

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES
EN SISTEMAS DE MANEJO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), GRANADILLA
(*Passiflora ligularis*), BOSQUE Y CHAGRAS TRADICIONALES EN EL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO.**

**YURY CARLY GUSTIN GOMEZ
NATALIA CATERIN MORALES JAMIOY
CRISTIAN DANIEL ORTIZ ESTRELLA**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para
optar el título de Tecnólogos en Saneamiento Ambiental**

**Asesora
ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA. I. Ag – Esp – M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2014**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES
EN SISTEMAS DE MANEJO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), GRANADILLA
(*Passiflora ligularis*), BOSQUE Y CHAGRAS TRADICIONALES EN EL
MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO.**

**YURY CARLY GUSTIN GOMEZ
NATALIA CATERIN MORALES JAMIOY
CRISTIAN DANIEL ORTIZ ESTRELLA**

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para
optar el título de Tecnólogos en Saneamiento Ambiental**

**Asesora
ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA. I. Ag – Esp – M.Sc**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA SANEAMIENTO AMBIENTAL
SIBUNDOY PUTUMAYO
2014**

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. (Lineamiento CIECYT).

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Sibundoy, 15 de Diciembre de 2014

DEDICATORIA

Aun cuando creía que el tiempo era el obstáculo más relevante y las posibilidades eran mínimas, aparece una luz al final del túnel y una voz de aliento que no me deja desfallecer.

Gracias a Dios, por llenarme de tantas bendiciones, por ser mi guía, por acompañarme en todo momento, por brindarme la fortaleza necesaria para continuar adelante, por no dejarme vencer de los obstáculos y por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Nelson Román Gustin y Gloria Gómez por darme el ejemplo de responsabilidad, dedicación, perseverancia, y esfuerzo para luchar por los sueños y alcanzar la metas propuestas.

A mis hermanos, Mayra Alexandra Gustin y Diego Damián Gustin por todo el apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

A Leonel Enríquez y Maybe Enríquez, por brindarme su ayuda incondicional y por estar cerca de mí en los momentos difíciles, dándome una voz de aliento.

A mis amigos y amigas, por todo el apoyo brindado en este largo recorrido que hoy culmina.

A mi novio Frenando Guerrero por estar conmigo y enseñarme que nada es imposible desde que haya paciencia y voluntad.

A mis compañeros de trabajo, Natalia Cáterin Morales y Cristian Daniel Ortiz por todas aquellas experiencias vividas en esta etapa que serán inolvidables.

A la Ingeniera Adriana Guerra nuestra asesora por la paciencia, entrega dedicación y tiempo brindado para que esta investigación haya sido terminada satisfactoriamente.

Yuri Carly Gustin Gómez

DEDICATORIA

Aunque muchas veces sentía que desfallecía, que se ignoraban mis esfuerzos que todo parecía nada, siempre apareces tú manifestándote con el sentimiento más grande que es el amor y entonces aprendí cuán importante que es confiar en ti y no dudar antes por el contrario saber que para ti nada es imposible que lo demás vendrá por añadidura. ¡Lado seas mi Señor! por el maravilloso don de la vida, por guiarme con tu luz de felicidad en medio de las tinieblas!

A la más bella flor de mi jardín María Pastora Jamioy, mi madre a su incesante espíritu de lucha, por inculcarme siempre los buenos valores, su confianza y apoyo incondicional en este camino de la vida

A mi hermana Karen Viviana Jamioy por animarme a través de su alegría y su acompañamiento en todo momento.

A mis abuelos Gabriel Jamioy y Clementina Chicunque por compartir su sabiduría conmigo y enseñarme que con humildad, responsabilidad, perseverancia y entrega se conduce el camino al éxito

A mis compañeros y amigos Yuri Carly Gustin Gómez y Cristian Daniel Ortiz Estrella por ser parte de este trabajo de investigación y por corresponder a eso tan bonito que llamamos amistad

A mis amigos y a la Fraternidad Santa Clara de Asís por aportar desde sus vidas un granito de arena para el logro de esta meta y por enseñarme a vivir en Fraternidad

A mi querida asesora Ing. Adriana Guerra Acosta por contribuir a mi formación profesional desde el aula de clase, a su dedicación, esfuerzo y el tiempo brindado a través de este proyecto investigación y por ser uno de mis mejores ejemplos a seguir.

Natalia Cáterin Morales Jamioy

DEDICATORIA

Ninguna meta está lejos si en tu alma y en tu mente hay suficiente valor para seguir a delante, si en tus proyectos pones todo tu empeño, y si haz escogido caminar tomado de manos con Jesús y María por el camino de la vida.

A mis padres SERVIO ORTIZ y MARIA DEL ROSARIO ESTRELLA por abrirme las puertas hacia la vida, por creer en mi desde el principio, por enseñarme a valorar cada cosa y cada momento de mi vida, por los valores y por su exigencia, por enseñarme que la esperanza me hará mirar al más allá y la que la fé será la fuerza para empezar a vencer, que el pasado se debe olvidar, y celebrar lo que es y lo q vendrá. Por ser mi pilar y mi motor, Los amo.

A mi hermano DARWIN ORTIZ por llegar mi vida y enseñarme a celebrarla segundo a segundo, por su paciencia, por todos los momentos juntos, juegos, travesuras, peleas, tristezas y alegría, por enseñarme a vivir de una manera diferente, si caigo levantarme y empezar de nuevo.

A mis tíos ANA MARIA ESTRELLA, MIRAM ESTRELLA Y SILVIO ORDOÑEZ por ayudarme a trazar esta meta e impulsarme a cumplirla, por enseñarme que nada es fácil y que todo se logra con esfuerzo dedicación y lo más importante, a tener fe aun cuando todo parezca perderse.

A mi sobrino JUAN CAMILO que aún no conozco, pero ya forma parte de mi vida, por ser un motivo más para seguir a delante.

A mis amigas y compañeras YURI CARLY GUSTIN y NATALIA MORALES por compartir tantos momentos de alegrías y dificultades en este caminar, por ser mi apoyo incondicional en este logro y por enseñarme el verdadero significado de la amistad. Niñas las llevo en mi corazón.

A mí querida asesora, la Ing ADRIANA GUERRA por compartir tantos momentos en las aulas de clase, por su apoyo incondicional, paciencia y dedicación en la realización de este proyecto, y por convertirse en un modelo de vida. A ella mi respeto y admiración.

A todos mis familiares, compañeros y amigos por su apoyo moral, por formar parte de este sueño y aportar en él.

CRISTIAN DANIEL ORTIZ ESTRELLA.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores, expresan sus agradecimientos por el apoyo recibido durante la planeación, ejecución y evaluación del trabajo de investigación a las siguientes personas:

A los agricultores de cada uno de los sistemas de manejo ubicados en la Consociación San Jorge del municipio de Sibundoy por brindarnos la oportunidad de realizar el trabajo de investigación.

A nuestra asesora magister Adriana del Socorro Guerra Acosta, por guiarnos, acompañarnos, apoyarnos y suministrarnos toda su experiencia y conocimiento para llevar a cabo esta investigación.

Y a todas aquellas personas que aportaron para que esta investigativo se llevara a cabo.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	20
1. TITULO	22
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.2 DESCRIPCION DEL PROLBBEMA	22
2. JUSTIFICACIÓN.....	24
3. OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GENERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4. MARCO REFERENCIAL.....	27
4.1 MARCO TEÓRICO	27
4.1.1 Generalidades de los suelos.....	27
4.1.2 Degradación del recurso suelo.	28
4.1.2.1 Factores de la degradación.....	28
4.1.2.2 Degradación de los suelos bajo uso intensivo.	29
4.1.3 Efecto del monocultivo sobre la degradación del suelo.	30
4.1.4 Indicadores de la calidad de suelo.....	32
4.1.4.1 Los indicadores deben ser:	32
4.1.3 Evaluación de calidad de suelo.....	33
4.1.3.1 Indicadores físicos de la calidad del suelo.....	34
4.1.3.2 Indicadores químicos de la calidad del suelo.....	35
4.1.3.3 Indicadores biológicos de la calidad del suelo.	35
4.1.4 Guía Metodológica a emplear en el estudio.....	36
4.1.4.1 Guía de Altieri 1(995).....	36
4.2 MARCO CONCEPTUAL	41
4.2.1 Anélidos.	41
4.2.2 Actividad biológica.	41
4.2.3 Calidad de suelos.	41
4.2.4 Color.	41

4.2.5 Cobertura vegetal.	41
4.2.6 Densidad aparente.....	42
4.2.7 Densidad real.....	42
4.2.8 Degradación de los suelos.....	42
4.2.9 Edafon.....	42
4.2.10 Erosión.....	42
4.2.11 Estructura.....	42
4.2.12 Evaluación de suelos.. ..	42
4.2.13 Fertilidad.. ..	43
4.2.14 Humedad del suelo.. ..	43
4.2.15 Impacto ambiental.....	43
4.2.16 Infiltración.....	43
4.2.17 Indicadores de calidad.. ..	43
4.2.18 Materia orgánica.. ..	43
4.2.19 Organismos del suelo.	43
4.2.20 Profundidad del suelo.. ..	43
4.2.21 Porosidad.....	44
4.2.22 pH.. ..	44
4.2.23 Sostenibilidad del suelo.. ..	44
4.2.24 Suelo.....	44
4.2.25 Textura.....	44
4.3 MARCO LEGAL	44
4.3.1 Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente	47
4.3.1.1 Artículo 178.....	47
4.3.1.2 Artículo 181.	47
4.4 MARCO CONTEXTUAL	48
4.4.1 Municipio de Sibundoy.....	48
4.4.1.1 Climatología.. ..	48
4.4.1.2 Sector económico del municipio de Sibundoy.....	49
4.4.1.3 Ganadería.....	49
4.4.1.4 Suelos del municipio de Sibundoy.	49
4.4.1.5 Consociación San Jorge.. ..	50

5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
5.1 LOCALIZACIÓN.....	52
5.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO	52
5.2.1 Indicadores de sostenibilidad.....	52
5.3 MUESTREO EN CAMPO.....	55
5.3.1 Determinación de las propiedades físicas.....	56
5.3.1.1 Densidad Real.	56
5.3.1.2 Densidad aparente.....	57
5.3.1.3 Determinación del pH.....	58
5.3.1.4 Color	59
5.3.1.5 Actividad Biológica (presencia de Oligochaetos)	59
6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	61
6.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
6.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO POR MEDIO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	61
6.2.1 Resultados de cada uno de los sistemas de manejo y presentación de diagramas de amebas.	65
6.3 RESULTADOS DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS EVALUADOS	92
6.3.1 Color..	92
6.3.2 Color del suelo.....	92
6.3.3 Granadilla.....	92
6.3.4 densidad aparente (Da).	97
6.3.5 Densidad real (Dr).....	99
6.3.6 Porosidad (%)..	101
6.3.7 Humedad gravimétrica del suelo (%).	102
6.3.7 Humedad volumétrica.	104
7. CONCLUSIONES	123
8. RECOMENDACIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ANEXOS.....	132

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ubicación geográfica.....	62
Cuadro 2. Indicadores evaluados.	63
Cuadro 3. Sistema de manejo 1 (granadilla).....	65
Cuadro 4. Sistema de manejo 2 (granadilla).....	66
Cuadro 5. Sistema de manejo 3 (granadilla).....	67
Cuadro 6. Sistemas de manejo 1, 2, 3 (granadilla).	68
Cuadro 7. Promedio sistema de manejo granadilla.	69
Cuadro 8. Sistema de manejo 4 (frijol voluble).	72
Cuadro 9. Sistema de manejo 4 (frijol voluble).	74
Cuadro 10. Sistema de manejo 6 (frijol voluble).	75
Cuadro 11. Sistemas de manejo 4, 5, 6 (frijol).	76
Cuadro 12. Promedio sistema de manejo frijol.	77
Cuadro 13. Sistema de manejo 7 (Chagra).	79
Cuadro 14. Sistema de manejo 8 (Chagra).	80
Cuadro 15. Sistema de manejo 9 (Chagra).	81
Cuadro 16. Sistemas de manejo 7, 8, 9 (Chagra).....	82
Cuadro 17. Promedio sistema de manejo chagra.	83
Cuadro 18. Sistema de manejo 10 (Bosque).	85
Cuadro 19. Sistema de manejo 11 (Bosque).	86
Cuadro 20. Sistema de manejo 12 (Bosque).	87
Cuadro 21. Sistemas de manejo 10, 11, 12 (Bosque).	88
Cuadro 22. Promedios sistema de manejo bosque	89
Cuadro 23. Variación de color participación porcentual Granadilla.....	93
Cuadro 24. Variación de color participación porcentual Frijol.	94
Cuadro 25. Variación de color participación porcentual Chagra.	95
Cuadro 26. Variación de color participación porcentual bosque.	96
Cuadro 27. Promedio densidad aparente por sistema de manejo.	97

Cuadro 28. Promedios Densidad real por sistemas de manejo	100
Cuadro 29. Promedio porosidad por sistema de manejo.	102
Cuadro 30. Promedio humedad gravimétrica por sistema de manejo.	104
Cuadro 31. Promedio humedad volumétrica por sistema.	105
Cuadro 32. Promedio pH sistemas evaluados.	106
Cuadro 33. Tiempo de manejo del sistema.	110
Cuadro 34. Manejo de la producción con agroquímicos.	111
Cuadro 35. Cambios en el sistema de manejo por agroquímicos.....	112
Cuadro 36. Manejo de residuos de cosecha.....	114
Cuadro 37. Realiza prácticas de conservación de suelo.	115
Cuadro 38. Tipo de labranza que maneja.....	116
Cuadro 39. Importancia de labranza en el manejo.	117
Cuadro 40. El sistema de manejo ha hecho que su finca se desvalorice	118
Cuadro 41. ¿El Manejo que le da a su predio le ayuda a la conservacion del recurso suelo?	119
Cuadro 42. Considera que le está dando un manejo ambiental a su finca.	120
Cuadro 43. Retención de humedad	121

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. esquema de ameba respecto al análisis de calidad de suelo.....	39
Figura 2. Representación de los promedios obtenidos en las fincas para determinar el faro agroecológico y el umbral de sostenibilidad.....	40
Figura 3. Localización Municipio de Sibundoy y Consociación San Jorge.....	51
Figura 4. Toma de muestras de suelo.	56
Figura 5. Determinación Densidad Real.....	57
Figura 6. Determinación Densidad Aparente.....	58
Figura 7. Determinación de pH en el laboratorio	59
Figura 8. Determinación del Color.....	59
Figura 9. Presencia de oligochaetos.....	60
Figura 10. Ameba de calidad de suelo sistema de manejo 1 (granadilla).	65
Figura 11. Ameba calidad de suelo sistema de manejo 2 (granadilla).....	66
Figura 12. Ameba de calidad de suelo 3 (granadilla).....	67
Figura 13. Ameba de calidad de suelo 1, 2 y 3 (granadilla).....	68
Figura 14. Faro Agroecológico.....	69
Figura 15. Ameba de calidad de suelo 4 (frijol voluble).	73
Figura 16. Ameba de calidad de suelo 5 (frijol).....	74
Figura 17. Ameba de calidad de suelo 6 (frijol).....	75
Figura 18. Ameba de calidad de suelo 4, 5 y 6 (frijol).....	76
Figura 19. Faro Agroecologico.....	77
Figura 20. Ameba calidad de suelo 7 (Chagra).....	80
Figura 21. Ameba calidad de suelo 8 (Chagra).....	81
Figura 22. Ameba calidad de suelo 9 (Chagra).....	82
Figura 23. Ameba calidad de suelo 7, 8, 9 (Chagra).....	83
Figura 24. Faro agroecológico.	84
Figura 25. Ameba calidad de suelo 10 (Bosque).....	86
Figura 26. Ameba calidad de suelo 11 (Bosque).....	87
Figura 27. Ameba calidad de suelo 12 (Bosque).....	88
Figura 28. Ameba calidad de suelo 10, 11, 12 (Bosque).....	89
Figura 29. Faro agroecológico.	90

LISTA DE ANEXOS

- Mapa de ubicación de la zona de estudio (Consociación San Jorge)
- Encuesta

RESUMEN

El suelo no es una masa muerta o una mezcla de partículas y sustancias diversas, sino más bien una entidad viva con muy diferentes atributos y sujeta a la acción de fuerzas físicas, químicas y bióticas que continuamente están cambiando (Teuscher & Adler, 1967).

