

**EFFECTOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE
ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS HISTOSOLES DEL
MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO**

**ANA PAOLA LÓPEZ DELGADO
EYDER VICENTE TONGUINO MURIEL**

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

**EFFECTOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA SOBRE
ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS EN SUELOS HISTOSOLES DEL
MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO**

**ANA PAOLA LÓPEZ DELGADO
EYDER VICENTE TONGUINO MURIEL**

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

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

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

NOTA

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

NOTA DE ACEPTACIÓN

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

Sibundoy Putumayo, Junio de 2015.

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 Nohora e Iván, por estar incondicionalmente a mi lado, corregir mis errores e instruirme como aprender de ellos, ser mi motor para levantar la cabeza y mirar hacia la meta, llenarme de valores y principios, enseñarme que con dedicación y amor todo se puede lograr, y sobre todo sacrificar su vida para permitirse triunfar en la mía.

A mi hermano Juan David por enseñarme con su forma de ser y de ver la vida; a comprometerme verdaderamente con mi futuro, a vivir con pasión y hacer emocionante cada día.

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

A Eyder Tonguino, por creer en mí, por su compromiso con las actividades diarias en el transcurso de este caminar, el esfuerzo para sobresaltar todos los obstáculos, su actitud decisiva y su buen humor a pesar de las adversidades. A su familia por el ánimo y el apoyo en el desarrollo de nuestro objetivo.

A la magister Adriana Guerra Acosta, por convertirse en una amiga, brindar sus conocimientos dedicándose a ser instructora y guía, exigir responsabilidad y sacar lo mejor de cada uno de sus estudiantes. En especial por ser el puntal en la fabricación de este proyecto y confiar en nosotros para llevarlo a feliz término.

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

Ana Paola López Delgado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la fuerza y valor y permitirme llegar a este momento tan importante de mi vida.

A mis padres, mis hermanos y familiares por estar al pendiente de mí, acompañarme, brindarme su apoyo incondicional y darme consejos durante todo el trayecto de estudio y de vida.

A la magister Adriana Guerra Acosta docente del Instituto Tecnológico del Putumayo quien fue la guía y que con su dedicación y experiencia se logró realizar con éxito esta investigación.

A los docentes del Instituto tecnológico del Putumayo por su tiempo, por su apoyo, y por compartir todos sus conocimientos en el desarrollo de mi formación personal.

A mi compañera Ana Paola López por el compromiso que tuvo durante el desarrollo de esta investigación, y a su familia que con su apoyo y consejos fueron parte fundamental para que culminemos nuestros propósitos.

A todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo y también a formarme como profesional.

A los administrativos del instituto tecnológico del putumayo que con su gestión permitieron el desarrollo y formación de profesionales.

A mis compañeros y amigos con los que se compartió una serie de experiencias y momentos que contribuyeron a la formación tanto personal como profesional.

Eyder Vicente Tonguino Muriel

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 la Esp. Claudia del Pilar Mora, docente del Instituto Tecnológico del Putumayo por haber facilitado la información y la ayuda necesaria para el proceso estadístico de la investigación.

A los habitantes y propietarios de los predios ubicados en la Asociación Balsayaco y Consociación San Jorge 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 física de suelos.

Al I.Agr. José Manuel Campo, profesional de laboratorio de física de suelos de la Universidad de Nariño.

A la secretaria de planeación municipal de San Francisco Putumayo por facilitarnos la información necesaria 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.

A todas las personas que nos colaboraron con el apoyo logístico, para la realización del trabajo de campo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	21
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. JUSTIFICACIÓN.....	23
3.1 IMPACTO AMBIENTAL	24
4. HIPÓTESIS.....	25
4.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL	25
4.2 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	25
5. MARCO REFERENCIAL.....	26
5.1 MARCO TEÓRICO	26
5.1.1 Generalidades de los suelos.....	26
5.1.2 Degradación de los suelos.....	29
5.1.3 La ganadería bovina en Colombia	31
5.2 MARCO LEGAL	34
5.2.1 Constitución Política Nacional de Colombia 1991.....	34
5.2.2 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	35
5.2.3 Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993.....	36
5.3 MARCO CONTEXTUAL	36
5.3.1 Departamento del Putumayo	36
5.3.2 Subregión Andino-Amazónica o Valle de Sibundoy.....	36
5.3.3 Municipio de San Francisco	39
5.4 MARCO CONCEPTUAL	39

5.4.1 Bosque secundario	39
5.4.2 Calidad de suelo	39
5.4.3 Carga animal acumulada	39
5.4.4 Chagra	39
5.4.5 Color	39
5.4.6 Compactación	39
5.4.7 Degradación de los Suelos	39
5.4.8 Densidad aparente.....	40
5.4.9 Densidad real.....	40
5.4.10 Ecosistema	40
5.4.11 Estructura del suelo	40
5.4.12 Ganadería extensiva	40
5.4.13 Histosoles	40
5.4.14 Infiltración.....	40
5.4.15 Resistencia a la penetración.....	40
5.4.16 Porosidad.....	41
5.4.17 Suelo.....	41
5.4.18 Textura.....	41
6. METODOLOGÍA	42
6.1 LOCALIZACIÓN.....	42
6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	43
6.3 MUESTREO.....	44
6.4 VARIABLES EVALUADAS.....	46
6.4.1 Propiedades físicas.....	46
6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
7.1 PROPIEDADES FÍSICAS	48
7.1.1 Color	48
7.1.2 Textura.....	52
7.1.3 Densidad aparente (Da).....	56
7.1.4 Densidad real (Dr).....	58

7.1.5 Porosidad total en porcentaje (%).....	60
7.1.6 Humedad gravimétrica	63
7.1.7 Humedad volumétrica	65
7.1.8 Estabilidad de agregados.....	68
7.1.9 Resistencia a la penetrabilidad (RP).....	71
7.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO	76
7.2.1 Correlaciones múltiples entre las variables evaluadas	76
7.2.2 Componentes principales.....	78
7.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A PROPIETARIOS DE FINCAS CON PRODUCCIÓN DE GANADERÍA BOVINA Y DE CHAGRAS TRADICIONALES UBICADAS EN SUELOS HISTOSOLES DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO.....	82
7.3.1 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en fincas con producción de ganadería bovina	83
7.3.2 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en las chagras tradicionales.....	91
8. CONCLUSIONES	94
9. RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	105

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Efecto de diferentes tiempos de pastoreo sobre algunas de las propiedades de los primeros 5cm, en relieve escarpado, de la cuenca alta de la quebrada Las Ceibas (Huila).	34
Cuadro 2. Variables y técnicas utilizadas.....	46
Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables físicas en suelos histosoles a través del tiempo de uso para ganadería bovina.	48
Cuadro 4. Determinación de la textura al tacto con suelo húmedo.....	52
Cuadro 5. Pruebas de múltiple rangos para Porosidad (%) por Tiempo de uso. Método: 95,0% LSD.....	61
Cuadro 6. Calificación de la porosidad total del suelo.....	63
Cuadro 7. Pruebas de múltiple rangos para humedad volumétrica (%) por tiempo de uso en la profundidad de 0 a 15 cm. Método: 95,0 % LSD.	66
Cuadro 8. Pruebas de múltiple rangos para humedad volumétrica (%) por tiempo de uso en la profundidad de 15 a 30 cm. Método: 95,0 % LSD.	66
Cuadro 9. Clases de estabilidad de agregados de acuerdo al índice de estabilidad (SI)	70
Cuadro 10. Interpretación de resistencia a la penetración (Mpa).....	74
Cuadro 11. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas de 0 a 15 cm.	76
Cuadro 12. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas de 15 a 30 cm.	77
Cuadro 13. Comunalidades, método de extracción: análisis de componentes principales de 0 a 15 cm.	78
Cuadro 14. Varianza total explicada, método de extracción: análisis de componentes principales de 0 a 15 cm.....	79
Cuadro 15. Comunalidades, método de extracción: análisis de componentes principales de 15 a 30 cm.	79
Cuadro 16. Varianza total explicada, método de extracción: análisis de componentes principales de 15 a 30 cm.....	80
Cuadro 17. Matriz de componentes de 0 a 15 cm.	80
Cuadro 18. Matriz de componentes de 15 a 30 cm.	81
Cuadro 19. Lista de personas encuestadas de acuerdo a cada tratamiento.	83

Cuadro 20. Especies vegetales encontradas en chagras tradicionales muestreadas.	91
Cuadro 21. Especies animales encontradas en las zonas muestreadas.	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Espaciación de las unidades de suelo en el Valle de Sibundoy.	38
Figura 2. Localización municipio de San Francisco y los suelos histosoles.....	43
Figura 3. Muestreo en campo.	44
Figura 4. Toma de muestras disturbadas.	45
Figura 5. Toma de muestras sin disturbar.	45
Figura 6. Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en la profundidad 0 a 15 cm.	49
Figura 7. Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en la profundidad 15 a 30 cm.	50
Figura 8. Clases texturales de los bosques secundarios (T0) a las profundidades de muestreo.	53
Figura 9. Clases texturales de los chagras tradicionales (T1) a las profundidades de muestreo.	54
Figura 10. Clases texturales de los fincas ganaderas con menos de 10 años de uso (T2) a las profundidades de muestreo.	54
Figura 11. Clases texturales de los fincas ganaderas con más de 20 años de uso (T3) a las profundidades de muestreo.	55
Figura 12. Determinación de la densidad aparente en el laboratorio.....	56
Figura 13. Promedios de la densidad aparente en los tratamientos.	57
Figura 14. Determinación de densidad real en el laboratorio.....	59
Figura 15. Promedio densidad real en los tratamientos.....	60
Figura 16. Promedio de la porosidad en cada tratamiento.	62
Figura 17. Promedio de humedad gravimétrica en los tratamientos.	64
Figura 18. Promedio de la humedad volumétrica en los tratamientos.	67
Figura 19. Procedimiento de laboratorio para estabilidad de agregados.	68
Figura 20. Promedio estabilidad de agregados en los tratamientos.	69
Figura 21. Medición de resistencia a la penetración con penetrógrafo.	71
Figura 22. Resistencia a la penetrabilidad en los bosques secundarios (T0).	72
Figura 23. Resistencia a la penetrabilidad en las chagras tradicionales (T1)	72

Figura 24. Resistencia a la penetrabilidad en fincas menores de 10 años de uso (T2).	73
Figura 25. Resistencia a la penetrabilidad en fincas mayores de 20 años de uso (T3).	73
Figura 26. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas a los factores principales de 0 a 15 cm.	81
Figura 27. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas a los factores principales de 15 a 30 cm.	82
Figura 28. Años de uso del suelo en producción ganadera de las fincas objetos de estudio.	84
Figura 29. Constancia del pastoreo en las fincas ganaderas seleccionadas.	85
Figura 30. Comportamiento de la producción ganadera en las unidades experimentales con el transcurso del tiempo.	86
Figura 31. Tipo de manejo del ganado bovino realizado en las fincas seleccionadas.	87
Figura 32. Análisis de suelos.	87
Figura 33. Prácticas implementadas en las fincas ganaderas para el mejoramiento de pasturas.	88
Figura 34. Utilización de productos químicos.	89
Figura 35. Cambios del suelo observados por los propietarios de las fincas que se han presentado con el transcurso del tiempo.	90
Figura 36. Manejo de estiércoles en las propiedades.	90

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Mapa ubicación suelos histosoles en el municipio de San Francisco. .	106
Anexo B. Ubicación unidades experimentales en la zona de muestreo.....	107
Anexo C. Coordenadas de ubicación de las unidades experimentales.	108
Anexo D. Encuesta dirigida a propietarios de fincas ganaderas.....	110
Anexo E. Encuesta dirigida a propietarios de chagras tradicionales.....	112
Anexo F. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades 1 y 2.	114
Anexo G. Repeticiones y porcentaje de color en los tratamientos.....	118
Anexo H. Clases texturales obtenidas en los diferentes tratamientos	122
Anexo I. Promedios de resistencia a la penetrabilidad en los tratamientos	123

RESUMEN

En el municipio de San Francisco departamento del Putumayo, la ganadería está consolidada como la actividad de mayor importancia a nivel local y regional; realizándose en las partes planas, siendo de estos suelos un alto porcentaje histosoles, en los cuales se caracteriza el manejo de tipo extensivo.

En los suelos histosoles bajo el manejo de sistemas de ganadería, se evaluó el cambio de las siguientes propiedades físicas: color, textura, densidad aparente y real, porosidad total, humedad gravimétrica y volumétrica, resistencia a la penetrabilidad, estabilidad de agregados, consiguiendo así realizar la respectiva identificación y cuantificación de las propiedades más sensibles a los cambios a través del manejo y tiempo de uso en el que se ha venido desarrollando la actividad ganadera.

Se realizaron reconocimientos que permitieron determinar donde existe mayor presión de ganadería para los diferentes muestreos; en esta misma zona se determinó 4 tratamientos que incluyeron bosques secundarios (T0), chagras tradicionales (T1), fincas ganaderas con tiempo de uso menores a 10 años (T2) y fincas mayores de 20 años de uso (T3), como base comparativa se tomaron bosques secundarios y las chagras tradicionales. Para cada tratamiento se tomó 4 repeticiones y en cada una de las unidades experimentales se realizó 3 calicatas de forma aleatoria tomando muestras a profundidad del sistema radicular de las plantas de 0 a 15 y de 15 a 30 cm; disturbadas y sin disturbar en anillos de acero de 2,5 cm de alto y 5 cm de diámetro, realizadas siempre en pendientes planas.

Se realizó un análisis estadístico con ANOVA, el método empleado para discriminar entre las medias fue el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, y análisis multivariado (correlaciones múltiples y componentes principales), contrastando los niveles de profundidad y los tratamientos determinados. Las variables evaluadas fueron densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad total (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), estabilidad de agregados (SI) y resistencia a la penetración (Mpa).

Los resultados del análisis de varianza de las variables físicas evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$), exceptuando humedad volumétrica puesto que presenta diferencias entre la media de un nivel de tiempo de uso y otro, por lo tanto para determinar estas diferencias se realizó la prueba de múltiples rangos mediante el procedimiento de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer con un nivel del 95 % de confianza, resultando diferencias entre los grupos T3 y T0, T3 y T1, para la primera profundidad y entre T2 y T0 en las dos profundidades, asimismo se obtuvo en los primeros 15 cm

diferencia mínima de porosidad total entre los grupos T2 y T0 por su valor cercano a P 0,05.

Se logró establecer que la densidad aparente presentó una correlación inversa y altamente significativa con la porosidad en las dos profundidades la humedad gravimétrica y volumétrica, la porosidad presentó correlaciones altamente significativas positivas con humedad gravimétrica y volumétrica a las dos profundidades, de igual manera la humedad gravimétrica tubo relación positiva con humedad volumétrica. El análisis de componentes principales permitió establecer que un total de dos factores principales o componentes explican el 82,611% y el 80,649 % para cada profundidad respectivamente de la variabilidad total de la población.

En términos generales los resultados demostraron que a través del tiempo de uso las variables físicas evaluadas no presentaron alteraciones marcadas, se obtuvo que los suelos en un alto porcentaje eran de texturas arcillosas con sus combinaciones, los colores más representativos fueron en húmedo 7,5YR 3/2 (pardo oscuro) y en seco 10YR 6/2 (gris pardo claro). Los rangos de promedios de las variables restantes fueron: densidad aparente de 0,64 a 0,89 g/cc, densidad real de 2,20 a 2,47 g/cc, la porosidad de 60,84 a 72,35 %, humedad gravimétrica de 68,01 a 113,02 %, humedad volumétrica de 48,74 a 66,06 %, estabilidad de agregados de 0,88 a 0,99 SI, resistencia a la penetración de 0,21 a 0,62 Mpa.

Palabras claves: Histosoles, propiedades físicas de los suelos, sistemas de ganadería, análisis de varianza, análisis multivariado.

ABSTRACT

In the municipality of San Francisco Putumayo, livestock is consolidated as the most important activity at local and regional level; carried out on the flats being of these soils a high percentage histosols in which extensive type management features.

Histosols in soils under livestock management system, changing the following physical properties were evaluated: color, texture, apparent and real density, total porosity, gravimetric and volumetric moisture permeation resistance, aggregate stability, thus achieving make the respective identification and quantification of the most sensitive to changes over time management and use, which has been developing cattle ranching properties.

They recognitions possible to determine where the greatest pressure of livestock for different sampling were conducted there; in this area 4 treatments that included secondary forests (T0), traditional chagras (T1), cattle farms with time under use 10 years (T2) and farms over 20 years of use (T3) was determined as comparative base secondary forests and traditional chagras were taken. 4 replicates for each treatment were taken and in each of the three experimental units pits is done randomly sampling depth of the root system of plants from 0 to 15 and 15 to 30 cm; disturbed and undisturbed on steel rings 2.5 cm high and 5 cm in diameter, always performed in flat slopes.

ANOVA statistical analysis was performed, the method used to discriminate between means was the procedure of least significant difference (LSD) Fisher, and multivariate analysis (principal components and multiple correlations), contrasting the deep levels and certain treatments. The variables evaluated were bulk density (g / cc), true density (g / cc), total porosity (%), gravimetric moisture (%), volumetric water content (%), stability of aggregates (SI) and penetration resistance (Mpa).

The results of analysis of variance of the physical variables evaluated showed no statistically significant differences ($P > 0.05$), except as volumetric moisture presents differences between the average level of usage time and another, thus determining these difference multiple range test was performed by the method of least significant differences (LSD) Fischer with 95% level of confidence, resulting differences between T0 and T3, T3 and T1 groups, for the first depth and between T2 and T0 in the two depths, also obtained in the first 15 cm of total porosity minimum difference between T0 and T2 groups for their nearest $P 0.05$.

It was established that the bulk density presented an inverse correlation and highly significant with porosity in the two depths gravimetric and volumetric water content, porosity present positive highly significant correlations with gravimetric and volumetric moisture at two depths, just as the gravimetric moisture Tube positive relationship with volumetric moisture. The principal component analysis

established that a total of two main factors or components explain 82.611% and 80.649% for each depth respectively of the total variability of the population.

Overall the results showed that over time use physical variables evaluated showed no marked alterations, it was found that the soils in a high percentage of clay were combinations of textures, colors were the most representative wet 7.5YR 3 / 2 (dark brown) and dry 10YR 6/2 (light taupe). Ranges averages the remaining variables were: bulk density from 0.64 to 0.89 g / cc, true density from 2.20 to 2.47 g / cc, the porosity of 60.84 to 72.35%, gravimetric moisture of 68.01 to 113.02%, volumetric water content of 48.74 to 66.06%, stability of aggregates of 0.88 to 0.99 SI, penetration resistance of from 0.21 to 0.62 MPa.

Keywords: Histosols, physical properties of soils, livestock systems, analysis of variance, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es un problema a gran escala que restringe la producción, la competitividad y la seguridad alimentaria, principalmente en los países en desarrollo que dependen en gran escala del sistema agropecuario como fuente de alimento y empleo; y según la FAO (1996), particularmente en Asia, África y Suramérica se presenta una alta magnitud de este fenómeno, que se encuentra asociada principalmente al inadecuado manejo de los sistemas de producción dentro de los cuales se encuentra la ganadería.

En Colombia la ganadería es una actividad generalizada y desarrollada prácticamente en todo el país, considerada como un renglón socioeconómico de gran importancia para el desarrollo del campo, porque representa el 88 % de la superficie agropecuaria nacional y conserva una participación cercana al 5 % en el Producto Interno Bruto - PIB - total nacional, 25 % en el PIB agropecuario y 60 % en el del sector pecuario, generando un número significativo de empleos rurales; pero que ha sido y es cuestionada fuertemente por su desempeño productivo y por su impacto ambiental (Mahecha *et al.*, 2002). Debido a que en ciertas condiciones, esta práctica puede llegar a ser causa de degradación en campos agrícolas y arriesgar la sostenibilidad en la producción de alimentos básicos (Fernández-Baca 1980; Maughan *et al.*, 2009; Steffens *et al.*, 2008; citados por García 2011).

El establecimiento de sistemas ganaderos (extensivos e intensivos) afectan la biodiversidad por la destrucción de bosques para crear zonas de pastoreo, siendo el sistema extensivo, tradicional o convencional de producción animal el más nocivo, ya que inicialmente modifica el ecosistema natural convirtiéndolo en un agroecosistema o naturaleza domesticada, y finalmente la utilización del territorio es de una manera perdurable, sin derecho a renovarse. Debido a que el pastoreo del ganado bovino puede provocar cambios substanciales en las propiedades físicas del suelo; como lo es la compactación, debido al peso de los animales y a la fuerza que ejercen al caminar sobre el suelo; que causa la reducción considerable de la infiltración del agua y provocar una mayor erosión, además de afectar el desarrollo radicular de las plantas (García, 2011).

Teniendo en cuenta además que no todos los suelos poseen las mismas características físicas, unos son más vulnerables que otros a los cambios cuando son sometidos a manejos ganaderos para los cuales no tiene vocación, lo cual permite que se generen diferentes impactos ambientales; se hace necesario que en el municipio de San Francisco Putumayo donde existen suelos histosoles catalogados como susceptibles a sufrir cambios importantes debido a sus altas cargas de agua, se lleve a cabo una evaluación de los cambios de las propiedades físicas generados en zonas de producción ganadera permitiendo así una generación de conocimiento y el cambio en la forma de producir, para también conservar los recursos naturales.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad ganadera tiene un impacto muy significativo en todos los componentes del medio ambiente, incluidos el aire y la atmósfera, el suelo, el agua, y la biodiversidad. Es uno de los dos o tres sectores con repercusiones más graves en los principales problemas medioambientales a todos los niveles, desde el ámbito local hasta el mundial (Steinfeld *et al.*, 2009; citado por Fernández y Enríquez 2010).

En América tropical, las pasturas para ganadería ocupan la mayor proporción de la tierra en los agroecosistemas, llegando a 60-80 % del área en algunos países. En la mayor parte de los casos, el incremento en la actividad ganadera ha implicado la pérdida o alteración extrema de los ecosistemas naturales, en especial los bosques tropicales montañosos y de tierras bajas, y en menor proporción, los humedales. En vastas regiones, la ganadería se practica en suelos inapropiados, lo que promueve la degradación ambiental. Así ocurre en las regiones de trópico húmedo bajo (selva Amazónica y otros) y en las montañas (Andes y laderas) (Vera, 2008).

En Colombia entre 1960 y 2004 los bosques naturales y otros usos se redujeron de 94,6 a 68,4 millones de hectáreas mientras la ganadería se incrementó de 14,6 a 37,5 millones de hectáreas y es posible que en los últimos años esta cifra llegue a 44 millones de hectáreas, la ganadería es la actividad económica que cubre mayor área en la región lo cual corresponde a más del 80 % de la zona andina. Por lo menos 12 millones de hectáreas se encuentran ocupadas por pastos (Igac, 1990).

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 (Vera, 2008).

En general, el impacto en los ecosistemas naturales de los sistemas productivos de ganadería depende en su mayoría de la ubicación y del manejo que se realice en el sistema. De manera que hay una gran diferencia entre el uso del recurso suelo que hacen los sistemas tradicionales, y el que hacen los sistemas más intensificados. Siendo según Vera, (2008) los sistemas tradicionales de ganadería extensiva los más nocivos. Que de acuerdo con la secretaria de planeación departamental del Putumayo son los sistemas de producción que se encuentran implementados en la zona plana del valle de Sibundoy de la cual hace parte el

municipio de San Francisco (Integración de los planes de ordenamiento territorial, 2004).

Debido a la panorámica planteada se hace necesario este tipo de investigación que permita determinar efectos que tienen los sistemas de producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de san francisco departamento del putumayo.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efectos genera el manejo de ganadería bovina sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del Municipio de San Francisco departamento del Putumayo?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de San Francisco departamento del Putumayo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las áreas de mayor presión ganadera en suelos histosoles del municipio de San Francisco departamento del Putumayo.
- Evaluar algunas propiedades físicas del suelo: color, textura, densidad aparente, densidad real, porosidad, estabilidad de agregados en húmedo, resistencia a la penetrabilidad y humedad, relacionándolas con el manejo de ganado bovino, bosques secundarios y chagras tradicionales de la zona de estudio.
- Analizar y correlacionar las variables físicas del suelo más sensibles al cambio con el tiempo de uso de producción ganadera.

3. JUSTIFICACIÓN

La ganadería es una actividad productiva creciente en el área que ocupa, vinculada a las necesidades de consumo; que se ha desarrollado tradicional y culturalmente, por lo que es de gran importancia para la población, donde se ha establecido en la familia campesina y en la soberanía alimentaria. Sin embargo, la ganadería también ha aportado de manera considerable en el deterioro ambiental, por el uso indiscriminado de los recursos naturales.

La ganadería basada en el pastoreo ha realizado el mayor cambio en los paisajes rurales hasta llegar a una escala continental y debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales (Bennett y Hoffman 1992, citado por Murgueitio 2003). La destrucción de bosques para la implantación de praderas artificiales, ha sido una tragedia para el medio ambiente tropical. Los sistemas de producción ganadero establecidos bajo pastoreo intensivo, han causado un gran daño al medio ambiente y a la biodiversidad (Ojeda *et al.*, 2003).

Entre los impactos más considerables generados por la actividad ganadera se encuentra la afección del ciclo del agua por el impedimento de la renovación de los recursos hídricos superficiales como subterráneos, Además, del deterioro del suelo también afecta a organismos benéficos que habitan en él y cumplen importantes funciones como depredadores, descomponedores, parasitoides. De igual manera se considera que la ganadería causa compactación en un tiempo relativamente corto, reduce los espacios porosos, disminuye la velocidad del flujo de agua y propicia la erosión.

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 (Menke y Bradford, 1992; citados por 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 (Betancourt-Yáñez *et al.*, 2000; Hernández, 2000; citados por Semarnat 2009).

El sobrepastoreo, originado por la ganadería extensiva, es un factor de presión al suelo debido a que acelera su degradación. El exceso de ganado afecta la tierra de manera directa por medio del pisoteo continuo, y de manera indirecta a través de la pérdida o degradación de la cubierta vegetal que deja expuesto al suelo a los agentes de erosión.

En la zona plana del Municipio de San Francisco, 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, subsidencia o aplastamiento de los suelos orgánicos por drenajes excesivos, entre otros. Por tal razón es importante realizar un estudio de los efectos que tienen los sistemas de producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de san francisco departamento del putumayo. Que permita conocer la situación actual a nivel de física de suelos de este tipo de sistema de producción.

En el valle de Sibundoy no existe antecedente alguno de trabajos relacionados con los impactos a los suelos histosoles principalmente con el efecto de algunas propiedades generadas por el sistema de producción ganadera, debido a lo cual se hace necesario realizar este tipo de investigación que se convierta en base de información para las diferentes acciones que se quieran tomar. Esta investigación será de múltiples beneficios para estudiantes, profesionales y para la población que se ve afectada por este tipo de problemas ambientales, de igual manera contribuirá a la formulación de políticas y soluciones teórico prácticas de tipo ambiental y social.

3.1 IMPACTO AMBIENTAL

El impacto que se desea obtener con el desarrollo de este trabajo de investigación es que una vez obtenido los resultados del cambio de algunas propiedades físicas del suelo en sistema de manejo de producción ganadera a corto plazo la implementación en las fincas de buenas prácticas ganaderas (estabulación y semiestabulación).

Consecuentemente a largo plazo el uso de prácticas de manejo y conservación de suelos con arreglos de agroforestería (sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles) que logren la sostenibilidad del recurso suelo como fundamento de la seguridad alimentaria y del equilibrio ambiental.

4. HIPÓTESIS

4.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL

El manejo de ganadería bovina sobre los suelos histosoles ha generado cambios en algunas propiedades físicas.

4.2 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$. No existen diferencias estadísticas significativas en los cuatro (4) tratamientos respecto al efecto de tipo de uso del suelo sobre algunas propiedades físicas del mismo.

Ha: $\mu_j \neq \mu_k; j \neq k$. Por lo menos un tratamiento produce un valor medio diferente en los tratamientos de manejo de suelos sobre algunas propiedades físicas del mismo.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Generalidades de los suelos. El suelo es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza. Es un ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional. La compleja naturaleza físico-química, su estructura porosa y el contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionan una heterogeneidad trófica y de hábitat que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos (Alzugaray *et al.*, 2008).

Los factores asociados, con la formación del suelo, son: clima topografía, tiempo, material de origen, y organismos vivos. La intensidad e interacción de estos factores han provocado una gran variabilidad en las propiedades del suelo en el mundo (Martínez y Walthall, 2000).

El manejo sustentable de los recursos naturales debe basarse en el conocimiento de sus características y funcionalidad, cuyo conocimiento es importante a la hora de tomar decisiones para el uso más adecuado del mismo a nivel predial, y disponer de instrumentos eficaces de orientación del desarrollo del territorio, la regulación de la utilización, ocupación y transformación de su espacio físico, en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales (Heredia *et al.*, 2006).

La acción de la población humana a lo largo del tiempo y del espacio ha ido alterando el ambiente, produciendo fragmentación de hábitats y su consecuente pérdida de biodiversidad (Gaspari y Bruno, 2003).

