	> 3	> 0,5	> 15	> 20	> 16	> 0,6	> 10	> 4	> 6	>100	> 2
6,1 - 6,5 Ligeramente ácido	APRECIACIÓN	RELACIONES (Balance de bases)						DIAGNÓSTICO PROBLEMAS DE ACIDÉZ				CONTROL DE ACIDÉZ Y MEJORAMIENTO QUÍMICO INTEGRAL										
6,6 - 7,3 Neutro		Ca:Mg	Mg:K	K:Mg	Ca:K	(Ca+Mg) K	APRECIACIÓN	pH	Al (me)	Al (%)	ΣCa-Mg-K	t.ha ⁻¹ CaCO ₃	Combinación materiales de encalado (t.ha ⁻¹) (Relación porcentual)									
7,4 - 7,9 Alcalino calcáreo	Relación Ideal	3-5	6-8	0,2-0,3	12-18	12-20	Alto	4,5	> 2,5	> 40	< 5	1	0,69	0,18	0,20							
> 7,9 - 8,4 Moderadamente alcalino (Na)	K Deficiente		> 10	< 0,2	> 30	> 40	Medio	4,5<5,2	1-2,5	20-40	5-8	2	1,38	0,36	0,41							
> 8,4 - 9,0 Fuertemente alcalino (Na)	Mg Deficiente	> 10	< 6	> 0,3			Bajo	5,2-5,5	< 1	< 20	> 8-12	3	2,07	0,54	0,61							
	Ca Deficiente	Suelos magnésicos de relación Ca:Mg invertida (Relación Ca:Mg < 1)				Condición favorable al cultivo	6,5-7,3	-	-	12-18	4	2,76	0,72	0,82								

ANEXO D. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades 1 y 2.

Profundidad de muestreo 0 a 15							B: Profundidad de 15 a 30 cm										
Tratamiento			Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad	Humedad Gravimétrica	Humedad Volumétrica	Tratamiento			Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)		
(S1) BOSQUE SECUNDARIO	1	1	A	0,65	2,50	73,85	91,17	1	1	B	0,75	2,22	66,45	75,44	56,25		
		2	A	0,25	2,50	90,00	282,26			70,57	B	0,49	2,00	75,53	128,75	63,01	
		3	A	0,24	2,50	90,41	295,93			70,95	B	0,47	2,22	78,83	132,87	62,50	
	Promedio			0,38	2,50	84,75	223,12	67,04	Promedio			0,57	2,15	73,60	112,35	60,58	
	2	1	A	0,38	2,86	86,64	182,51	69,66	2	1	B	0,52	2,50	79,20	126,38	65,70	
		2	A	0,29	2,00	85,37	253,59	74,18			B	0,36	2,22	83,67	186,41	67,65	
		3	A	0,37	2,50	85,16	187,63	69,60			B	0,42	3,33	87,47	151,74	63,37	
	Promedio			0,35	2,45	85,73	207,91	71,15	Promedio			0,43	2,69	83,45	154,84	65,58	
	3	1	A	0,50	2,50	80,19	126,86	62,84	3	1	B	0,82	2,86	71,35	62,56	51,21	
		2	A	0,51	2,50	79,66	126,17	64,17			B	0,79	2,86	72,27	70,44	55,81	
		3	A	0,65	2,22	70,96	88,96	57,42			B	0,78	2,86	72,79	68,59	53,33	
	Promedio			0,55	2,41	76,93	114,00	61,48	Promedio			0,80	2,86	72,14	67,20	53,45	
Promedio por Tratamiento				0,43	2,45	82,47	181,68	66,55	Promedio por Tratamiento				0,60	2,56	76,40	111,46	59,87

Tratamiento							Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)						
(S2) SISTEMA GANADERO INTENSIVO	1	1	A	0,19	2,50	92,29	405,88	78,25	1	1	B	0,40	2,50	84,15	181,25	71,80	
		2	A	0,20	2,00	90,14	373,53	73,69			B	0,65	3,33	80,50	92,56	60,15	
		3	A	0,37	2,00	81,48	188,78	69,93			B	0,80	2,86	72,10	66,43	52,96	
	Promedio			0,25	2,17	87,97	322,73	73,96	Promedio			0,61	2,90	78,92	113,41	61,64	
	2	1	A	0,47	2,86	83,49	144,58	68,20	2	1	B	0,71	2,50	71,62	83,38	59,16	
		2	A	0,45	2,22	79,65	148,87	67,34			B	0,89	2,50	64,34	57,81	51,54	
		3	A	0,47	2,22	78,94	139,21	65,16			B	1,34	2,22	39,92	27,71	36,99	
	Promedio			0,46	2,43	80,69	144,22	66,90	Promedio			0,98	2,41	58,63	56,30	49,23	
	3	1	A	0,28	2,22	87,39	264,49	74,14	3	1	B	0,42	2,00	78,91	152,86	64,49	
		2	A	0,25	2,22	88,93	319,66	78,62			B	0,59	2,86	79,21	105,07	62,40	
		3	A	0,42	2,50	83,13	157,75	66,51			B	0,65	2,50	73,90	93,38	60,92	
	Promedio			0,32	2,31	86,48	247,30	73,09	Promedio			0,56	2,45	77,34	117,10	62,60	
Promedio por Tratamiento				0,34	2,31	85,05	238,08	71,31	Promedio por Tratamiento				0,72	2,59	71,63	95,60	57,82