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

La degradación del suelo puede entenderse como la acción de un conjunto de factores tanto de índole biofísico como antrópico, que desencadenan procesos de alteración de cualidades y características de la tierra, entendiendo dentro de este concepto, al conjunto de suelos, coberturas vegetales, fauna asociada y dotaciones de agua que existen dentro de determinados paisajes fisiográficos.

Ordóñez y Mendivelso (2006) plantea que la degradación del suelo es una disminución en el funcionamiento óptimo de los suelos en los ecosistemas. Bajo condiciones de contaminación severa del ambiente, la conjugación en la biosfera de varios procesos, incluyendo las funciones del suelo es disturbada, y los ciclos biogeoquímicos naturales de muchos elementos son transformados. Esto lleva a una alteración de la adaptabilidad humana debido al cierre de cadenas tróficas biogeoquímicas. Ante el cambio de sistemas naturales / seminaturales a sistemas manejados por el hombre el balance entre las funciones de los componentes de estos sistemas, puede modificarse de manera extensiva. Estos balances a gran escala resultan, a degradación de suelo.

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo. La evaluación de la calidad del suelo permite entender y revertir el deterioro en dicha funcionalidad ecosistémica, como sucede con: la pérdida de suelos por erosión, depositación de sedimento por viento e inundaciones, reducción de la infiltración, compactación de la capa superficial, pérdida de nutrientes, efecto de la presencia de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la solubilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad de agua. (Quiroga y Funaro, 2004).

Por esta razón en esta investigación evaluaremos la calidad del recurso suelo en diferentes sistemas de manejo a través de indicadores de calidad, lo cual nos permitirá establecer el estado actual de este recurso. Además permitirá adquirir un amplio conocimiento en cuanto a la identificación de las causas por las cuales se genera la degradación de los suelos que nos permita ser críticos a la hora de dar un concepto técnico con estrategias de mitigación, recuperación y conservación de recurso.

ABSTRACT

Soil is not a dead body or a mixture of particles and various substances, but rather a living with very different attributes and subject to the action of physical, chemical and biotic forces are continuously changing (Teuscher & Adler, 1967) entity.

When man to produce crops uses the floor, much of the organic matter is removed and continued with those crop is because certain elements form new chemical compounds that are no longer useful for plants. This makes the soil increasingly impoverished; the main reason is that the nutrients can be used by plants in certain circumstantial combinations and that ultimately may run out, change the current capacity and potential soil (Ordóñez & Mendivelso, 2006)

Land degradation can be understood as the action of a set of factors both biophysical and anthropogenic nature, triggering processes of alteration of qualities and characteristics of the land, understanding within this concept, the whole soil, vegetation cover, fauna associated and water allocations that exist within certain physiographic landscapes.

Ordóñez and Mendivelso (2006) states that land degradation is a decrease in the optimal functioning of the soil ecosystem. Under severe environmental pollution, conjugation in the biosphere of several processes, including the functions of the soil is disturbed, and natural biogeochemical cycles of many elements are transformed. This leads to an alteration of human adaptability due to closure of biogeochemical food chains. Before the change of natural / semi-natural man-managed balance between the functions of the components of these systems systems systems can be modified extensively. These balances are large scale, to soil degradation.

Therefore in this study we evaluate the quality of soil resources in different management systems through quality indicators, which will allow us to establish the current status of this resource. It will also allow to acquire a broad knowledge regarding the identification of the causes why the degradation allows us to be critical in giving a technical concept with mitigation strategies, resource recovery and conservation is generated.

Soil quality is dynamic and can change in the short term, according to the use and management practices, and to preserve it is necessary to implement sustainable

practices over time. Assessing soil quality allows to understand and reverse the deterioration in that ecosystem functionality, as with: soil loss by erosion, sediment depositional wind and floods, reduced infiltration, compaction of the surface layer, loss of nutrients, effect of the presence of pesticides, changes in pH, increased solubility of heavy metals, organic matter loss, reduction in biological activity infestation of pathogens and reduced water quality. (Quiroga and Funaro, 2004).

INTRODUCCIÓN

Los suelos constituyen un sistema vital de la más alta importancia, bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo crecimiento depende de ellos.

El suelo es la capa superficial de la tierra y su lenta tasa de formación (100-400 años/cm de suelo para algunos autores) hace que se le considere un recurso no renovable y que debe preservarse. Alrededor del 15% de la superficie del planeta se ha degradado y cada vez es más frecuente encontrar suelos cuya degradación es tan extrema que se considera irreversible; concepto definido por la Agencia Europea de Medio Ambiente, (AEMA) 1999 como cualquier pérdida de más de 1 tonelada/hectárea/año en un lapso de tiempo de entre 50 y 100 años. Cada vez son más frecuentes, a nivel mundial, cambios adversos en la calidad física, química y/o biológica de los suelos. Desde el entorno de los años 1950 hasta fin de siglo, de los 8,7 billones de hectáreas de suelos agrícolas, de pastos permanentes y de bosques, se han degradado alrededor de 2 billones de hectáreas.

Como consecuencia de las numerosas amenazas que conducen a la degradación del suelo se ha producido, en época relativamente recientemente, un nuevo impulso en los estudios de suelos, entre los que cabe citar el derivado de un término nuevo: "calidad". Palabra casi mágica que aparece como en otros campos (aire, agua etc.), pero que, a diferencia de lo que sucede en éstos, su aplicación al suelo resulta hartamente compleja.

Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996) *Indicators for Soil Quality Evaluation*. Para Dumanski *et al.* (1998) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional. Además los indicadores que se empleen deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan, como lo ha sugerido Astier *et al.* (2002). Hünneimyer *et al.*, (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir: (a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; (b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; (c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

El propósito de esta investigación, es la evaluación de la calidad del recurso suelo en sistemas de manejo frijol (*Phaseolus vulgaris* L), granadilla (*Passiflora ligularis*), bosque y chagras tradicionales a través de diferentes indicadores como estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos, color, materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura de suelo,

erosión, actividad biológica, pH, densidad aparente y real, porosidad; los cuáles serán analizados permitiendo establecer como estas prácticas agrícolas influyen o no en la degradación de los suelos en el municipio de Sibundoy Putumayo.

1. TITULO

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES EN SISTEMAS DE MANEJO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), GRANADILLA (*Passiflora ligularis*), BOSQUE Y CHAGRAS TRADICIONALES EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La evaluación del recurso suelo a través de indicadores de calidad permitirá conocer el estado actual del mismo?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La agricultura convencional, ha generado un gran impacto ambiental, ecológico, social y económico lo cual ha provocado el deterioro de los recursos naturales; siendo el suelo el de mayor afectación, alterando sus propiedades físicas, químicas y biológicas provocando menor productividad a una velocidad alarmante.

Debido a prácticas agrícolas inapropiadas; técnicas de labranza, uso intensivo del recurso, utilización de agroquímicos y sistemas monocultivistas; han disminuido la capacidad productiva del recurso suelo alterando sus propiedades.

A medida que una mayor población depende de la agricultura, el suelo se degrada y pierde la capacidad para cumplir con sus funciones, como son las de ofrecer el medio para el crecimiento de las plantas, regular el régimen hídrico y actuar como filtro ambiental. No obstante, en el modelo de agricultura convencional el suelo se considera simplemente como soporte inerte y fuente de nutrientes, con tecnologías que aplican agroquímicos, sin ningún tipo de consideración ambiental (García, 2011).

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

El resultado final del deterioro de los suelos es la caída de los rendimientos, que en casos extremos resulta en la pérdida del suelo como factor de producción. En muchas oportunidades los efectos de la degradación solo se aprecian a largo plazo, ya que la incorporación progresiva de más insumos (fertilizantes, correctivos, herbicidas), disimula temporalmente los efectos negativos, manteniendo el nivel de rendimientos pero incrementando los costos de producción.

Áreas extensas de tierra, están sometidas a la degradación en forma irreversible, procesos degradativos como la erosión acelerada, la desertificación, compactación, endurecimiento, acidificación, disminución en el contenido de materia orgánica, disminución de la biodiversidad y agotamiento de la fertilidad natural del suelo.

En la zona plana del municipio Sibundoy, la mayoría de los suelos se clasifican como entisoles e histosoles; la investigación realizada es muy baja y poco se conoce el estado actual que presenten por el establecimiento de monocultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), relevo maíz (*Zea mays* L), arveja (*Pisum sativum*) granadilla (*Passiflora ligularis*), lulo (*Solanum quitoense* Lam), hortalizas y pastos, que incluye el uso inadecuado de maquinaria agrícola, fertilizantes y pesticidas, que ocasionan baja productividad agrícola y mayores exigencias de adiciones de insumos exógenos, lo que eleva los costos de producción para todos los productores de la región disminuyendo la producción por el efecto generado a los recursos que en el proceso productivo intervienen en los suelos de esta región sin que hasta ahora se hayan tomado acciones tendientes a evaluar el estado actual, como línea base para diseñar un programa integral de manejo de este recurso en el municipio de Sibundoy.

Es por ello que mediante esta investigación se llevara a cabo una evaluación por medio de indicadores de calidad en diferentes sistemas de producción que permita determinar el estado actual de los suelos a estudiar.

2. JUSTIFICACIÓN

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).

La degradación de las propiedades físicas de los suelos influye de forma directa, obstaculizando el crecimiento de las raíces de las plantas e indirectamente reduciendo el contenido de oxígeno con la consiguiente alteración y modificación de la flora microbiana. También la distribución del sistema radical se afecta por las propiedades físicas del suelo, entre las que se destacan la densidad de volumen y porosidad. Ambas propiedades varían con las tecnologías agrícolas y el tiempo de cultivo que inciden sobre el suelo (Díaz *et al.*, 2009).

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.

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 - Cabrera *et al.*, 2009). Sin embargo el deterioro del recurso suelo por efecto del mal manejo del mismo ocasiona la disminución de la productividad, así como la pérdida de sedimentos por efecto de una importante erosión hídrica.

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

Es por ello necesario este estudio en donde se evaluara la calidad del recurso suelo mediante la valoración y análisis de los diferentes indicadores físicos como estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos, color, materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura de suelo, erosión, actividad biológica, pH, densidad aparente y real, porosidad y

biológicas como la presencia de oligochaetos con el fin de identificar como diferentes prácticas de producción generan o no cambios en la calidad de suelo. De esta manera establecer procesos de recuperación de las propiedades de este recurso contribuyendo a procesos sostenibles, prácticas agrícolas eficientes, seguridad alimentaria, logrando de esta manera la protección y conservación del medio ambiente y la supervivencia del hombre.

IMPACTO AMBIENTAL

Uno de los problemas ambientales más significativos en áreas agrícolas es el uso convencional, que está ligado íntimamente a la degradación del suelo por el manejo indiscriminado de agroquímicos, labranza inapropiada, contaminación ambiental por herbicidas, pérdida de biodiversidad y materia orgánica, manejo de monocultivos, limitada rotación. Este manejo provoca cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas generando disminución de la tasa de infiltración del suelo, lo que afecta al suelo cambiando sus propiedades y aumentando la susceptibilidad a la erosión y afectando la productividad a largo plazo.

Al realizar la valoración de la calidad de suelos en los diferentes sistemas de producción, se pretende conocer el estado del recurso suelo en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas y de esta forma establecer estrategias de manejo ambiental que permitan conservarlo a través del tiempo.

IMPACTO ETICO

El impacto social o ético que se espera con esta investigación es que los propietarios de las fincas de cada uno de los sistemas de producción evaluados, conozcan el estado actual del suelo en sus predios, teniendo en cuenta el manejo que realizan para que le brinden una mayor atención e importancia a la conservación de este recurso, por ser la fuente de vida de plantas, animales, y ser humano; que tengan claros los efectos negativos que pueden causar al dar un manejo inapropiado e insostenible que talvez a corto plazo no se identifique pero que a largo plazo puede causar la pérdida total o parcial de este recurso.

De esta manera lo que se pretende es que los agricultores opten por las buenas prácticas de conservación del recurso suelo logrando así preservar y conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas de este.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado actual del recurso suelo mediante indicadores de calidad en diferentes sistemas de manejo, frijol voluble relevo maíz, granadilla, bosque y chagras tradicionales en el municipio de Sibundoy.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las fincas con diferentes sistemas de producción.
- Evaluar por medio de indicadores como estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos, color, materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura de suelo, erosión, actividad biológica, pH, densidad aparente y real, porosidad.
- Realizar recomendaciones de manejo ambiental de los suelos evaluados,

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Generalidades de los suelos. El suelo es un sistema conformado por diferentes fracciones: la mineral, la materia orgánica y los organismos constituyendo lo que se denomina fase sólida, agua fase líquida y, el aire fase gaseosa, cada una de estas fases se encuentra en estrecha interrelación con las otras para constituir ese todo que se denomina suelo (Cardoso, 1999).

El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera. El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él (Paul y Clark 1996).

Además es un recurso vital; es el soporte físico sobre el que se asientan todos los seres vivos (Gliessman, 2002). Es también la fuente primordial de materias primas y constituye uno de los elementos básicos del medio natural. Desde hace siglos la humanidad ha utilizado el suelo para desarrollarse y conseguir mejorar sus condiciones de vida. Sobre él se realizan todos los procesos de producción del hombre, como la agricultura, la industria, las infraestructuras urbanas, etc.

Es uno de los principales recursos que le brinda la naturaleza al hombre ya que en él crece y se desarrollan las plantas tanto silvestres como las que se cultivan, en su gran mayoría nos sirven de alimento a todos los seres vivos. El suelo depende de largos procesos de descomposición y desintegración de minerales que unidos al resto de materia orgánica y a otros factores climáticos lo originan (Heredía *et al.*, 2006).

Además que el suelo constituye un sistema vital de la más alta importancia, bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo crecimiento depende de ellos.

Aparte de esa función primordial de ser la base para la producción de biomasa, los suelos cumplen otras importantes funciones para la vida humana. Por una parte actúa filtrando, amortiguando y transformando compuestos adversos que contaminan el ambiente, protegiendo así la polución de la cadena alimentaria y el agua subterránea; y también comprende una reserva de genes, la cual es más completa en calidad y cantidad que la de toda la biota sobre la tierra (Bouma, 1998)

Conjuntamente con todas estas funciones los suelos son herencia geogénica y cultural, forma parte de los paisajes y forman tesoros arqueológicos y

paleontológicos de gran importancia para el entendimiento del desarrollo e historia de la humanidad.

4.1.2 Degradación del recurso suelo. El problema de la degradación de los suelos es tan antiguo como la historia de la humanidad, de hecho connotados científicos e investigadores comparten la tesis de señalar la degradación de los suelos, generada por el mal manejo de las tierras, como causante principal de la caída, desaparición de grandes civilizaciones en el pasado. Sin embargo su extinción e impacto en el bienestar de la humanidad y en el ambiente en general alcanza hoy proporciones de comulgante y alarmantes, pues en el mundo actual la degradación de los suelos socava la capacidad productiva de los ecosistemas (Heredia *et al.*, 2006).

La degradación acelerada e irreversible del recurso suelo, considerada como uno de los mayores peligros para la humanidad en el futuro, en una primera aproximación es definida por Bouma, (1998) como un desbalance de algunas de las funciones del suelo que pueden ser causa de su deterioro físico, químico y biológico y hasta de su total destrucción.