Jaramillo (2008), afirma que una característica dominante de los suelos es su heterogeneidad, aún en pequeñas áreas que podrían considerarse como homogéneas. Esta heterogeneidad induce una variabilidad en sus propiedades, que puede llegar a ser de considerable magnitud y que puede afectar grandemente las generalizaciones y predicciones que se hagan con ellas. La variabilidad es una condición inherente a los suelos y su origen está influenciado tanto por condiciones naturales (variados factores y procesos pedogenéticos), como por condiciones inducidas por el uso y el manejo de los mismos. La variabilidad del suelo depende, aparte del tipo de suelo, de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Además, hay menor variabilidad en las propiedades del suelo, en su condición natural, que cuando ha estado sometido a uso. Aquellas propiedades que más se alteran por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad. Se estudió la variabilidad espacial de algunas propiedades químicas del epipedón de un Andisol de régimen de humedad ácuico. La mayoría de las propiedades estudiadas presentaron una dependencia espacial alta, con una variabilidad estructurada de

más del 50 % de la variabilidad total y con rango relativamente corto de 20 m en promedio, situación que puede estar reflejando una alta intensidad de uso y manejo del suelo en actividades agropecuarias como la aplicación de fertilizantes y enmiendas.

- **Propiedades físicas de los suelos.** Las propiedades físicas deben ser entendidas en conjunto y formando un todo armónico por cuanto se establece una íntima relación al estar asociadas con la producción que en muchos casos se constituyen en factores determinantes de ésta y algunas de ellas como la estructura han sido llamadas la clave de la productividad del suelo (Montenegro, 2003).

Además, las propiedades físicas de los suelos son de gran importancia, por cuanto infinidad de prospecciones de uso, explicaciones de respuesta a fertilización, diseño de riegos y drenajes, construcciones, prácticas de manejo de suelos, control de la erosión, conservación de suelos, manejo de cuencas hidrográficas, entre otras, están regidos por ellas (Montenegro y Malagón, 1990).

Montenegro (2003), divide a las propiedades físicas en dos grupos de acuerdo con su determinación y con sus fenómenos relacionados en: propiedades físicas fundamentales (color, textura, estructura, consistencia, la densidad y temperatura) y propiedades físicas derivadas (porosidad, capacidad de aire capacidad de agua, compactación y profundidad efectiva radical).

Baver, Gardner y Gardner (1973) citados por Legarda (1985), afirman que un suelo de textura gruesa tiene baja capacidad de retención de agua y una elevada permeabilidad, mientras que los suelos de textura fina poseen alta capacidad de retención de agua, pero lenta permeabilidad. De igual forma se menciona que la estabilidad de agregados es otra cualidad del suelo de máxima importancia en la formación y en la conservación de buenas relaciones estructurales.

La densidad aparente se define como el peso secado al horno de un volumen unitario de suelo incluyendo espacios porosos y expresado frecuentemente en g/cm^3 , una de las propiedades más determinantes de las características de permeabilidad y aireación del suelo, y su persistencia en el tiempo es reflejo de la estabilidad de los agregados, el desarrollo vegetal es afectado por la degradación de la estructura del suelo, que influye en la relación aire – suelo- aire. Esta relación se asocia con el aumento de la densidad aparente y con el cambio en la distribución por el tamaño de los poros (Sánchez *et al.*, 2003).

Según Alakuku, 1996, citado por Martínez *et al.*, (2010) la resistencia a la penetración es un parámetro más sensible que la densidad aparente, para caracterizar la compactación del suelo estudiado.

Blanco (2009) afirma que la compactación es un proceso por el cual se comprime la masa de suelo como consecuencia de la aplicación de cargas o presiones. En términos físicos, la compactación disminuye el volumen de poros, modifica la estructura porosa y aumenta la densidad aparente, estos cambios estructurales por compactación alteran las propiedades volumétricas del suelo, lo que repercute en el desarrollo y crecimiento de las plantas porque decrece la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de agua y se altera la difusión de gases en su interior. Estos cambios provocan una deficiente aireación y un suministro inadecuado de oxígeno para el desarrollo de las plantas. Así mismo, la degradación de la estructura del suelo por compactación provoca una ralentización o paralización del desarrollo de las raíces.

Desde el punto de vista agronómico, procesos como la compactación conducen a una modificación del volumen de poros del suelo que afecta, en mayor o menor medida, el desarrollo de las plantas. De ese volumen dependen tanto los fenómenos de transferencia de calor, gases, agua y solutos, como las propiedades mecánicas de resistencia a la penetración y resistencia a la rotura transferencia de calor, gases, agua y solutos, como las propiedades mecánicas de resistencia a la penetración y resistencia a la rotura (Cerisola *et al.*, 2005).

La estimación de la velocidad de infiltración y la lámina acumulada, es de gran importancia debido a su aplicación en el sector agrícola y ambiental, dado que permiten cuantificar la escorrentía, la erosión, disponibilidad de sedimentos, la capacidad de recarga de acuíferos, definir la operación de sistemas de riego y estudiar los efectos de diferentes prácticas de uso, la variabilidad del suelo y en especial los contenidos de arcillas, que inciden en la variabilidad espacial de la infiltración (Rodríguez *et al.*, 2008).

La estructura del suelo fue definida como la organización espacial de las partículas del suelo, agregados y poros. Se la considera una propiedad física compleja debido a que es condicionada parcialmente por propiedades intrínsecas, como la textura y composición mineralógica, y en parte por factores extrínsecos, como el tipo de uso y sistema de manejo a que se somete el suelo (Imhoff *et al.*, 2010).

El estudio de la evolución de la estructura de un suelo sometido a acciones mecánicas y climáticas puede abordarse a partir de un seguimiento de las propiedades físicas que lo caracterizan. Entre estas propiedades, la más importante es la porosidad, ya que relaciona el volumen de suelo que exploran las raíces con el volumen disponible para el agua y el aire que requieren en su desarrollo (Cerisola *et al.*, 2005).

El suelo es un medio poroso que presenta una fase sólida, líquida y gaseosa. En este cuerpo trifásico se produce el almacenamiento y transporte de fluidos como el agua y/o el aire. Es por ello que la caracterización de los poros del suelo es

fundamental para conocer su capacidad de almacenamiento y conducción. Dicha caracterización, sin embargo, no debe realizarse solamente a través de sus volúmenes y distribución, sino que también a través de su capacidad para transmitir fluidos. Lo anterior es revelante, especialmente si se pretende caracterizar cualitativamente el medio poroso, es decir, su calidad físico-mecánica, problemática (Dorner y Dorota, 2007).

Fies *et al.*, (1972); citados por Denoia *et al.*, (2000), definen a la porosidad estructural como «el conjunto formado por las grietas entre elementos de la estructura, los volúmenes libres resultantes de la repartición en el espacio de los terrones y la tierra fina y los tubos y cuevas de origen biológico y pedológico».

La estabilidad de agregados era considerada como la variable que mejor reflejaba los cambios producidos por las prácticas de manejo, los resultados obtenidos evidencian que la morfología y la rugosidad de agregados, también podrían ser incluidos como indicadores físicos de calidad de suelos, sometidos a distintas intensidades de uso (Álvarez, *et al.*, 2008).

- **Indicadores de la calidad de los suelos.** Cantu (2007) afirma que un indicador del suelo es una variable que resume o simplifica información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. Los indicadores deben ser preferiblemente variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas o nominales o de rango u ordinales, especialmente cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, o el atributo no es cuantificable, o cuando los costos para cuantificar son demasiado elevados. Las principales funciones de los indicadores son: evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, para evaluar metas y objetivos, proveer información preventiva temprana y anticipar condiciones y tendencias futuras.

Los suelos con buena calidad física deben tener características de almacenaje y transmisión de fluidos que permitan proporciones adecuadas de agua, nutrientes disueltos y aire como para promover el máximo desarrollo de los cultivos y una mínima degradación ambiental (Ferrerías *et al.*, 2007).

Rodríguez *et al.*, (2006) manifiestan que los principales indicadores relacionados con el suelo son: Físicos (granulometría, microestructura, densidad aparente, resistencia a la penetración, peso específico y porosidad total); químicos (contenido de N, fósforo asimilable, Ca y Mg, MO) y biológicos (respiración basal, respiración inducida, capacidad celulolítica, mesofauna y macrofauna).

5.1.2 Degradación de los suelos. Según Matlock, citado por Chaveli *et al.*, (2006), la degradación del suelo fue definida como un proceso insidioso que puede ser expresado como el efecto acumulativo de una serie de acciones, que pueden o no ser evidentes tales como la reducción o desaparición de la vegetación, mayor

tasa de escorrentía y menor infiltración de las precipitaciones, que conducen a la erosión creciente del suelo y a la pérdida de fertilidad.

La degradación del suelo es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas, lo cual puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas. Esta degradación se relaciona con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna; los dos primeros son la base fundamental para el abastecimiento de alimentos para las plantas, los animales y el hombre (Ortiz *et al.*, 1994, citado por Chaveli *et al.*, 2006).

La degradación de los recursos naturales y la contaminación ambiental son los problemas con mayor incidencia en los trópicos. En la actualidad existen áreas extensas de suelos afectadas por procesos de degradación irreversibles como erosión acelerada, la desertificación, compactación, endurecimiento, acidificación, reducción en el contenido de materia orgánica, disminución de la biodiversidad genética y agotamiento de la fertilidad natural del suelo. El área degradada en el trópico por diferentes procesos es estimada en 915×10^6 ha por erosión hídrica, 474×10^6 ha por erosión eólica, 50×10^6 ha por degradación física y 213×10^6 ha por degradación química (Velásquez *et al.*, 2007).

• **Degradación física de los suelos.** La degradación de los suelos se refiere a la reducción de la calidad con relación a la productividad de los cultivos. Su principal efecto es el deterioro de la estructura del suelo manifestado en problemas de sellado, encostrado, compactación, drenaje deficiente, pobre aireación, y erosión (Lozano *et al.*, 2000).

El tipo y la tasa de degradación edáfica están determinados por el uso y manejo que se le impone al suelo, por lo que resulta determinante identificar los procesos degradantes actuales o potenciales y las propiedades que son afectadas, entre las que se encuentran las físicas, que se consideran una función del clima, el material parental, la vegetación, la topografía y el tiempo, factores a los que se debe incluir la acción del hombre o factor antrópico (Díaz *et al.*, 2009).

Sanzano *et al.*, (2005) estudiaron la degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo, estos suelos comparados con el suelo virgen, mostraron un nivel de degradación significativa. La estabilidad estructural fue una variable muy sensible al manejo del suelo, por lo que se sugiere la determinación de la misma con carácter predictivo del nivel de degradación física y/o riesgo de erosión hídrica.

De igual forma García *et al.*, (2010) afirma 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.

Cuando se aplica una presión sobre el suelo, éste se deforma. Esta pérdida de volumen de suelo, que se caracteriza por medio de la curva de consolidación, depende de la textura, la estructura, el contenido de agua, la capacidad de soporte (o valor de preconsolidación que registra la máxima presión que ha sostenido el suelo en su historia) y de su resiliencia (habilidad del suelo para recuperarse después de ser sometido a un stress) (Dorner *et al.*, 2009).

5.1.3 La ganadería bovina en Colombia. Según la FAO (1996), citada por Murgueitio (2003), En América tropical la mayor proporción de ecosistemas naturales transformados se encuentra en sistemas ganaderos de pastoreo y suman en la actualidad 548 millones de hectáreas (33 % de la región y 11 % de las tierras agrícolas del mundo). Esto significa que el 77 % de la frontera agropecuaria (agroecosistemas) son sistemas destinados al pastoreo de animales domésticos con predominio de los bovinos sobre otras especies como ovinos, equinos, cabras y búfalos.

Durante los últimos años gran parte del área boscosa fue deforestada para promover la ganadería extensiva en América Latina. En Colombia; entre 1960 y 1995 el uso de la tierra pasó de 5 a 4.4 millones de hectáreas en agricultura; los bosques naturales y otros usos se redujeron de 94.6 a 72.4 millones de hectáreas mientras la ganadería se incrementó de 14.6 a 35.5 millones de hectáreas (Ojeda *et al.*, 2003).

Los sistemas de producción ganadera tienden a ser de lechería en las zonas de altiplanos y altitudes entre 2000 y 3000 msnm; de doble propósito (carne y leche) en los climas medios (1000 a 2000 msnm) y páramos (>3500 msnm); de cría para carne en las zonas más bajas (500 a 1000 msnm) y hay sistemas menores para engorde (ceba), búfalos, ganado de lidia, ovinos y caprinos (Murgueitio, 2003).

- **Impactos ambientales generados por la ganadería.** El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados. Pero también 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, 2003).

- **Degradación física de los suelos generada por la actividad ganadera.**

Denoia *et al.*, (2000), estudiaron el efecto del pisoteo animal sobre las propiedades físicas y la velocidad de infiltración de un suelo Argjudol vértico de la Pampa (Argentina), y encontraron que tras el tránsito de los animales el pisoteo provocó alta densificación superficial, una disminución en la estabilidad de los agregados y una reducción de la tasa de infiltración. La vegetación influyó positivamente en el incremento de la tasa de infiltración, disminuyó la producción de sedimentos y mostro una baja acción protectora frente a la compactación superficial.

Martínez *et al.*, (2010), en su investigación del efecto del pisoteo de los animales sobre las propiedades físicas del suelo, cita a: Trein y Levien, quienes encontraron al analizar el efecto del pisoteo vacuno en tres profundidades de suelo, que éste afectó la densidad aparente y la porosidad total hasta los 7,5 cm y detectaron presencia de compactación hasta los 15 cm; Zamora *et al.*, quienes concluyeron que el pastoreo en siembra directa presentó bajo impacto sobre la concentración de nitratos, humedad del suelo y densidad aparente, pero mostró un incremento de la dureza en los primeros centímetros del perfil del suelo, detectados a través de la resistencia a la penetración, atribuyendo esto a la menor humedad y no al aumento de la densidad aparente; y a Taboada y Lavado que encontraron que el pisoteo animal provocó el colapso de poros mayores de 60 μm y la disminución de los agregados estables al agua en suelos secos.

Taboada y Micucci (2002), citados por Landini *et al.*, (2007), afirman que los suelos sometidos a pisoteo animal presentan menor aireación e infiltración. De igual manera Mullen *et al.*, (1974) y Warren *et al.*, (1986), citados por Denoia *et al.*, (2000), manifiestan que el contacto de la pezuña en movimiento con la superficie del suelo es capaz de provocar la destrucción de los agregados existentes, afectando negativamente a las fuerzas que mantienen la estabilidad.

Los efectos directos del pastoreo sobre la estructura de la vegetación, se relacionan con daños selectivos a plantas individuales por herbívora y pisoteo. De manera que a mediano y largo plazo ocurren cambios en las comunidades de plantas y animales, perturbaciones en el suelo y en los procesos hídricos, lo cual tiene consecuencias sobre la disponibilidad de recursos y hábitats para la biota nativa (Vargas *et al.*, 2002).

El pastoreo directo establece una serie de acciones entre el animal y el ecosistema pastoril, que generan modificaciones en las características de la vegetación y del suelo. Así, el pisoteo ejerce efectos indirectos sobre el medio edáfico directos e indirectos sobre las plantas. La magnitud de tales interacciones es variable y puede desencadenar procesos degradativos. Las perturbaciones producidas en la superficie del suelo, el grado de modificación del medio ambiente y su incidencia en la degradación del ecosistema dependen de varios factores. Entre ellos la humedad edáfica, las características intrínsecas del suelo, la especie, categoría y estado fisiológico del ganado, el método y presión de

pastoreo, el grado de cobertura vegetal y las especies que componen la pastura (Denoia *et al.*, 2000).

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 y remociones masales (Rivera 2001, citado por Murgueitio 2003).

• **Efectos del pastoreo sobre el medio físico edáfico.** Jaramillo (2002), en Introducción a las Ciencias del suelo, cita a autores con sus respectivas investigaciones que se describen a continuación para ilustrar los efectos del Pastoreo sobre el medio físico edáfico:

Herrera *et al.* (1991), estudiaron los efectos del laboreo en un Andic Eutropept mezclado isomésico de la Sabana de Bogotá, utilizaron como testigo potreros que tenían pastoreo continuo desde hacía 15 años. Con relación a la compactación, las medidas de la resistencia a la penetración mostraron que el lote testigo presentó una resistencia mucho mayor que los sometidos a laboreo reducido y a labranza cero, durante 6 años; a 25 cm de profundidad presentó una resistencia de 50 kg, evidenciando una compactación considerable.

Herrera *et al.* (1993), compararon sistemas de labranza con sistemas de pastoreo en suelos de los Llanos Orientales de Colombia y encontraron que bajo el sistema de pastoreo continuo, durante 12 años, el efecto del pisoteo del ganado es menor cuando se tienen potreros con pastos mejorados que cuando se tiene sabana nativa, debido a que aquellos tienen una mayor producción de biomasa que genera agregados de mayor tamaño y más estables y a que el mayor volumen de raíces que producen mejora la aireación y el movimiento de agua en el suelo.

Perea *et al.* (1991), estudiaron el efecto del tiempo de uso de un determinado sistema de pastoreo en un suelo franco arcillo arenoso, en relieve escarpado; los resultados obtenidos en ésta investigación, para los primeros 5 cm del suelo, se presentan en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Efecto de diferentes tiempos de pastoreo sobre algunas de las propiedades de los primeros 5cm, en relieve escarpado, de la cuenca alta de la quebrada Las Ceibas (Huila).

TRATA- MIENTO*	MATERIA ORGÁNICA (%)	Da (Mg m-3)	POROSIDAD TOTAL (%)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (lb ft-2)	INFILTRACIÓN BÁSICA (cm h-1)	BIOMASA RADICULAR (t ha-1)
TESTIGO	4.8	1.6	38	7.3	13.1	11.0
GRUPO I	6.3	1.6	39	5.9	11.9	9.5
GRUPO II	10.3	1.4	42	3.7	29.4	11.1
GRUPO III	14.2	1.3	50	3.5	36.5	13.5

* Pastos elefante (*Pennisetum purpureum*) y king grass (*Saccharum sinense*) en los grupos y puntero (*Hyparrhenia rufa*) en el testigo. En los grupos, pastoreo 24 horas cada 20 a 35 días, durante 3 o menos años (grupo I), entre 4 y 6 años (grupo II) y entre 7 y 10 años en el grupo III; en el testigo pastoreo intensivo y tradicional más de 20 años.

Del cuadro se aprecia que al utilizar adecuadamente el tipo de pastoreo y los tiempos de recuperación de los potreros, se obtienen mejoras sustanciales en las propiedades físicas de los suelos que están siendo sometidos a explotación ganadera.

Y termina afirmando: Otros efectos nocivos que pueden generarse con el uso inadecuado de la ganadería están relacionados con los movimientos en masa que llegan a producirse a partir de las terracetas formadas por el tráfico del ganado, a través de la dirección de la vertiente. Las terracetas mencionadas van formando un escalonamiento en las laderas cuya parte plana (zona de tráfico) 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.

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 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 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.

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.

5.3 MARCO CONTEXTUAL

5.3.1 Departamento del Putumayo. Se encuentra 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.

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.

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

La parte plana del valle es pantanosa e inundable, debido a su escasa pendiente. La ganadería de tipo extensivo, dedicada principalmente a la producción de leche, cría y levante, es la actividad económica dominante en el Valle. En cuanto a los principales productos agrícolas se destacan el maíz, el frijol, algunos tubérculos y frutas (Integración de los planes de ordenamiento territorial, 2004).

Los suelos del Valle de Sibundoy, están constituidos por materiales orgánicos con

un grado incipiente de descomposición (Histosoles) esto indica que son muy susceptibles de sufrir cambios importantes perfectos de saturación o pérdida de agua, presentando rendimientos desfavorables en cultivos o ganadería en el corto y mediano plazo. Igualmente en las áreas pantanosas los suelos orgánicos son materiales embrionarios de suelo que sufrían procesos de asentamiento superficial por drenaje, compactación por el uso de maquinaria, compactación o disminución por secamiento, quema, erosión eólica y disminuciones críticas del nivel freático (Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2010).

Según el plan de ordenación y manejo de la cuenca alta de río Putumayo (2010), los suelos histosoles en el Valle de Sibundoy se ubican en la consociación San Jorge y la asociación Balsayaco, (Figura 1) las cueles presentan las siguientes características:

- **Consociación San Jorge.** Los suelos que conforman esta unidad de mapeo se ubican en la parte circundante de la llanura lacustre, en superficies amplias, de relieve plano cóncavo y pendientes menores al 1 %. Están desarrollados a partir de sedimentos fluvio lacustres, con drenaje natural pobre. La Consociación está conformada por un 90 % de suelos entisoles y un 10 % de suelos histosoles, se caracterizan por ser muy superficiales y pobremente drenados, de color pardo rojizo oscuro y gris parduzco claro en superficie y pardo grisáceo manchado de pardo fuerte y rojo amarillento en los horizontes inferiores. Las texturas son francas y el pH muy fuerte a fuertemente ácido.

Actualmente las tierras se usan en cultivos de frijol, maíz, potreros con pastos naturales y mejorados también existen parcelas en huertos y chagras.

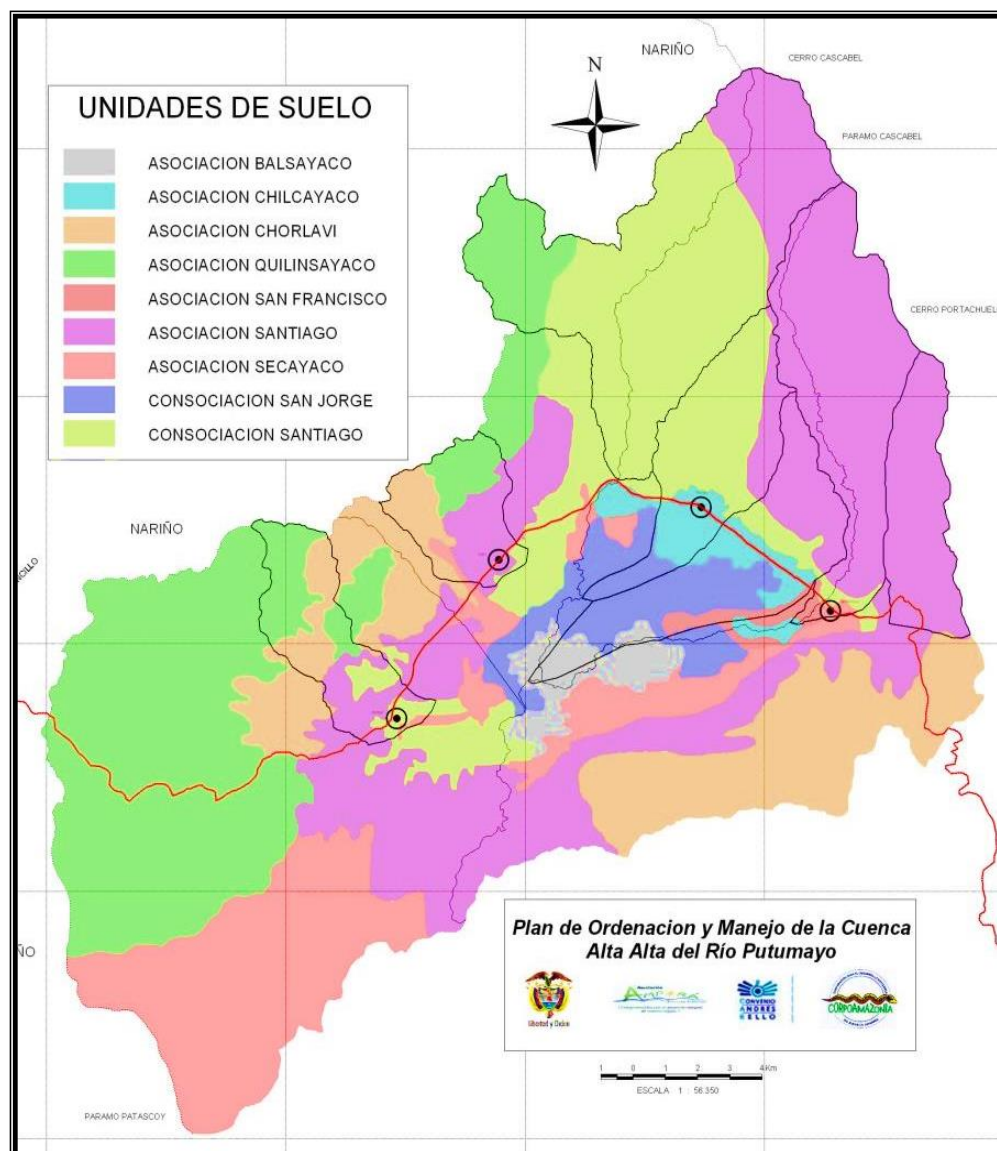
- **Asociación Balsayaco (BS).** Los suelos que conforman esta unidad de mapeo ocupan superficies amplias, de relieve plano - cóncavo, con drenaje natural pantanoso a muy pobremente drenado. En general, estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico, continuamente saturado de agua. Las tierras actualmente se encuentran cubiertas de vegetación de pantano, especialmente totora *Schoenoplectus californicus*, cortadera *cortadeira sp.*, totorilla *Juncos effusus*, zarza y agudas variedades de juncos. Se encuentran también sectores en ganadería propósito lechero y cultivos de frijol, lulo, tomate, maíz. Algunas áreas tienen un uso limitado por el alto nivel freático durante los meses de mayo, junio y julio. La asociación está conformada por suelos histosoles en su 100 % Los suelos presentan en común, altos porcentajes de carbono orgánico, alta capacidad de intercambio cationico. pH fuerte a muy fuertemente ácido y profundidad efectiva superficial.

De este porcentaje el 70 % corresponde a suelos del suborden Hemists los cuales presentan capas orgánicas, de color gris muy oscuro a negro, que descansan

sobre capas orgánicas poco alteradas de color pardo rojizo oscuro medianamente descompuestas, en un 20 % de estos se halla capa mineral intercalada con capas de materiales orgánicos, en estado intermedio de descomposición, estos suelos son utilizados con ganadería holstein propósito lechero con pastos tales como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), *Saboya* (*sasasasa*).

El 30 % restante corresponde al suborden Fibrists los cuales presentan capas orgánicas poco alteradas, de colores pardos rojizos oscuro a pardo oscuro, con contenido de fibras mayor del 70 % por volumen. Estos suelos se ubican en las zonas de pantano con vegetación de totora.

Figura 1. Espaciación de las unidades de suelo en el Valle de Sibundoy.



Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2010.

5.3.3 Municipio de San Francisco. Se encuentra 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. 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, 2003).

5.4 MARCO CONCEPTUAL

5.4.1 Bosque secundario. Es el resultado de la explotación continua del bosque por parte del hombre, en actividades como la agricultura migratoria, el pastoreo y el uso de leñas (Castillo, 2002 citado por Vargas 2012).

5.4.2 Calidad de suelo. Es la capacidad del suelo para funcionar de acuerdo a las demandas de uso, tal como la producción de biomasa, manteniendo su capacidad de resistir a la degradación y de minimizar los impactos ambientales; lo cual abarca no solamente la productividad del suelo si no también la calidad ambiental, seguridad alimentaria, salud animal y humana, degradación de contaminantes y uso de la tierra Parr *et al.*, (1992) citado por López (2002).

5.4.3 Carga animal acumulada. El término comúnmente usado para indicar el potencial ganadera de un territorio ha sido "capacidad de carga" o "capacidad de pastoreo", atendiéndose como la capacidad de un lugar para alimentar y nutrir un número determinado de animales, respondiendo a un enfoque productivo y económico (Sepúlveda, 2004 citado por García 2011).

5.4.4 Chagra. Es la enseñanza de trabajo y de conocimiento de la tradición. En ella se refleja el código del trabajo, se encuentran los mitos, los conjuros y las leyes de origen. La chagra es la fuerza del trabajo espiritual y físico (Román, 2007 citado por Acosta *et al.* 2011).

5.4.5 Color. Es una de las características que más se utiliza para diferenciar los suelos; el color guarda relaciones con la temperatura, la humedad, la cantidad de materia orgánica, el clima, los organismos y, en muchos aspectos sirve para juzgar globalmente la fertilidad del suelo (Sociedad colombiana de ciencias del suelo, 2003 citado por Aldana 2005).

5.4.6 Compactación. Es un proceso por el cual se comprime la masa de suelo como consecuencia de la aplicación de cargas o presiones. En términos físicos, la compactación disminuye el volumen de poros, modifica la estructura porosa y aumenta la densidad aparente según Baver *et al.*, 1991 (Citado por Blanco 2009).

5.4.7 Degradación de los Suelos. Entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la

vida humana (Oldeman, 1989 citado por Espinosa *et al.*, 2011), está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características intrínsecas de los suelos, pero sobre todo con la deforestación, el establecimiento de sistemas agrarios inapropiados y el impacto que causan las políticas públicas en el medio ambiente.

5.4.8 Densidad aparente. Se define como el peso secado al horno de un volumen unitario del suelo incluyendo espacios porosos y expresados frecuentemente en g/cc (Cavazos y Rodríguez, 1992 citado por Sánchez *et al.*, 2003).