Tratamiento							Densidad Aparente	Densidad Real	Porosidad (%)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)						
(S3) SISTEMA DE MANEJO DE GANADO EN FRANJAS CON CERCAS ELÉCTRICAS	1	1	A	0,25	1,82	86,3	298,25	74,12	1	1	B	0,89	2,00	55,5	51,72	46,07	
		2	A	0,35	2,50	86,0	212,57	74,37			B	0,62	2,50	75,3	87,54	54,14	
		3	A	0,49	2,22	77,8	120,16	59,26			B	0,68	2,50	72,9	88,70	60,03	
	Promedio			0,36	2,18	83,38	210,32	69,25	Promedio			0,73	2,33	67,88	75,99	53,41	
	2	1	A	0,30	2,86	89,5	239,04	71,97	2	1	B	0,88	2,86	69,2	58,13	51,08	
		2	A	0,72	2,22	67,4	87,32	63,20			B	0,86	3,33	74,3	64,24	55,05	
		3	A	0,61	2,86	78,7	95,15	57,99			B	0,77	2,86	72,9	52,80	40,87	
	Promedio			0,54	2,65	78,52	140,50	64,39	Promedio			0,84	3,02	72,15	58,39	49,00	
	3	1	A	0,49	2,86	82,9	121,60	59,32	3	1	B	1,07	2,86	62,4	42,88	46,08	
		2	A	0,34	2,00	83,2	204,44	68,62			B	0,70	1,82	61,4	78,72	55,19	
		3	A	0,69	2,22	69,1	91,76	63,02			B	0,79	2,22	64,3	69,95	55,56	
	Promedio			0,50	2,36	78,41	139,27	63,65	Promedio			0,86	2,30	62,70	63,85	52,28	
Promedio por Tratamiento				0,47	2,40	80,10	163,36	65,76	Promedio por Tratamiento				0,81	2,55	67,58	66,08	51,56

ANEXO E. Clases texturales obtenidas en los diferentes tratamientos

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S1) BOSQUE SECUNDARIO	FA	Franco-Arenoso	3	33,33
	F	Franco	2	22,22
	FL	Franco-Limoso	1	11,11
	A	Arenoso	2	22,22
	AF	Areno-Franco	1	11,11
			9	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S1) BOSQUE SECUNDARIO	FA	Franco-Arenoso	4	44,44
	FL	Franco-Limoso	3	33,33
	A	Arenoso	2	22,22
				0,00
				0,00
			9	100

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S2) SISTEMA GANADERO INTENSIVO	L	Limoso	1	11,11
	FAr	Franco-Arcilloso	1	11,11
	ArA	Arcillo-Arenoso	2	22,22
	FL	Franco-Limoso	2	22,22
	A	Arenoso	1	11,11
	F	Franco	2	22,22
			9	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S2) SISTEMA GANADERO INTENSIVO	FAr	Franco-Arcilloso	4	44,44
	F	Franco	3	33,33
	FL	Franco-Limoso	1	11,11
	L	Limoso	1	11,11
				0,00
				0,00
			9	100

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S3) SISTEMA DE MANEJO DE GANADO EN FRANJAS CON CERCAS ELÉCTRICAS	FL	Franco-Limoso	1	11,11
	FAr	Franco-Arcilloso	3	33,33
	L	Limoso	1	11,11
	ArL	Arcillo-Limoso	2	22,22
	F	Franco	1	11,11
	FA	Franco-Arenoso	1	11,11
			9	100,00

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento	Textura		Muestras	% muestras
(S3) SISTEMA DE MANEJO DE GANADO EN FRANJAS CON CERCAS ELÉCTRICAS	FAr	Franco-Arcilloso	3	33,33
	ArL	Arcillo-Limoso	3	33,33
	FA	Franco-Arenoso	3	33,33
				0,00
				0,00
				0,00
			9	100

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

Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
(S1) BOSQUE SECUNDARIO	0	0,78	
	10	1,07	133,37
	20	1,26	100,80
	30	1,43	73,90
	40	0,91	72,67
PROMEDIOS		1,20	95,18
Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
(S2) SISTEMA DE GANADERIA INTENSIVA (CONVENCIONAL)	0	1,33	
	10	0,99	77,21
	20	0,96	76,14
	30	1,13	54,94
	40	1,23	52,18
PROMEDIOS		1,10	65,12
Tratamiento	Profundidad (cm)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
(S3) SISTEMA DE MANEJO DE GANADO EN FRANJAS O CERCADO ELECTRICO	0	1,19	
	10	1,20	139,35
	20	1,05	108,68
	30	0,77	53,17
	40	0,64	49,05
PROMEDIOS		0,82	87,56

ANEXO G. Valores promedios halladas por cada variable evaluadas de las propiedades químicas.

Subtratamiento	pH	Materia orgánica (%)	Fosforo disponible (mg/kg)	Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (cmol/kg)	Calcio de cambio (cmol/kg)	Magnesio de cambio (cmol/kg)	Potasio de cambio (cmol/kg)
S1	4,90	18,37	24,21	40,30	3,64	3,64	0,43
S2	4,82	16,13	18,93	27,47	3,31	1,19	0,36
S3	5,06	10,80	36,87	27,30	6,70	1,47	0,53

Subtratamiento	Aluminio de cambio (cmol/kg)	Nitrógeno total (%)	Relación entre bases				
			Ca/Mg	Mg/K	K/Mg	Ca/K	(Ca+Mg)/k Cmol/kg
S1	1,92	0,59	3,88	1,74	0,63	7,51	9,25
S2	1,41	0,54	2,82	3,21	0,39	9,04	12,24
S3	0,70	0,39	4,90	3,09	0,36	15,58	18,67

S1: bosque secundario **S2:** sistema ganadero intensivo **S3:** Sistema ganadero en franjeo