Según Rubio, (1992) por degradación del suelo se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de población, tales como:

- La erosión del suelo causada por el viento o el agua
- El deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo.
- La pérdida duradera de vegetación natural.

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

La degradación de suelos, como consecuencia de lo anterior, implica importantes cambios socioeconómicos: desequilibrios en los rendimientos y producción de los

agrosistemas, disminución pérdida de ingresos económicos, ruptura del equilibrio tradicional entre las actividades agrícolas y de pastoreo, abandono de tierras y cultivos, deterioro del patrimonio paisajístico, emigración, entre otros.

4.1.2.2 Degradación de los suelos bajo uso intensivo. 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).

Según Matlock, citado por Cheveli *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 erosión inducida por el hombre ocasiona la destrucción del potencial biológico de los recursos naturales por mal uso y manejo de los mismos (Ortiz *et al.*, 1994), lo que trae como consecuencia la generación de procesos degradativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas y su entorno.

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

Jaramillo (2002), afirma que la degradación del suelo comprende aquellos procesos que lo conducen a una reducción gradual o acelerada, temporal o permanente de su capacidad productiva e incremento de los costos de producción; además este fenómeno conlleva a la pérdida de uno o varios atributos físicos que el suelo posee y paulatinamente se convierte en acumulativo que no se detecta fácilmente. Algunos procesos naturales y/o antrópicos que determinan la degradación de los suelos son la erosión, salificación, acidificación, contaminación, y el empantanamiento (Febles y Miranda, 1988). Otros factores que influyen en la degradación son el deterioro de la fertilidad debido a bajos contenidos de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, daños por salinidad y altos contenidos de sodio, predominio de iones tóxicos y manto freático próximo a la superficie (Gálvez *et al*, 1998).

Frecuentemente los procesos de degradación de suelos operan en cadena, por

ejemplo el agotamiento de la materia orgánica contribuye a debilitar la estructura del suelo, que a su vez fomenta la erosión laminar (Forero, 1999). Además de lo anterior, manifiesta que con este fenómeno las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía aumentan.

En los suelos no solo se habla de degradación física, sino que también se presenta una degradación química, biológica y geológica (causas naturales), por la acción humana o la combinación de las dos (Burbano, 2004). La degradación física de los suelos está relacionada con la pérdida de la estructura del suelo, presencia de capas compactadas, aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad total, variación en la distribución de poros y compactación superficial, generalmente relacionadas con factores externos de uso y manejo de suelos (Forero y Cortés, 1999)

Mendivelso, *et al.*, 1988) citados por Forero y Cortés (1999), atribuyen la degradación química a residuos de plaguicidas, agroquímicos y fertilizantes de origen mineral y orgánico que se han venido utilizando, dado por su uso indiscriminado sin un criterio técnico acertado. La degradación biológica puede ocurrir por la variación de las condiciones de vida en el medio de los microorganismos por los cambios en el pH, procesos de compactación, regímenes variables de aire – agua, inundaciones, contaminaciones y efectos esterilizantes de algunos agroquímicos.

4.1.3 Efecto del monocultivo sobre la degradación del suelo. La aplicación de técnicas de agricultura intensiva, caracterizada por un proceso generalizado de tumba y quema de bosques como práctica previa a la introducción de monocultivos, uso indiscriminado de maquinaria agrícola, aplicación desmedida de fertilizantes y pesticidas, entre otros, con la consecuente degradación progresiva de los suelos y la productividad de los cultivos (Obando, 2000).

En varios sectores de la Orinoquia colombiana a nivel de campo muestran aumento en la degradación ambiental, en aspectos como la erosión de los suelos y pérdida de diversidad de algunas especies nativas, como resultado del uso intensivo de los recursos y la implantación de prácticas agrícolas no apropiadas de preparación y manejo de suelos y aguas (Galvis *et al.*, 2007).

Los monocultivos se han expandido dramáticamente a través del mundo, caracterizados por que año tras año se produce la misma especie de cultivo sobre el mismo suelo. En muchas regiones la diversidad de cultivos por unidad de suelo arable ha decrecido, y las tierras agrícolas han tendido a concentrarse (Altieri, 1995).

Sin embargo las evidencias indican que la excesiva dependencia de los monocultivos en insumos agroindustriales, ha impactado negativamente el medio ambiente y la sociedad rural. Hoy en día se detectan una serie de “enfermedades

ecológicas” asociadas a la intensificación de la producción agrícola. Estas se pueden agrupar en dos categorías: Primero, enfermedades del ecotopo, las cuales incluyen erosión, pérdida de fertilidad del suelo, agotamiento de las reservas de nutrientes, salinización y alcalinización, polución de los sistemas de aguas, entre otros. Segundo, enfermedades de la biocenosis, las cuales incluyen pérdida de agrobiodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales, reaparición de plagas y resistencia genética a los plaguicidas y destrucción de los mecanismos de control natural. Bajo condiciones de manejo intensivo, el tratamiento de tales “enfermedades” requiere un incremento de los costos externos hasta tal punto que, en la mayoría de los sistemas agrícolas modernos, la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado sobrepasa la energía cosechada (Gliessman, 2.002).

La producción agrícola en cualquier sitio representa la interacción del suelo y factores meteorológicos; sistemas de cultivo; operaciones de siembra y labranza; uso de químicos (formulaciones, dosis, localización, tiempo y método de aplicación); irrigación (métodos de aplicación, calidad del agua, cantidades, frecuencia de aplicación); y métodos de cosecha y disposición de residuos.

Waddell y Bower (1988) señalan que la generación y descarga de residuos por la actividad agrícola son determinadas por las características del sitio, los insumos naturales o ambientales, los procesos ambientales, la producción y el manejo y los insumos tecnológicos aplicados *figura* tales factores están estrechamente relacionados. Así por ejemplo las características del sitio son afectadas por las antecedentes tecnologías empleadas, lo cual incluye prácticas de insumos tecnológicos, así como procesos e insumos naturales.

Diferentes sistemas de producción agrícola implican diferentes mezclas de insumos requeridos para la producción y también diferencias en cuanto a la descarga de residuos o desechos. El nivel y patrones temporales de descarga de residuos de actividad agrícola, en gran medida, se relacionan con el nivel de producción y con el correspondiente uso de insumos para la producción agrícola, incluyendo el nivel y mezcla de esos insumos, y de cómo, cuándo y dónde ellos son usados.

Las actividades de producción agrícola pueden impactar los sistemas naturales alterando procesos de transporte (erosión hídrica y eólica, escurrimiento superficial, infiltración del agua en el suelo) y transformación (física, química, y biológica). Alteraciones que, a su vez, afectan la subsecuente generación de descarga y desechos.

Cualquiera sea el proceso de degradación generado por la sobreexplotación, la predicción se orienta hacia la evaluación o estimación de la pérdida de la calidad y/o productividad del suelo, lo cual, a fin de cuentas, afecta la clasificación agrológica del mismo.

4.1.4 Indicadores de la calidad de suelo. Todo tipo de vida depende de la calidad del suelo para su supervivencia, por ende la protección de este recurso natural es prioritaria a nivel mundial, es necesario contar con indicadores que permitan evaluar su calidad. El desarrollo de tales indicadores debe hacerse con base a las funciones del suelo que se evalúan; considerando aquellas propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo (Rodríguez, 2008).

La calidad de suelo, desde un punto de vista agronómico, es la capacidad que tiene el mismo para funcionar efectivamente, tanto en el presente como en el futuro. Puede ser medida a través de sus propiedades físicas, químicas y/ o biológicas, conocidas como indicadores de calidad de suelo (Dexter, 2004).

Un indicador 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. En la actualidad existe interés en identificar indicadores de calidad de suelo que logren: a) integrar procesos y propiedades físicas, químicas y/o biológicas, b) ser aplicados bajo diferentes condiciones de campo, c) complementar bases de datos ya existentes o datos fácilmente medibles y d) responder a cambios en el uso del suelo, a prácticas de manejo y a factores climáticos o humanos (Dexter, 2004).

4.1.4.1 Los indicadores deben ser:

Limitados en número y manejables por diversos tipos de usuarios, sencillos, fáciles de medir y tener un alto grado de agregación, es decir, deben ser propiedades que resuman otras cualidades o propiedades, interdisciplinarios; en lo posible deberán contemplar la mayor diversidad de situaciones por lo tanto incluir todo tipo de propiedades de los suelos (químicas, físicas, biológicas, etc.); tener una variación en el tiempo tal que sea posible realizar un seguimiento de las mismas, asimismo, no deberán poseer una sensibilidad alta a los cambios climáticos y/o ambientales pero la suficiente como para detectar los cambios producidos por el uso y manejo de los recursos (Semarnat, 2002).

Un paso fundamental para poder cuantificar el costo ambiental de las unidades de producción, es la utilización de indicadores de la calidad del suelo. Dentro de estos indicadores están incluidos aquellos que miden el estado de la condición física. Las propiedades hidráulicas de los suelos, entre ellas la velocidad de infiltración, se pueden utilizar como un buen indicador de la estabilidad estructural.

La calidad del suelo y sus parámetros de referencia se pueden ligar al concepto de funcionalidad del ecosistema, ya que integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo, en una situación determinada (Astier-Calderon *et al.*, 2002). Desde una perspectiva ecológica, este concepto refleja la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar dentro de los

límites del ecosistema, para sostener o mejorar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat (USDA-NRSC-SQI, 2001).

La calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo. La evaluación de la calidad del suelo permite entender y revertir el deterioro en dicha funcionalidad ecosistemita, como sucede con: la pérdida de suelos por erosión, depositación de sedimento por viento e inundaciones, reducción de la infiltración, compactación de la capa superficial, pérdida de nutrientes, efecto de la presencia de pesticidas, cambios en el pH, aumento de la solubilidad de metales pesados, pérdida de materia orgánica, reducción de la actividad biológica, infestación de organismos patógenos y reducción de la calidad de agua.

La habilidad que tiene el suelo de sostener la productividad biológica, soportar la funcionalidad ecosistemita y mantener el balance ambiental biofísico, está íntimamente relacionada con la calidad del suelo. Por otra parte, sostienen que la calidad del suelo debe ser evaluada basándose en su funcionalidad específica, dentro de las cuales destacan: el mantenimiento de la productividad y biodiversidad, la regulación de los flujos hidrológicos, la filtración y amortiguamiento de contaminantes, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, el soporte estructural y la resistencia a la degradación y erosión, etc. (Doran y Parkin, 1994).

4.1.3 Evaluación de calidad de suelo. La evaluación de la calidad del suelo es un proceso de conocimiento de la dinámica que presentan las propiedades edáficas que existen en los suelos. Dicho conocimiento es eficaz para evaluar la sustentabilidad de las prácticas de manejo del suelo. Esta evaluación debe considerar una estructura de metas prioritarias identificar las funciones críticas del suelo, necesarias para lograr esas metas y además seleccionar indicadores que provean información útil para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre la funcionalidad del suelo durante un periodo de tiempo (Gil-Stores et al., 2005).

El mantenimiento de la calidad del suelo es crítico para un ambiente sostenible, por lo que es necesario una apropiada selección de indicadores de calidad que ofrezcan una rápida respuesta al cambio, clara discriminación entre los sistemas de manejo, mayor sensibilidad al estrés y a la restauración ambiental, y reflejo de la variabilidad espacial y temporal (Gil-Stores et al., 2005).

Para evaluar la calidad del suelo, resalta la importancia de los atributos que controlen o sean influenciados por algunas de las funciones del suelo. Sin embargo, se ha sostenido que los indicadores de calidad deben reflejar las principales restricciones del suelo, en congruencia con la función o las funciones principales que se evalúan. Debido a lo anterior, los indicadores que se pueden

determinar en un sitio, podrían no ser tan importantes al ser evaluados en otro sitio.

Los indicadores que se utilizan comúnmente corresponden con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. De acuerdo con ello, los indicadores de calidad del suelo deben cumplir con las siguientes condiciones (NRCS, 2004; Etchevers *et al.*, 2009):

- Que sean fáciles de medir.
- Que midan los cambios en las funciones del suelo.
- Que abarquen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Que sean accesibles a los evaluadores y aplicables en condiciones de campo.
- Que sean sensibles a las variaciones climáticas y de manejo.

Asimismo, los indicadores de calidad del suelo deben permitir (Etchevers *et al.*, 2009):

- Analizar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa.
- Identificar los puntos críticos respecto de su sustentabilidad.
- Prever los impactos de una intervención y minimizarlos.
- Ayudar en la toma de decisiones.

Se ha señalado que dependiendo del tipo de funcionalidad que está bajo estudio, las propiedades seleccionadas para medir la calidad del suelo pueden variar. Se han reunido en cuatro grupos los atributos que pueden ser usados como indicadores de calidad de suelo en indicadores: físicos, químicos, biológicos y cualitativos (Nortcliff *et al.*, 2002).

4.1.3.1 Indicadores físicos de la calidad del suelo. La calidad física del suelo se manifiesta de varias formas. Ejemplos de una pobre calidad física del suelo es cuando presenta una o más de los siguientes síntomas: deficiente o baja infiltración de agua, pérdida neta de partículas por escorrentía, compactación, colmatación de poros del suelo y una aireación deficiente. El suelo puede presentar varios problemas simultáneamente y el conjunto de estos síntomas es la causa común, p.ej. de agregados poco estables (Dexter, 2004) La estructura influye en el tamaño y continuidad de los poros, así como su capacidad de retener y transmitir fluidos y sustancias orgánicas e inorgánicas que derivan en la habilidad de mantener un desarrollo vigoroso de las raíces de las plantas.

Los indicadores físicos que se han empleado en las evaluaciones de la calidad del suelo están relacionados, por un lado, con propiedades que reflejen cómo el suelo acepta, retiene y proporciona agua a las plantas y por otro lado, a las condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la

infiltración y el movimiento del agua dentro del perfil y promover el intercambio óptimo de gases (Etchevers et al., 2009).

Existe una amplia variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, éstos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio. Doran y Parkin (1994), seleccionaron como indicadores la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente y capacidad de retención de agua. Por otra parte Nortcliff (2002), sugirió la textura, porosidad, densidad aparente y profundidad, del suelo.

4.1.3.2 Indicadores químicos de la calidad del suelo. A menudo se dificulta separar claramente las funciones del suelo en físicas, químicas y los procesos biológicos, debido a la naturaleza dinámica e interactiva de estos procesos. Esta interconexión es especialmente importante entre las propiedades químicas y los indicadores biológicos de calidad del suelo, de tal manera que algunos autores pueden considerarla misma propiedad (por ejemplo el N mineralizable), en ambas categorías.

Entre las propiedades químicas propuestas como indicadores, se señalan aquellas que inciden en la relación suelo-planta como: la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, entre otros (Etchevers *et al.*, 2009). Propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) reducen la presencia de cambios drásticos en el pH y la disminución en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo (Astier-Calderón et al., 2002). Doran y Parkin (1994), propusieron como indicadores químicos el contenido de materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y N, P y K, disponibles. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, MO, N, P y K) son importantes en términos de producción de cultivos. Por su parte Nortcliff (2002), propuso al pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como el Al y Mn. Es importante considerar que uno de los problemas que presenta la utilización de las propiedades químicas como indicadores de la calidad del suelo es su alta variabilidad estacional.

4.1.3.3 Indicadores biológicos de la calidad del suelo. Se opina que en el pasado, solo se confió en las propiedades físicas y químicas como indicadoras de la calidad del suelo, dejando de lado los predictores biológicos y ecológicos más confiables y dinámicos. Los microorganismos y los invertebrados se consideran como indicadores de la calidad del suelo porque juegan un papel clave en la descomposición de la materia orgánica y en la circulación de los nutrientes; además su diversidad, número y funciones son sensibles al estrés y cambio ambiental en las propiedades del suelo asociados con labranza, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, tala y otras actividades perturbadoras ejecutadas en el sistema de manejo del cultivo.