5.4.9 Densidad real. Es también llamada densidad de las partículas, y corresponde a la densidad de la fase sólida del suelo, es decir no incluye espacios porosos. Se pueden esperar valores de alrededor de 2.65 g/cc, y de 0.20 g/cc materia orgánica (Gil 2002 y Rivera 2008 citados por García 2011).

5.4.10 Ecosistema. Este concepto emergió en la búsqueda por comprender las interacciones entre los seres vivos y el ambiente no vivo que los rodea. Posteriormente a ello surgió el concepto de servicio que buscaba reconocer la dependencia que tiene el ser humano de los ecosistemas (Rosa, 2003 citado por Zuluaga *et al.*, 2011).

5.4.11 Estructura del suelo. Fue definida como la organización espacial de las partículas del suelo, agregados y poros (Warkentin, 2008 citado por Imhoff *et al.*, 2009).

5.4.12 Ganadería extensiva. “Es aquel sistema de crianza de ganado que se lleva a cabo en grandes extensiones de terreno, donde la carga va hasta 2 animales por hectárea” FINAGRO, (2009) citado por Gómez *et al.*, (2011). Este proceso es contrario al intensivo, pues los animales se encargan de seleccionar su propio alimento de acuerdo a los forrajes que encuentran en los potreros, y el proceso de supervisión y vigilancia se hace esporádicamente, permitiendo que los animales pastorean libremente. La ganancia de peso diaria va desde 0 grs/día hasta 450grs/día.

5.4.13 Histosoles. Son suelos típicamente orgánicos, aunque pueden tener algunos horizontes delgados de materiales minerales (Jaramillo, 2002 citado por Sanclemente 2011).

5.4.14 Infiltración. Puede definirse como la expresión del movimiento vertical y descendente del agua en los primeros horizontes del suelo (Prieto Pinzón *et al.* 2006 citados por García 2011).

5.4.15 Resistencia a la penetración. Es la capacidad del suelo, en su estado confinado de resistir la penetración de un objeto rígido (López 2002).

5.4.16 Porosidad. Es un indicador de estructura de suelo fácilmente alterable por los factores de manejo, y su condición tiene alta relación con la capacidad de absorción, movimiento y almacenaje de agua en el suelo (Paz González *et al.* 2001 y Casanova *et al.* 2003, citados por García 2011).

5.4.17 Suelo. Según Murgueito *et al.*, 2000 citado por Aldana (2005) el suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas y como despensa de agua y de otros elementos necesarios para el desarrollo de los vegetales. El suelo es conocido como un ente vivo en el que habitan gran cantidad de seres vivos como insectos y microorganismos (hongos y bacterias) que influyen en la vida y desarrollo de las plantas.

5.4.18 Textura. Es la proporción relativa, en una masa de suelo, de fracciones arena, limo y arcilla. Permite conocer la capacidad de retención de agua disponible, circulación de agua, capacidad para almacenar nutrientes y los riesgos de erosión (Sociedad colombiana de ciencias del suelo, 2003 citado por Aldana 2005).

6. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de la presente investigación denominada: “Efectos de los sistemas de producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de San Francisco departamento del Putumayo.” considero los siguientes aspectos:

6.1 LOCALIZACIÓN

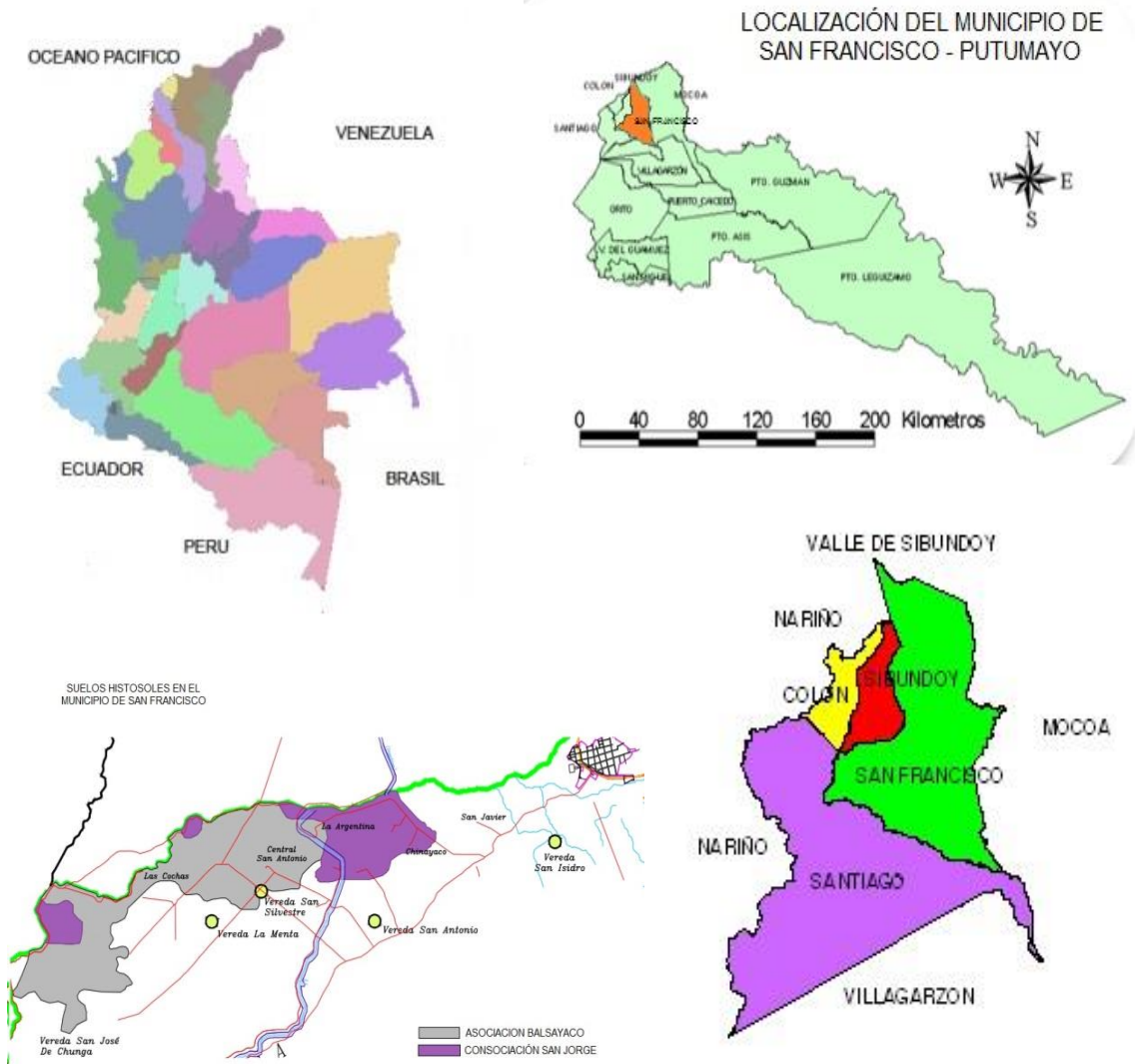
Con el fin de establecer las áreas de mayor presión ganadera, se realizó una revisión bibliográfica del tema, analizando los estudios de clasificación de suelos realizados en el valle de Sibundoy de donde se halló que los suelos histosoles se ubican en la consociación San Jorge y la asociación Balsayaco.

Buscando ubicar el área base de investigación, se realizó una superposición de mapas (mapa suelo cuenca alta del río Putumayo y mapa base del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Francisco) (Anexo A); delimitando la zona con el mayor porcentaje de suelos histosoles que pertenecen a la asociación Balsayaco, por lo cual fue seleccionada como área de muestreo donde se presentan uniformidad en su relieve, y características homogéneas en el suelo.

El área de estudio de la investigación se ubica principalmente en las veredas San José del chungo, San Silvestre, Central San Antonio, La Menta, extendida sobre la margen derecha del antiguo cauce del río Putumayo límite del municipio. Los suelos histosoles poseen drenaje natural pantanoso a muy pobremente drenado, en general, estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico, continuamente saturado de agua, presentan en común, altos porcentajes de carbono orgánico, alta capacidad de intercambio catiónico, pH fuerte a muy fuertemente ácido y profundidad efectiva superficial (Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2010).

El trabajo de investigación se realizó en la parte plana del municipio de San Francisco que se encuentra 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 (Figura 2). 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, 2003).

Figura 2. Localización municipio de San Francisco y los suelos histosoles



6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Una vez seleccionada el área de muestreo y determinada la homogeneidad de los suelos de tipo histosoles con pendientes planas. Fue importante conocer los diferentes manejos que se presentan en la zona de estudio, por lo cual se recolectó información sobre el tiempo de uso ganadero y otras actividades que se realizan en la zona de estudio; y se establecieron los tratamientos que son los siguientes:

To: Bosques secundarios ubicados en la zona plana con cuatro (4) repeticiones.

T1: Chagras tradicionales con cuatro (4) repeticiones.

T2: Fincas ganaderas de menos de diez (10) años de uso con cuatro (4) repeticiones.

T3: Fincas ganaderas de más de veinte (20) años de uso con cuatro (4) repeticiones.

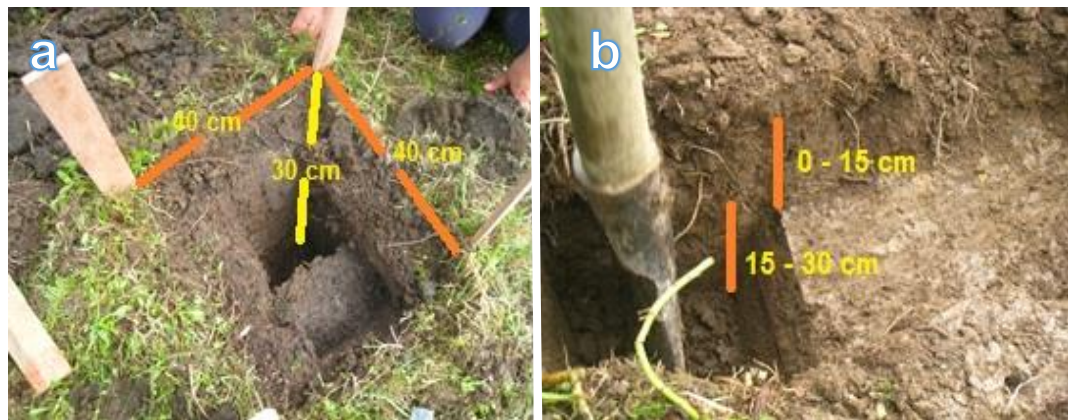
Una vez establecido los tratamientos cada uno con cuatro (4) repeticiones, para un total de dieciséis (16) unidades experimentales (Anexo B) y las coordenadas de ubicación (Anexo C).

Se diseñaron dos encuestas, la primera para los propietarios de las fincas ganaderas seleccionadas (8) para los tratamientos T2 y T3, la segunda para los propietarios de las chagras tradicionales (Anexo D y E), que permitió conocer algunos aspectos del tiempo de uso, tipo de manejo, entre otros.

6.3 MUESTREO

En cada una de las unidades experimentales (16) se determinaron algunas propiedades físicas del suelo, para lo cual se realizaron en cada una de ellas, tres (3) calicatas de 40cm x 40cm x 30cm, de forma aleatoria en el área, tomando muestras a la profundidad del sistema radicular de las plantas de 0 a 15cm y de 15 a 30cm. (Figura 3).

Figura 3. Muestreo en campo.



a). Medidas de Calicatas. **b).** Profundidades de muestreo.

En el proceso de muestreo en cada calicata se eliminó la vegetación superficial, las muestras disturbadas se tomaron con la ayuda de una pala recta efectuando u excavaciones de 0 a 15 y de 15 a 30 de profundidad tomando tajadas de 3 cm de espesor, una vez extraída se tomó verticalmente un pedazo de aproximadamente 5 cm de ancho a lo largo de la tajada eliminando los bordes laterales con la ayuda de un cuchillo. Una vez extraídas las muestras de las 3 calicatas se mezclaron en un balde y posteriormente se empaclaron en bolsa debidamente rotulada

aproximadamente 500 gr que se enviaron y analizaron en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño (Figura 4).

Figura 4. Toma de muestras disturbadas.



a). Muestreo con pala. b). Rótulos de muestras.

Figura 5. Toma de muestras sin disturbar.



a). Ubicación del anillo. b). Manipulación muestreador. c). Retirado de muestra. d). Enrasado de los bordes.

Para las muestras sin disturbar se utilizó anillo de acero de volumen conocido (5 cm de diámetro, 2,5 cm de alto y 2 mm de grosor) que se colocó horizontalmente sobre la superficie del suelo y sobre él se coloca un muestreador que se golpeó uniformemente para introducir el anillo sin afectar la muestra hasta la profundidad deseada, luego se retiró la muestra y se procede a hacer el procedimiento de laboratorio (Figura 5).

6.4 VARIABLES EVALUADAS

Para determinar cuáles de las propiedades físicas con relación al tiempo de manejo de ganadería bovina en suelos histosoles, se optó por el uso de indicadores sensibles de la siguiente manera:

6.4.1 Propiedades físicas. Color en húmedo y seco, textura al tacto, densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%), resistencia a la penetrabilidad (Mpa) y estabilidad de agregados (SI).

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

Las variables físicas y la metodología correspondiente para cada una de ellas se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables y técnicas utilizadas.

Propiedad	Método de Caracterización
Color	Tabla Munsell
Textura	Organoléptico
Densidad aparente (Da)	Cilindro de volumen conocido
Densidad real (Dr)	Picnómetro
Porosidad (Pr)	$1 - \left(\frac{Da}{Dr}\right) * 100$
Penetrabilidad	Penetrógrafo
Humedad gravimétrica	Estufa a 105 °C
Humedad volumétrica	$\left(\frac{Da}{Da * g}\right) * H$
Estabilidad de agregados en húmedo	Yoder modificado por De Leenheer y De Boold, (1959)

6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la discusión de los resultados, inicialmente se tomó cada una de las variables evaluadas realizando una comparación entre la profundidad de muestreo (0 a 15 y 15 a 30 cm) que permitió comparar los resultados de las 2 profundidades, además se realizó un análisis estadístico con el análisis de varianza, el método empleado para discriminar entre las medias fue el procedimiento de diferencias mínimas significativas LSD de Fisher y un análisis estadístico multivariado (correlaciones múltiples y componentes principales) que permitió establecer los principales factores y el porcentaje de participación que tiene cada una de las variables evaluadas, permitiendo realizar las respectivas correlaciones más pertinentes dentro de las variables físicas evaluadas que sirva como indicador de la situación actual de los suelos evaluados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo se divide en tres partes: la primera reúne la información de cada una de las propiedades físicas evaluadas contrastando los niveles de profundidad, la comparación del análisis de varianza y de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, en la segunda se expone la discusión de los resultados a través del análisis estadístico multivariado (correlaciones múltiples y componentes principales), y en la tercera se discute la encuesta realizado a los propietarios de los predios evaluados.

7.1 PROPIEDADES FÍSICAS

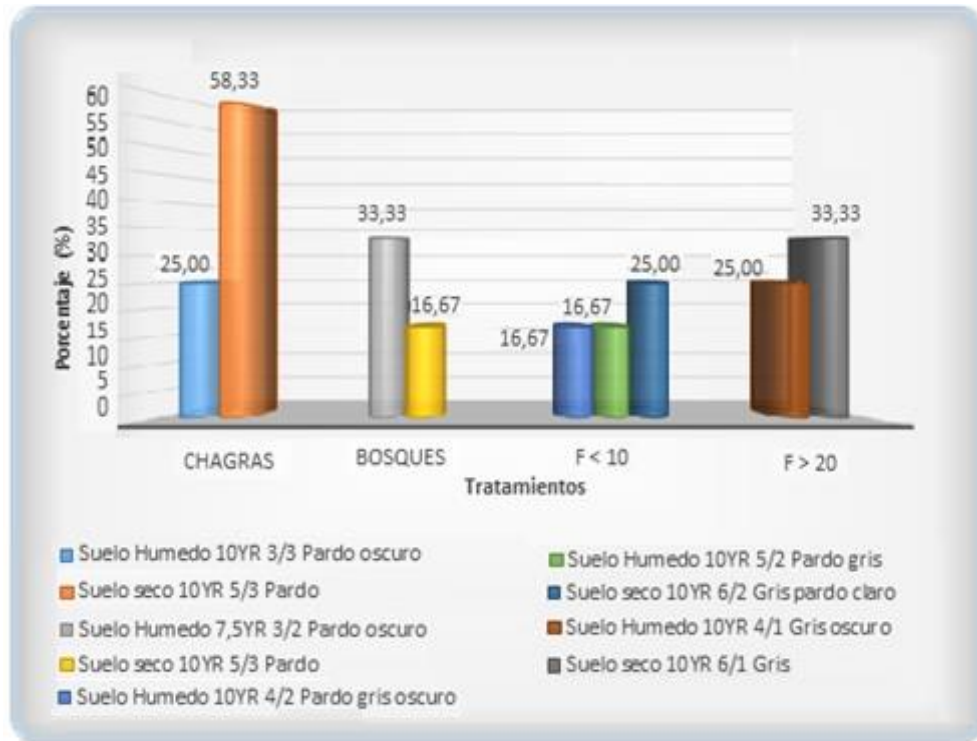
El análisis estadístico de las variables, densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad (%), humedad gravimétrica (%) y estabilidad de agregados (SI), resultó estadísticamente no significativa ($P > 0,05$), por el contrario, la humedad volumétrica (%) presenta diferencias entre la media de un nivel de tiempo de uso y otro (Cuadro 3). Por tales motivos se realizó un análisis general de ellas y la prueba de múltiples rangos mediante el procedimiento de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fischer, tomando como base los resultados obtenidos en el laboratorio y en campo (Anexo F).

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables físicas en suelos histosoles a través del tiempo de uso para ganadería bovina.

Valor - P		
Variables Físicas	Profundidad (cm)	
	0 - 15	15 - 30
Densidad aparente (g/cc)	0,6975	0,2202
Densidad real (g/cc)	0,3286	0,3739
Porosidad (%)	0,8280	0,1599
Estabilidad de agregados (SI)	0,7806	0,3079
Humedad gravimétrica (%)	0,4114	0,2481
Humedad volumétrica (%)	0,0164	0,0488

7.1.1 Color. Esta variable se determinó en los 4 tratamientos y las 2 profundidades de evaluación tanto en húmedo como en seco (Anexo G), los resultados de los tratamientos son los siguientes:

Figura 6. Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en la profundidad 0 a 15 cm.



En la Figura 6 podemos observar la variación de colores en la investigación, en los bosques (T0) las tonalidades en húmedo fueron 6 destacándose 7,5YR 3/2 (Pardo oscuro) con un 33,33 % correspondiente a 4 muestras, en suelo seco se encontraron 11 tonalidades siendo el más representativo 10YR 5/3 (Pardo) con 16,67 % correspondiente a 2 muestras.

En chagras (T1) se obtuvieron 9 tonalidades en suelo húmedo de las cuales el más representativo fue el color 10YR 3/3 (Pardo oscuro) con 3 muestras que corresponde a un 25 %, en suelo seco 6 tonalidades dominando con 58,33 % el color 10YR 5/3 (Pardo) con 7 muestras.

En las fincas menores de 10 años de uso ganadero (T2) se encontraron 10 tonalidades y se observó que los colores más representativos en húmedo son 10YR 4/2 (pardo gris oscuro) y 10YR 5/2 (pardo gris) cada uno con 16,67 % correspondiente a 2 muestras y en seco se encontraron 9 tonalidades sobresaliendo 10YR 6/2 (gris pardo claro) con 25 %, 3 muestras. En fincas mayores de 20 años de uso ganadero (T3) se encontraron 8 tonalidades en húmedo siendo el color más representativo 10YR 4/1 (gris oscuro) con 25 % (2 muestras), y en seco 7 tonalidades sobresaliendo 10YR 6/1 (gris) con 33,33 % que corresponde a 4 muestras.

Figura 7. Porcentajes de variación de color de los diferentes tratamientos en la profundidad 15 a 30 cm.



Los resultados de color de la profundidad de 15 a 30 cm que se evidencian en la Figura 7 son los siguientes: en los bosques secundarios (T0) en suelo húmedo se observó 9 tonalidades de las cuales el color 5YR 3/2 (Pardo rojizo oscuro) fue el más representativo con un 25 % correspondiente a 3 muestras, en suelo seco se obtuvieron 9 tonalidades donde el color más representativo con 33,33 % fue el 10YR 6/2 (Gris pardo claro) con 4 muestras.

En las Chagras tradicionales (T1) para suelo húmedo se encontraron 9 tonalidades diferentes de las cuales el color más representativo fue el 7,5YR 3/2 (Pardo oscuro) con 3 muestras correspondientes al 25 %, en suelo seco se observaron 5 tonalidades en donde con el 41,67 %, es decir, 5 muestras el color más sobresaliente fue el 10YR 6/2 (Gris pardo claro).

Para las fincas con menos de 10 años de uso en ganadería (T2), se observaron en las muestras en húmedo 11 tonalidades donde con 16,67 % correspondiente a 2 muestras el color 10YR 4/1 (Gris oscuro) fue el más distintivo, y en suelo seco se observaron 5 tonalidades de las cuales el color más repetitivo fue el 10YR 6/2 (Gris pardo claro) con 25 % correspondiente a 3 muestras. En las fincas ganaderas mayores de 20 años de uso, se determinó que en el suelo húmedo de las 8 tonalidades encontradas el color más dominante fue 10YR 4/1 (Gris oscuro)

con 33,33 % respectivo a 4 muestras, para el suelo en seco, se observaron 5 tonalidades de las cuales con un 41,67 % el color 10YR 6/2 (Gris pardo claro) fue el más representativo con 5 muestras.

Teniendo en cuenta que los suelos evaluados corresponden a una misma unidad de muestreo la asociación Balsayaco se pudo evidenciar que existen diferentes tonalidades en los 4 tratamientos tornándose los colores más oscuros en el bosque en las dos profundidades de muestreo esto debido a que los colores oscuros generalmente están determinados por la presencia de materiales orgánicos descompuestos e influenciada su intensidad por el contenido de humedad (Valenzuela y Torrente, 2013).

De igual forma es el bosque quien además presenta las menores variaciones de color entre profundidades de muestreo debido a que el movimiento del perfil es muy bajo por no existir procesos de labranza en este tipo de suelos. En la chagras la pigmentación predominante fueron los pardos tanto en seco como en húmedo este color está muy asociado a estados iniciales a intermedios de alteración de suelos; se relaciona con condiciones de niveles medios a bajos de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad, esto debido a que en las chagras se da un manejo adecuado al sistema de producción siendo muy sostenible debido a que en ellas se genera interacciones entre suelo, planta y animal.

Se pudo apreciar que a través del tiempo de uso, los suelos manejados menos de 10 años y más de 20 bajo el manejo del sistema de pastoreo continuo los suelos evaluados en las dos profundidades en un alto porcentaje fueron los grises hecho que obedece a que como lo manifiesta (Valenzuela y Torrente, 2013) estos suelos se presentan bajo condiciones de mal drenaje. Al respecto Salamanca (1984) manifiesta que un exceso de agua y ausencia de oxígeno favorece la proliferación de microorganismos anaeróbicos, que reducen el hierro férrico a ferroso, pasando del color rojo al gris; el color rojo supone buena aireación.

Al respecto Ovalle (2003) afirma que los colores grises pueden ser indicativo del ambiente anaeróbico. Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo. Bajo estas condiciones las bacterias anaeróbicas utilizan el Fe férrico (Fe^{3+}) presente en minerales como la goetita y la hematita como un aceptor de electrones en su metabolismo. En este proceso se genera la forma reducida del ión Fe ferroso (Fe^{2+}), que es soluble en agua e incoloro. La pérdida de pigmentos deja un color gris en la superficie del mineral y si la saturación con agua se prolonga por largos períodos, la zona completa adquiere la coloración gris.

Cuando cesa la saturación con agua la forma reducida del Fe se oxida nuevamente, generándose colores característicos, como es el moteado anaranjado de la lepidocrocita (tiene la misma fórmula de la goetita, pero difieren en la estructura del cristal) en las grietas del suelo. Si el suelo se airea

rápidamente se genera el moteado rojo brillante propio de la ferrihidrita en los poros y grieta; este mineral no es estable y en consecuencia, se transforma en lepidocrocita con el tiempo.

Corroborando lo afirmado por el instituto geográfico Agustín Codazzi en 1990 donde determinan que la asociación Balsayaco ocupan superficies amplias, de relieve plano cóncavo, con (drenaje natural) pantanoso muy pobremente drenado en general estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponer o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico continuamente saturado de agua.

7.1.2 Textura. La proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo es llamada textura. La textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo, esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, los nutrimentos aprovechables y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación (Aldana, 2005).

En campo se determinaron las clases texturales por el método organoléptico (textura al tacto); Cuadro 4.

Cuadro 4. Determinación de la textura al tacto con suelo húmedo.

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

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

Los resultados de las clases texturales obtenidas se muestran en las Figuras 8, 9,10 y 11 y el Anexo H.

Los resultados de los grados texturales, en los bosques secundarios fueron en la profundidad 1 (0 a 15 cm) la textura representativa con 25 % fue franca arcillosa (FAr), en la profundidad 2 (15 a 30 cm) la dominante fue arcillosa (Ar) con 25 %.

Las texturas más representativas en chagras tradicionales de la profundidad 1 fueron arcillosa (Ar) y franca limosa (FL) con 33,33 y 25 % respectivamente, en la profundidad 2 se presentó el mismo resultado, con el incremento de 8 % en la textura franca limosa (FL), correspondiente al 33,33 %.

En las fincas menores de 10 años de uso ganadero la textura con mayor presencia en el muestreo en la profundidad 1 fue la textura franca limosa (FL) con 50 % y en la profundidad 2 con un 33,33 % la arcillo limosa (ArL) seguida por la textura franca limosa (FL) y arcillosa (Ar) con 25 % y 16,67 % respectivamente.

Figura 8. Clases texturales de los bosques secundarios (T0) a las profundidades de muestreo.

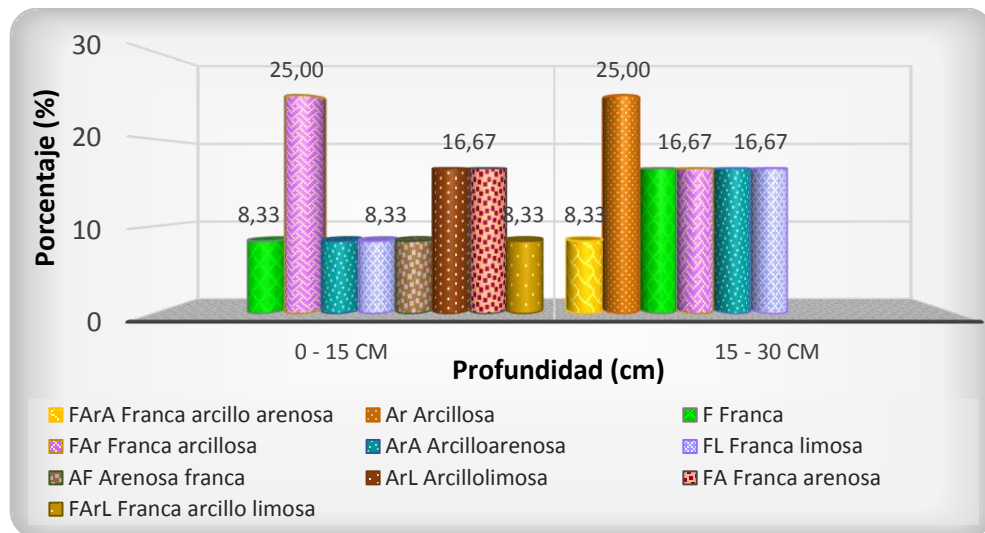
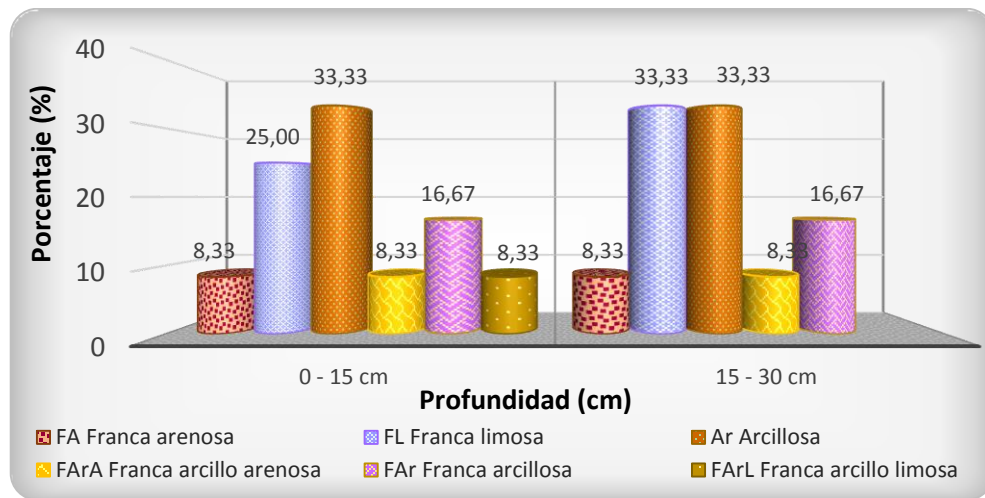


Figura 9. Clases texturales de los chagras tradicionales (T1) a las profundidades de muestreo.