La importancia de la evaluación de las propiedades biológicas del suelo, se relaciona estrechamente con la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma, ya que los subproductos de su acción influyen de forma directa en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Astier - Calderón *et al.*, 2002).

Generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos.

Las propiedades biológicas del suelo son muy dinámicas por lo que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o de mejoría del suelo. Doran y Parkin (1994), seleccionaron como indicadores biológicos al carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana, el nitrógeno potencialmente mineralizable y la respiración del suelo. Además consideran como indicadores biológicos a la población de lombrices y el rendimiento de los cultivos. Las propiedades biológicas y bioquímicas (respiración del suelo, biomasa microbiana, microorganismos y otros) son más sensibles y son parámetros valiosos en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y los procesos de transformación de los residuos orgánicos. Además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fácil de medir.

Otro indicador del balance de la actividad metabólica de los microorganismos en los suelos es la actividad enzimática; la estimación de las enzimas implicadas en los ciclos del C, N y P permite el cálculo de la diversidad funcional de las comunidades microbianas en el suelo. Esto debido a que la biomasa microbiana expresa la cantidad de organismos que viven en el suelo generalmente más pequeños a 10µm, principalmente hongos y bacterias que tienen una relación con el flujo de energía y transferencia de nutrimentos en los ecosistemas terrestres.

4.1.4 Guía Metodológica a emplear en el estudio. Existen diferentes guías metodológicas para el estudio y el análisis de la calidad de suelo. En este estudio tomaremos la guía de Altieri (1995), como principal método a desarrollar. La cual plantea los siguientes aspectos.

4.1.4.1 Guía de Altieri. Muchos agricultores realizan la conversión de sistemas convencionales de monocultivos, manejando con insumos sintéticos a sistemas más diversificados, que incluyen árboles de sombra, con el objetivo de lograr una producción de calidad, estable en el tiempo y menos dependiente de insumos externos, lo cual reduce los costos de producción y favorece la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y biodiversidad (Altieri, 1995).

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas con gran resistencia a

plagas, buena capacidad de reciclaje y retención de nutrientes, así como altos niveles de biodiversidad (Gliessman, 1998). Un sistema más diversificado con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo es considerado un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema de café, rico en biodiversidad, la cual a partir de una serie de sinergismos contribuye con la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema se considera *sustentable o saludable* (Fernández y Muschler, 1999).

Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber cuándo un agroecosistema es saludable?, o en qué estado de salud se encuentra desde que se ha iniciado la conversión a un manejo agroecológico? Los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han propuesto una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas (Gómez *et al.*, 1996, Maser *et al.*, 1999). Algunos indicadores consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para determinar la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas.

En este artículo se presenta una metodología para el diagnóstico de la calidad y la salud del cultivo, usando indicadores sencillos. Se utilizan indicadores específicos para los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica, aunque con algunas modificaciones, esta metodología puede ser aplicada a una gran diversidad de agroecosistemas en otras regiones. Los indicadores utilizados se seleccionaron porque son fáciles y prácticos por los agricultores. Además son precisos y fáciles de interpretar sensitivos a los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo y pueden relacionarse con procesos del ecosistema, por ejemplo determinan la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas (Altieri, 1994).

No hay duda de que muchos productores de café poseen sus propios indicadores para estimar la calidad del suelo o el estado fitosanitario de su cultivo. Algunos reconocen ciertas malezas que indican por ejemplo, la presencia de un suelo ácido o infértil. Para otros la presencia de lombrices de tierra es un signo de suelo vivo y el color de las hojas refleja el estado nutricional de las plantas. En una zona como Turrialba, se podría compilar una gran lista de indicadores locales. No obstante muchos de estos indicadores son específicos para un sitio y cambian de acuerdo al conocimiento de los agricultores o las condiciones de cada finca, por lo cual dificultan las comparaciones entre fincas.

Ante esta situación, se seleccionaron indicadores de calidad de suelo y de salud de cultivo, relevantes para los agricultores y las condiciones biofísicas de los cafetales de la zona de Turrialba. Con la definición de estos indicadores, el procedimiento para evaluar la sostenibilidad es similar, independientemente de la diversidad de situaciones que existen en las fincas de la región. La sostenibilidad se define entonces como un conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser

satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables facilitando el estudio de cada agroecosistema a través del tiempo o comparaciones entre fincas en varios estados en transición. Quizás lo más importante es que una vez aplicado los indicadores, cada agricultor puede visualizar el estado de su finca, determinando para cada atributo del suelo o de las plantas, el estado con relación a un umbral preestablecido. Cuando la metodología se aplica a varias fincas, resulta muy útil para los agricultores porque les permite comprender las razones por las cuales algunas fincas tienen una respuesta ecológica superior a otras, y que medidas implementar para mejorar aquellos aspectos en que los indicadores mostraron valores bajos.

También a medida que el usuario se familiariza con la metodología, las observaciones se pueden hacer más detalladas, usando algunos instrumentos adicionales. Por ejemplo, en el caso del indicador 10 de calidad de suelo, además de observar directamente signos de actividad biológica como presencia de invertebrados y lombrices, es posible aplicar poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y observar el grado de efervescencia es porque el suelo tiene poca materia orgánica y poca actividad microbiana. Cuando hay bastante efervescencia es porque el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana. También si después de la adición de unas 2-3 gotas de ácido hidroclicórico no hay efervescencia, probablemente se deba a que no hay carbonatos en el suelo, un aspecto importante para estimar la calidad de suelo.

Los indicadores de salud del cultivo se refieren a la apariencia del cultivo, al nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés (sequía u otros factores) y a las malezas, crecimiento del cultivo y de las raíces así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (cantidad de especies de árboles de sombra e incluso malezas dominantes), diversidad genética (cantidad de variedades de café), diversidad de la vegetación circundante y tipo de manejo del sistema (por ejemplo en transición a orgánico con mucho o poco uso de insumos externos) se hacen para evaluar el estado de infraestructura ecológica del cafetal asumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que está rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad (Guharay et al., 2001).

Después de asignar los valores a cada indicador, se suman y se divide entre el número de indicadores evaluados, y se obtiene el promedio para la calidad de suelo y la salud del cultivo. Las fincas para calidad de suelo y/o inferiores a 5 se encuentran por debajo del *umbral de sostenibilidad*, y por lo tanto requieren un manejo que permita mejorar los aspectos en que los indicadores tienen valores bajos. Los valores de los indicadores son más fáciles de observar si se grafican los resultados de cada finca en una figura tipo "ameba". Esto permite visualizar el

estudio general de la calidad de suelo o la salud de cultivo, considerando que mientras más se aproxime la “ameba” al diámetro del círculo (valor 10) más sostenible es el sistema. La “ameba” a permite también observar en que aspectos hay debilidades (valores menores a 5), lo cual permite priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, del cultivo o del agroecosistema. En ocasiones, la intervención para corregir cierto atributo, por ejemplo incrementado la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, lo que a su vez puede mejorar la estructura del suelo.

Los promedios de varias fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral 5 de calidad de suelo y salud del cultivo fig 1. Esto permite identificar las fincas que presentan promedios altos, son consideradas “faros agroecológicos” en los cuales se pueden estudiar las interacciones y sinergismos ecológicos que explican el adecuado funcionamiento del sistema. El aspecto clave no es que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor en la finca “faro”, sino que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conlleva al éxito del sistema desde el punto de vista de calidad de suelo y salud fitosanitaria. Puede que en finca “faro” la clave es la alta actividad biológica o cobertura viva del suelo. Los agricultores de otras fincas cercanas no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor de la finca “faro”, sino técnicas que estén a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

Figura 1. Esquema de ameba respecto al análisis de calidad de suelo.

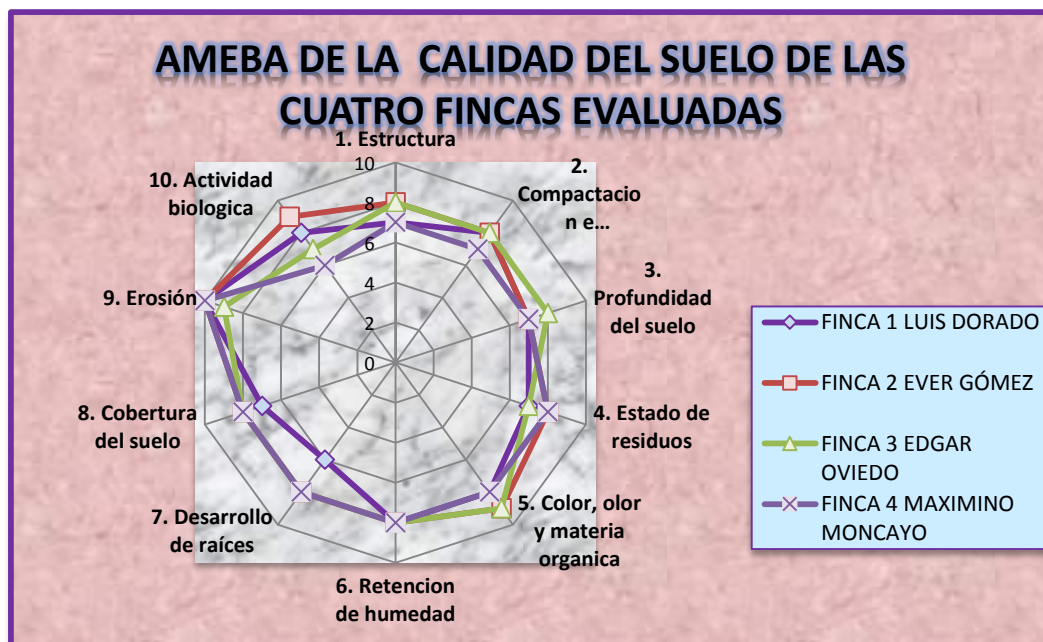
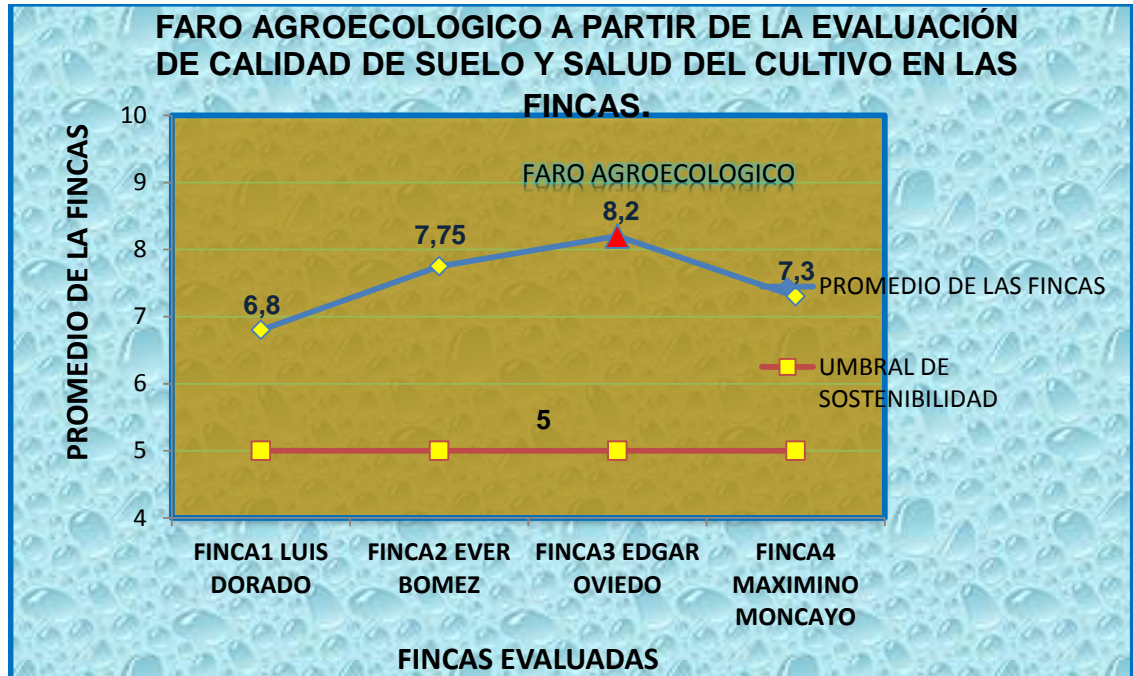


Figura 2. Representación de los promedios obtenidos en las fincas para determinar el faro agroecológico y el umbral de sostenibilidad.



Actualmente, la estimación de la sostenibilidad de los agroecosistemas es una preocupación prioritaria de muchos investigadores agrícolas. Se han propuesto muchas listas de atributos para evaluar la productividad, estabilidad, resiliencia y adaptabilidad de agroecosistemas (Masera., *et al* 1999), pero existen pocas metodologías rápidas y sencillas que usen pocos indicadores y que puedan ser utilizadas por agricultores con el propósito de determinar el estado de sus agroecosistemas. Además esto les permitirá tomar decisiones de manejo para superar las limitaciones detectadas.

La metodología presentada es una herramienta preliminar para evaluar la sostenibilidad de los diferentes sistemas de manejo de acuerdo a valores asignados a calidad de suelo. Esta metodología involucra una actividad participativa y es aplicable a una amplia gama de agroecosistemas en una serie de contextos geográficos y socioeconómicos, siempre y cuando se reemplacen algunos indicadores por otros que sean relevantes para el agroecosistema a evaluar.

La metodología permite la sostenibilidad en forma comparativa relativa, ya sea comparando la evolución de un mismo sistema a través del tiempo o comparando dos o más agroecosistemas con diferentes manejos y/o estados de transición. La

comparación de varios sistemas permite a varios agricultores identificar los sistemas más saludables. Los sistemas que sobresalen se convierten en una especie de faros demostrativos, donde los agricultores e investigadores intentan descifrar los procesos e interacciones ecológicas que posiblemente explican el mejor comportamiento de estos sistemas. Esta información después se traduce a prácticas específicas que optimizan los procesos deseados en los diferentes sistemas a evaluar que exhiben valores promedios por debajo del umbral.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Anélidos. La palabra "anélidos" proviene del latín *Annellum*, que significa "anillo" y del griego *ides*, que significa "miembro de un grupo". Los anélidos son un grupo de animales invertebrados protóstomos de aspecto veriforme y cuerpo segmentado en anillos, cuyo cuerpo está compuesto por numerosos metámeros o anillos similares entre sí y cuya anatomía interna refleja también la externa, con repetición de diversos órganos en cada metámero (León y Garcia, 2010)

4.2.2 Actividad biológica. La mayor actividad de los microorganismos se realiza desde la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad. Las colonias de microorganismos permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas que les sirven de alimento y estimulan su reproducción. (Burbano y Silva, 2010).

4.2.3 Calidad de suelos. La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*, 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo.

4.2.4 Color. El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso (Burt, 2004).

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

4.2.6 Densidad aparente. Es define como el cociente entre la masa de suelo seco (M_s) y el volumen total o aparente del suelo seco (V_t), que incluye tanto la parte sólida como los poros. La densidad aparente varía entre $0.7\text{g}/\text{mt}^3$ en suelos volcanos, muy porosos y ligeros y $1.8\text{g}/\text{mt}^3$ en suelos arenosos y para un mismo suelo varia con la compactación (Burt, 2004).

4.2.7 Densidad real. Es el cociente entre la masa de suelo seco (M_s) y el volumen ocupado por las partículas sólidas (V_s), es decir, el volumen del suelo descontando los poros. La densidad real de los suelo es casi constante e igual a $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ pudiendo disminuir cuando abunda la materia orgánica (Burt, 2004).

4.2.8 Degradación de los suelos. Es entiende el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, ya sea aisladamente o de forma combinada, que impide o limita el buen desarrollo de los cultivos (Malagón *et al.*, 1980).

4.2.9 Edafon. Se denomina edafon a la biota específica del suelo (la palabra aplica al suelo (edaphos) el modelo de la palabra plancton), siendo la parte fundamental del edafon un conjunto de microorganismos procarióticos, hongos y pequeños animales. Por su actividad biológica, el suelo alcanza muchos de los rasgos de su composición e incluso de su estructura; y por la actividad metabólica del edafon el suelo es la sede de procesos fundamentales para los ciclos de los elementos, que los mantienen a disposición de la vida (Anónimo, 2011).

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

4.2.11 Estructura. Es la manera como se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla, para formar agregados, NO debe confundirse “agregado” con “terron”. El terrón es el resultado de las operaciones de labranza y no guarda la estabilidad que corresponde a un agregado (Malavolta, 1989).

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

4.2.13 Fertilidad. La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Domínguez, 1997).

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

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

4.2.16 Infiltración. Es el paso del agua a través de la superficie del suelo. La velocidad de infiltración (mm/hora, cm/min) limita el ritmo de aplicación de agua al terreno para que no haya escorrentía y depende, entre otros factores, del tiempo de infiltración y del contenido de humedad inicial del suelo (Dane y Topp, 2002).

4.2.17 Indicadores de calidad. Los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado (Astier *et al.*, 2002).

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

4.2.19 Organismos del suelo. La población microbiana del suelo es numerosa y diversa esta población tiene unas características muy especiales y realiza una diversidad de funciones que repercuten en las condiciones del suelo, circunstancias que ameritan su estudio (Burbano y Silva, 2010).

4.2.20 Profundidad del suelo. Es muy importante porque de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas. Un suelo de textura y estructura uniforme de 0.60 m de profundidad puede almacenar doble cantidad de agua que un suelo de 0.30 m de profundidad y también tendrá un volumen doble para raíces de las plantas (Malangón et al., 1990).

4.2.21 Porosidad. La porosidad, no es otra cosa que el porcentaje de espacios vacíos (o poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macro porosidad (poros grandes donde se ubica el aire) y la micro porosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua) (Salisbury y Ross, 1992).

4.2.22 pH. Es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura del pH se refiere a la concentración de iones de hidrogeno activos (H^+) que se dan en la interface liquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones de hidrógenos es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. (Willard y Dean, 1974).

4.2.23 Sostenibilidad del suelo. Un uso sostenible del suelo es el que permite mantenerlo como recurso de manera que se obtengan beneficios a largo plazo sin que se produzca su degradación (FAO, 2014).

4.2.24 Suelo. El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera. El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él (Paul y Clark ,1996).

4.2.25 Textura. Es la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo es llamada textura del suelo, se considera que u suelo presenta buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le brindan a la planta la posibilidad de ser un soporte que permite un buen desarrollo radicular y brinde un adecuado nivel de nutrientes. La textura depende de la naturaleza de la roca madre y de los posesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación del suelo (Brady y Weil, 2002).

4.3 MARCO LEGAL

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

Dicha normatividad se resume de la siguiente manera:

Desde la Constitución Política de Colombia de 1991 que contempla en: De los derechos colectivos y del ambiente en el Artículo 79 donde se expresa que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la

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

Así mismos en el Artículo 80 donde se dice que: “el estado planificara 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 cooperara con otras naciones en la protección”.

De igual forma desde el Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993 tenemos el Artículo 3. Que Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

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

Cada vez el suelo es muy limitado y solamente un pequeño porcentaje de este contribuye actualmente a la alimentación de la población mundial que probablemente alcanzará los 6000 millones. Razones por las cuales se pide una utilización eficaz del suelo, teniendo en cuenta el equilibrio ecológico y la protección del medio físico, combatiendo la degradación y la desertificación de la tierra.

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

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

La carta mundial de los suelos establecida por la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación hace mención a los siguientes principios:

Como principales recursos de que dispone el hombre están: el suelo agua, flora fauna y aire. Su uso no deberá provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su calidad. Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, es absolutamente necesario el mejoramiento de la productividad de los suelos y a la conservación de los recursos edafológicos.

Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, cuantitativa y/o cualitativamente, o en ambas formas, como consecuencia de procesos erosivos, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes; de las plantas el deterioro de la estructura de los suelos, la desertificación y la contaminación. Es de urgente necesidad el incremento de la producción alimentaria de fibras y maderas.

La degradación de los suelos repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos,

Es responsabilidad de los gobiernos, motivar e incentivar a la población para la producción de alimentos, dando el uso racional y sostenible a los recursos disponibles.

La concesión de incentivos apropiados para la agricultura es condición básica para lograr un buen aprovechamiento de los suelos.

La ayuda que se preste a los agricultores y otros usuarios deberá estar orientada hacia los servicios prácticos para lograr una buena explotación de las tierras.

La adopción de medidas válidas de ordenación y conservación de suelos en explotaciones agrícolas. Permitirá explotar las tierras bajo el concepto de sostenibilidad.

Es responsabilidad de todos los que explotan la tierra y público en general sobre la necesidad de sensibilizar, organizar y capacitar en todos los niveles de la población para un uso racional de los suelos.

Con el fin de lograr una utilización óptima de las tierras, es importante evaluar el aprovechamiento en agricultura, pastoreo y silvicultura.

El aprovechamiento de los suelos debe ser flexible, que nos permita disfrutar sus bondades a más largo plazo evitando la degradación permanente de este importante recurso.

Las medidas de conservación de los suelos deben incluirse en las fases de planificación correspondiente al desarrollo de los mismos.

Por otro lado, desde el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Ley 23 de 1.973, en el Título I. del suelo agrícola determina: en su Artículo 178 habla que los suelos del territorio nacional deberán usarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Se determinará el uso potencial de los suelos según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de la región.

Según dichos factores también se clasificarán los suelos. En el 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. De igual forma el Artículo 180 dicta que 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 acabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales.

4.3.1 Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente

4.3.1.1 Artículo 178. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente Artículo 178 Colombia.

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.

4.3.1.2 Artículo 181. Son facultades de la administración:

- a). Velar por la conservación de los suelos para prevenir y controlar, entre otros fenómenos, los de erosión, degradación, salinización o revenimiento;
- b). Promover la adopción de medidas preventivas sobre el uso de la tierra, concernientes a la conservación del suelo, de las aguas edáficas y de la humedad y a la regulación de los métodos de cultivo, de manejo de la vegetación y de la fauna;
- c). Coordinar los estudios, investigaciones y análisis de suelos para lograr su

manejo racional;

d). Administrar y reglamentar la conveniente utilización de las sabanas y playones comunales e islas de dominio público;

e). Intervenir en el uso y manejo de los suelos baldíos o en terrenos de propiedad privada cuando se presenten fenómenos de erosión, movimiento, salinización, y en general de degradación del ambiente por manejo inadecuado o por otras causas y adoptar las medidas de corrección, recuperación o conservación.

f). Controlar el uso de sustancias que puedan ocasionar contaminación de los suelos. (leyes.co/codigo_nacional_de_recursos_naturales...y_de.../181.htm)

4.4 MARCO CONTEXTUAL

4.4.1 Municipio de Sibundoy. Sibundoy, está localizado al noroccidente del Departamento del Putumayo, con coordenadas geográficas 1°12'12" latitud norte y 76° 51'15" longitud oeste. Limita al norte con el Departamento de Nariño y el cerro de Juanoy (área limítrofe del cerro de Cascabel), al sur con el municipio de San Francisco (área limítrofe antiguo cauce del río Putumayo), al occidente con el municipio de Colón (área limítrofe por el río San Pedro), al oriente con el municipio de San Francisco (área limítrofe con el río San Francisco). Tiene una extensión de 90.828 km², que corresponden al 0,36% del departamento del Putumayo.

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

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

4.4.1.1 Climatología. Sibundoy presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17°C, el promedio mensual anual es de 15.98 °C. El mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto (Castro y Jiménez 2008).

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

La humedad relativa presenta su mayor variación en el año, entre máximos y mínimos valores alrededor de los meses de abril y de noviembre. Su distribución a lo largo del año es de ritmo unimodal con pico de valores medios en el mes de junio-julio (88.3 %). Sus fluctuaciones entre máximos y mínimos durante el año coinciden con el período de menor y mayor precipitación (POMCA, 2010).

En cuanto a la información obtenida en la estaciones de Michoacán y la Primavera define la siguiente distribución en el tiempo del brillo solar. La época de octubre, noviembre y diciembre con valores medios de 96.4 a 99.8 horas, representa el máximo pico durante el año, lo cual coincide con la época de menores lluvias y humedad. Los valores medios oscilan entre 34.7 y 99.8 horas de brillo solar. Junio y julio (35.6 y 34.7 horas en el mes) representan los meses con valores mínimos de horas de brillo solar. El brillo solar presenta relativa estabilidad entre los meses de julio, agosto y septiembre con variaciones de alrededor 14% entre máximos y mínimos valores mensuales; para el resto del año se intensifican estas variaciones en función de la humedad y la precipitación (POMCA, 2010).

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

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

La actividad ganadera específicamente en el sector de leche, dentro de la economía de la región ocupa un lugar importante, según el consolidado subregional, realizado por el Centro Provincial Agro empresarial del Valle de Sibundoy con referencia a 2012 refleja un total de 1071 productores de leche distribuidos en los cuatro municipios. Para Sibundoy existen 1.006ha, en las cuales hay 1509 cabezas de ganado lechero. Estudio realizado en el 2011 por el centro provincial (Fundación Sachamates, 2012).

4.4.1.4 Suelos del municipio de Sibundoy. La cuenca alta del río Putumayo, en la región del Valle de Sibundoy, con un área aproximadamente de 45.987 Ha, y alrededor de 8.869 Ha del territorio son completamente planas y forman una meseta de 12 km de longitud por 7 km de anchura con un máximo de 1% de pendiente, en ella se establecen la mayor parte de cultivos con un manejo de

monocultivo y agroecosistemas tradicionales (chagras) de maíz, frijol, arveja, papa, hortalizas y semipermanentes como tomate de árbol, y lulo y permanentes manzana, fraijoa, entre otros.

4.4.1.5 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 los suelos se usan en cultivos de frijol, maíz, potreros con pastos naturales y mejorados también existen parcelas en huertos y chagras tradicionales (Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Putumayo, 2.009)

Figura 3. Localización Municipio de Sibundoy y Consociación San Jorge



CONSOCIACION SAN JORGE



Fuente: Esta Investigación

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizó en el municipio de Sibundoy con coordenadas geográficas N 01°12'25" - W 76°55'12", (FIGURA 1) De acuerdo con el plan de ordenamiento de la cuenca alta del río Putumayo (2010), la zona plana se encuentra ubicado a una altura de 2100 - 2150 msnm, temperatura promedio mensual anual 16 °C, precipitación anual 1.715 mm, humedad relativa 83 %, pertenece a la zona de vida según la clasificación de Holdridge al Bosque húmedo montano bajo (bh-MB).(PONCA, 2009).

Las veredas que incluyen el área de investigación son Las Palmas Bajas, Sagrado Corazón, Sotanjoy, que se ubican en la Consociación San Jorge.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EN CAMPO

Para llevar a cabo la investigación fue necesario conocer el manejo que realizan los productores a los diferentes sistemas que se evaluaron (frijol voluble, granadilla, bosque y chagra) y que tienen influencia directa con el manejo ambiental del recurso suelo, para ello se diseñó una encuesta (anexo A) dirigida a 12 productores ubicados en suelos pertenecientes a la Consociación San Jorge del municipio de Sibundoy. La encuesta permitió determinar los siguientes aspectos:

1. Conocer el manejo que cada uno de los agricultores realiza al suelo a nivel de labranza, manejo de fertilización orgánica y química, uso de agroquímicos, distancia de siembra, tiempo de producción, encalamiento, manejo de malezas, manejo de semillas.
2. Se estableció el área de muestreo por sistema que se determinó con un promedio de tendencia de uso de las fincas (anexo B) (MAPA)

Una vez seleccionados los lotes a evaluar y comprobado su homogeneidad en cuanto a pendientes, características y tipo de suelos, de acuerdo a la clasificación del IGAC (1990) se realizó el muestreo, tomando como base la metodología de Altieri (1995) donde plantea un método agroecológico rápido para la evaluación de sistemas de producción la cual incluye los siguientes aspectos a evaluar.

5.2.1 Indicadores de sostenibilidad. Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de los diferentes sistemas (diversidad de cultivos, cobertura de suelo, cantidad adecuada de materia orgánica, baja incidencia de plagas entre otros), se seleccionaran diez indicadores de calidad de suelo.

Cada indicador se estima en forma separadas y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo y los atributos a evaluar para cada indicador. Por ejemplo en el caso del indicador estructura de suelo, se asigna un valor de 1 a suelos, polvosos, sin gránulos (o agregados) visibles, un valor de 5 a suelos con cierta estructura granular y cuyos gránulos se rompen con una presión suave de los dedos y valor 10 a suelos granulosos, con agregados que mantienen su forma aun después de humedecidos y sometidos a una presión leve. Los valores entre 1y 5 o 5 y 10 se asignan según las características observadas. Cuando un indicador no plica para la situación, no se evalúa, o si es necesario, se remplace por otro que el investigador y el agricultor estimen más relevante.

5.2.1.1 Calidad de suelo.

1. Estructura (observación en campo)

Suelo polvos, sin gránulos visibles (1)

Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5)

Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aun humedecidos (10)

2. Compactación e infiltración

Compacto, se anega (1)

Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5)

Suelo no compacta, el agua se infiltra fácilmente (10)

3. Profundidad del suelo

Subsuelo casi expuesto (1)

Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm (5)

Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm (10)

4. Estado de residuos

Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1)

Se mantienen residuos del año anterior, en procesos de descomposición (5)

Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10)

5. Color y materia orgánica

Suelo pálido, con mal olor o químico y no se observan la presencia de materia orgánica o humus. (1)

Suelo pardo claro rojizo, con poco olor y con algún grado materia orgánica o humus (5)

Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10)

6. Retención de humedad

- Suelo se seca rápido (1)
- Suelo permanece seco durante la época seca (5)
- Suelo mantiene humedad durante la época seca (10)

7. Desarrollo de raíces

- Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1)
- Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5)
- Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas con abundante presencia de raíces finas (10)

8. Cobertura de suelo

- Suelo desnudo (1)
- Menos de 50% del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5)
- Menos del 50% del suelo con cobertura viva o muerta (10)

9. Erosión

- Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos (1)
- Erosión evidente, pero poca (5)
- No hay mayores señales de erosión (10)

10. Actividad biológica

- Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc) (1)
- Se observa algunas lombrices y artrópodos (5)
- Mucha actividad biológica, abundante lombrices y artrópodos (10)

11. pH

Después de asignar los valores a cada indicador, se suman y se divide entre el número de indicadores evaluados, y se obtiene el promedio para la calidad de suelo. Las fincas para calidad de suelo y/o inferiores a 5 se encuentran por debajo del *umbral de sostenibilidad*, y por lo tanto requieren un manejo que permita mejorar los aspectos en que los indicadores tienen valores bajos. Los valores de los indicadores son más fáciles de observar si se grafican los resultados de cada finca en una figura tipo "ameba". Esto permite visualizar el estudio general de la calidad de suelo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10) más sostenible es el sistema. La "ameba" permite también observar en que aspectos hay debilidades (valores menores a 5), lo cual permite priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, del cultivo o del agroecosistema. En ocasiones, la intervención para corregir cierto atributo, por ejemplo incrementado la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, lo que a su vez puede mejorar la estructura del suelo.