Con respecto a las fincas mayores de 20 años de uso ganadero las texturas más representativas en la profundidad 1 fueron la arcillo limosa (ArL) 41,67 % seguida por arcillosa (Ar) 33,33 % y franca limosa (FL) 16,67 %, en la profundidad 2 se encontraron la arcillo limosa (ArL) con 50 % y la arcillosa (Ar) con 25 %.

Figura 10. Clases texturales de los fincas ganaderas con menos de 10 años de uso (T2) a las profundidades de muestreo.

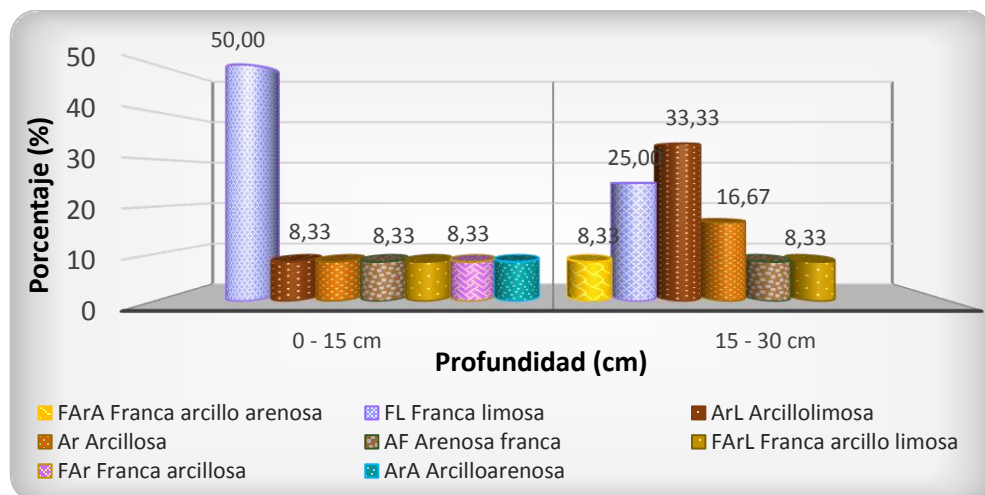
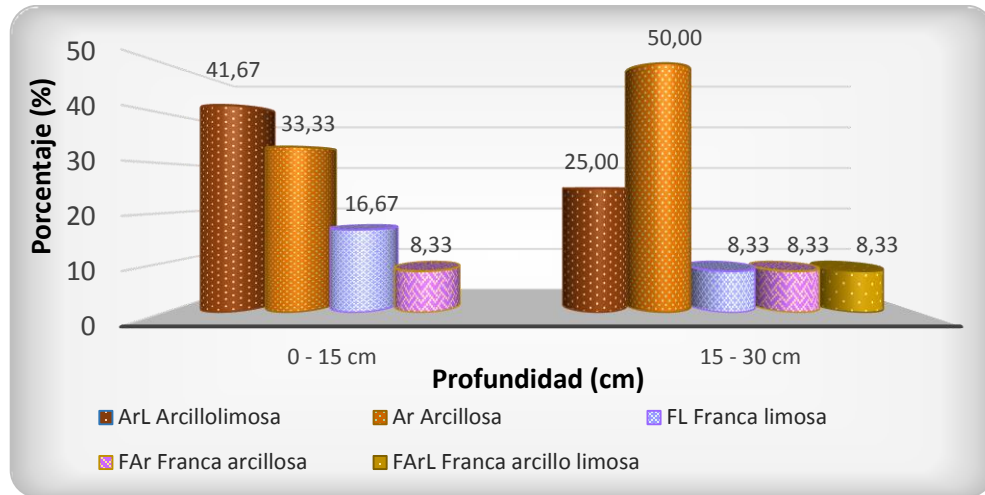


Figura 11. Clases texturales de los fincas ganaderas con más de 20 años de uso (T3) a las profundidades de muestreo.



Los grados texturales evaluados en todos los tratamientos se caracterizaron por ser arcillosos con sus combinaciones, debido a que como afirma INGEOMINAS (2001), los procesos de degradación que ocurren en las zonas de ladera, ocasionan represamiento de cauces. Las corrientes arrastran gran contenido de sedimentos aproximadamente de 800.000 m³ anuales, colmatando con frecuencia las fuentes hídricas del valle, originando inundaciones que conducen los sedimentos hasta la llanura lacustre donde se encuentran los suelos histosoles, generando cambios en la composición del material de origen vegetal.

Cabe resaltar que este proceso es frecuente y con mayor incidencia en épocas invernales donde las microcuencas aledañas a los suelos de la zona de estudio se desbordan arrastrando con ellos diferentes tipos de agregados, principalmente arcillas debido a que los suelos de la parte alta son de tipo inceptisoles formados con alto porcentaje arcillas especialmente alófanas (Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2010) que han cambiado la característica textural de los suelos en estudio, que se hallan en las partes bajas de los valles de inundación, donde estas arcillas han sido depositadas capa a capa en las inundaciones, llegando a conformar una estructura laminar (Valenzuela y Torrente, 2013).

Según Viveros (1988) las texturas con componente arcilloso presentan las siguientes características, pobres condiciones de labranza e infiltración, buena capacidad de retención de humedad, con fertilidad potencial mediana, una permeabilidad baja, drenaje interno muy pobre o de tendencia pantanosa y alta resistencia a la erodabilidad, además los componentes de formación de suelos histosoles corroboran estas características.

7.1.3 Densidad aparente (D_a). Esta propiedad permite evaluar el efecto del manejo sobre el suelo, por lo que es un indicador de calidad de suelo 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 (Rubio y Lavado, 1990 y Gil, 2002, citados por García, 2011) por ello es importante la evaluación de esta propiedad para esta investigación.

El procedimiento que se desarrolló en el laboratorio para la determinación de la D_a se puede observar en la Figura 12.

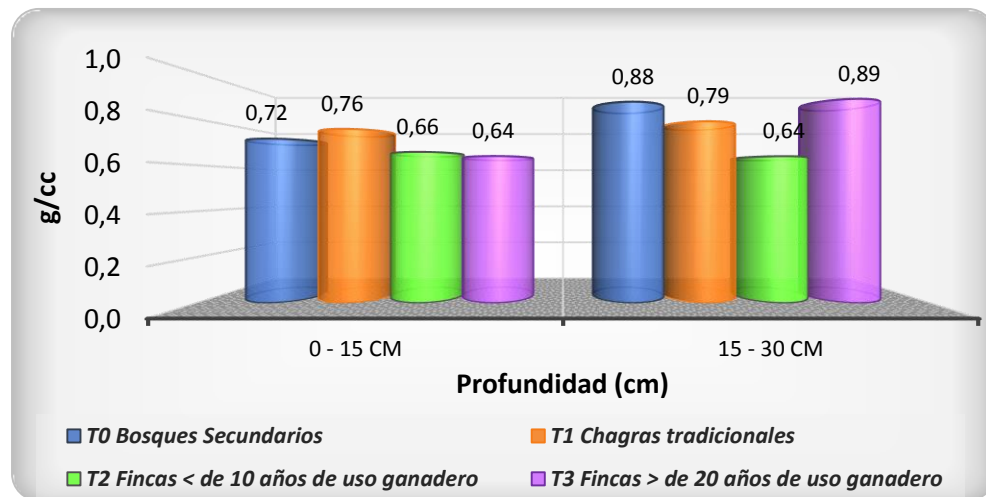
Figura 12. Determinación de la densidad aparente en el laboratorio.



a). Peso de la muestra en húmedo. **b).** Muestras al horno a (105°C). **c).** Muestras después de 24 horas. **d).** Peso de la muestra en seco.

A continuación se muestran los resultados de los promedios obtenidos de la densidad aparente en los diferentes tratamientos (Figura 13):

Figura 13. Promedios de la densidad aparente en los tratamientos.



Los valores de densidad aparente encontrados a profundidad de 0 a 15 cm presentaron los siguientes resultados, para las chagras tradicionales la media fue 0,76 g/cc, seguida por el tratamiento bosque, fincas menores de 10 años de uso ganadero y finalmente las fincas mayores de 20 años de uso ganadero con valores de 0,72, 0,66 y 0,64 g/cc respectivamente, a profundidad de 15 a 30 cm la media para los diferentes tratamientos fue 0,89 g/cc en las fincas mayores de 20 años de uso ganadero seguida por bosques secundarios, chagras tradicionales y fincas menores de 10 años de uso ganadero, con 0,88, 0,79 y 0,64 g/cc respectivamente.

Se encontró que la Da más alta fue la de los bosques con un promedio entre las dos profundidades de 0,8 g/cc, lo que obedece a que las raíces de las plantas se entrelazan generando una presión por la alta densidad vegetal sobre el suelo, en las chagras la densidad promedio fue 0,77 g/cc, debido posiblemente al manejo de estos sistemas donde existe una diversidad vegetal alta, produciendo el mismo efecto que en los bosques, además el proceso de manejo agrícola en estos suelos inestables requiere el drenaje permanente generando una disminución del volumen de los suelos al quitarles el agua y por ende aumenta la densidad aparente.

Al respecto Da Rocha (1973), afirma que los suelos histosoles están constituidos por materiales orgánicos con un grado muy incipiente de descomposición, lo cual indica por una parte que son muy susceptibles a sufrir cambios importantes por efecto del drenaje, particularmente subsidencia o disminución permanente de elevación y por otra que su productividad es muy baja, por lo que no puede

esperarse de ellos rendimientos aceptables en cultivos o en ganadería a corto o mediano plazo.

Los valores más bajos en D_a se encontraron en las fincas menores de 10 años de uso, debido a que las repeticiones evaluadas tenían un manejo agrícola antes de iniciar la producción ganadera, que al cambio de actividad con el deterioro de los drenajes, retornaron los procesos naturales de inundación frecuente, de ahí que los suelos orgánicos vuelven a su estado normal de volumen y disminuyen por ende su densidad, situación similar se presenta en las fincas mayores de 20 años de uso ganadero.

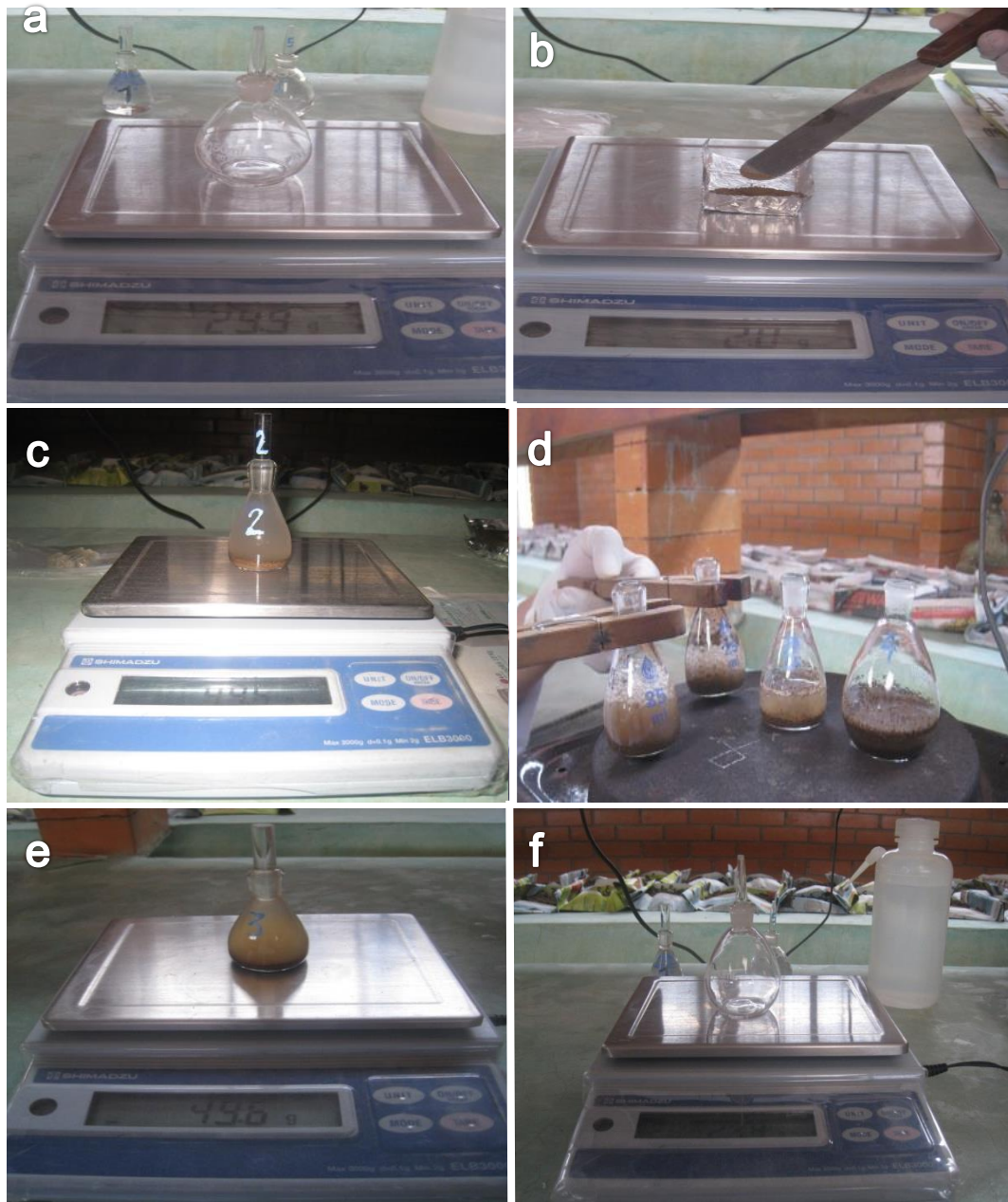
En general los valores obtenidos en todos los tratamientos a las 2 profundidades evaluadas están relacionados con las características de los suelos orgánicos que muestran valores sorprendentemente bajos en relación a suelos minerales y tienen una amplitud grande de variación donde los promedios más generales son de 0,5 g/cc para materiales orgánicos evolucionados que presentan contribución del material mineral (Da Rocha, 1973) y de menos 1 g/cc señalándose valores tan bajos como 0,06 g/cc de peso seco para turbas no evolucionadas (Burbano, 1989).

Los valores de densidad aparente de los suelos orgánicos aumentan conforme decrece su contenido de fibra por efecto de su descomposición (maduración) y con el aumento en el contenido de la fracción mineral, también cambian el tipo de vegetación presente y el contenido de humedad en la época presente (Everett 1983, citado por Alvarado y Forsyth, 2005), esto nos permite afirmar que la densidad aparente obtenida en los suelos de la investigación que fluctúa entre 0,4 a 1,3 g/cc, y los valores más altos están determinados por que existe una adición constante de sedimentos sobre la laguna lacustre que incrementan la D_a , además los valores de densidades obtenidos se deben a los procesos de manejo del pisoteo constante del ganado sobre los suelos generando cambios en esta propiedad.

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

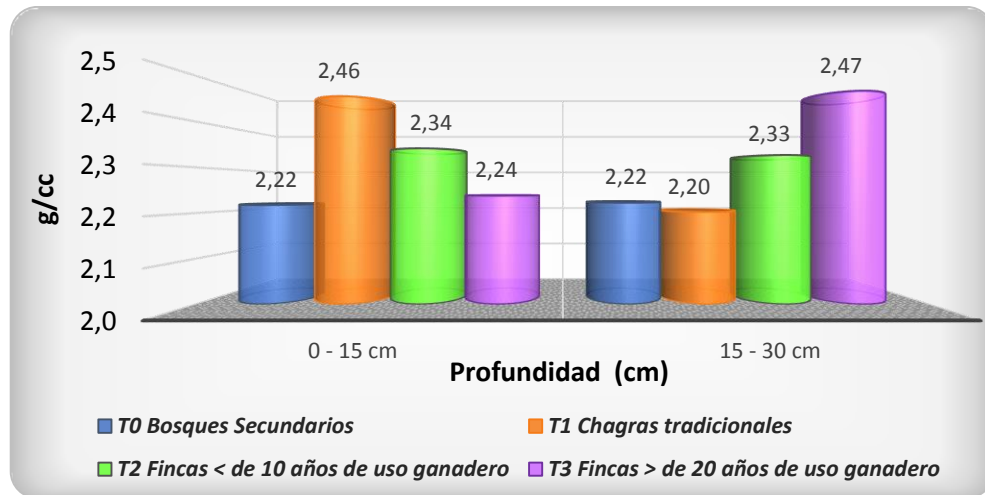
En el laboratorio para establecer el valor de D_r se utilizó el método del picnómetro como se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 14. Determinación de densidad real en el laboratorio.



a). Peso picnómetro vacío. **b).** Peso de suelo. **c).** Peso picnómetro más suelo más agua. **d).** Muestra puesta a estufa. **e).** Peso de la muestra después de hervir. **f).** peso picnómetro más agua.

Figura 15. Promedio densidad real en los tratamientos.



El análisis promedio, mostro que no se presentaron diferencias significativas de esta variable ($P > 0,05$). La densidad real encontrada presenta valores promedios entre 2,20 y 2,47 g/cc dando como valor más alto en la profundidad 1 (0 a 15 cm) las chagras tradicionales 2,46 g/cc y con menor valor los bosques secundarios 2,22 g/cc; en cambio en la profundidad 2 (15 a 30 cm) el valor más alto se presentó en las fincas mayores de 20 años de uso ganadero 2,47 g/cc y el menor valor en chagras tradicionales 2,20 g/cc, demostrando poca variabilidad que puede deberse a que estos suelos son del mismo tipo (Figura 15).

La situación anterior descrita es considerada normal ya que de acuerdo con lo expresado por Henríquez y Cabacelta (1999), esta propiedad presenta una baja variabilidad con relación a la densidad aparente. Al respecto Barrera (1993) manifiesta que esta propiedad no es afectada ni por la estructura ni por la textura del suelo y depende solo del peso de materiales que lo constituyen.

Bastidas *et al.*, (1970) citados por Da Rocha (1973), encontraron que la densidad real de suelos orgánicos del Valle de Sibundoy fue de 0,98 g/cc, lo cual nos lleva a inferir que con el tiempo y el manejo de estos suelos ha aumentado la cantidad de sólidos minerales en estos suelos. Lo anterior nos permite analizar que los valores de D_r cambian en función del tipo de minerales del material madre y de la cantidad de materia orgánica del suelo, puesto que ella pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de las partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo (Buckman y Brady, 1977, citados por Rubio, 2010).

7.1.5 Porosidad total en porcentaje (%). Determina la capacidad de éste para almacenar agua o aire, siendo un parámetro muy relevante para el desarrollo y

supervivencia de las plantas y para la actividad biológica del suelo. Puede calcularse a partir de los valores de densidad aparente (D_a) y densidad real (D_r) mediante fórmula.

La porosidad es un indicador de estructura de suelo fácilmente alterable por los factores de manejo, y su condición tiene alta relación con la capacidad de absorción, movimiento y almacenaje de agua en el suelo (Paz González *et al.* 2001; Casanova *et al.* 2003 citados por García 2011).

La porosidad total en la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de Fischer en la profundidad de 15 a 30 cm (Cuadro 5), revela que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95 % de confianza entre los tratamientos (T2 y T0) fincas menores de 10 años de uso para ganadería y bosques secundarios.

Cuadro 5. Pruebas de múltiple rangos para Porosidad (%) por Tiempo de uso. Método: 95,0% LSD.

Tiempo de uso		Casos	Media	Grupos Homogéneos
Bosques secundarios	T0	4	60,8425	x
Chagras tradicionales	T1	4	64,0175	x x
Fincas > de 20 años de uso	T3	4	63,6125	x x
Fincas < de 10 años de uso	T2	4	72,355	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T2 – T3		8,7425	10,6834
T2 – T0	*	11,5125	10,6834
T2 – T1		8,3375	10,6834
T3 – T0		2,77	10,6834
T3 – T1		-0,405	10,6834
T0 – T1		-3,175	10,6834

* indica una diferencia significativa.

Esto probablemente se debe a que en el T2 antes de que se implementara la ganadería, se encontraba establecida la agricultura con sistema de guachado, el cual se basa en el volteo de los horizontes del suelo mediante el corte de cespedones que se doblan hacia los lados, siendo el espacio donde se retira el cespedon la calle entre surcos, de manera que a cierta profundidad se encuentra el material orgánico de la superficie, generando este sistema de acuerdo a Pla (1994), citado por Ordoñez (2007) aumento y estabilidad en la porosidad total del suelo.

A continuación se muestran los valores promedios de porosidad total en los distintos tratamientos (Figura 16).

Figura 16. Promedio de la porosidad en cada tratamiento.



La figura muestra mayores valores de porcentaje de porosidad en los primeros centímetros (0 a 15 cm) en menores de 10 años de uso ganadero 71,29 % y fincas mayores de 20 años de uso ganadero 71,32 % (T2 y T3), seguidos por el (T1) chagras tradicionales 69,08 % y bosques secundarios (T0) 67,53 %; en la profundidad 2 (15 a 30 cm) se presentaron valores menores en los tratamientos T0 T1 y T3 con 60,84, 64,02 y 63,61 % respectivamente; existiendo una marcada diferencia en el (T2) con 72,35 %.

Con respecto a que la porosidad más alta en los primeros centímetros se presentó en las fincas con manejo de ganadería, Rubio & Lavado (1990) citados por Taboada y Micucci (2009), afirman 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.

Las fluctuaciones de porosidad para todos los tratamientos y en la profundidad 1 estuvieron en rangos de 67,53 y 71,31 % con un promedio general de 69,8 % en la profundidad 2 los rangos de 60,84 y 72,35 % con promedio general 65,2 % al respecto Kaurichev (1984), citado por Jaramillo (2002), califica la porosidad total del suelo como excelente de acuerdo al Cuadro 6 lo que permite realizar la interpretación de los datos.

Cuadro 6. Calificación de la porosidad total del suelo.

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

Fuente: Kaurichev 1984, citado por Jaramillo (2002).

A pesar de que la porosidad obtenida en los diferentes tratamientos en alto porcentaje se cataloga como excelente, los valores de humedad están relacionados con los contenidos de materia orgánica (Tapia y Rivera, 2010). Mila (2001), Soriano y Pons (2004), coinciden en que la porosidad se relaciona directamente con la retención y movimiento del agua en el perfil del suelo. Es una propiedad física esencial ya que la aireación y transporte de oxígeno al sistema radicular de las plantas 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.

En los suelos estudiados se presenta una situación diferente debido a que están totalmente saturados de agua en un periodo largo del año generando procesos anaeróbicos que dificultan el crecimiento de las plantas de acuerdo al Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo (2010) esta zona de muestreo comprende las áreas más bajas del paisaje de la altiplanicie dentro de un clima frío muy húmedo, generalmente cubiertas por pantanos y lagunas pequeñas, son de origen orgánico y presentan un nivel freático fluctuante durante casi todo el año, al respecto Burbano (1989) afirma que por lo general los histosoles están saturados y tienen la capacidad muy alta de retención de agua, que se encuentra ya en los poros mayores – agua gravitacional o en los poros finos tal de suerte que no está disponible para las plantas.

Al respecto, Taboada (2007), afirma que cuando el suelo está húmedo, su capacidad portante es menor, y se vuelve propenso a sufrir compactación superficial. Esto no es otra cosa que la deformación superficial del suelo superficial para soportar el peso del animal. Esta deformación se hace a expensas del espacio de macroporos.

7.1.6 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 mineral y orgánica 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 2002).

El análisis realizado para esta variable permitió determinar los siguientes resultados como se observa en la Figura 17.

Figura 17. Promedio de humedad gravimétrica en los tratamientos.



Los valores promedios para la humedad gravimétrica en las dos profundidades se presentaron de la siguiente manera: en la profundidad 1 (0 a 15 cm) el valor más alto se presentó en el T3 fincas mayores de 20 años de uso ganadero 113,02 % seguido de T2 fincas menores de 10 años de uso ganadero con 102,89 %, y los tratamientos T0 bosques secundarios y T1 chagras tradicionales con 84,96 % y 79,33 % respectivamente; en la profundidad 2 (15 a 30 cm) el valor más alto se presentó en las fincas menores de 10 años de uso ganadero 106,72 % seguido por chagras tradicionales 74,16 %, bosques secundarios 69,64 % y chagras tradicionales con 79,33 %.

En algunas muestras el porcentaje de saturación de agua supero el ciento por ciento debido a que el área de estudio, está conformada por suelos histosoles con un alto porcentaje de material vegetal que al determinar la humedad, generaron valores por encima de 100 al deshidratar el material orgánico formador del suelo, corroborando lo afirmado por Da Rocha, (1973) donde manifiesta que la cantidad de agua de los suelos orgánicos pueden registrar valores de 300 % hasta 3200 % dependiendo del material vegetal formador del suelo, además los suelos orgánicos con contenidos de material mineral tienen proporcionalmente más bajos valores de

retención de humedad corroborando los resultados obtenidos en esta investigación.

El porcentaje de humedad de los suelos evaluados fue alto debido a que la asociación Balsayaco al estar formado por suelos histosoles presenta alta saturación que según López, (2002) cuando el suelo es afectado por exceso de humedad, ocurre una exclusión del aire, y el beneficioso intercambio de gases del suelo a la atmosfera se ve impedido. Con este fenómeno se presenta un ambiente, en la zona de desarrollo de raíces del suelo carente de oxígeno, y las actividades biológicas dentro del suelo quedan reducidas a aquellas que pueden obtener energía por respiración, sin la presencia de oxígeno libre.

El manejo de los suelos en estudio se basa especialmente en la producción de pastos para ganado de leche, estos suelos por su alto nivel freático natural dan lugar a la ocurrencia de daño por “poaching” este daño es causado por el flujo del suelo alrededor de la pesuña del animal dejando una huella bien definida o en condiciones de extrema humedad, un suelo totalmente amasado (Taboada 2007).

Los suelos con un régimen extremadamente húmedos son únicos con respecto a su morfología y química, y para la comunidad de plantas que soportan. Tales suelos hídricos son característicos de los humedales y estos ecosistemas representan un sinnúmero de funciones de especial importancia para el ambiente. (Valenzuela y Torrente, 2013).

Es importante destacar que los muestreos de la investigación se realizaron en los meses de enero febrero y marzo época de menor precipitación en la zona por lo tanto existen valores menores del 100 % debido a que los propietarios de los predios tienen establecidos sistemas de drenaje que disminuyen el volumen de agua en suelos histosoles.

7.1.7 Humedad volumétrica. La humedad del suelo, puede ser expresada en términos volumétricos en porcentaje, si se conoce la densidad aparente del suelo (D_a), el valor de la humedad gravimétrica (H_g), medida mediante la relación:

$$H_v = \frac{D_a}{D_{ag}} \times H_g$$

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

La prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher (Cuadro 7 y 8), muestra que a la profundidad 1 y 2 la humedad volumétrica fue estadísticamente significativa con un nivel del 95 % de confianza entre los tratamientos fincas menores de 10 años de uso y bosques secundarios, fincas mayores de 20 años de uso y bosques secundarios y para los tratamientos 20 años de uso y chagras tradicionales, donde la humedad volumétrica oscilo entre 52,76 a 66,06 % en la profundidad 1 y 48,74 a 64,15 % para la segunda profundidad.

Cuadro 7. Pruebas de múltiple rangos para humedad volumétrica (%) por tiempo de uso en la profundidad de 0 a 15 cm. Método: 95,0 % LSD.

Tiempo de uso		Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Bosques secundarios	T0	4	52,8	x		
Chagras tradicionales	T1	4	57,275	x	x	
Fincas > de 20 años de uso	T3	4	65,175		x	x
Fincas < de 10 años de uso	T2	4	66,05			x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T2 – T3		-0,875	8,68646
T2 – T0	*	12,375	8,68646
T2 – T1		7,9	8,68646
T3 – T0	*	13,25	8,68646
T3 – T1	*	8,775	8,68646
T0 – T1		-4,475	8,68646

* Indica una diferencia mínima significativa.

Cuadro 8. Pruebas de múltiple rangos para humedad volumétrica (%) por tiempo de uso en la profundidad de 15 a 30 cm. Método: 95,0 % LSD.

Tiempo de uso		Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Bosques secundarios	T0	4	48,75	x		
Chagras tradicionales	T1	4	56,325	x	x	
Fincas > de 20 años de uso	T3	4	57,95	x	x	
Fincas < de 10 años de uso	T2	4	64,15			x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T2 – T3		6,2	8,68646
T2 – T0	*	15,4	8,68646
T2 – T1		7,825	8,68646
T3 – T0		9,2	8,68646
T3 – T1		1,625	8,68646

T0 – T1		-7,575	8,68646
---------	--	--------	---------

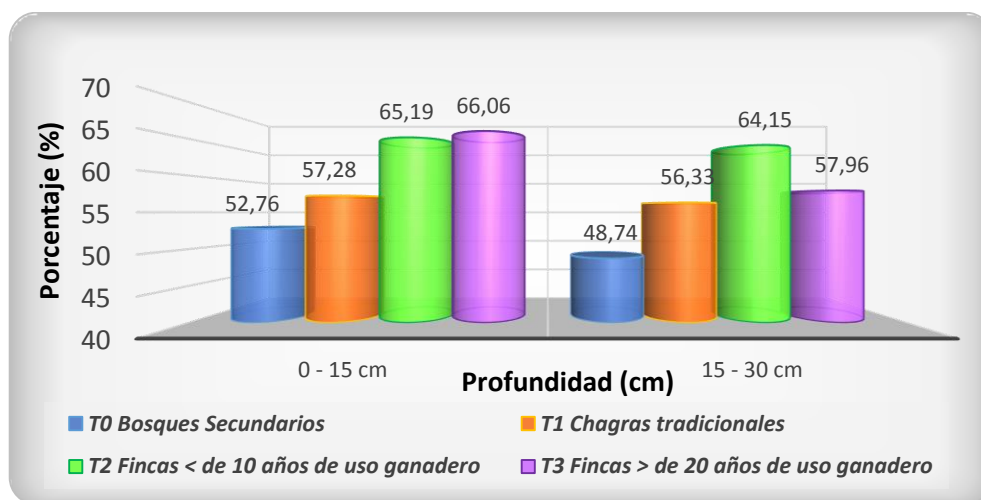
* Indica una diferencia significativa.

Las diferencias estadísticamente significativas encontradas en la humedad volumétrica entre los tratamientos T2 y T0, T3 y T0, posiblemente se deben a que como lo afirma Casas (1999) citado por 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 (Berna *et al.*, 2004).

Además se presentó una diferencia estadística significativa en los tratamientos T3 y T1 debido a que en el sistema (chagras) poseen drenaje y el control de nivel freático, los cuales conforme a (Buckman y Brady, 1967 citados por Da Rocha 1973) son importantes para permitir aireación adecuada en la zona radicular, durante la estación de crecimiento, para otorgarles valor agrícola a las turbas.

En la Figura 18, se muestra los resultados de esta variable en los 4 tratamientos y a las dos profundidades de muestreo obteniéndose los siguientes resultados para cada una de ellos.

Figura 18. Promedio de la humedad volumétrica en los tratamientos.



La humedad volumétrica de los diferentes tratamientos en la profundidad 1, fue mayor en las fincas de más de 20 años de uso con 66,06 %, seguido por T2 fincas menores de 10 años, T1 chagras tradicionales y T0 bosques secundarios con 65,19, 57,28 y 52,76 % respectivamente. En la profundidad 2 el promedio de humedad con mayor valor fue 64,15 % presentado en el T2, seguido por T3, T1 y T0 con 57,96, 56,33 y 48,74 % respectivamente. Estos valores obedecen a la

interacción de factores del suelo como densidad, porosidad, humedad gravimétrica y contenido de materia orgánica (Burbano *et al.*, 2005) corroborando el efecto generado por la dinámica de origen de estos suelos.

7.1.8 Estabilidad de agregados. En los laboratorios especializados de la universidad de Nariño se llevó a cabo el procedimiento para determinar la estabilidad de agregados por el método de índice de estabilidad estructural (SI) propuesto por De Leenheer y De Bood, (1959) citado por Lobo y Pulido (2011) el cual es un procedimiento similar al propuesto por Yoder, mediante el cual se determina el diámetro medio ponderado de agregados tamizados en seco y en húmedo, que se evidencia en la Figura 19.

Figura 19. Procedimiento de laboratorio para estabilidad de agregados.





a). Peso de la muestra. b). Arreglo de tamices. c). ubicación de tamices sobre el equipo y pre-humedecimiento de la muestra. d). Retirado de la muestra. e). Secado de la muestra. f). Peso de la muestra procesada.
 Figura 20. Promedio estabilidad de agregados en los tratamientos.



Al realizar un análisis de los resultados promedios, se comprobó que a profundidades de 0 a 15 cm el tratamiento T3 fincas con mayores de 20 años de producción ganadera presento el menor índice de estabilidad 0,9 SI seguido por T0, T1 y T2 con valores de 0,92, 0,93 y 0,93 respectivamente. En la profundidad 2 de 15 a 30 cm el menor valor corresponde a T2 con 0,88 SI, seguido por T0, T1 y T3 con 0,89, 0,89 y 0,99 respectivamente. La Figura 20, muestra la distribución de la estabilidad de agregados y su comportamiento respecto al índice de estabilidad (SI) de acuerdo a cada tratamiento y profundidad evaluados.

Si se tiene en cuenta los rangos para interpretar la estabilidad de agregados con relación al índice de estabilidad (SI) mencionados por De Leenheer y De Bould,

1958 citado por Lobo y Pulido (2011) Cuadro 9, en general se puede considerar que los suelos bajo el manejo de sistemas de ganadería, presentan muy buena estabilidad de agregados debido a que sus valores fluctuaron entre 0,8 a 1,0 SI, para los diferentes tratamientos y profundidades.

Estos valores son el producto del alto contenido de materia orgánica que presentan en los suelos de estudio, el cual guarda proporción directa con la estabilidad estructural, por lo anterior, los suelo con niveles más altos de materia orgánica desarrollan agregados de mayor tamaño y por consiguiente mejores características (Siavosh *et al.*, 2000).

Cuadro 9. Clases de estabilidad de agregados de acuerdo al índice de estabilidad (SI)

SI	Estabilidad de Agregados
> 1	Excelente
0,8 - 1	Muy buena
0,66 – 0,8	Buena
0,5 – 0,66	Insatisfactoria
< 0,5	Mala

De Leenheer y De Bood, 1958 citado por Lobo y Pulido (2011).

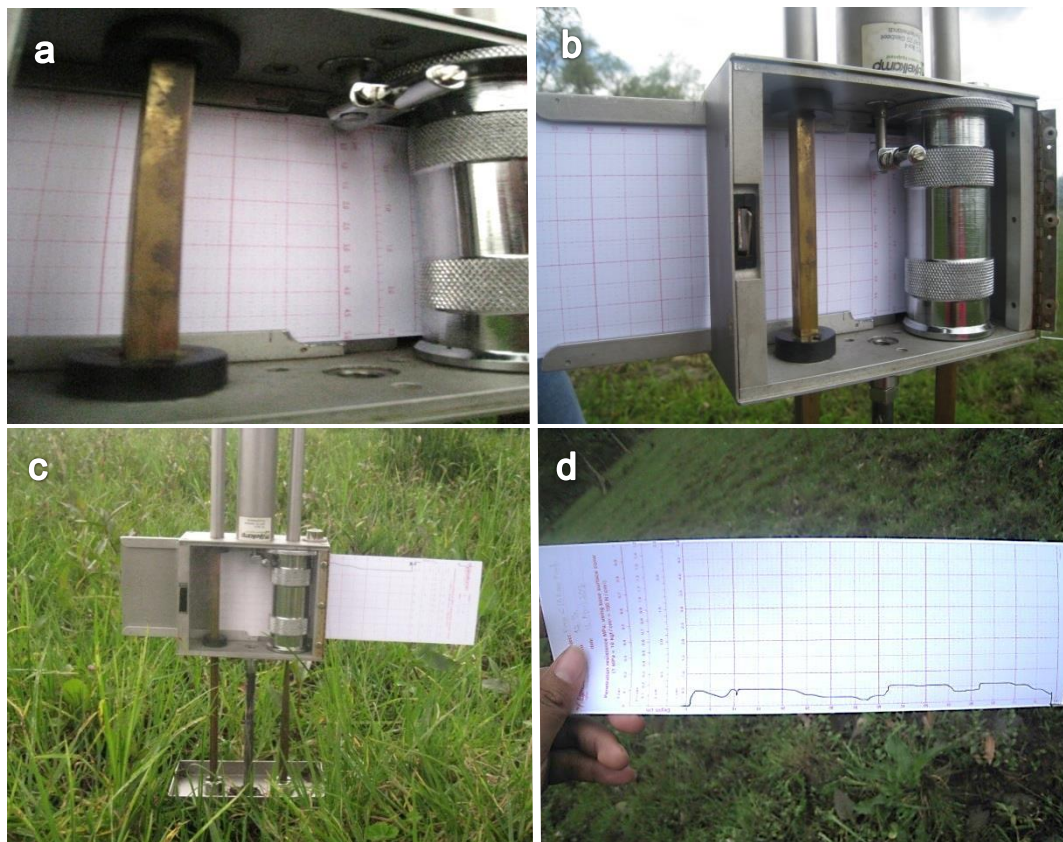
El incremento en la estabilidad estructural en situaciones vírgenes, es atribuido a la intensificación de las fuerzas de cohesión entre partículas minerales y orgánicas como consecuencia de un mayor porcentaje de la fracción orgánica humificada (Ferrerías *et al.*, 2007).

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

Es importante destacar que a profundidad de 0 a 15 cm el menor índice de estabilidad se obtuvo en T3 fincas con tiempo de uso mayor de 20 años debido a que según Taboada (2007), el pisoteo constante del ganado genera la destrucción de agregados superficiales por el impacto de la pezuña animal, por lo tanto alteraciones en la formación de agregados, a pesar de que en los índices evaluados presentan buena estabilidad.

7.1.9 Resistencia a la penetrabilidad (RP). La resistencia o impedancia mecánica del suelo (RP), medida con un penetrómetro, 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. Esta propiedad se determinó en campo con la ayuda de un penetrógrafo.

Figura 21. Medición de resistencia a la penetración con penetrógrafo.



a). Ubicación de plantilla. **b).** Inicio de trazo. **c).** Medición de la fuerza de resistencia. **d).** Gráfica terminada.

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

Figura 22. Resistencia a la penetrabilidad en los bosques secundarios (T0).

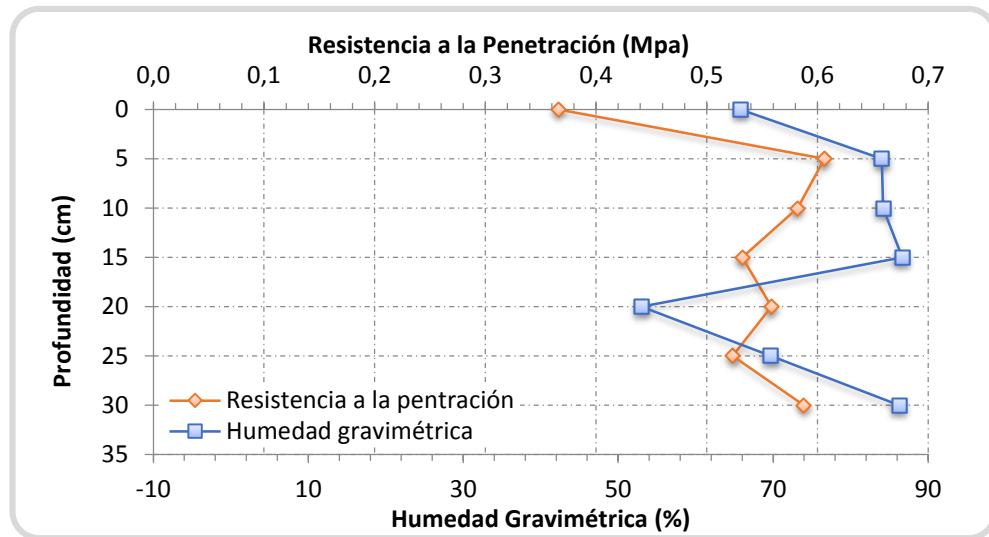


Figura 23. Resistencia a la penetrabilidad en las chagras tradicionales (T1)

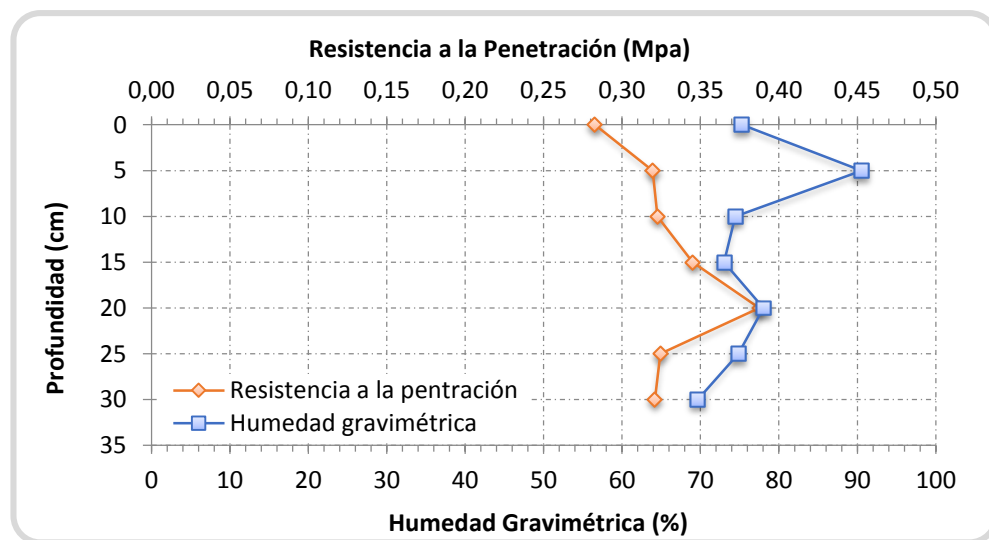


Figura 24. Resistencia a la penetrabilidad en fincas menores de 10 años de uso (T2).

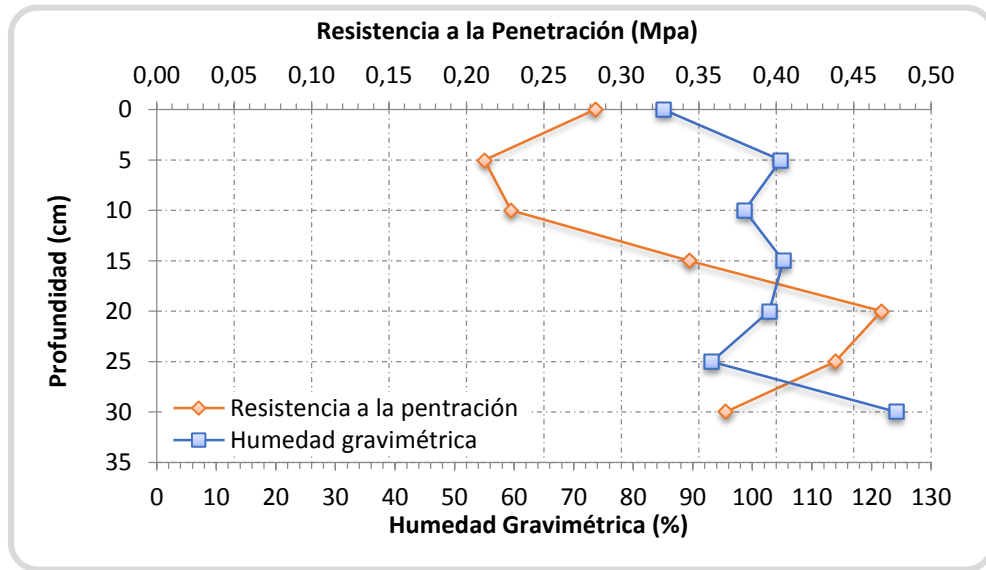
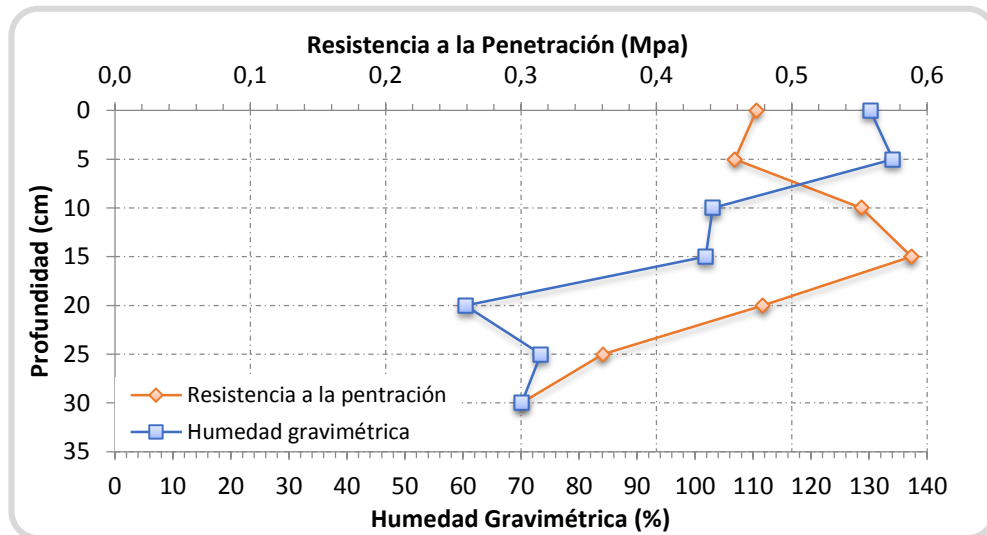


Figura 25. Resistencia a la penetrabilidad en fincas mayores de 20 años de uso (T3).



Los valores de RP tal como se muestran en las Figuras 21, 22, 23, 24 y Anexo I, oscilaron desde 0,21 hasta 0,61Mpa en todos los tratamientos a las diferentes profundidades evaluadas. Donde en los primeros 15cm: el menor valor fue 0,21Mpa presente en T2 con una humedad comprendida entre 85,08 a 105,19%, seguido por 0,32Mpa resistencia del suelo de T1 con porcentajes de humedad ente 73,02 a 90,53%, siendo entonces los valores más altos los de T3 y T0 con

0,59 y 0,61Mpa y humedades que variaron de 101,86 a 134,11% y 65,78 a 86,65% respectivamente.

A profundidad de 15 a 30 cm, se evidenciaron variaciones de RP, donde los valores de T3 descendieron hasta 0,30 Mpa con humedades entre 60,44 a 101,86 %, el tratamiento T1 presentó un comportamiento semi-uniforme con 0,32 Mpa y humedades porcentuales entre 69,65 a 78,01%, en T2 aumento la resistencia alcanzando su máximo valor en 0,47 Mpa con porcentajes de humedad comprendidos entre 93,16 y 124,17 %, obteniéndose el mayor valor de RP en T0 con 0,59 Mpa y humedades de 52,99 a 86,65 %

En general los bosques presentaron los valores más altos de resistencia (de 0,37 a 0,61 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 (Lee, 1980 citado por Huber *et al.*, 1985).

Los resultados de la resistencia a la penetración, en los diferentes tratamientos permitieron establecer que existen valores entre 0,21 y 0,61 Mpa, lo cual indica que la penetrabilidad es de baja a muy baja, con mínimas limitaciones para el desarrollo de raíces de acuerdo con Ruíz (1999) y Lal (1994) Cuadro 10, a pesar de la alta cantidad de agua que poseen estos suelos las condiciones de resistencia a la penetración son favorables para el crecimiento y anclaje de las raíces en el suelo, puesto que según Atwell (1993), cuando los valores de resistencia son superiores a 2 MPa se reduce significativamente el crecimiento de las raíces de la mayoría de las especies cultivadas.

Cuadro 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).

De acuerdo a Baver *et al*, (1973) y Forsythe (1980), citados por Ruiz (1999) los valores de resistencia a la penetración están influenciados por la humedad debido a que esta propiedad es un factor determinante en la toma de lecturas, obedeciendo a que en un proceso de desecación las partículas del suelo se acercan unas a otras ocasionando un aumento en el valor de resistencia del suelo.

Así mismo, el contenido de la materia orgánica y residuos vegetales juegan un papel importante en la economía hídrica que se debe tener en cuenta, ya que cumple con la función de servir como colchón o esponja absorbente. Esta característica a su vez mejora claramente la actividad microbiana y se reduce la resistencia a la penetración (Siavosh 2000).

Cabe resaltar que pesar de que la resistencia a la penetrabilidad de los suelos de estudio, es de baja a muy baja, las fincas mayores a 20 años de uso con sistemas ganaderos en los primeros 15 cm, presento valores mayores con relación al T2 fincas menores de 10 años de uso, situación que de acuerdo con Taboada (2007) es muy común, pues los suelos húmedos son susceptibles a sufrir daños por compactación superficial, cuando existe pastoreo prolongado, dando lugar a aumentos de densidad aparente y resistencia, y disminuciones de macroporosidad e infiltración. Estos daños afectan sólo a los primeros centímetros del suelo.

El origen de los suelos histosoles permite corroborar que al formarse bajo condiciones de saturación continua de agua e insuficiente circulación de oxígeno, que resulta en una lenta descomposición de la materia orgánica, permitiendo su acumulación (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.

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 (Fausey y Lal,, 1990 citado por López 2002).

La desagregación es una manifestación importante de la degradación por exceso de humedad del suelo. Con la hidratación prolongada las películas de agua que rodean las partículas minerales se hacen más y más grandes, hasta que las cargas que mantienen juntas las partículas, en arreglos holgados, se rompen y ocurre la separación de los agregados. (López 2002)

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 2007).

7.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO

A través de este análisis se da a conocer las posibles interrelaciones entre las variables físicas evaluadas en los suelos de estudio bajo sistemas de producción ganadera con los cuatro tratamientos que incluye bosques secundarios, chagras tradicionales, fincas menores de 10 años de uso y fincas mayores de 20 años, a profundidades de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm.

7.2.1 Correlaciones múltiples entre las variables evaluadas. Los Cuadros 11 y 12, reúnen las correlaciones múltiples para las 6 variables físicas de los suelos evaluadas.

Se logró establecer que la densidad aparente presentó una correlación inversa y altamente significativa con la porosidad, cuyo coeficiente fue -0,919, para la profundidad de 0 a 15 cm y de -0,912 en los 15 a 30 cm, también existe una relación inversa altamente significativa con el porcentaje de humedad gravimétrica y volumétrica con valores de -0,953 y -0,723 respectivamente para la primera profundidad y de -0,960 y -0,749 en la segunda profundidad.

La porosidad presentó una correlación altamente significativa positiva con humedad gravimétrica y volumétrica con valores de 0,875 y 0,726 respectivamente para la profundidad de 0 a 15 cm y de 0,886 y 0,804 en los siguientes 15 cm.

Cuadro 11. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas de 0 a 15 cm.

Correlación de Pearson	Densidad Aparente (g/cc)	Densidad Real (g/cc)	Porosidad Total (%)	Estabilidad Estructural (SI)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)
Densidad Aparente (g/cc)	1					
Densidad Real (g/cc)	,312	1				
Porosidad Total (%)	-0,919**	,069	1			
Estabilidad Estructural (SI)	,350	-,058	-,350	1		
Humedad Gravimétrica (%)	-0,953**	-,280	0,875**	-,525*	1	*
Humedad Volumétrica (%)	-0,732**	-,052	0,726**	-,523*	0,849**	1

Cuadro 12. Matriz de correlaciones múltiples entre las propiedades físicas de 15 a 30 cm.

Correlación de Pearson	Densidad Aparente (g/cc)	Densidad Real (g/cc)	Porosidad Total (%)	Estabilidad Estructural (SI)	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)
Densidad Aparente (g/cc)	1					
Densidad Real (g/cc)	,412	1				
Porosidad Total (%)	-0,912**	-,022	1			
Estabilidad Estructural (SI)	,208	-,002	-,266	1		
Humedad Gravimétrica (%)	-0,960**	-,391	,886**	-,217*	1	*
Humedad Volumétrica (%)	-0,749**	-,002	,804**	-,224*	,810**	1

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.

La densidad aparente y la humedad en los suelos histosoles tienen una relación inversa, tal como lo expone Da Rocha (1973) citando a Agricultural and Rural Development (1969), quienes afirman que la manipulación indebida del régimen de aguas como lo es el drenaje excesivo aumenta el descenso de la superficie del suelo, que de acuerdo con Everett (1983) citado por Alvarado y Forsyth (2005), es el fenómeno causante de que la densidad aparente de los suelos orgánicos aumenten.

La porosidad total del suelo, resulta de la suma de la porosidad capilar y de la no capilar, donde la primera está relacionada con la retención de humedad, que en el caso de los suelos histosoles según Burbano (1989) es muy alta, debido a que estos suelos tienen presencia de arcillas, las cuales al ser planas se agrupan al azar, generando un sistema numeroso de pequeños poros (Thompson y Troeh, 2002). Cabe destacar además que los suelos en estudio, se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, fibras vegetales con alta porosidad (Plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2010).

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (1 cola).

7.2.2 Componentes principales. El análisis de componentes principales se trabajó con los promedios resultantes de las repeticiones en cada tratamiento, es así como se obtuvieron 6 observaciones para los diferentes tiempos de uso, con 6 variables físicas y a las dos profundidades evaluadas.

Las variables que constituyen el análisis multivariado y por consiguiente las de mayor importancia en la diferenciación de los suelos para la presente investigación fueron: densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), porosidad total (%), estabilidad estructural (SI), humedad gravimétrica (%) y humedad volumétrica (%) del total de 9 variables se tomaron 6 considerándolas por lo tanto como representativas en los suelos dedicados a producción ganadera en el municipio de San Francisco, a través de diferentes tiempos de uso, que están ubicadas en dos factores que explican el 82,611 % para la profundidad de 0 a 15 cm y 80,649 % de 15 a 30 cm (Cuadro 14 y 16).

El análisis de componentes principales permitió establecer, con base en el valor propio que es mayor a la unidad, un total de dos factores o componentes, los cuales explican la variabilidad total de la población (Cuadros 11 y 15).

Cuadro 13. Comunalidades, método de extracción: análisis de componentes principales de 0 a 15 cm.

	Inicial	Extracción
Densidad Aparente (g/cc)	1,000	,937
Porosidad Total (%)	1,000	,841
Estabilidad Estructural (SI)	1,000	,477
Humedad Gravimétrica (%)	1,000	,987
Humedad Volumétrica (%)	1,000	,797
Densidad Real (g/cc)	1,000	,918

Cuadro 14. Varianza total explicada, método de extracción: análisis de componentes principales de 0 a 15 cm.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,830	63,836	63,836	3,830	63,836	63,836
2	1,126	18,775	82,611	1,126	18,775	82,611
3	,745	12,417	95,028			
4	,275	4,586	99,614			
5	,018	,293	99,907			
6	,006	,093	100,000			

Cuadro 15. Comunalidades, método de extracción: análisis de componentes principales de 15 a 30 cm.

	Inicial	Extracción
Densidad Aparente (g/cc)	1,000	,969
Densidad Real (g/cc)	1,000	,889
Porosidad Total (%)	1,000	,924
Estabilidad Estructural (SI)	1,000	,270
Humedad Gravimétrica (%)	1,000	,973
Humedad Volumétrica (%)	1,000	,814

Cuadro 16. Varianza total explicada, método de extracción: análisis de componentes principales de 15 a 30 cm.

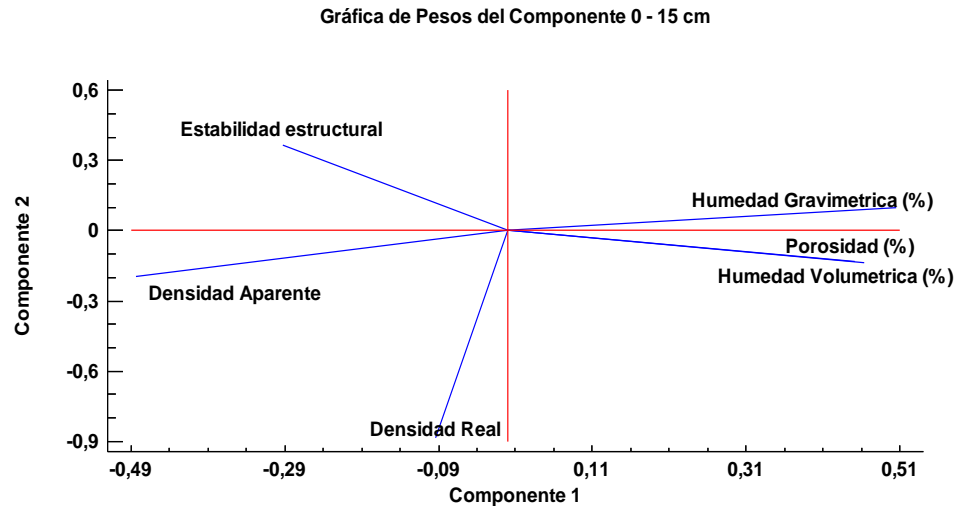
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,709	61,818	61,818	3,709	61,818	61,818
2	1,130	18,830	80,649	1,130	18,830	80,649
3	,888	14,805	95,454			
4	,232	3,872	99,325			
5	,035	,588	99,913			
6	,005	,087	100,000			

A profundidad de 0 a 15 cm, el primer componente principal explica el 63,836 % de la variación, el segundo componente explica el 18,775 %, lo anterior y para cada componente mencionado está explicado por las siguientes variables, para el primer componente las variables que tienen mayor contribución son humedad gravimétrica (0,988), porosidad (0,906), humedad volumétrica (0,882) y densidad aparente (-0,946) siendo su correlación negativa. En el segundo componente las variables de mayor peso son densidad real (0,940), con relación positiva y estabilidad estructural (-0,387) con correlación negativa (Cuadro 17 y Figura 26).