Los promedios de varias fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral 5 de calidad de suelo. Esto permite identificar las fincas que presentan promedios altos, son consideradas “faros agroecológicos” en los cuales se pueden estudiar las interacciones y sinergismos ecológicos que explican el adecuado funcionamiento del sistema. El aspecto clave no es que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor en la finca “faro”, sino que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conlleva al éxito del sistema desde el punto de vista de calidad de suelo y salud fitosanitaria. Puede que en finca “faro” la clave es la alta actividad biológica o cobertura viva del suelo. Los agricultores de otras fincas cercanas no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor de la finca “faro”, sino técnicas que estén a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

5.3 MUESTREO EN CAMPO

La evaluación de los diferentes sistemas de producción se realizó con tres repeticiones para cada uno de ellos de la siguiente manera.

1. Cultivo de frijol x 3 repeticiones
2. Cultivo de granadilla x 3 repeticiones
3. Bosque x 3 repeticiones
4. Chagras tradicionales x 3 repeticiones

El total de unidades experimentales fue de 12 sistemas de manejo evaluadas en toda la investigación.

Para el muestreo en cada uno de los sistemas de manejo se buscó un lugar adecuado donde se pueda realizar el siguiente procedimiento:

1. Se midió 1m² como área base.
2. Se retira la cobertura vegetal dejando al suelo totalmente desnudo y posteriormente se pesa y caracteriza la biomasa.
3. Se realiza una calicata de 25 cm x 25 cm² y 30 cm de profundidad.
4. Se toma dos muestras la primera a una profundidad de 0-15 cm y la segunda de 15–30 cm mediante un anillo biselado que se enterró con ayuda de un muestrador y un mazo de madera permitiendo obtener de esta forma la muestra sin disturbar.

Nota: El anterior procedimiento se realizó para cada una de los sistemas de manejo.

Figura 4. Toma de muestras de suelo.



Fuente: Grupo de Investigación

5.3.1 Determinación de las propiedades físicas. Para la determinación de las propiedades físicas como densidad aparente, densidad real y química; pH se procedió a realizar los diferentes procedimientos en el laboratorio de química del Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy.

5.3.1.1 Densidad Real. La densidad real se realizó a las muestras de suelo seco a temperatura ambiente para cada sistema de manejo a través de los siguientes pasos:

1. Se procedió a calcular el peso del picnómetro vacío por medio de una balanza
2. Se tamizó la muestra del suelo secó a temperatura ambiente.
3. El suelo tamizado fue adicionado dentro del picnómetro (2gr) junto con el agua hasta cubrir la muestra.
4. En seguida se procedió a hervir la solución en la estufa durante un periodo de tres minutos.
5. Transcurrido los tres minutos se deja en reposo durante el picnómetro durante dos horas. Después de este tiempo se pesa el picnómetro que contiene la mezcla hervida más agua.
6. Por último se pesa el picnómetro llenándolo de agua hasta el borde y se procede a determinar la densidad real.

Figura 5. Determinación Densidad Real



Fuente: Grupo de Investigación

Para la obtención de la densidad real fue necesario tener en cuenta la siguiente formula y sus respectivos elementos que la conforman:

$$Dr = \frac{Dw(Ws - Wa)}{Ww + Ws - Wa - Wsw}$$

Dr= Densidad real

Dw= Densidad del agua

Ws= Peso del picnómetro con el suelo

Wa= Peso del picnómetro vacío

Ww= Peso del picnómetro con el suelo después de hervido

Wsw= Peso del picnómetro +agua +suelo.

5.3.1.2 Densidad aparente. Para determinar la densidad aparente del suelo se realizó a través del *método del anillo biselado* llevando a cabo el siguiente procedimiento:

1. Se tomó dos muestras de suelo en el anillo biselado por cada calicata
2. Una vez tomadas las muestras de suelo sin disturbar se pesó y fueron llevadas al horno durante 24 h a 105°C aproximadamente.
3. Se deja enfriar en un desecador para que no absorba humedad del aire.
4. Inmediatamente se procede a pesar las muestras del suelo seco con el anillo y sin el anillo y se registra.

Figura 6. Determinación Densidad Aparente



Fuente: Esta Investigación

Con los resultados obtenidos se procede a determinar la densidad aparente de las muestras de suelo con la siguiente formula:

$$DENSIDAD\ APARENTE\ (D) = \frac{PESO\ (P)}{VOLUMEN\ (V)}$$

Una vez obtenidos los datos de densidad aparente y real se procedió a realizar los respectivos cálculos para obtener el dato de porosidad mediante la siguiente formula

5.3.1.3 Determinación del pH. Para determinar el pH se tomaron las muestras de suelo mediante en 10 puntos por zic-zac cubriendo toda el área del sistema. Una vez obtenida la muestra se toma una libra de suelo y lleva al laboratorio donde se deja secar a temperatura ambiente.

1. Se tamizo el suelo secado a temperatura ambiente para obtener un suelo uniforme sin que haya presencia de pequeños terrones.
2. En un beaker se mezcló 20 gr de suelo con 20cc de agua obteniendo así una mezcla homogénea.
3. Para que la reacción se desempeñe de la mejor manera se mezcla durante 30 segundos cada 20 minutos durante 1 hora, completando así un total de tres repeticiones.
4. Inmediatamente terminada la mezcla de la solución se procedió a determinar el pH de esta. El pH se determina por medio de un instrumento llamado pHmetro que debe estar antes calibrado con una solución conocida para que no se altere el resultado de la solución.

5. Cuando el pHmetro este calibrado se toma el pH de cada una de las muestras de suelo.

Figura 7. Determinación de pH en el laboratorio



Fuente: Esta investigación

5.3.1.4 Color

1. Se toma una muestra de suelo húmedo.
2. Se toma un pequeño terrón de la muestra de suelo y se asigna el color correspondiente a la muestra mediante la tabla Musell

Figura 8. Determinación del Color.



Fuente: Esta Investigación

5.3.1.5 Actividad Biológica (presencia de Oligochaetos)

Para la determinación de este indicador, se procedió a capturar los individuos encontrados por cada calicata en los diferentes sistemas de manejo,

introduciéndolas en un recipiente con alcohol una vez obtenidas se llevaron al laboratorio para determinar el peso y dar el respectivo valor.

Figura 9. Presencia de oligochaetos.



Fuente: Esta Investigación

6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La evaluación de los datos de las variables evaluadas se realizó mediante un análisis de promedios que permitió establecer el manejo dado por los diferentes sistemas al recurso suelo y la situación actual en la calidad del mismo.

6.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se divide el presente capítulo en tres partes: el primero de ellos reúne la información discutida y evaluada de 11 indicadores de calidad del suelo en cuatro sistemas de manejo, donde se diagrama mediante aréolas los resultados obtenidos para determinar en cada uno de ellos el fero agroecológico, el segundo se hace una discusión de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio en las siguientes propiedades: densidad aparente y real, porosidad, color, pH, y el tercero se analiza la información obtenida de las encuestas realizadas a los agricultores de los sistemas de producción evaluados.

6.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO POR MEDIO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Los puntos de muestreo fueron georreferenciados por medio de un sistema de geoposicionamiento global (GPS), los cuales se muestra en la (tabla ¿??) que incluye los propietarios de los diferentes sistemas de producción evaluados con sus coordenadas, área y ubicación. (Anexo B mapa).

Una vez finalizado el trabajo de campo cuyo objetivo fue recopilar información de la calidad que presentan los suelos en los 11 indicadores evaluados se resume y sistematiza los resultados a continuación.

En el cuadro 1, se muestra los resultados de los 12 sistemas de producción evaluados la cual incluye los valores obtenidos después de la evaluación en campo los promedios por sistemas de producción.

Cuadro 1. Ubicación geográfica.

SISTEMA DE MANEJO	N.	Nombre y Apellido	Dirección	Área (Ha)	Coordenadas	
					N	W
GRANADILLA	1	Ausberto Duarte	V/ Las Palmas	0,76	01° 12' 23,3"	076° 54' 43,5"
	2	James Montenegro	V/ Las Palmas	0,22	01° 12' 16,0"	076° 54' 46,1"
	3	Juan Muchachasoy	V/ Las Palmas	0,77	01° 12' 15,6"	076° 54' 46,6"
FRIJOL	4	Albeiro Burbano	V/ Las Palmas	2,9	01° 12' 20,9"	076° 54' 46,7"
	5	Luis Alfonso Jacanamejoy	V/ Sagrado Corazón	0,42	01° 12' 21,9"	076° 54' 47,9"
	6	Eduardo Díaz	V/ Las Palmas	1,40	01° 12' 11,5"	076° 54' 48,0"
CHAGRA	7	María Transito Chicunque	V/Sagrado Corazón	0,14	01° 12' 11,1"	076° 54' 47,3"
	8	Señor Bravo		0,094	01° 11' 59,8"	076° 54' 45,2"
	9	Clementina Muchachasoy	V/Sagrado Corazón	0,08	01° 11' 54,4"	076° 54' 50,6"
BOSQUE	10	Rosaura Jamioy		0,13	01° 11' 45,6"	076° 54' 53,5"
	11	Maria Mercedes Muchachasoy	V/ Sontanjoy	0,11	01° 11' 22,5"	076° 55' 10,9"
	12	Fidencia Mavisoy	V/ Sagrado Corazon	0,14	01° 11' 27,6"	076° 55' 11,4"

Fuente: esta investigación

Cuadro 2. Indicadores evaluados.

SISTEMA DE MANEJO	N. DE FINCAS	N. DE CALICATAS	ESTRUCTURA	COMPACTACION E INFILTRACION	PROFUNDIDAD DEL SUELO	ESTADO DE RESIDUOS	COLOR	RETENCION DE HUMEDAD	DESARROLLO DE RAICES	COBERTURA DE SUELO	EROSION	ACTIVIDAD BIOLÓGICA	pH	PROMEDIO
GRANADILLA	1	1	6	2	9	1	8	9	6	9	10	8	4	6,5
		2	6	2	9	1		8	6	9	10			
		3	6	3	9	1		9	6	9	10			
		PROMEDIO	6	2,3	9	1		8,7	6	9	10			
	2	1	5	2	9	1	8	8	6	7	10	3	4	5,5
		2	4	2	8	1		9	5	7	10			
		3	4	2	8	1		7	5	7	10			
		PROMEDIO	4,3	2	8,3	1		8	5,3	7	10			
	3	1	5	2	6	4	8	9	6	9	10	4	4	6,4
		2	8	2	9	6		9	7	8	10			
		3	7	3	10	1		8	6	9	10			
		PROMEDIO	6,7	2,3	8,3	3,7		8,7	6,3	8,7	10			
PROMEDIO GENERAL			5,7	2,2	8,5	1,9	8	8,4	5,9	8,2	10	5	4	6,2
FRIJOL	4	1	7	2	6	8	9	8	6	8	10	10	4	7,1
		2	6	3	6	6		7	6	8	10			
		3	7	2	7	9		8	6	8	10			
		PROMEDIO	6,7	2,3	6,3	7,7		7,7	6	8	10			
	5	1	7	3	7	8	4	9	9	9	10	0	7	6,4
		2	7	2	7	6		8	9	9	10			
		3	7	2	7	7		7	8	9	10			
		PROMEDIO	7	2,3	7	7		8	8,7	9	10			
	6	1	6	2	9	9	7	9	9	9	10	10	4	7,6
		2	6	2	9	9		9	9	9	10			
		3	6	3	9	9		8	9	9	10			
		PROMEDIO	6	2,3	9	9		8,7	9	9	10			
PROMEDIO GENERAL			6,6	2,3	7,4	7,9	6,7	8,1	7,9	8,7	10	6,7	5	7,0
CHAGRA	7	1	6	3	10	8	8	9	7	8	10	10	4	7,4
		2	6	4	10	5		9	8	9	10			
		3	6	3	9	6		9	8	8	10			
		PROMEDIO	6	3,3	9,7	6,3		9	7,7	8,3	10			
	8	1	9	4	9	7	8	8	7	9	10	4	4	7,2
		2	8	3	7	8		9	7	9	10			
		3	9	3	9	9		9	7	8	10			
		PROMEDIO	8,7	3,3	8,3	8		8,7	7	8,7	10			
	9	1	6	4	7	8	8	8	6	8	10	2	4	6,4
		2	6	4	7	8		8	6	8	10			
		3	4	3	5	5		9	6	8	10			
		PROMEDIO	5,3	3,7	6,3	7		8,3	6	8	10			

Cuadro 2. (Continuación)

SISTEMA DE MANEJO	N. DE FINCAS	N. DE CALICATAS	ESTRUCTURA	COMPACTACION E INFILTRACION	PROFUNDIDAD DEL SUELO	ESTADO DE RESIDUOS	COLOR	RETENCION DE HUMEDAD	DESARROLLO DE RAICES	COBERTURA DE SUELO	EROSION	ACTIVIDAD BIOLOGICA	pH	PROMEDIO
PROMEDIO GENERAL			6,7	3,1	8,1	7,1	8	8,7	6,9	8,3	10	5,3	4	7,0
BOSQUE	10	1	9	2	8	9	8	8	9	8	10	0	4	6,2
		2	5	2	4	6		9	8	8	10			
		3	4	3	6	7		8	9	8	10			
		PROMEDIO	6	2,3	6	7,3		8,3	8,7	8	10			
	11	1	4	3	5	7	8	9	5	7	10	2	3	6,3
		2	7	3	8	8		8	6	7	10			
		3	5	3	8	8		8	9	10	10			
		PROMEDIO	5,3	3	7	7,7		8,3	6,7	8	10			
	12	1	6	2	6	9	7	8	9	6	10	3	3	6,3
		2	6	2	6	9		8	6	8	10			
		3	6	3	6	9		9	6	8	10			
		PROMEDIO	6	2,3	6	9		8,3	7	7,3	10			
PROMEDIO GENERAL			5,8	2,6	6,3	8	7,7	8,3	7,4	7,8	10	1,7	3,3	6,3

Fuente: Esta investigación

6.2.1 Resultados de cada uno de los sistemas de manejo y presentación de diagramas de amebas.

- Sistema granadilla

Cuadro 3. Sistema de manejo 1 (granadilla).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO1. (GRANADILLA)
1. ESTRUCTURA	6
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	9
4. ESTADO DE RESIDUOS	1
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,7
7. DESARROLLO DE RAICES	6
8. COBERTURA DE SUELO	9
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	8
11. pH	4
PROMEDIO	6,5

Figura 10. Ameba de calidad de suelo sistema de manejo 1 (granadilla).



Cuadro 4. Sistema de manejo 2 (granadilla).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO 2. (GRANADILLA)
1. ESTRUCTURA	4,3
2. COMPACTACIÓN E INFILTRACIÓN	2
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	8,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	1
5. COLOR	8
6. RETENCIÓN DE HUMEDAD	8
7. DESARROLLO DE RAÍCES	5,3
8. COBERTURA DE SUELO	7
9. EROSIÓN	10
10. ACTIVIDAD BIOLÓGICA	3
11. P H	4
PROMEDIO	5,5

Figura 11. Ameba calidad de suelo sistema de manejo 2 (granadilla).



Cuadro 5. Sistema de manejo 3 (granadilla).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 3. (GRANADILLA)
1. ESTRUCTURA	6,7
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	8,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	3,7
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,7
7. DESARROLLO DE RAICES	6,3
8. COBERTURA DE SUELO	8,7
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	4
11. p H	4
PROMEDIO	6,4

Figura 12. Ameba de calidad de suelo 3 (granadilla).