Cuadro 17. Matriz de componentes de 0 a 15 cm.

	Componente	
	1	2
Densidad Aparente (g/cc)	-0,946	,206
Porosidad (%)	0,906	,144
Estabilidad estructural (SI)	-,572	-,387
Humedad Gravimétrica (%)	0,988	-,106
Humedad Volumétrica (%)	0,882	,137
Densidad Real (g/cc)	-,184	0,940

Figura 26. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas a los factores principales de 0 a 15 cm.

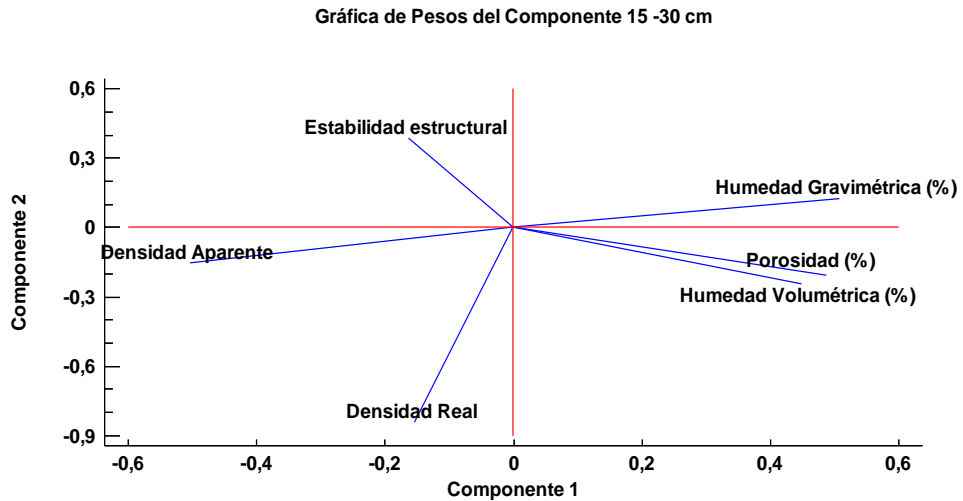


En la segunda profundidad evaluada (15 a 30 cm) el primer componente principal explica el 61,818 % y las variables que tienen mayor contribución son humedad gravimétrica (0,977), porosidad (0,937) y humedad volumétrica (0,865) siendo su correlación positiva y densidad aparente (-0,970) con correlación negativa. El segundo componente explica el 18,830 % y las variables con mayor contribución son densidad real (0,895) con correlación positiva (Cuadro 18 y Figura 27).

Cuadro 18. Matriz de componentes de 15 a 30 cm.

	Componente	
	1	2
Densidad Aparente (g/cc)	-0,970	,165
Densidad Real (g/cc)	-,297	,895
Porosidad (%)	,937	,217
Estabilidad estructural (SI)	-,316	-,413
Humedad Gravimétrica (%)	,977	-,135
Humedad Volumétrica (%)	,865	,258

Figura 27. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas a los factores principales de 15 a 30 cm.



La densidad aparente, es entonces el componente principal en las dos profundidades, al respecto García (2011) manifiesta que esta propiedad permite evaluar el efecto del manejo sobre el suelo, por lo que es un indicador de calidad del suelo muy usado particularmente para determinar compactación, ya que refleja la condición de porosidad, aireación y dinámica de agua. Corroborado por Rubio (2010), quien menciona que la densidad aparente del suelo es un buen indicador de propiedades importantes del suelo, como son: la compactación, porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración, lo que condiciona la circulación de agua y aire en el suelo, los procesos de establecimiento de las plantas (emergencia, enraizamiento) y el manejo del suelo.

7.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A PROPIETARIOS DE FINCAS CON PRODUCCIÓN DE GANADERÍA BOVINA Y DE CHAGRAS TRADICIONALES UBICADAS EN SUELOS HISTOSOLES DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO

De las encuestas aplicadas en las fincas seleccionadas para la investigación se obtuvieron datos de los cuales a continuación se presenta un listado con la identificación de los encuestados, y los principales datos de las propiedades seleccionadas para la investigación (Cuadro 19).

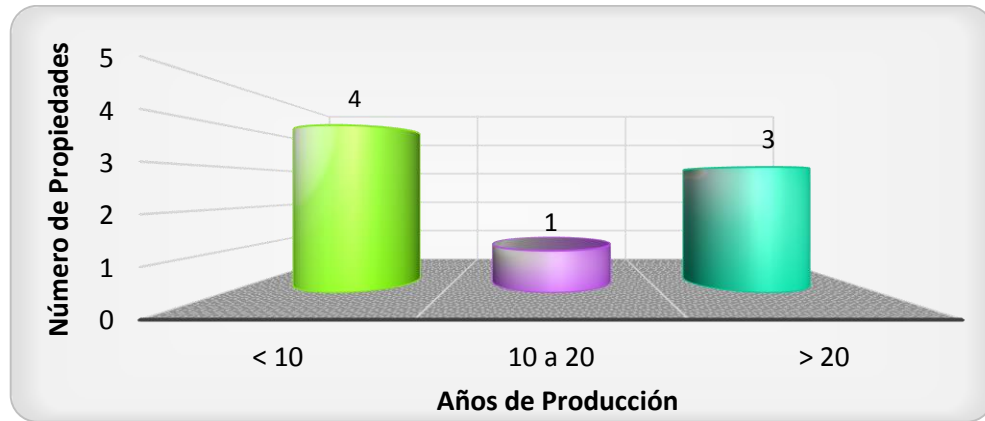
Cuadro 19. Lista de personas encuestadas de acuerdo a cada tratamiento.

TTo	Nombre y Apellido	Propiedad	Vereda	Coordenadas	
				N	W
T1	María Teresa Juajibioy	El Retiro	Central San Antonio	01° 09' 28,2''	76° 55' 48,6''
	Eufracia Chindoy	El Borrador	San Silvestre	01° 09' 26,7''	76° 56' 02,5''
	Clementina Juajibioy	El Corral	San Silvestre	01° 09' 35,4''	76° 56' 21,2''
	Domingo Muyuy	Sauce Grande	San Silvestre	01° 09' 54,2''	76° 56' 09,0''
T2	Ovidio Zamora	Villa Elena	San Silvestre	01° 10' 04,3''	76° 56' 00,4''
	Luis Hernando López	San Pablo	Central San Antonio	01° 09' 25,0''	76° 55' 36,1''
	Efraín Bravo	El Porvenir	Central San Antonio	01° 09' 25,5''	76° 55' 41,4''
	Jaime Erminsul Luna Hernández	El Retiro	Central San Antonio	01° 09' 25,3''	76° 55' 45,3''
T3	Gloria Marleny Chamorro	La Providencia	Central San Antonio	01° 09' 28,4''	76° 55' 40,7''
	Luciano Alejandro Chindoy	La Concepción	San Silvestre	01° 09' 34,0''	76° 55' 53,3''
	Carlos Serafín Morales	El Palmar	San Silvestre	01° 09' 37,5''	01° 09' 37,5''
	Luis Delgado	El Retiro	San Silvestre	01° 09' 24,8''	76° 56' 01,8''

7.3.1 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en fincas con producción de ganadería bovina. El cuestionario elaborado para ser aplicado en los tratamientos T2 y T3 se direccionó para recolección de información general, aspectos técnicos y agroecológicos del manejo de la producción ganadera; que se encuentra resumida y sintetizada a continuación.

- **Tiempo de uso del suelo.**

Figura 28. Años de uso del suelo en producción ganadera de las fincas objetos de estudio.

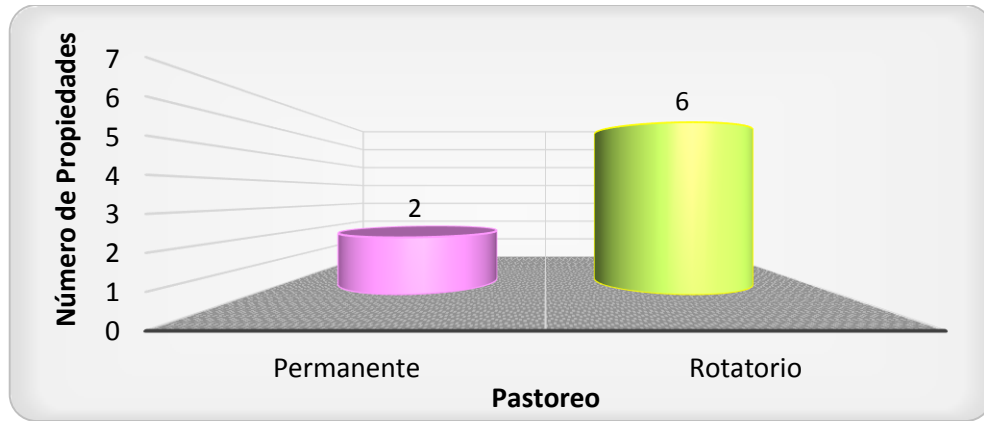


Tal como se muestra en la Figura 28; de los 8 encuestados, 4 propietarios (50 %) afirman trabajar con el sistema de ganadería menos de 10 años, anteriormente dedicaban las fincas al sembrado de frijol; en 1 propiedad (12,5 %) se lleva un periodo de 20 años con ganadería bovina y en 3 fincas (37,5 %) la ganadería esta implementada más de 20 años, algunos desde hace aproximadamente 40 años.

El uso prolongado del suelo para la ganadería, conlleva a la defoliación causada por el pastoreo generando cambios importantes en la composición florística y la estructura del canopeo de los pastizales y pasturas. Al reducir la altura del canopeo y el grado de cobertura superficial, el pastoreo permite que reciban luz las especies de más bajo porte. 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, 2007).

- **Tipo de Pastoreo.**

Figura 29. Constancia del pastoreo en las fincas ganaderas seleccionadas.



Con relación al tipo de pastoreo de las fincas encuestadas (Figura 29), en el 25 % se realiza de manera permanente debido a que se hace una complementación de la alimentación con pastos de corte y ensilo; en el 75 % de los predios se mantiene un pastoreo intermitente: de 10 días de pastoreo, con intervalos de descanso de pasturas de aproximadamente 75 días.

Lo anteriormente descrito, nos lleva a inferir que en la mayoría de las unidades experimentales de muestreo se lleva un adecuado manejo con relación al tiempo de recuperación de las pasturas; que de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2004), la conveniente recuperación del pastizal de pastoreo; disminuye el grado de degradación que puede llegar a tener el suelo.

En un sistema de ganadería manejada bajo el pastoreo, si se pretende favorecer la persistencia de las especies más apetecibles; la duración del periodo de descanso, deberá ser más prolongado (Ojeda *et al.*, 2003).

- **Comportamiento del rendimiento de la ganadería con el tiempo.**

Figura 30. Comportamiento de la producción ganadera en las unidades experimentales con el transcurso del tiempo.



De la Figura 30 se determina que: en el 25 % (2) de las fincas existe un aumento en el rendimiento de la producción ganadera, debido a la tecnificación realizada con la aplicación de técnicas de manejo de ganadería; el 62,5 % (5) presentan disminución de producción y en el 12,5 % (1) no se manifiestan cambios significativos, por lo cual su propietario manifiesta que esta sigue igual.

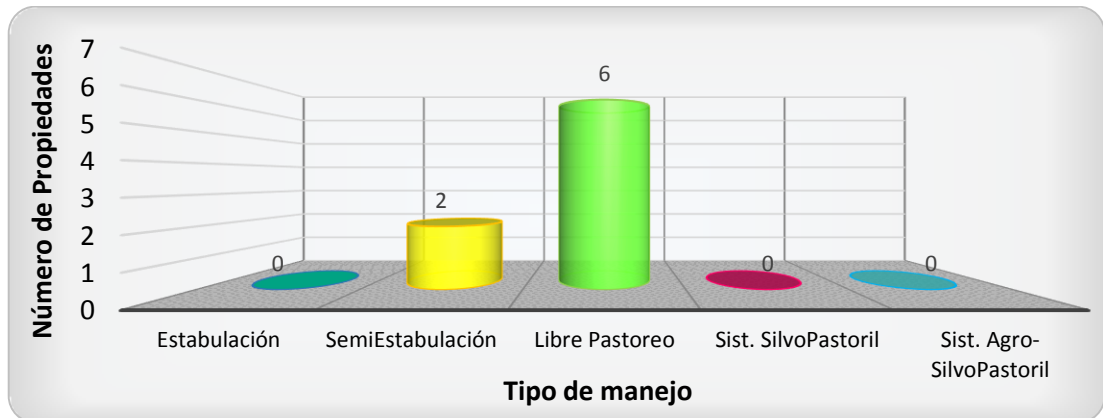
Al respecto, Gárgamo *et al.*, (1988) y Romero, (1988), citados por Denoia *et al.*, (2000) manifiestan que el decrecimiento de la productividad de las pasturas se da principalmente por factores edafoclimáticos y de manejo, entre los que merece ser destacado el pisoteo animal con alta humedad edáfica. Coincidiendo con Taddese *et al.*, (2002) y Steffens *et al.*, (2008), citados por García (2011) quienes afirman que tal vez el efecto más evidente de pastoreo de ganado es la reducción de la cobertura vegetal, lo que favorece los procesos erosivos del suelo y disminuye el aporte de materia orgánica por la biomasa.

El uso y manejo inadecuado de los suelos altera sus características físicas, químicas y biológicas, incrementando los procesos de degradación. La degradación del suelo tiene impactos negativos tanto sobre los ecosistemas, por su afectación de los procesos y ciclos de los ecosistemas terrestres, como en la rentabilidad de las actividades agrícolas debido a la pérdida de productividad (Semarnat 2009).

El agotamiento de las reservas de los nutrientes por debajo de un nivel crítico puede ocasionar la muerte de la planta y, por consiguiente, la cubierta basal en los pastizales sujetos a sobrepastoreo, lo que usualmente va asociado con el incremento de especies de gramíneas indeseables y malezas y también con la erosión y deterioro del suelo (Funes, 1975, citado por Siavosh *et al.*, 2000).

- **Tipo de manejo ganadero.**

Figura 31. Tipo de manejo del ganado bovino realizado en las fincas seleccionadas.

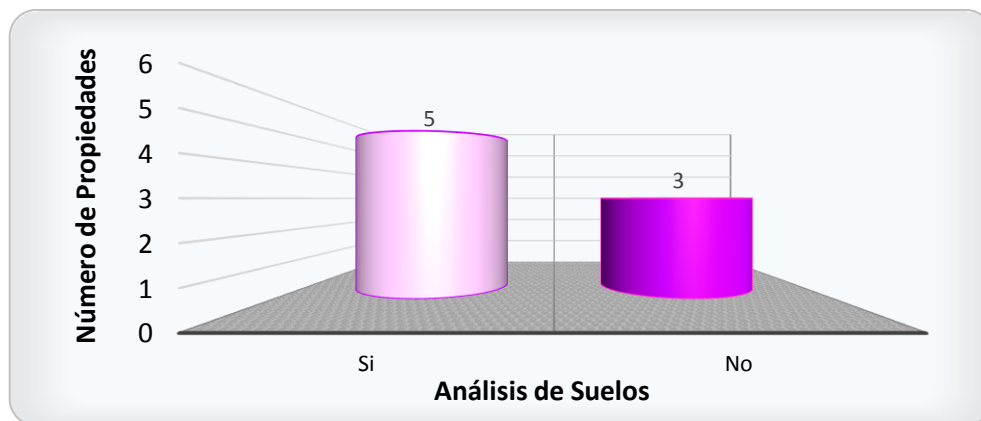


De acuerdo a la información recolectada (Figura 31), en el 75 % (6) de las propiedades se desarrolla la ganadería en libre pastoreo con la ayuda de cercas eléctricas para la división del pastizal, y el 25 % restante (2 fincas) han establecido la semi-estabulación para el manejo de los bovinos, siendo este último sistema donde se realiza mayor uso del suelo.

El manejo ganadero bajo sistemas semi-estabulados, presentan lotes con una concentración de carga animal mayor, lo cual exige un manejo muy cuidadoso y muy racional de la relación animal-planta-suelo, donde si se realiza el pastoreo de una manera racional, en porciones de acuerdo al consumo diario de los bovinos, se reduce el pisoteo animal extensivo (Sánchez, 2003, citado por Guiñansaca, 2012).

- **Análisis de suelos en áreas dedicadas a la producción de ganadería bovina.**

Figura 32. Análisis de suelos.



Con respecto a los análisis de suelos (Figura 32), en el 62,5 % (5) de las propiedades se han realizado mínimo un muestreo basados en la necesidad de cultivar frijol como producción alternativa. En el 37,5 % (3) fincas no se han realizado análisis de suelos, porque sus propietarios manifiestan que hasta el momento no han tenido la necesidad de estos estudios.

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 (Cuesta y Villaneda, 2005).

- **Mejoramiento de pasturas.**

Figura 33. Prácticas implementadas en las fincas ganaderas para el mejoramiento de pasturas.

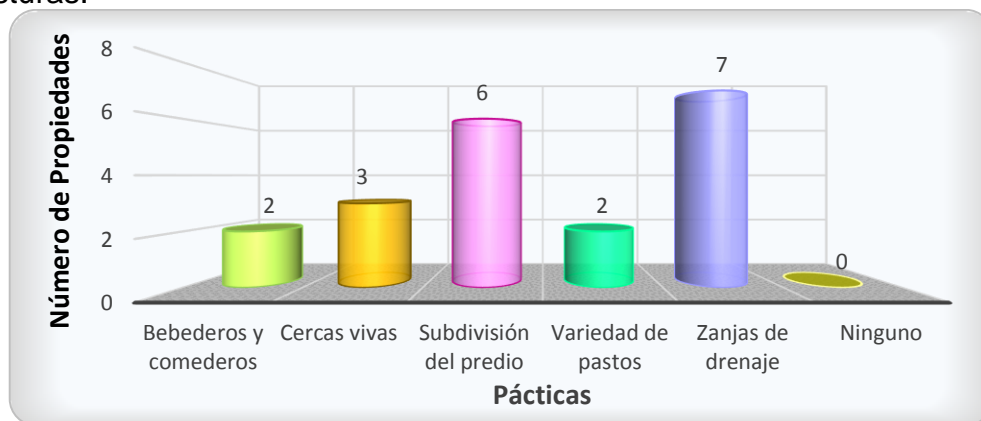
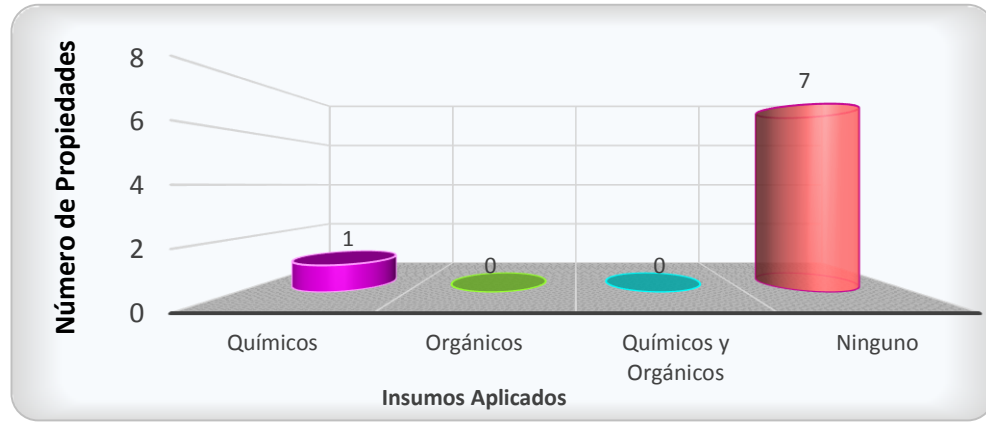


Figura 34. Utilización de productos químicos.

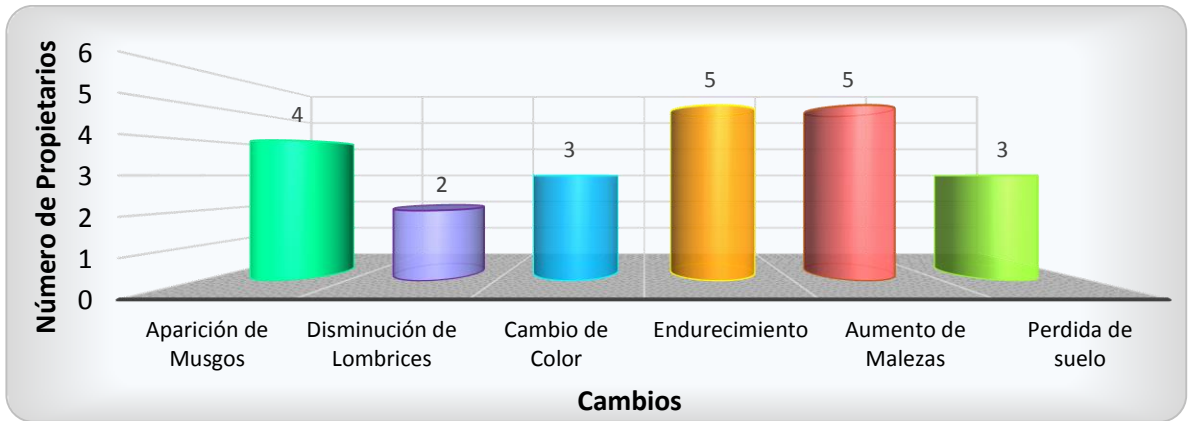


El mejoramiento de pasturas para las personas encuestadas, es un proceso que tiene un alto grado de interés, porque como se muestra en la Figura 33, se han implementado por lo menos dos prácticas para mejorar del predio, siendo la de uso más frecuente las zanjas de drenaje aplicadas en 7 propiedades debido a que los predios son altamente inundables por su relieve plano, la subdivisión de los pastizales implementada en 6 fincas donde en la mayoría de los casos se realiza con corriente eléctrica, las cercas vivas se han plantado en 3 propiedades, y los bebederos y comederos al igual que la variedad en pastos se encuentran en 2 fincas que pertenecen al tratamiento T2.

Además de aplicarse en 1 finca la urea (insumo químico) con el fin de incrementar el nitrógeno y el crecimiento de los pastos (Figura 34). Cabe resaltar que en el 87,5 % (7) fincas no se hace uso de fertilizantes orgánicos y/o químicos, lo cual nos indica que de acuerdo a Mahecha *et al.*, (2002) la utilización del suelo cuando se ha realizado sin tener en cuenta su dinámica, conduce a procesos progresivos de degradación; que se presentan principalmente por el sobreuso.

- **Cambios presentes en el suelo con el uso ganadero a través del tiempo.**

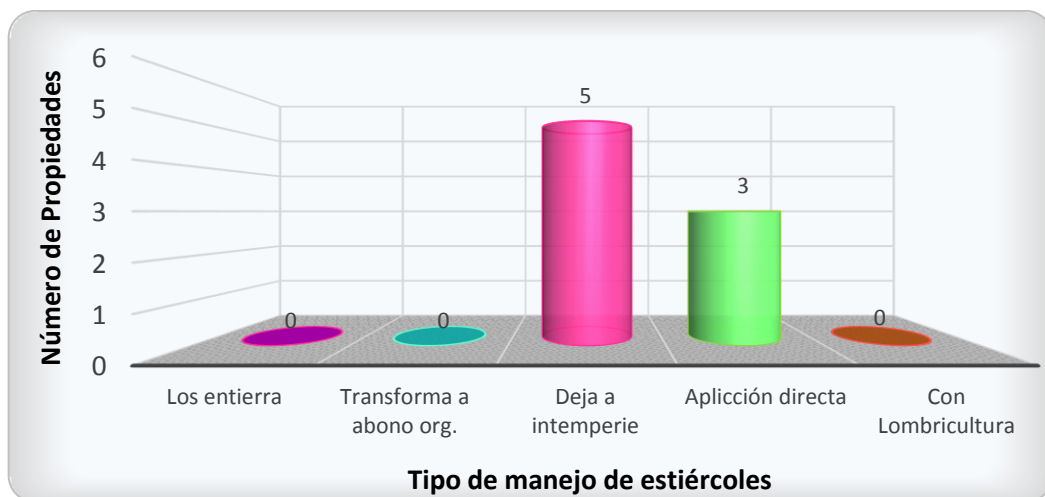
Figura 35. Cambios del suelo observados por los propietarios de las fincas que se han presentado con el transcurso del tiempo.



Las personas encuestadas manifiestan, que al menos un cambio han observado en el suelo, donde los cambios más frecuentes son el endurecimiento y el aumento de malezas presentados en 5 (62,5 %) propiedades, seguido por la aparición de musgos en 4 (50 %) de los 8 predios, cambio de color y pérdida de suelo en 3 fincas (37,5 %) y disminución de la cantidad de lombrices en 2 lugares (25 %) tal como se muestra en la Figura 35.

- **Manejo de estiércoles en las fincas.**

Figura 36. Manejo de estiércoles en las propiedades.



Conforme se puede apreciar en la Figura 36, el manejo realizado al estiércol en el 62,5 % de las fincas (5) es nulo, debido a que se deja a la intemperie y el porcentaje restante (37,5 %) correspondiente a 3 fincas, realizan aplicación directa regándolo en las pasturas. Al respecto, para mantener y mejorar la fertilidad del suelo, Guiñansaca (2012) recomienda realizar el manejo del suelo, con la incorporación de materia, igualmente para la producción de abono recomienda prácticas como la producción de compost y humus en la finca, dándole un tratamiento al estiércol de ganado y desperdicios vegetales.

Además la dispersión del estiércol es fundamental, a través de la dispersión se evita el mal olor de los pastos que rebrota alrededor, pasto que no consume los animales, de la misma manera se controla los parásitos expulsado en la majada, pues los “rayos del sol, el viento y la lluvia matan los parásitos en cualquier estado” (Guiñansaca, 2012).

7.3.2 Resultados y análisis de las encuestas realizadas en las chagras tradicionales. Las encuestas realizadas a los propietarios de las chagras (T1) permitieron recolectar información general de aspectos técnicos y agroecológicos sobre el manejo y producción, además se muestran las especies vegetales y animales encontradas en estas zonas de muestreo (Cuadros 20 y 21).

Cuadro 20. Especies vegetales encontradas en chagras tradicionales muestreadas.

Nombre común	Nombre científico	familia
Col	<i>Braica oleracea</i>	Brassicaceae
Achira	<i>Canna sp.</i>	Canaceae
Chilacuan	<i>Carica candamarcensis</i>	Caricaceae
Calabaza	<i>Cucurbitaficiola</i>	Curerbitaceae
Cidrayota	<i>Sechen edule</i>	Cucurbitaceae
Chachafruto	<i>Eritrinaedules</i>	Fabaceae
Nogal	<i>Junglaris sp.</i>	Junglandaceae
Frijol tranca	<i>Phaseolus flavescens</i>	Fabaceae
Caña de azúcar	<i>Sacharum officianarum</i>	Poaceae
Maíz	<i>Zea maíz</i>	Poaceae
Junco	<i>Arandu domax</i>	Poaceae
Lengua de vaca	<i>Romexobtusifolius</i>	Poluganaceae
Limón	<i>Citus sp.</i>	Rutaceae
Borrachero	<i>Datura candida</i>	Solanacea
Sauce	<i>Salix humboldtti</i>	Salisaceae
Lulo	<i>Solanum quitoense</i>	Solanacea

Cuadro 20. (Continuación)

Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea</i>	Solanacea
Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Umbeliferae
Granadilla	<i>Pasiflora sp.</i>	Pasifloraceae
Cuna	<i>Colacacia andxanthosoma sp.</i>	
Watsimba	<i>Trigidia pavoina</i>	
Ají	<i>Capsicum frutescens</i>	
Manzana	<i>Malus silvestris mil</i>	
Habas	<i>Vicia faba</i>	
Eucalipto	<i>Eucaliptus globulos</i>	Myrtaceae
Pasto imperial	<i>Axonopus scoparuis</i>	Graminaceae
Calendula	<i>Calendula officinales</i>	Asteraceae
Tumaqueño	<i>Colocasia esculenta</i>	
Uvilla	<i>Physalis peruviana</i>	

Cuadro 21. Especies animales encontradas en las zonas muestreadas.

Nombre común	Nombre científico
Gallina	<i>Gallus gallus</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Ganzo	<i>Anser anser</i>
Pavo	<i>Meleagris gallipavo</i>
Pato	<i>Anas platyrrhynchos</i>
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>

Aspectos técnicos: De acuerdo a la información recolectada en las chagras tradicionales la forma de producir dentro de estos sistemas, se basa en el uso del conocimiento que se ha transmitido a través de las generaciones que han pasado, en cuanto respecta al control de las enfermedades, cambios que se presentan en el suelo, su manejo entre otros.

En concordancia con lo anterior, se afirma que la agricultura de subsistencia indígena se caracteriza por la gran variedad de especies sembradas y cultivadas, asegurando en primer lugar una alimentación humana adecuada y equilibrada; en segundo lugar, un menor riesgo de plagas, ya que la mezcla de diferentes especies hace difícil la dominación y propagación explosiva de insectos y plagas

mono específicos (Schroder, Castro, Román & Jekone 1987; Garzón & Macuritofe, 1992, citados por Acosta *et al.*, 2011).

Aspecto agroecológico: En relación a como se integra los componentes cultivo - animal - árbol los afirman los propietarios de las chagras que se maneja esta interrelación a través de diferentes técnicas como manejo de estiércoles, no inclusión de agroquímicos, utilización de residuos orgánicos, manejo de sombras, entre otros, los cuales se realizan para conservar los recursos naturales; criar sanamente especies menores para alimentación y venta al por menor.

Los estudios adelantados sobre los sistemas de cultivo tradicionales indígenas, permiten constatar que estos, respetan, manejan y utilizan los recursos naturales de una manera adecuada, cuidándolos por saber que son finitos. La anterior aseveración, se hace con base en la forma como manejan la tierra: rotan los cultivos para permitir la recuperación de los suelos, siembran anualmente una nueva chagra (policultivos), fertilizan con incorporación de materia orgánica, siembran con las primeras lluvias, queman una sola vez el terreno de bosque primario, dejan descansar la tierra de modo que haya una recuperación total del bosque y no utilizan de agroquímicos. Se llama la atención, en estos estudios, acerca de la importancia en la variedad de los alimentos vegetales y animales como un factor determinante para el mantenimiento de un equilibrio dietético, resultante del manejo ecológico de los recursos naturales (La Rotta, 1982, citado por Acosta *et al.*, 2011).

8. CONCLUSIONES

Los colores del suelo encontrados en la asociación Balsayaco, están determinados por la presencia de materiales orgánicos en descomposición y el contenido de humedad. Las tonalidades determinadas varían desde los colores más oscuros en los bosques secundarios, pigmentaciones pardas en las chagras tradicionales por estados iniciales de alteración de suelos atribuidos a los sistemas de drenaje y tonos grises propios de suelos histosoles por el exceso de agua y ausencia de oxígeno.

Los grados texturales evaluados en todos los tratamientos se caracterizaron por ser arcillosos con sus combinaciones, situación generada por la incorporación de materiales minerales que son arrastrados desde la parte alta del valle por procesos erosivos y de inundaciones hasta la llanura lacustre donde se encuentran los suelos histosoles.

La densidad aparente de los suelos estudiados, fluctúa entre 0,4 y 1,3 g/cc, de donde los valores altos se observaron por el decrecimiento del contenido de fibra y agua, el aumento del contenido de material mineral y la carga a soportar.

En los suelos evaluados, la densidad real fue poco variable, teniendo valores entre 2,20 y 2,47 g/cc que con relación a 0,98 g/cc valor promedio encontrado para los mismos suelos en 1973 por Da Rocha, son mayores por el incremento de agregados minerales a través del tiempo y el manejo realizado en la zona.

El porcentaje total de poros encontrados se encuentra en el rango de 60,84 a 71,32 % que se catalogan como excelente a excesiva, debido a 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.

En general los histosoles están saturados y tienen una capacidad muy alta de retención de agua, de manera que en el área de estudio los valores de humedad gravimétrica y volumétrica fluctuaron desde 68,01 a 113,02 % y de 48,64 a 66,06 % respectivamente.

Los suelos estudiados, presentaron muy buena estabilidad de agregados, debida a que sus valores fluctuaron entre 0,8 a 1,0 SI, que indican que contienen niveles más altos de materia orgánica desarrollan agregados de mayor tamaño y por consiguiente mejores características.

Los resultados de las variables físicas evaluadas con análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) para el 90% de las propiedades físicas estudiadas mediante este método, indicando que el manejo de sistemas ganaderos en la zona estudiada no alteran de manera significativa las propiedades físicas evaluadas.

En la prueba de diferencia mínima significativa LSD de Fisher, se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95 % de confianza en porosidad entre T2 y T0 para la profundidad de 0 a 15 cm y en humedad volumétrica entre T3 y T0, T3 y T1 para la primera profundidad y entre T2 y T0 en las dos profundidades.

Las variables que constituyen el análisis multivariado (D_a , D_r , porosidad, humedad gravimétrica y volumétrica, estabilidad de aregados) están ubicadas en dos factores o componentes que explican la variabilidad total de la población, en el 82,611 % para la profundidad de 0 a 15 cm y 80,649 % de 15 a 30 cm.

9. RECOMENDACIONES

Para estos suelos de tipo histosoles se requiere tomar acciones de manejo como: implementar división y rotación de potreros, evitar el sobrepastoreo, regular la carga animal y el tiempo de descanso, entre otras, esto con el fin de mejorar la calidad del pasto, reducir el impacto sobre el suelo, lograr tener mejor producción y mayores rendimientos económicos del ganado.

Es importante darle un manejo adecuado a la cantidad de agua que poseen estos suelos debido a que se pueden presentar fenómenos de subsidencia causando deterioro del suelo como disminución de los espacios porosos, aumento de la densidad aparente, disminución de la infiltración y aumento de la densidad aparente causando al final compactación.

Es necesario realizar estudios a nivel de física, química y biológica en este tipo de suelos debido a la gran importancia y fragilidad que estos presentan, que permitirán conocer el estado actual y sus potencialidades.

Se requiere que los propietarios de las fincas ganaderas ubicadas en la zona de muestreo tomen conciencia sobre la importancia que tiene este tipo de suelos y que implementen acciones de manejo que permitan el mejor rendimiento de esta actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L. Eduardo, Monica N. Perez, Luis A. Juragaro, Honorio N. Faribiaño, Gentil Sanchez, Angel M. Zafiama, Juan B. Tejada, Osias L. Cobete, Martin Efiateke, Jeremias Farekade, Henry Giagrekudo y Simón Neikase (2011). "Conocimiento previo sobre el sistema de chagra de los pueblos indígenas de la amazonia colombiana" *La chagra en la chorrera*. Leticia – Amazonas.
- Aldana, Alberto (2005). "Propiedades de los suelos" *Modulo Edafología y fertilidad primera edición*. Bogotá D.C. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Alvarado A, Warren Forsythe (2005) "Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica" *Agronomía Costarricense*.
- Álvarez, M. Fernanda, Margarita L. Osterrieth, Verónica Bernava y Lia F. Montti (2008). "Estabilidad, morfología y rugosidad de agregados de argiudoles típicos sometidos a distintos usos: su rol como indicadores de calidad física en suelos de la provincia de Buenos Aires, Argentina" *Cienc. Suelo*. 26 (2): 115-129.
- Alzugaray, Claudia, M. Sofia Vilche y Cristina Petenello (2008). "Labor profunda en siembra directa: Efecto sobre la condición biológica del suelo" *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 265-276.
- Barrera Rodrigo (1993) Riegos y drenajes universidad Santo Tomas centro de enseñanza desescolarizada Bogotá Colombia pág. 141.
- Berna, Sabine Bruschweiler, Udo Hoggel y Andreas Klay (2004). "Los bosques y el agua: Interrelaciones y su manejo" *Informes de desarrollo y medio ambiente GEOGRAFICA BERNENSIA*. CDMA (Centro del Desarrollo y Medio Ambiente).
- Burbano, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes biorganicos. Universidad de Nariño, Pasto Colombia. pp. 109-117.
- Blanco, Rafael (2009). "La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo". *Agrociencia*. 43 (3): 231-239.
- Burbano, H., Coral D., Unigarro A., Romo M. 2005. Evaluación de la calidad del recurso suelo en el parque nacional natural santuario de flora y fauna Galeras, sur de Colombia. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. 178 p.

Cantú, M. Pablo, Analía Becker, José C. Bedano y Hugo F Schiavo (2007). "Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices". *Cienc. Suelo*. 25 (2): 173-178.

Cerisola, I. Cecilia, Mirta G. García y Roberto R. Filgueira (2005). "Distribución de la porosidad de un suelo franco arcilloso (alfisol) en condiciones semiáridas después de 15 años bajo siembra directa". *Ciencia del suelo* (Argentina). 23 (2): 18 – 25.

Chaveli, P., L. Font, B. Calero, P. López. AM. Francisco, RD. Caballero, M. Valenciano, (2.006) "Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey" Cuba. ITEA. 102 (1): 3 – 12.

Corpoamazonía (Ed.). (2010). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca alta - alta del río Putumayo. Mocoa: Corpoamazonía, WWF y Asociación Ampora, 130p.

Cuesta Pablo A. y Viñeda Edgar (2005). "Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos". El análisis de suelos toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera Bogotá Colombia.

Da Rocha Helio, O. (1973), "Mapificación, caracterización y clasificación de los suelos organicos del Valle de Sibundoy" Tesis para optar por el título de magister scientiae. Universidad nacional de Colombia – Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá.

Denoia, J., O. Sosa, G. Zerpa y B. Martín (2000). "Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo". *Pastos* (Argentina) (1): 129-141.

Díaz, G. S., J. A. Cabrera y M. Ruiz (2009). "Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.)" *Cultivos Tropicales*. 30 (3): 40-45.

Dorner, José, Dorota Dec, Xinhua Peng y Rainer Horn (2009). "Efecto del cambio de uso en la estabilidad de la estructura y la función de los poros de un Andisol (Typichapludand) del sur de Chile" *R. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 9 (3): 190-209.

Dorner, José y Dorota Dec (2007). "La permeabilidad del aire y conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo". *R. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 7 (2), 1-13.

EOT, Esquema de ordenamiento territorial municipio de San Francisco Putumayo (2010).

Espinosa, M., E. Andrade, P. Rivera y A. Romero (2011). "Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México". *Papeles de Geografía*. 53-54, 77-78.

FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (1996). Producción de alimentos e impacto ambiental. En: Documentos técnicos de referencia.

Fernandez, E. y M. Enriquez (2010). "Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía". Máster de zootecnia y gestión sostenible. Ganadería ecológica e integrada.

Ferreras, Laura, Gustavo Magra, Pablo Besson, Esteban Kovalevski y Fernando García (2007). "Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa" *Cienc. Suelo* (Argentina) 25(2): 159-172.

Forsythe Warrent (1975) "Manual de laboratorio física de suelos". La humedad del suelo. Pag 17 - 27 San José de Costa Rica.

García, Ruíz I., Maritza Sánchez, Manuel L. Vidal, Yoel Betancourt y José Rosa (2010) "Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (2): 51-56

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". 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.

Gaspari, Fernanda y Juan E. Bruno (2003). "Diagnóstico de degradación ambiental por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napostá Grande". *Ecología Austral* 13:109-120.

Gómez, Juan D. y Rodrigo A. Rueda (2011). "Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009". Trabajo de Grado. Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario Bogotá DC.

Guiñansaca, Luis (2012). "Modelo de ganadería sostenible como estrategia para reducir la presión sobre ecosistemas forestales andinos". Monografía previa a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Universidad de Cuenca. Facultad de ciencias agropecuarias. Escuela de ingeniería agronómica. Ecuador.

Heredia, Olga S., Lidia Giuffré, Florentino J. Gorleri y Marta E. Conti (2006). "Calidad de los suelos del norte de Santa fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra". *Cienc. Suelo* (Argentina). 24 (2) 109-114.

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

Huber A., C. Oyarzún y A. Ellies (1985). "Balance hídrico en tres plantaciones de *Pinus radiata* y una pradera". Humedad del suelo y evapotranspiración. Universidad austral de Chile facultad de ciencias forestales. *Bosque* 6 (2): 74-82.

Imhoff, Silvia, Horacio Imvinkelried, Cassio Tormena y Alvaro Da Silva (2009). "Calificación visual a campo de la calidad estructural de argiudoles bajo diferentes sistemas de manejo". *Cienc. Suelo*. 27 (2): 247-253.

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

INGEOMINAS. Concepto técnico sobre los fenómenos de remoción en masa que afectan las cuencas de las quebradas Cristales, Cabuyayaco, Lavapies (Sibundoy), Diamante y Cofradía (San Francisco), Siguínchica, Afilangayaco, Marpujay (Colón), Tamauca y Chaquimaiyayaco (Santiago) – Visita de Emergencia. Bogotá: INGEOMINAS – Subdirección de Amenazas Geoambientales, 2001. p. 19.

Jaramillo, Daniel (2002). "Manejo del Medio Físico del Suelo". *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias.

Jaramillo, Daniel (2008). "Variabilidad espacial de las propiedades químicas del epipedón de un Andisol hidromórfico del oriente antioqueño (Colombia)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*. 61 (2): 4588- 4599.

Landini, Ana M., Daniel Martínez, Hugo Días, Eduardo Soza, Diego Agnes y Claudia Sainato (2007). "Modelos de infiltración y funciones de pedotransferencia aplicados a suelos de distinta textura". *Cienc. Suelo* (Argentina) 25(2): 123-131.

Legarda, L (1985). "Propiedades físicas de los suelos. En: Curso de actualización en suelos, con énfasis en las condiciones de Nariño". Pasto, *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*. pp. 2- 47

Lobo L. Deyanira y Pulido M. Mansonia, 2013. 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, Zenaida, Deyanira Lobo e Idelfonso Pla (2000). "Diagnóstico de limitaciones físicas en inceptisoles de los llanos occidentales Venezolanos". *Bioagro*. 12 (1): 15-24.

Mahecha, Liliana, Luis A. Gallego y Francisco J. Peláez (2002). "Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad". *Col Cienc. Pec.* 15: 2.

Martínez, Daniel, Ana Landini, Eduardo Soza, Olga S. Heredia y Claudia Sainato (2010). "Efecto del pisoteo animal sobre las propiedades de un Suelo. Parte I: densidad aparente, humedad, resistencia a la penetración, y modelos asociados". *Agro-Ciencia, Rev. Chil. Cs. Agropec.* 27(1):5-14

Martínez M. A. y P. M. Walthall (2000). "Propiedades físicas, químicas y mineralógicas en el encostramiento de suelos de México y Louisiana, EU". *TERRA Latinoamericana*, 18 (3): 179-185.

Montenegro, H (2003). "Propiedades físicas de los suelos en relación con la fertilidad". Manejo integral de la fertilidad del suelo. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, Bogota. pp 3-28.

Montenegro, H y D. Malagón (1990). "Propiedades físicas de los suelos". *Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)*. Bogotá. 813 p.

Murgueitio, Enrique (2003). "Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución". *Livestock Research for Rural Development*. CIPAV. 15 (10).

Murgueitio, Enrique y Muhammad Ibrahim (2004). "Ganadería y Medio Ambiente en América Latina". *Conferencia Agroforestería*. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. p 187-202.

Ojeda, Pedro A., Jose M. Restrepo, Daniel E. Villada y Jose C. Gallego (2003). "Manual de capacitación: sistemas silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería". Santiago de Cali. *FIDAR, PRONATTA y CIAT*.

Ovalles Viani, Francisco. (2003). "El Color del Suelo: definiciones e interpretación". *Revista del centro nacional de investigaciones agropecuarias CENIAP*, (Venezuela).

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 en ciencias agrarias con énfasis en suelos.

PNUMA, 2004. Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

Reyes, 2010. "Caracterización del estado actual de los suelos del departamento de Leon, en base a sus características físicas y sistemas de producción". Universidad autónoma de Nicaragua. Facultad de ciencias y tecnología.

Ribón, Martha A., Sergio Salgado, David J. Palma y Luz del C. Lagunes (2003). "Propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar". *INCI Caracas* 28(3).

Rodríguez, I., G. Crespo, S. Lok, V. Torres y S. Fraga (2006). "Indicadores de sostenibilidad en el sistema suelo-planta-animal en Cuba. Nota técnica". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40: (2): 239-242.

Rodríguez, Andrés F., Andrés M. Aristizábal y Jesus H. Camacho (2008). "Variabilidad espacial de los modelos de infiltración de Philip Y Kostikov en un suelo andico". *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, 28 (1): 64-75.

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

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

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

Semarnat. 2009. Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana, 2001-2002. México. 2002.

Sánchez, Gabriel, José J. Obrador, David J. Palma y Sergio Salgado (2003). "Densidad aparente en un vertisol con diferentes agrosistemas". *Itinerancia*. Venezuela. 28 (6): 347-351.

Sanclemente, R. Oscar (2011). "Composición y Clasificación del Suelo". *Propiedades y contaminación del suelo*. Módulo didáctico. Palmira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Siavosh S, Juan M. Rivera y M. Elena Gómez (2000). "Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia". *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*.

Sanzano, Gerardo A., Roberto D. Corbella; José R. García y Guillermo S. Fadda (2005). "Degradación física y química de un haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo". *Cienc. Suelo* (Argentina) - 23 (1) 93-100.

Secretaria de planeación departamental del Putumayo. (2004). Integración de los planes de ordenamiento territorial. Mocoa.

Taboada Miguel A. (2007) "Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos de siembra directa" 4° simposio de ganadería en siembra directa" Aapresid, potrero de los funes, San Luis 71-83. Catedra de fertilidad y fertilizantes, Fac de agronomía UBA.

Taboada Miguel A. y Sergio N. Micucci (2009). "Respuesta de las propiedades físicas de tres suelos de la Pampa deprimida al pastoreo rotativo". Instituto de Suelos, CIRN INTA. Buenos Aires, Argentina.

Thompson L, Troeh F. Los suelos y su fertilidad.2002. Editorial Reverté S.A. Cuarta Edición. Págs. 75-85.

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

Vargas, Lupita (2012). "Análisis de una cronosecuencia de bosques tropicales del corredor biológico OSA Costa Rica" Tesis para optar por el grado de licenciatura en ingeniería forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de ingeniería forestal.

Vargas, Orlando, Julia Premauer y Camilo de los Ángeles Cárdenas (2002). "Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. Sociedad Venezolana de Ecología". *Ecotropicos* 15(1):35-50.

Velásquez, Henry, Juan C. Menjivar y Carlos A. Escobar (2007). "Identificación de suelos susceptibles a riesgos de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento de agua". *Acta Agron (Colombia)*. 56 (3): 117-125

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

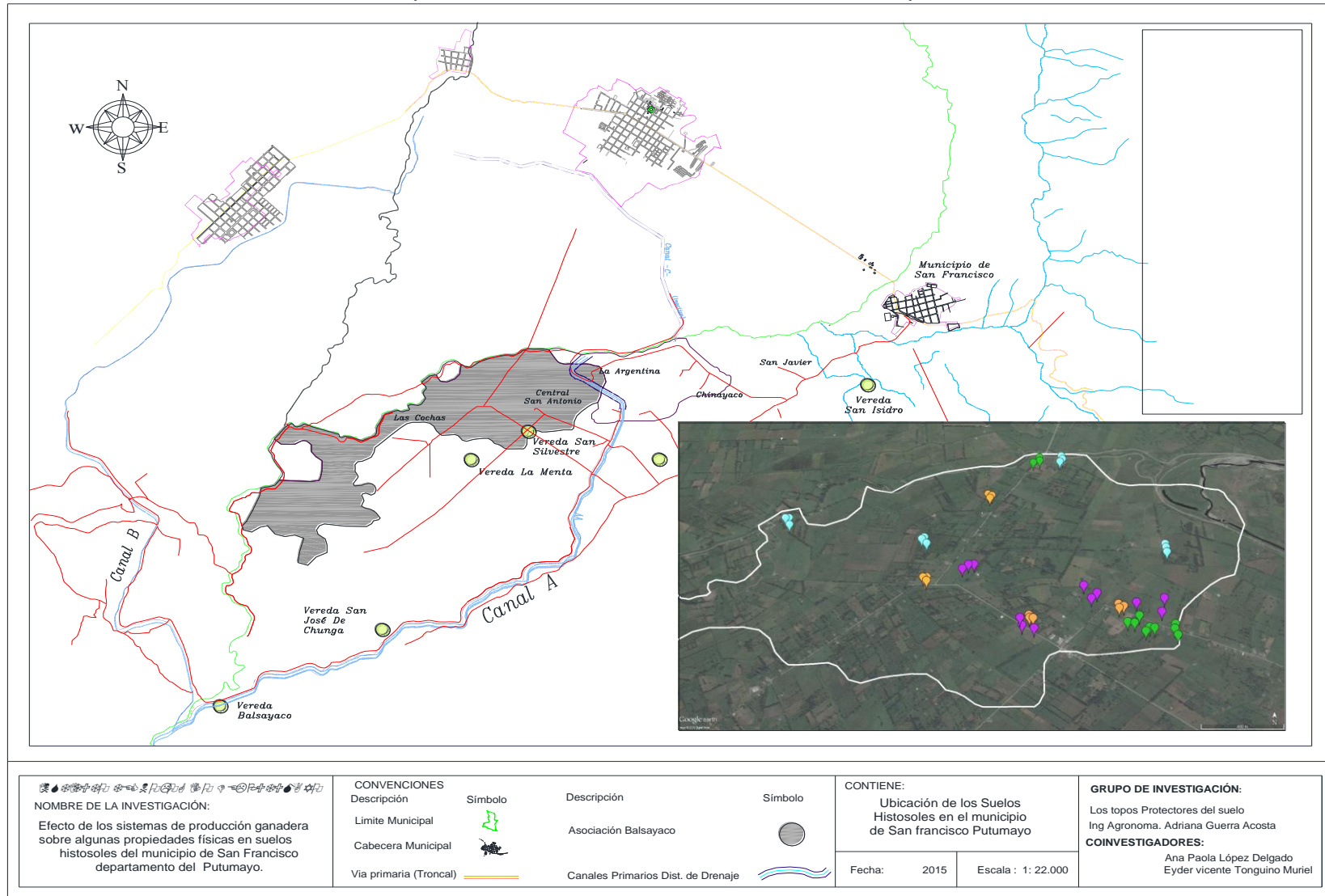
Vera, Ricardo (2008). "Comparación del impacto ambiental generado por la explotación ganadera y la zootecnia de aves en un predio del municipio de la Tebaida Quindío". Monografía para optar al título de especialista en gestión ambiental local. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias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

Viveros, M. (1988). Diagnóstico químico del suelo. En: Curso sobre diagnóstico – fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. pp. 1-31

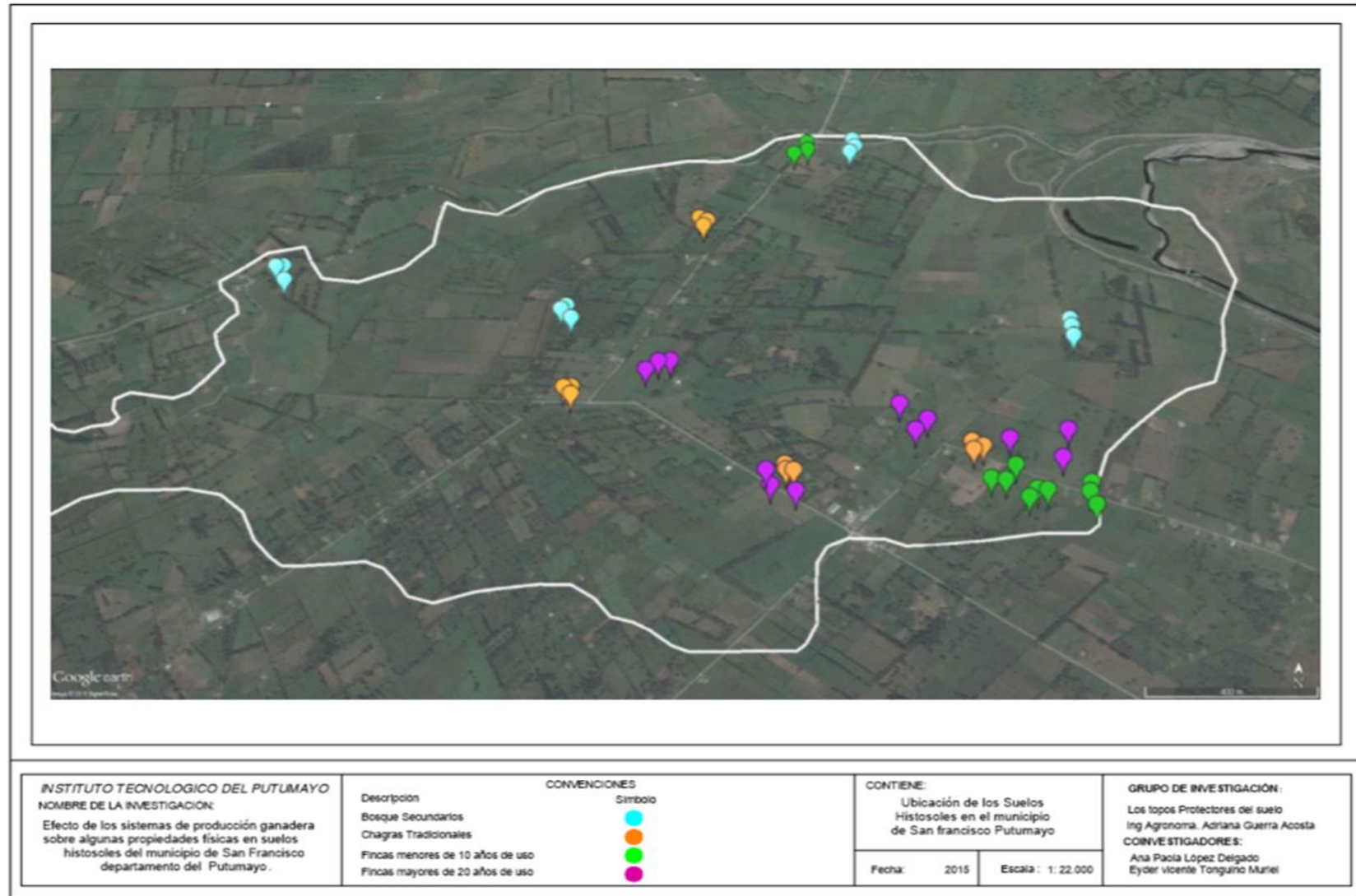
Zuluaga A.F., Giraldo C., Chará J. 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p.

ANEXOS

Anexo A. Mapa ubicación suelos histosoles en el municipio de San Francisco.



Anexo B. Ubicación unidades experimentales en la zona de muestreo.



Anexo C. Coordenadas de ubicación de las unidades experimentales.

Tratamiento 0	Calicata	Punto	Coordenadas		
			N	W	
BOSQUES	5	1	231	01° 10' 03,9''	76° 55' 55,6''
		2	232	01° 10' 04,4''	76° 55' 56,0''
		3		01° 10' 02,5''	76° 55' 55,6''
	6	1	225	01° 09' 42,5''	76° 55' 38,5''
		2	226	01° 09' 41,9''	76° 55' 38,4''
		3	227	01° 09' 42,6''	76° 55' 38,8''
	7	1	228	01° 09' 42,9''	76° 56' 19,6''
		2	229	01° 09' 43,4''	76° 56' 19,2''
		3	230	01° 09' 42,0''	76° 56' 18,7''
	8	1	233	01° 09' 46,9''	76° 56' 54,1''
		2	234	01° 09' 46,2''	76° 56' 53,9''
		3	235	01° 09' 45,2''	76° 56' 53,9''

Tratamiento 1	Calicata	Punto	Coordenadas		
			N	W	
CHAGRAS	1	1	202	01° 09' 28,2''	76° 55' 48,6''
		2	203	01° 09' 28,8''	76° 55' 46,0''
		3	204	01° 09' 29,8''	76° 55' 46,7''
	2	1	205	01° 09' 26,7''	76° 56' 02,5''
		2	206	01° 09' 26,7''	76° 56' 02,8''
		3	209	01° 09' 27,3''	76° 56' 02,4''
	3	1	207	01° 09' 35,4''	76° 56' 21,2''
		2	208	01° 09' 35,5''	76° 56' 21,9''
		3		01° 09' 35,7''	76° 56' 21,5''
	4	1	210	01° 09' 54,2''	76° 56' 09,0''
		2	211	01° 09' 54,6''	76° 56' 09,5''
		3	212	01° 09' 54,0''	76° 56' 29,3''

Tratamiento 2	Calicata	Punto	Coordenadas		
			N	W	
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	9	1	189	01° 10' 04,3''	76° 56' 00,4''
		2	190	01° 10' 03,3''	76° 56' 00,3''
		3	191	01° 10' 02,9''	76° 56' 00,6''
	10	1	192	01° 09' 25,0''	76° 55' 36,1''
		2	193	01° 09' 25,0''	76° 55' 37,0''
		3	194	01° 09' 25,4''	76° 55' 38,6''
	11	1	195	01° 09' 25,5''	76° 55' 41,4''
		2	196	01° 09' 25,3''	76° 55' 42,7''
		3	197	01° 09' 24,0''	76° 55' 42,9''
	12	1	198	01° 09' 25,3''	76° 55' 45,3''
		2	199	01° 09' 23,7''	76° 55' 46,3''
		3	200	01° 09' 23,9''	76° 55' 47,5''

Tratamiento 3	Calicata	Punto	Coordenadas		
			N	W	
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	13	1	222	01° 09' 28,4''	76° 55' 40,7''
		2	223	01° 09' 30,7''	76° 55' 46,6''
		3	224	01° 09' 30,5''	76° 55' 38,4''
	14	1	216	01° 09' 34,0''	76° 55' 53,3''
		2	220	01° 09' 31,7''	76° 55' 52,3''
		3	221	01° 09' 31,2''	76° 55' 53,8''
	15	1	187	01° 09' 37,5''	076° 56' 12,9''
		2	214	01° 09' 37,5''	76° 56' 14,8''
		3	215	01° 09' 36,9''	76° 56' 16,0''
	16	1	217	01° 09' 24,8''	76° 56' 01,8''
		2	218	01° 09' 25,1''	76° 56' 03,5''
		3	219	01° 09' 26,2''	76° 56' 04,1''

Anexo D. Encuesta dirigida a propietarios de fincas ganaderas.