Cuadro 6. Sistemas de manejo 1, 2, 3 (granadilla).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 1. (GRANADILLA)	SISTEMA DE MANEJO N. 2. (GRANADILLA)	SISTEMA DE MANEJO N. 3. (GRANADILLA)
1. ESTRUCTURA	6	4,3	6,7
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3	2	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	9	8,3	8,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	1	1	3,7
5. COLOR	8	8	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,7	8	8,7
7. DESARROLLO DE RAICES	6	5,3	6,3
8. COBERTURA DE SUELO	9	7	8,7
9. EROSION	10	10	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	8	3	4
11. p H	4	4	4
PROMEDIO	6,5	5,5	6,4

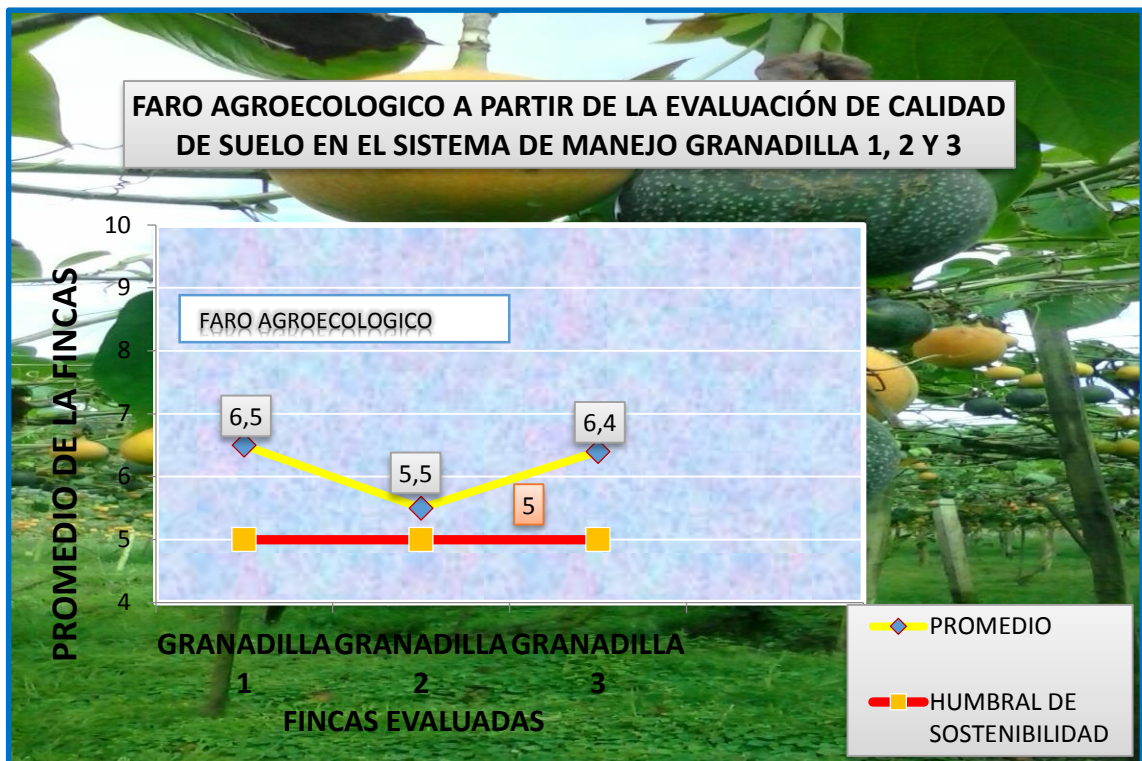
Figura 13. Ameba de calidad de suelo 1, 2 y 3 (granadilla).



Cuadro 7. Promedio sistema de manejo granadilla.

SISTEMA DE MANEJO	PROMEDIO
GRANADILLA 1	6,5
GRANADILLA 2	5,5
GRANADILLA 3	6,4

Figura 14. Faro Agroecológico.



La calidad de suelo está asociada con la productividad agropecuaria, silvopastoril, siendo suelos de buena calidad aquellos que permiten maximizar la producción u minimizar los efectos ambientales negativos, de igual manera relaciona la capacidad del suelo para funcionar incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente la calidad del suelo es un instrumento que sirva para comprender la utilidad y salud de este recurso. A pesar de su importancia la ciencia de suelo no ha avanzado lo suficiente para definir claramente lo que se entiende por calidad (Karlen et al., 1997).

De acuerdo a lo observado en las cuadro 3,4,5 figuras 11,12,13; Respecto los análisis efectuados a los tres sistemas de producción de granadilla pertenecientes a los señores Ausberto Duarte, James Montenegro y Juan Muchachasoy en lo referente a calidad de suelo se infiere que el sistema N. 1 perteneciente al señor Ausberto Duarte presenta un promedio de calidad de suelo de 6.5 siendo el más alto en relación a las demás fincas; esta valor está por encima del umbral de sostenibilidad lo que indica buena calidad de suelo, presenta mejores condiciones de calidad de suelo debido a que la actividad biológica obtuvo un valor alto (8) debido a que la biomasa obtenida fue de 266,55 kg por has, este sistema se le binen dando un mejor manejo al suelo debido a la utilización de abonos orgánico elaborados en la propia de finca como Compost, Baiyodo, y otro tipo de abonos orgánicos.

Gracias a la materia orgánica se encuentra un mayor actividad biológica logrando que el suelo mantenga su color oscuro que permite la alimentación de los organismos del suelo generando un buen anclaje de raíces para las plantas, otro aspecto a destacar en este sistema es la alta presencia de cobertura vegetal que permite la disminución de la erosión del suelo.

En el sistema de manejo es importante destacar que el incremento de uso de abonos orgánicos, bajando el uso de abonos químicos esto permite un equilibrio ambiental de la calidad del suelo en los diferentes indicadores evaluados.

Una de las razones de este comportamiento, es que los suelos en estudio reciben materia orgánica que se labora de los residuos de cosecha de la finca.

Por tal razón Muchos investigadores coinciden en que el contenido de materia orgánica es el mejor indicador de la calidad del suelo. Es el único constituyente que hace parte de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y su pérdida se ve reflejada en pérdida de productividad del suelo, por lo que es un factor clave asociado con el mejoramiento o disminución de la fertilidad del suelo

La conservación de la materia orgánica del suelo merece atención para la producción agrícola en condiciones tropicales, si se tiene en cuenta que la alimentación de las plantas se realiza generalmente a partir de la fase orgánica de

los nutrientes y que por efectos climáticos y de dinámica microbológica del suelo, existe una fuerte tendencia a la rápida mineralización y pérdida de la misma.

Díaz *et al.* (2003) determinaron la influencia de diferentes sistemas de manejo de la materia orgánica sobre la fertilidad del suelo. Se evaluaron tratamientos establecidos a largo plazo los cuales fueron: bosque natural (45 años); pasto natural (5 años); sistema silvopastoril (5 años); sistema silvopastoril (10 años); agricultura convencional (40 años); Caña (30 años). Los sistemas de manejo de la materia orgánica estudiados provocan modificaciones sensibles en la fertilidad del suelo, así como un aumento del contenido de la materia orgánica en el mismo destacándose positivamente el sistema silvopastoril. El sistema silvopastoril (10 años) mostró los niveles más altos de potasio asimilables a través del perfil del suelo. La agricultura convencional presentó los contenidos más bajos de materia orgánica del suelo.

La aplicación de materiales orgánicos al suelo es una práctica habitual en sistemas de agricultura sostenible. Se estudió el efecto de la incorporación al suelo de material orgánico obtenido en diferentes etapas del proceso de compostaje sobre el crecimiento de raigrás, se determinó el efecto que causa el material orgánico incorporado sobre la nutrición nitrogenada en las plantas. El empleo del material orgánico puede considerarse una buena opción ya que puede utilizarse anticipadamente lográndose beneficios económicos y medioambientales. Un aspecto importante es que puede ser el responsable de las mejores producciones del suelo enmendado frente al suelo sin enmendar es la mejora de las características físicas, permite un mejor enraizamiento del cultivo, especialmente importante en un suelo con textura arcillo limosa como fue el utilizado para este ensayo (Arrigo *et al.*, 2005).

Villafane y Saluzzo (2010) evaluaron la modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo, el cultivo de avena forrajera más la aplicación de abono caprino mejoraron la calidad del suelo en contenidos de materia orgánica, nitratos, N total, P y K. La aplicación de abono orgánico conservó el pH entre la siembra y la cosecha y no ocasionó pérdidas por lavado de sales y nutrientes. La incorporación de residuos vegetales de avena, combinado con la fertilización química generó incrementos en la disponibilidad inicial de nitratos. El cultivo de ajo continuado en una misma parcela favoreció la reducción de materia orgánica, el pH y los nitratos en comparación con el empleo de abono caprino combinado con fertilización química.

Bernal *et al.* (2004) manifiestan que la conservación de la fertilidad del suelo es una tarea necesaria para mantener sus características de productividad después de cada cosecha. Eso implica restituir al suelo las sustancias que se pierden por causa de los procesos de nutrición de las plantas al desarrollarse. Uno de los métodos empleados para minimizar esta pérdida consiste en la incorporación de enmiendas orgánicas compostadas. Estas son el resultado de un proceso de

conversión de humus de la materia orgánica que tiene lugar por acción de microorganismos, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. Sin embargo, las enmiendas orgánicas se encuentran en desventaja frente a las bajas dosis de aplicación de agroquímicos convencionales. Ello se debe a la lenta liberación de nutrientes de las enmiendas orgánicas, que al entrar en contacto con el suelo, no facilitan el proceso de movilización mineralización. Es necesario un tiempo determinado para que la planta empiece a nutrirse de los elementos liberados por la actividad microbiana. Una enmienda orgánica con mayor porcentaje de elementos asimilables facilitará una oportuna nutrición.

Además de lo anterior, Burbano (2001), hace mención de un gran número de bondades que la materia orgánica le transmite al suelo en sus características físicas, químicas y biológicas, ya sea en estado de descomposición o humificada. Con relación al primer estado, menciona que hay un aporte de sustancias agregantes del suelo que lo vuelven grumoso, con bioestructura estable a la acción de la lluvia; y al encontrarse en estado de humificación algunos de los benéficos son: aumenta la CIC del suelo, aumenta el poder buffer, mejora la estructura del suelo en asocio con hongos y bacterias del suelo, aumenta la capacidad de absorción y retención de agua, reduce la evaporación, mejora el balance hídrico, aumenta la absorción de calor

De acuerdo a la cuadro 6 y figura 14, se identifica que la finca que presenta mejor promedio con un valor de 6.5 es la finca 1, a la cual se denomina como faro agroecológico por el hecho de presentar el valor más representativo con respecto a las demás.

Es por ello que al referirse al faro agroecológico se puede inferir, que este se presenta como un sistema más diversificado y que ha alcanzado un cierto grado de producción de calidad con rangos estables en la producción de granadilla, arveja, aguacate, permitiendo su desarrollo sin la necesidad de la aplicación de altos insumos externos, lo que a su vez permite bajar los costos de producción y conservar los recursos naturales de la finca tales como el suelo, agua y la agrobiodiversidad (Altieri,1995).

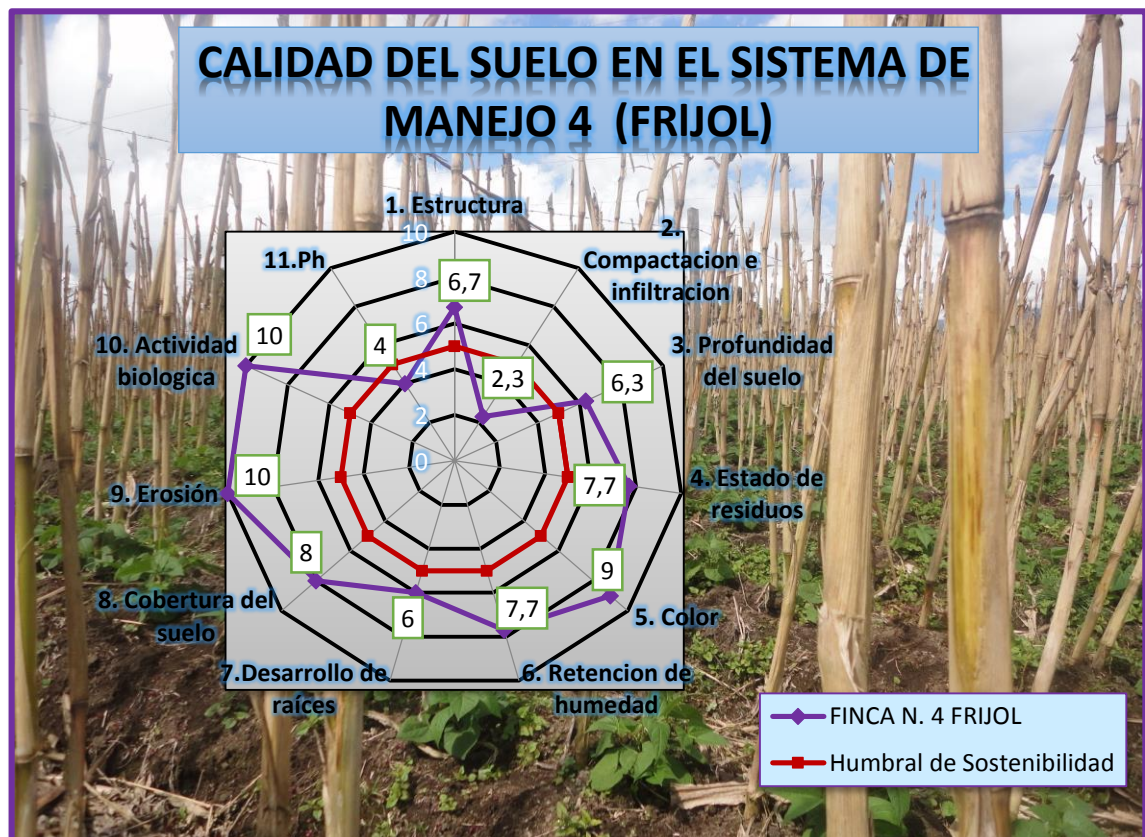
- Sistema frijol voluble

Cuadro 8. Sistema de manejo 4 (frijol voluble).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 4. FRIJOL
1. ESTRUCTURA	6,7
2. COMPACTACIÓN E INFILTRACIÓN	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	6,3

4. ESTADO DE RESIDUOS	7,7
5. COLOR	9
6. RETENCIÓN DE HUMEDAD	7,7
7. DESARROLLO DE RAÍCES	6
8. COBERTURA DEL SUELO	8
9. EROSIÓN	10
10. ACTIVIDAD BIOLÓGICA	10
11. PH	4
PROMEDIO	7,1

Figura 15. Ameba de calidad de suelo 4 (frijol voluble).



Cuadro 9. Sistema de manejo 4 (frijol voluble).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO 5 (FRIJOL)
1. ESTRUCTURA	7
2. COMPACTACIÓN E INFILTRACIÓN	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	7
4. ESTADO DE RESIDUOS	7
5. COLOR	4
6. RETENCIÓN DE HUMEDAD	8
7. DESARROLLO DE RAÍCES	8,7
8. COBERTURA DEL SUELO	9
9. EROSIÓN	10
10. ACTIVIDAD BIOLÓGICA	0
11. PH	7
PROMEDIO	6,4

Figura 16. Ameba de calidad de suelo 5 (frijol).



Cuadro 10. Sistema de manejo 6 (frijol voluble).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 6. (FRIJOL)
1. ESTRUCTURA	6
2. COMPACTACIÓN E INFILTRACIÓN	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	9
4. ESTADO DE RESIDUOS	9
5. COLOR	7
6. RETENCIÓN DE HUMEDAD	8,7
7. DESARROLLO DE RAÍCES	9
8. COBERTURA DEL SUELO	9
9. EROSIÓN	10
10. ACTIVIDAD BIOLÓGICA	10
11. pH	4
PROMEDIO	7,6

Figura 17. Ameba de calidad de suelo 6 (frijol).