**ENCUESTA DIRIGIDA A PROPIETARIOS DE FINCAS GANADERAS EN LA
ASOCIACIÓN BALSAYACO DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO**

OBJETIVO: Recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación: “Efectos de los sistemas de producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de San Francisco departamento del Putumayo”.

Encuesta N° _____ Fecha _____

DATOS GEOGRÁFICOS

Finca _____ Área N° (Has) _____
Coordenadas _____ Vereda _____

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 ha sido propietario de la finca? _____
3. ¿Hace cuantos años tiene el sistema de ganadería en su finca?
< 10 años () 10 – 20 años () > 20 años ()
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 ()
¿Porqué? _____

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 () Subdivisión del predio ()
Cercas vivas () Variedad de pastos ()

- Zanjas de drenaje () 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?
 Físico o manual () 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? ¿Cuáles?
 Aparición de musgos () Endurecimiento ()
 Disminución de lombrices () Mayor incidencia de malezas ()
 Cambio de color () Perdida de suelos ()
 Disminución de la producción () Ninguno ()
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. Tiene conocimiento de alguna organización que ofrece servicios de:
 Capacitación técnica () Administración () Mercadeo () Otro ()
 ¿Cuál? _____
2. Pertenece usted a alguna organización relacionada con la producción ganadera. SI () NO ()
 ¿Cuál? _____
-

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo E. Encuesta dirigida a propietarios de chagras tradicionales.

ENCUESTA DIRIGIDA A PROPIETARIOS DE CHAGRAS EN LA ASOCIACIÓN BALSAYACO DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

OBJETIVO: Recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación “Efectos de los sistemas de producción ganadera sobre algunas propiedades físicas en suelos histosoles del municipio de San Francisco departamento del Putumayo”.

Encuesta N° _____ Fecha _____

DATOS GEOGRÁFICOS

Finca _____ Área N° (Has) _____
Coordenadas _____ Vereda _____

IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO

Nombre y Apellido _____ Edad _____
Propietario () Arrendatario () Otro () _____

DATOS GENERALES DE LA CHAGRA

1. ¿Qué especies vegetales y animales tiene su chagra? _____

2. ¿Hace cuantos años es propietario (a) de la chagra? _____
3. ¿Con el paso de los años cómo es el comportamiento de los rendimientos de la chagra? _____
¿A qué causas le define ese comportamiento? _____

ASPECTOS TÉCNICOS

1. ¿Cómo controla las enfermedades en la chagra?
Insumos pecuarios ()
Aplicación de conocimiento tradicional ()
En caso utilizar insumos químicos o pecuarios: nombre del tipo de droga.

Nombre de droga	La dosis de aplicación	Sistema de aplicación	Época de aplicación

2. ¿En el tiempo que usted ha manejado la chagra ha observado cambios que se presenten en el suelo? ¿Cuáles?
- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Aparición de musgos () | Disminución de la producción () |
| Disminución de lombrices () | Mayor incidencia de malezas () |
| Cambio de color () | Perdida de suelos () |
| Compactación () | Ninguno () |

ASPECTO AGROECOLÓGICO

1. ¿Tiene algún conocimiento de Agricultura orgánica? SI () NO ()
- ¿Cuál? _____
2. En la chagra integra los componentes: Cultivo – Animal – Árbol Si () No ()
Si la respuesta es positiva por qué lo hace:
- | | |
|---|--|
| Mejoramiento de la calidad de alimentos () | Mayores ingresos () |
| Mayor producción () | Por tener claro el manejo de un sistema integral () |
| Conservación de los recursos naturales () | Todas las anteriores () |
3. ¿Si en la chagra maneja especies pecuarias, qué manejo les da 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 ()
Ninguno ()
4. ¿Cree usted que el manejo que actualmente se le da a la Chagra, ayuda a la conservación del recurso suelos? SI () NO ()
¿Por qué? _____
5. ¿Tiene algún conocimiento de prácticas de conservación de suelos?
SI () NO ()
¿Cuáles se manejan en su Chagra? _____

DATOS COMPLEMENTARIOS DE CONOCIMIENTO

1. Pertenece Usted a alguna organización. SI () NO ()
¿Cuál? _____
2. Su organización le ofrece servicios de: Capacitación técnica () Administración () Mercadeo () Otro ()
Cuál? _____

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo F. Resultados obtenidos en el laboratorio y en campo de los tratamientos a profundidades 1 y 2.

Tratamiento T0			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco		
BOSQUES	1	1	Arcillolimosa	0,5	2,0	74,43	0,83	Muy buena	127,1	65,0	5YR 4/1	Gris oscuro	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro
		2	Franca	0,6	2,2	73,05			89,5	53,6	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro
		3	Franca arcillosa	0,8	2,2	63,06			63,8	52,4	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	7,5YR 3/2	Pardo oscuro
	Promedio				0,6	2,1	70,18		93,4	57,0				
	2	1	Arcilloarenosa	1,0	2,5	58,93	0,95	Muy buena	39,1	40,1	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 7/2	Gris claro
		2	Franca arenosa	0,7	2,5	71,40			76,4	54,6	5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/3	Pardo palido
		3	Franca limosa	0,8	2,5	67,57			57,3	46,4	5YR 4/1	Gris oscuro	10YR 7/4	pardo muy palido
	Promedio				0,9	2,5	65,97		57,6	47,1				
	3	1	Franca arenosa	0,4	2,2	81,21	0,98	Muy buena	129,8	54,2	2,5YR 2,5/4	Pardo rojizo oscuro	7,5YR 5/2	Pardo
		2	Franca arcillosa	0,5	2,2	78,55			120,5	57,4	7,5YR 4/2	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo palido
		3	Franca arcillosa	0,5	2,2	79,47			158,0	72,1	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				0,5	2,2	79,74		136,1	61,3				
	4	1	Arcillolimosa	1,2	2,0	41,43	0,91	Muy buena	40,2	47,1	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	Franca arcillo limosa	0,9	2,0	52,94			50,4	47,5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/3	Pardo
		3	Arenosa franca	0,6	2,0	68,32			67,5	42,8	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 4/2	Pardo gris oscuro
	promedio				0,9	2,0	54,23		52,71	45,8				
Promedio				0,72	2,22	67,53	0,92		84,96	52,76				

Tratamiento T0			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco		
BOSQUES	1	1	franca arcillo arenosa	1,1	2,5	55,83	0,79	Muy buena	49,3	54,4	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	5Y 6/2	Gris oliva claro
		2	Franca arcillosa	1,0	2,2	56,46			55,4	53,6	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	Arcillosa	1,2	2,9	59,07			30,0	35,0	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	5Y 6/3	Oliva claro
	Promedio				1,1	2,5	57,12		44,9	47,7				
	2	1	Franca	0,9	2,2	58,93	0,97	Muy buena	36,2	33,0	10YR 5/3	Pardo	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	Franca limosa	1,1	2,5	56,08			41,9	46,0	2,5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	10YR 5/4	Pardo amarillo
		3	Arcillosa	0,9	2,5	63,58			34,2	31,2	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				1,0	2,4	59,53		37,4	36,7				
	3	1	Franca	0,5	2,2	77,08	0,79	Muy buena	101,2	51,5	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	Arcillosa	0,5	2,2	76,71			138,2	71,5	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	7,5YR 5/2	Pardo
		3	Franca arcillosa	0,4	1,7	76,65			185,3	72,1	10R 3/1	Gris rojizo oscuro	2,5YR 2,5/4	Pardo rojizo oscuro
	Promedio				0,5	2,0	76,82		141,6	65,1				
	4	1	Franca limosa	1,3	2,0	37,25	1	Muy buena	25,3	31,8	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	10YR 4/3	Pardo oscuro
		2	Arcilloarenosa	1,0	2,2	52,97			43,3	45,2	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	Arcilloarenosa	0,6	1,5	59,48			95,4	59,5	10YR 4/1	Gris oscuro	7,5YR 4/2	pardo oscuro
	promedio				1,0	1,9	49,90		54,67	45,5				
Promedio				0,88	2,22	60,84	0,89		69,64	48,74				

Tratamiento T1			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco			
CHAGRAS	5	1	1	Franca arenosa	0,5	2,0	75,66	0,94	Muy buena	134,3	65,4	10YR 5/3	Pardo	10YR 5/3	Pardo
		2	1	Franca limosa	0,6	2,2	70,85			93,1	60,3	10YR 5/4	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		3	1	Franca limosa	0,7	2,2	67,36			79,8	57,9	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
	Promedio				0,6	2,1	71,29			102,4	61,2				
	6	1	1	Arcillosa	0,9	2,9	69,41	0,94	Muy buena	58,5	51,1	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	1	Franca arcillo arenosa	0,8	2,9	70,41			67,0	56,6	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		3	1	Arcillosa	0,8	2,2	65,90			85,5	64,8	7,5YR 4/4	Pardo oscuro	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro
	Promedio				0,8	2,6	68,57			70,3	57,5				
	7	1	1	Franca arcillosa	0,6	2,5	76,12	0,91	Muy buena	114,3	68,2	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	2,5Y 6/2	Pardo gris claro
		2	1	Franca arcillosa	0,7	2,5	72,05			68,8	48,1	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	1	Franca arcillo limosa	0,7	2,5	70,26			67,7	50,3	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
	Promedio				0,7	2,5	72,81			83,6	55,5				
	8	1	1	Arcillosa	1,0	2,5	61,62	0,92	Muy buena	55,0	52,8	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	1	Arcillosa	0,8	2,9	70,91			68,9	57,2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		3	1	Franca limosa	0,9	2,2	58,47			59,2	54,6	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
	promedio				0,9	2,5	63,67			61,01	54,9				
Promedio				0,76	2,46	69,08	0,93		79,33	57,28					

Tratamiento T1			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco			
CHAGRAS	5	1	2	Franca arcillosa	0,6	1,8	68,29	0,94	Muy buena	115,5	66,6	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	2	Franca limosa	0,6	2,2	71,86			103,3	64,6	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		3	2	Franca limosa	0,7	2,5	73,44			82,5	54,8	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 7/2	Gris claro
	Promedio				0,6	2,2	71,19			100,4	62,0				
	6	1	2	Franca arcillosa	1,0	2,5	61,21	0,83	Muy buena	56,3	54,6	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Arcillosa	0,8	2,2	63,61			73,6	59,5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		3	2	Arcillosa	1,0	2,5	58,52			55,8	57,9	10YR 5/1	Gris	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				0,9	2,4	61,11			61,9	57,3				
	7	1	2	Franca limosa	0,8	2,2	62,05	0,81	Muy buena	64,5	54,4	10YR 5/2	Pardo gris	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Franca arenosa	0,7	2,0	64,45			67,6	48,1	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
		3	2	Franca arcillo arenosa	0,6	2,2	70,94			83,0	53,6	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				0,7	2,1	65,81			71,7	52,0				
	8	1	2	Arcillosa	0,8	2,2	63,42	0,96	Muy buena	75,7	61,5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Arcillosa	0,9	2,0	54,16			54,9	50,3	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		3	2	Franca limosa	0,9	2,0	56,30			57,3	50,1	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
	promedio				0,9	2,1	57,96			62,64	54,0				
Promedio				0,79	2,20	64,02	0,89		74,16	56,33					

Tratamiento T2			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco			
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	9	1	1	Franca limosa	0,8	2,0	59,4	0,98	Muy buena	78,9	64,2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	1	Arcillolimosa	0,8	2,9	71,6			81,2	65,8	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	1	Arcillosa	0,7	2,2	66,5			87,9	65,4	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
		Promedio			0,8	2,4	65,84				82,7	65,1			
	10	1	1	Franca limosa	0,5	2,9	81,2	0,88	Muy buena	130,4	69,9	10YR 5/2	Pardo gris	10YR 5/3	Pardo
		2	1	Franca arcillosa	0,7	2,9	76,5			96,1	64,6	5Y 5/1	Gris	10YR 7/3	pardo muy palido
		3	1	Franca arcillo limosa	0,7	1,8	61,2			91,9	64,8	7,5YR 4/2	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo palido
		Promedio			0,6	2,5	72,98				106,1	66,4			
	11	1	1	Franca limosa	0,6	2,2	75,0	0,97	Muy buena	106,6	59,3	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	7,5YR 6/2	Gris rosáceo
		2	1	Franca limosa	0,6	2,5	77,3			120,9	68,4	10YR 5/2	Pardo gris	7,5YR 7/2	Gris rosáceo
		3	1	Arcilloarenosa	0,4	1,8	75,5			163,5	72,9	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		Promedio			0,5	2,2	75,93				130,3	66,9			
	12	1	1	Franca limosa	0,7	2,2	70,5	0,9	Muy buena	103,1	67,6	5YR 5/3	Pardo rojizo	7,5YR 5/2	Pardo
		2	1	Arenosa franca	0,6	2,5	74,9			96,8	60,7	2,5Y 5/2	Pardo gris	10YR 6/8	Amarillo pardo
		3	1	Franca limosa	0,8	2,2	65,9			77,4	58,7	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	7,5YR 5/2	Pardo
		promedio			0,7	2,3	70,43				92,43	62,3			
	Promedio				0,66	2,34	71,29	0,93		102,89	65,19				

Tratamiento T2			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica	Humedad Volumetrica	Color en Humedo		Color en Seco			
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	9	1	2	Arcillolimosa	0,7	2,5	71,2	0,72	Muy buen	92,6	66,6	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Franca limosa	0,9	2,2	60,5			68,2	59,9	10YR 4/1	Gris oscuro	5Y 5/1	Gris
		3	2	Arcillolimosa	0,7	2,5	72,7			93,7	64,0	5Y 3/2	Gris oliva oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		Promedio			0,8	2,4	68,14				84,9	63,5			
	10	1	2	Arcillolimosa	0,8	2,2	62,0	0,96	Muy buena	72,0	60,7	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 5/4	Pardo
		2	2	Arcillolimosa	0,7	2,9	74,5			83,5	60,7	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/1	Gris
		3	2	Franca arcillo limosa	0,5	2,9	82,5			133,7	67,0	10YR 6/1	Gris	7,5YR 6/2	Gris rosáceo
		Promedio			0,7	2,6	73,02				96,4	62,8			
	11	1	2	Franca limosa	0,5	2,0	77,4	0,94	Muy buena	132,0	59,7	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	7,5YR 7/2	Gris rosáceo
		2	2	Arcillosa	0,6	2,0	70,6			109,0	64,2	7,5Y 4/2	Pardo oscuro	7,5YR 5/2	Pardo
		3	2	Franca arcillo arenosa	0,4	1,8	78,5			181,3	70,9	10YR 3/3	Pardo oscuro	7,5YR 5/2	Pardo
		Promedio			0,5	1,9	75,48				140,7	64,9			
	12	1	2	Arcillosa	0,6	2,5	75,6	0,9	Muy buen	114,7	69,9	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Arenosa franca	0,6	2,2	73,1			111,9	66,8	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/3	Pardo palido
		3	2	Franca limosa	0,7	2,2	69,6			88,0	59,5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	7,5YR 6/2	Gris rosáceo
		promedio			0,6	2,3	72,78				104,87	65,4			
	Promedio				0,64	2,33	72,35	0,88		106,72	64,15				

Tratamiento T3			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco			
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	13	1	1	Arcillolimoso	0,5	2,2	79,7	0,81	Muy buena	184,2	82,9	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/3	Pardo
		2	1	Arcillolimoso	0,5	2,9	83,7			160,1	74,4	5Y 4/1	Gris oscuro	10YR 7/2	Gris claro
		3	1	Arcillosa	0,5	2,0	74,4			141,0	72,1	10YR 2,5/2	Pardo muy oscuro	10YR 6/1	Gris
	Promedio				0,5	2,4	79,31			161,8	76,5				
	14	1	1	Arcillosa	0,8	2,2	64,8	0,87	Muy buena	74,5	58,3	10YR 5/2	Pardo gris	10YR 7/2	Gris claro
		2	1	Franca limosa	1,0	2,5	59,2			60,5	61,7	10YR 4/1	Gris oscuro	5Y 7/1	Gris claro
		3	1	Franca limosa	0,7	2,2	70,1			89,9	59,7	10YR 5/1	Gris	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				0,8	2,3	64,70			74,9	59,9				
	15	1	1	Arcillolimoso	0,4	1,7	76,4	0,92	Muy buena	187,6	73,7	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	7,5YR 4/2	Pardo oscuro
		2	1	Arcillosa	0,6	2,2	70,9			99,4	64,2	5YR 3/2	Gris oliva oscuro	5Y 6/1	Gris
		3	1	Arcillolimoso	0,7	2,2	69,7			92,7	62,5	5Y 4/1	Gris oscuro	5Y 6/1	Gris
	Promedio				0,6	2,0	72,34			126,6	66,8				
	16	1	1	Arcillolimoso	0,7	2,5	71,6	0,98	Muy buena	90,2	64,0	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/1	Gris
		2	1	Arcillosa	0,6	2,2	72,2			92,4	57,0	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/1	Gris
		3	1	Franca arcillosa	0,7	2,0	62,9			83,8	62,1	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/1	Gris
	promedio				0,7	2,2	68,93			88,81	61,0				
	Promedio				0,64	2,24	71,32	0,90		113,02	66,06				

Tratamiento T3			Textura	Densidad Aparente g/cc	Densidad Real g/cc	Porosidad %	Estabilidad estructural SI	Humedad Gravimetrica %	Humedad Volumetrica %	Color en Humedo		Color en Seco			
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	13	1	2	Arcillosa	1,1	2,2	50,4	0,94	Muy buena	51,6	56,8	5Y 4/1	Gris oscuro	10YR 8/1	Blanco
		2	2	Arcillolimoso	0,7	2,9	74,9			88,1	63,2	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 7/2	Gris claro
		3	2	Arcillosa	0,7	2,5	71,0			94,9	68,9	5YR 2,5/2	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/1	Gris
	Promedio				0,8	2,5	65,43			78,2	62,9				
	14	1	2	Arcillosa	0,9	2,2	61,4	0,98	Muy buena	68,9	59,1	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/1	Gris
		2	2	Arcillolimoso	0,8	2,5	68,6			76,1	59,7	10YR 5/1	Gris	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	2	Franca arcillo limosa	1,0	2,9	64,9			52,4	52,6	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/1	Gris
	Promedio				0,9	2,5	64,98			65,8	57,1				
	15	1	2	Arcillosa	0,8	2,5	69,5	1	Muy buena	78,6	59,9	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Arcillosa	0,7	2,2	67,4			84,3	61,1	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		3	2	Arcillosa	0,9	2,5	63,9			63,9	57,7	10YR 4/1	Gris oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Promedio				0,8	2,4	66,93			75,6	59,6				
	16	1	2	Franca limosa	1,1	2,2	48,7	1,03	Muy buena	42,7	48,7	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		2	2	Franca arcillosa	1,1	2,5	56,6			45,4	49,3	10YR 5/1	Gris	10YR 6/1	Gris
		3	2	Arcillolimoso	0,8	2,5	66,1			69,2	58,7	10YR 4/1	Gris oscuro	5YR 7/1	Gris claro
	promedio				1,0	2,4	57,11			52,44	52,2				
	Promedio				0,89	2,47	63,61	0,99		68,01	57,96				

Anexo G. Repeticiones y porcentaje de color en los tratamientos.

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 0 - 15 cm						
Tratamiento T0	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
BOSQUES	5YR 4/1	Gris oscuro	2		16,67	0,00
	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	4	1	33,33	8,33
	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	3		25,00	0,00
	5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	2,5YR 2,5/4	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	7,5YR 4/2	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro		1	0,00	8,33
	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro		1	0,00	8,33
	10YR 7/2	Gris claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/3	Pardo palido		2	0,00	16,67
	10YR 7/4	pardo muy palido		1	0,00	8,33
	7,5YR 5/2	Pardo		1	0,00	8,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,00	8,33
	10YR 5/3	Pardo		2	0,00	16,67
	10YR 4/2	Pardo gris oscuro		1	0,00	8,33
			12	12	100	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 15 - 30 cm						
Tratamiento T0	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
BOSQUES	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	2		16,67	0,00
	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	3		25,00	0,00
	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/3	Pardo	1	1	8,33	8,33
	2,5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	1		8,33	0,00
	10R 3/1	Gris rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/1	Gris oscuro	1		8,33	0,00
	5Y 6/2	Gris oliva claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		4	0,00	33,33
	5Y 6/3	Oliva claro		1	0,00	8,33
	10YR 5/4	Pardo amarillo		1	0,00	8,33
	7,5YR 5/2	Pardo		1	0,00	8,33
	2,5YR 2,5/4	Pardo rojizo oscuro		1	0,00	8,33
	10YR 4/3	Pardo oscuro		1	0,00	8,33
	7,5YR 4/2	pardo oscuro		1	0,00	8,33
				12	12	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 0 - 15 cm						
Tratamiento T1	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
CHAGRAS	10YR 5/3	Pardo	1	7	8,33	58,33
	10YR 5/4	Pardo amarillo	1		8,33	0,00
	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		25,00	0,00
	7,5YR 4/4	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	2		16,67	0,00
	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 6/3	Pardo pálido		1	0,00	8,33
	10YR 5/2	Pardo gris		1	0,00	8,33
	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro		1	0,00	8,33
	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,00	8,33
			12	12	100	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 15 - 30 cm						
Tratamiento T1	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
CHAGRAS	5YR 3/2	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		8,33	0,00
	7,5YR 3/2	Parso oscuro	3		25,00	0,00
	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2		16,67	0,00
	10YR 5/1	Gris	1		8,33	0,00
	10YR 5/2	Pardo gris	1	2	8,33	16,67
	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/3	Pardo		3	0,00	25,00
	10YR 6/3	Pardo pálido		1	0,00	8,33
	10YR 7/2	Gris claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		5	0,00	41,67
				12	12	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 0 - 15 cm						
Tratamiento T2	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	2		16,67	0,00
	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/2	Pardo gris	2	1	16,67	8,33
	5Y 5/1	Gris	1		8,33	0,00
	7,5YR 4/2	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	5YR 5/3	Pardo rojizo	1		8,33	0,00
	2,5Y 5/2	Pardo gris	1		8,33	0,00
	10YR 6/2	Gris pardo claro		3	0,00	25,00
	10YR 5/3	Pardo		1	0,00	8,33
	10YR 7/3	pardo muy palido		1	0,00	8,33
	10YR 6/3	Pardo palido		1	0,00	8,33
	7,5YR 6/2	Gris rosáceo		1	0,00	8,33
	7,5YR 7/2	Gris rosáceo		1	0,00	8,33
	7,5YR 5/2	Pardo		2	0,00	16,67
	10YR 6/8	Amarillo pardo		1	0,00	8,33
			12	12	100	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 15 - 30 cm						
Tratamiento T2	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	10YR 3/1	Gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 4/1	Gris oscuro	2		16,67	0,00
	5Y 3/2	Gris oliva oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/6	Pardo amarillo	1		8,33	0,00
	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 6/1	Gris	1	1	8,33	8,33
	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	7,5Y 4/2	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 6/2	Gris pardo claro		3	0,00	25,00
	5Y 5/1	Gris		1	0,00	8,33
	10YR 5/4	Pardo		1	0,00	8,33
	7,5YR 6/2	Gris rosáceo		2	0,00	16,67
	7,5YR 7/2	Gris rosáceo		1	0,00	8,33
	7,5YR 5/2	Pardo		2	0,00	16,67
	10YR 6/3	Pardo palido		1	0,00	8,33
			12	12	100	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 0 - 15 cm						
Tratamiento T3	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	5Y 4/1	Gris oscuro	2		16,67	0,00
	10YR 2,5/2	Pardo muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/2	Pardo gris	1		8,33	0,00
	10YR 4/1	Gris oscuro	3		25,00	0,00
	10YR 5/1	Gris	1		8,33	0,00
	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	2		16,67	0,00
	5YR 3/2	Gris oliva oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/3	Pardo		1	0,00	8,33
	10YR 7/2	Gris claro		2	0,00	16,67
	10YR 6/1	Gris		4	0,00	33,33
	5Y 7/1	Gris claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,00	8,33
	7,5YR 4/2	Pardo oscuro		1	0,00	8,33
	5Y 6/1	Gris		2	0,00	16,67
			12	12	100	100

Análisis del Color del suelo según tabla Munsell Profundidad 15 - 30 cm						
Tratamiento T3	Color según tabla Munsell		Muestras		% muestras	
			Suelo Humedo	Suelo seco	Suelo Humedo	Suelo seco
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	5Y 4/1	Gris oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	5YR 2,5/2	Pardo rojizo oscuro	1		8,33	0,00
	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 5/1	Gris	2		16,67	0,00
	10YR 4/1	Gris oscuro	4		33,33	0,00
	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 3/1	Gris muy oscuro	1		8,33	0,00
	10YR 8/1	Blanco		1	0,00	8,33
	10YR 7/2	Gris claro		1	0,00	8,33
	10YR 6/1	Gris		4	0,00	33,33
	10YR 6/2	Gris pardo claro		5	0,00	41,67
	5YR 7/1	Gris claro		1	0,00	8,33
				12	12	100

Anexo H. Clases texturales obtenidas en los diferentes tratamientos

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento T0	Textura		Muestras	% muestras
BOSQUES	ArL	Arcillolimosa	2	16,67
	F	Franca	1	8,33
	FAr	Franca arcillosa	3	25,00
	ArA	Arcilloarenosa	1	8,33
	FA	Franca arenosa	2	16,67
	FL	Franca limosa	1	8,33
	FArL	Franca arcillo limosa	1	8,33
	AF	Arenosa franca	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento T0	Textura		Muestras	% muestras
BOSQUES	FAr	Franca arcillosa	2	16,67
	Ar	Arcillosa	3	25,00
	F	Franca	2	16,67
	FL	Franca limosa	2	16,67
	ArA	Arcilloarenosa	2	16,67
	FArA	Franca arcillo arenosa	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento T1	Textura		Muestras	% muestras
CHAGRAS	FA	Franca arenosa	1	8,33
	FL	Franca limosa	3	25,00
	Ar	Arcillosa	4	33,33
	FArA	Franca arcillo arenosa	1	8,33
	FAr	Franca arcillosa	2	16,67
	FArL	Franca arcillo limosa	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento T1	Textura		Muestras	% muestras
CHAGRAS	FAr	Franca arcillosa	2	16,67
	FL	Franca limosa	4	33,33
	Ar	Arcillosa	4	33,33
	FA	Franca arenosa	1	8,33
	FArA	Franca arcillo arenosa	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento T2	Textura		Muestras	% muestras
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	FL	Franca limosa	6	50,00
	ArL	Arcillolimosa	1	8,33
	Ar	Arcillosa	1	8,33
	FAr	Franca arcillosa	1	8,33
	FArL	Franca arcillo limosa	1	8,33
	ArA	Arcilloarenosa	1	8,33
	AF	Arenosa franca	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento T2	Textura		Muestras	% muestras
FINCAS < 10 AÑOS DE USO	ArL	Arcillolimosa	4	33,33
	FL	Franca limosa	3	25,00
	FArL	Franca arcillo limosa	1	8,33
	Ar	Arcillosa	2	16,67
	FArA	Franca arcillo arenosa	1	8,33
	AF	Arenosa franca	1	8,33
				12

Análisis de Textura Profundidad 0 - 15 cm				
Tratamiento T3	Textura		Muestras	% muestras
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	ArL	Arcillolimosa	5	41,67
	Ar	Arcillosa	4	33,33
	FL	Franca limosa	2	16,67
	FAr	Franca arcillosa	1	8,33
			12	100

Análisis de Textura Profundidad 15 - 30 cm				
Tratamiento T3	Textura		Muestras	% muestras
FINCAS > 20 AÑOS DE USO	Ar	Arcillosa	6	50,00
	ArL	Arcillolimosa	3	25,00
	FArL	Franca arcillo limosa	1	8,33
	FL	Franca limosa	1	8,33
	FAr	Franca arcillosa	1	8,33
			12	100

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

Profundidad (cm)	Bosques secundarios		Chagras Tradicionales	
	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
0	0,37	65,78	0,28	75,25
5	0,61	84,03	0,32	90,53
10	0,58	84,19	0,32	74,44
15	0,53	86,65	0,35	73,02
20	0,56	52,99	0,39	78,01
25	0,52	69,69	0,32	74,83
30	0,59	86,24	0,32	69,65
Profundidad (cm)	Fincas < de 10 años de uso ganadero		Fincas > de 20 años de uso ganadero	
	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)	Resistencia a la penetración (Mpa)	Humedad gravimétrica (%)
0	0,28	85,08	0,47	130,18
5	0,21	104,77	0,46	134,11
10	0,23	98,71	0,55	103,09
15	0,34	105,19	0,59	101,86
20	0,47	102,83	0,48	60,44
25	0,44	93,16	0,36	73,46
30	0,37	124,17	0,30	70,12