Cuadro 11. Sistemas de manejo 4, 5, 6 (frijol).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO 4. (FRIJOL)	SISTEMA DE MANEJO 5. (FRIJOL)	SISTEMA DE MANEJO 6. (FRIJOL)
1. Estructura	6,7	7	6
2. Compactación e infiltración	2,3	2,3	2,3
3. Profundidad del suelo	6,3	7	9
4. Estado de residuos	7,7	7	9
5. color	9	4	7
6. Retención de humedad	7,7	8	8,7
7. Desarrollo de raíces	6	8,7	9
8. Cobertura del suelo	8	9	9
9. Erosión	10	10	10
10. Actividad biológica	10	0	10
11.Ph	4	5	4
PROMEDIO	7,1	6,4	7,6

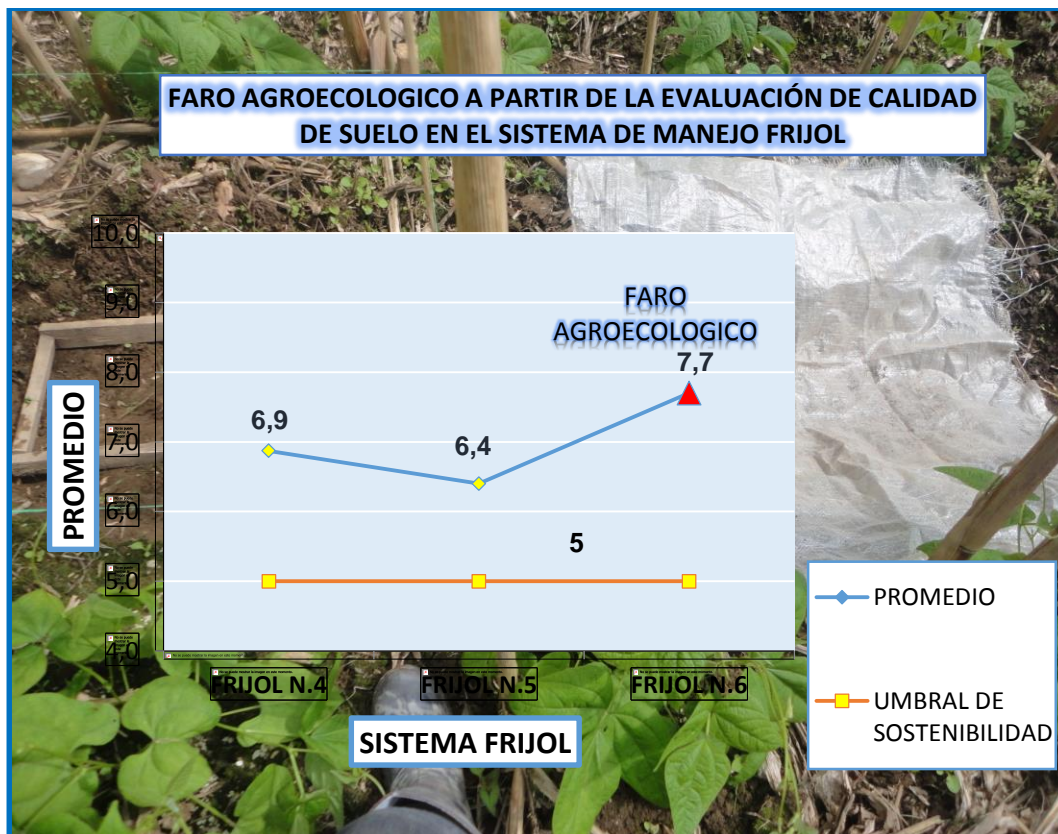
Figura 18. Ameba de calidad de suelo 4, 5 y 6 (frijol).



Cuadro 12. Promedio sistema de manejo frijol.

SISTEMA DE MANEJO	PROMEDIO	UMBRAL DE SOSTENIBILIDAD
FRIJOL N.4	6,9	5
FRIJOL N.5	6,4	5
FRIJOL N.6	7,7	5

Figura 19. Faro Agroecológico.



A partir de la evaluación efectuada de los indicadores de la calidad del suelo en las fincas productoras de frijol voluble pertenecientes a los señores Albeiro Burbano Luis Alfonso Jacanamejoy, Eduardo Díaz, los resultados se presentan en el cuadro 12 y figura 20 (Frijol).

Los resultados reflejan que la finca con mejor promedio en cuanto a calidad de suelo en los sistemas de producción de frijol voluble se obtuvo en la finca 6 del señor Eduardo Díaz con un valor promedio de 7,6 determinándose también como faro agroecológico debido a que este modelo de producción tiene como base inicial el tutorado con caña, así como también la mayor parte de los cultivos

incorporan la caña que sirvió de tutor al cultivo de frijol, pero como este material presenta altos niveles de lignina la descomposición es muy lenta.

Cabe destacar que los tres sistemas evaluados están por encima del umbral de sostenibilidad cinco debido a que el manejo de la fertilidad del frijol voluble de las fincas evaluadas utiliza los abonos orgánicos como base de la producción mezclándola con abonos químicos.

La profundidad de suelo en la finca faro es mayor debido a que el sistema de labranza permite un movimiento de suelos sin degradación estructural, además se observa que en las diferentes calicatas elaboradas los residuos de cosecha de la caña que sirvió de tutor al frijol y las guías del mismo presentan estados diferentes de descomposición debido a que cada año se entierran dichos residuos, este es un proceso que favorece la calidad de los suelos porque mejora su color, fertilidad al generarse proceso de mineralización de la materia orgánica, mayor porosidad, actúa como un depósito de elementos nutritivos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. La mayor parte del nitrógeno del suelo se presenta combinaciones orgánicas. También una cantidad considerable de fósforo (P), Azufre (S), existe en formas orgánicas, Cuando la materia orgánica se descompone, es decir, se mineraliza proporciona a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo. La mineralización es la vía más rápida para que cierta fracción de la materia orgánica beneficie la planta con los nutrientes (Burbano, 1989).

Mientras que el valor promedio más bajo fue registrado en la finca 5 perteneciente al señor Albeiro Burbano con un valor de 6,4 debido a que en ella el uso de agroquímicos es alto especialmente herbicidas que alteran la macrofauna del suelo es por ello que uno de los indicadores de mayor afectación fue la actividad biológica no encontrando ningún oligochaetos en las calicatas elaboradas, demostrando así que las comunidades de oligochaetos presentes en los diferentes sistemas de producción están determinadas por la disposición de recursos para la supervivencia, y la modificación del suelo para desarrollar actividades agrícolas (La valle, 2001) citado por Burbano *et al.*, 2010), (tesis *lis*) sin embargo no se registra ningún valor por debajo del umbral de sostenibilidad, estos resultados indican que los sistemas evaluados realizan un buen manejo del suelo reflejándose en baja erosión, alta productividad.

Según Pineda (2013), en los sistemas agrícolas manejados convencionalmente se produce una disminución de las poblaciones de organismos del suelo lo cual se atribuye al uso inadecuado de agroquímicos, a la reducción en la producción de raíces y a la modificación en el microclima del suelo luego de la desaparición de la vegetación natural

Al respecto (Moreno 2001), citado por Castro y Duque 2009 afirman que las poblaciones están desapareciendo debido a la perturbación ejercida sobre el

medio por las actividades humanas. Los resultados ponen de manifiesto que el cambio en el uso del suelo puede generar variaciones en las poblaciones edáficas como respuesta a las modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia manejo de insumos agrícolas propiedades físicas y químicas del suelo.

- Sistema chagra

Cuadro 13. Sistema de manejo 7 (Chagra).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 7. (CHAGRA)
1. ESTRUCTURA	6
2. COMPACTACION E INFILTRACION	3,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	9,7
4. ESTADO DE RESIDUOS	6,3
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	9
7. DESARROLLO DE RAICES	7,7
8. COBERTURA DE SUELO	8,3
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	10
11. p H	4
PROMEDIO	7,5

Figura 20. Ameba calidad de suelo 7 (Chagra).



Cuadro 14. Sistema de manejo 8 (Chagra).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 8. (CHAGRA)
1. ESTRUCTURA	8,7
2. COMPACTACION E INFILTRACION	3,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	8,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	8
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,7
7. DESARROLLO DE RAICES	7
8. COBERTURA DE SUELO	8,7
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	4
11. p H	4
PROMEDIO	7,2

Figura 21. Ameba calidad de suelo 8 (Chagra).



Cuadro 15. Sistema de manejo 9 (Chagra).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 9. (CHAGRA)
1. ESTRUCTURA	5,3
2. COMPACTACION E INFILTRACION	3,7
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	6,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	7
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	6
8. COBERTURA DE SUELO	8
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	2
11. pH	4
PROMEDIO	6,2

Figura 22. Ameba calidad de suelo 9 (Chagra).



Cuadro 16. Sistemas de manejo 7, 8, 9 (Chagra).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 7. (CHAGRA)	SISTEMA DE MANEJO N. 8. (CHAGRA)	SISTEMA DE MANEJO N. 9. (CHAGRA)
1. ESTRUCTURA	6	8,7	5,3
2. COMPACTACION E INFILTRACION	3,3	3,3	3,7
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	9,7	8,3	6,3
4. ESTADO DE RESIDUOS	6,3	8	7
5. COLOR	8	8	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	9	8,7	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	7,7	7	6
8. COBERTURA DE SUELO	8,3	8,7	8
9. EROSION	10	10	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	10	4	2
11. p H	4	4	4
PROMEDIO	7,5	7,2	6,2

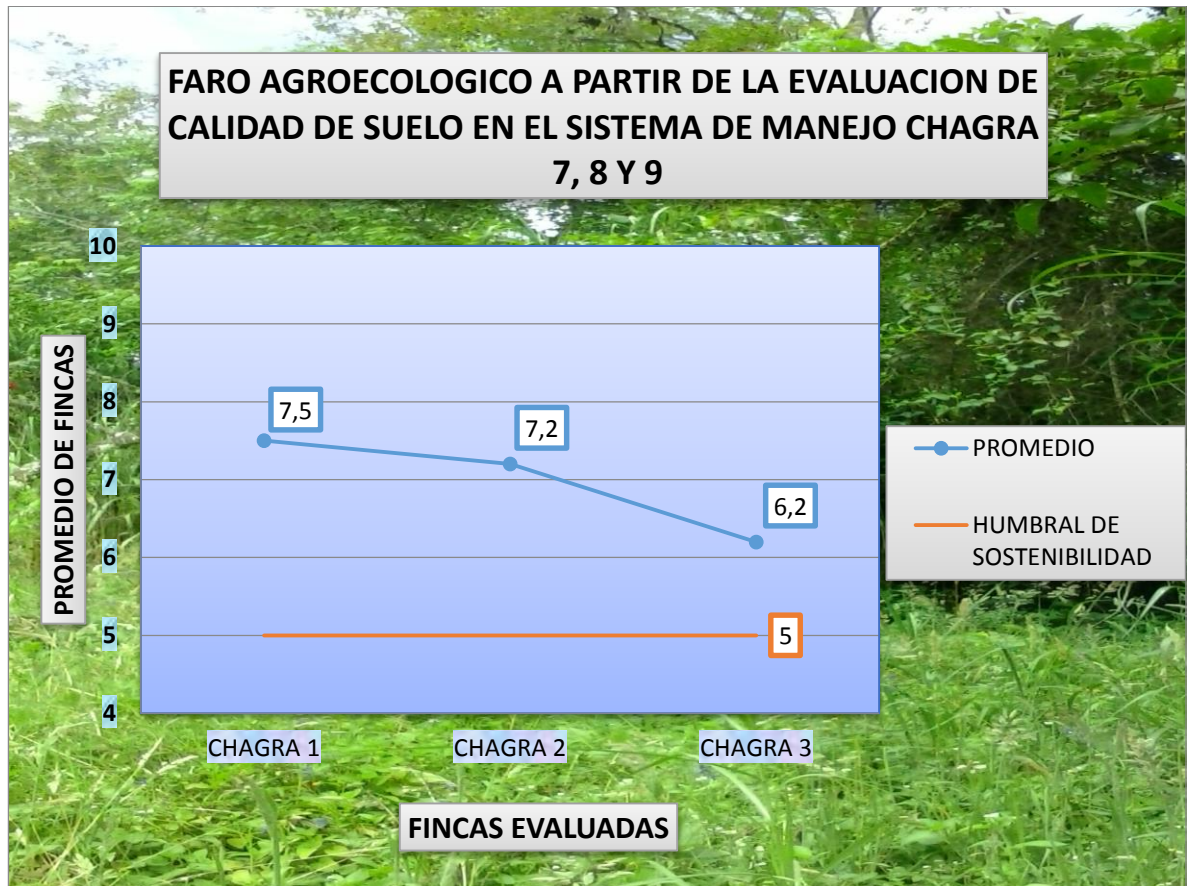
Figura 23. Ameba calidad de suelo 7, 8, 9 (Chagra).



Cuadro 17. Promedio sistema de manejo chagra.

SISTEMA DE MANEJO	PROMEDIO
CHAGRA 1	7,5
CHAGRA 2	7,2
CHAGRA 3	6,2

Figura 24. Faro agroecológico.



En la figura 24 y cuadro 16 se identifican los valores promedios de las tres chagras evaluadas donde se observa que los indicadores como erosión con un promedio de 10; profundidad del suelo con 8,1, seguido por retención de humedad con 8,7; cobertura de suelo con 8,3 y color con 8; el promedio general de los indicadores de las chagras es el más elevado debido a que como lo afirma Mancera 2000 que las principales características que tienen la chagras tradicionales es cultivar varios productos agrícolas manejando un sistema integral, puesto que contiene diferentes especies de plantas y animales los cuales conviven en el mismo espacio, no utilizan abonos químicos ni agrotóxicos generando un ambiente propicio para que se mejore la calidad del suelo (Mancera y Lossa, 2003)).

La chagra tradicional indígena maneja actividades agrícolas muy importantes desde la perspectiva ambiental y ecológica, pues el abono que producen los cuyes, gallinas y patos, los residuos vegetales de las diferentes plantas, las cenizas de las quemas es aplicado al suelo generando un proceso de

mejoramiento de las propiedades físicas químias y biológicas de los suelo y por ende mejorando su calidad.

Al respecto Kolman y Vásquez 1996 manifiestan que al integrar diferentes especies de plantas como ocurre en las chagras permite una fertilidad natural constituyendo una interacción cíclica entre suelo-planta generando ecosistemas estables que al existir mayor cobertura, disminuye los proceso erosivos, permitiendo una mejor profundidad del suelo para que las raíces de las plantas tengan un mejor anclaje incrementando retención de humedad y con la materia orgánicas ayudar a dar un color más oscuro.

En las chagras los ciclos del ecosistema son estables se caracterizan por un permanente reciclaje de las sustancias. No se pierde ni se desperdicia nada. El funcionamiento de los sistemas ecológicos es económico y solo el funcionamiento cíclico y los procesos agrícolas productivos puede ser económicamente sostenible.

- Sistema bosque

Cuadro 18. Sistema de manejo 10 (Bosque).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 10. (BOSQUE)
1. ESTRUCTURA	6
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	6
4. ESTADO DE RESIDUOS	7,3
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	8,7
8. COBERTURA DE SUELO	8
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	0
11. p H	4
PROMEDIO	6,2

Figura 25. Ameba calidad de suelo 10 (Bosque).



Cuadro 19. Sistema de manejo 11 (Bosque).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 11. (BOSQUE)
1. ESTRUCTURA	5,3
2. COMPACTACION E INFILTRACION	3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	7
4. ESTADO DE RESIDUOS	7,7
5. COLOR	8
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	6,7
8. COBERTURA DE SUELO	8
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	2
11. p H	3
PROMEDIO	6,3

Figura 26. Ameba calidad de suelo 11 (Bosque).



Cuadro 20. Sistema de manejo 12 (Bosque).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO N. 12. (BOSQUE)
1. ESTRUCTURA	6
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	6
4. ESTADO DE RESIDUOS	9
5. COLOR	7
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	7
8. COBERTURA DE SUELO	7,3
9. EROSION	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	3
10. p H	3
TOTAL	6,3

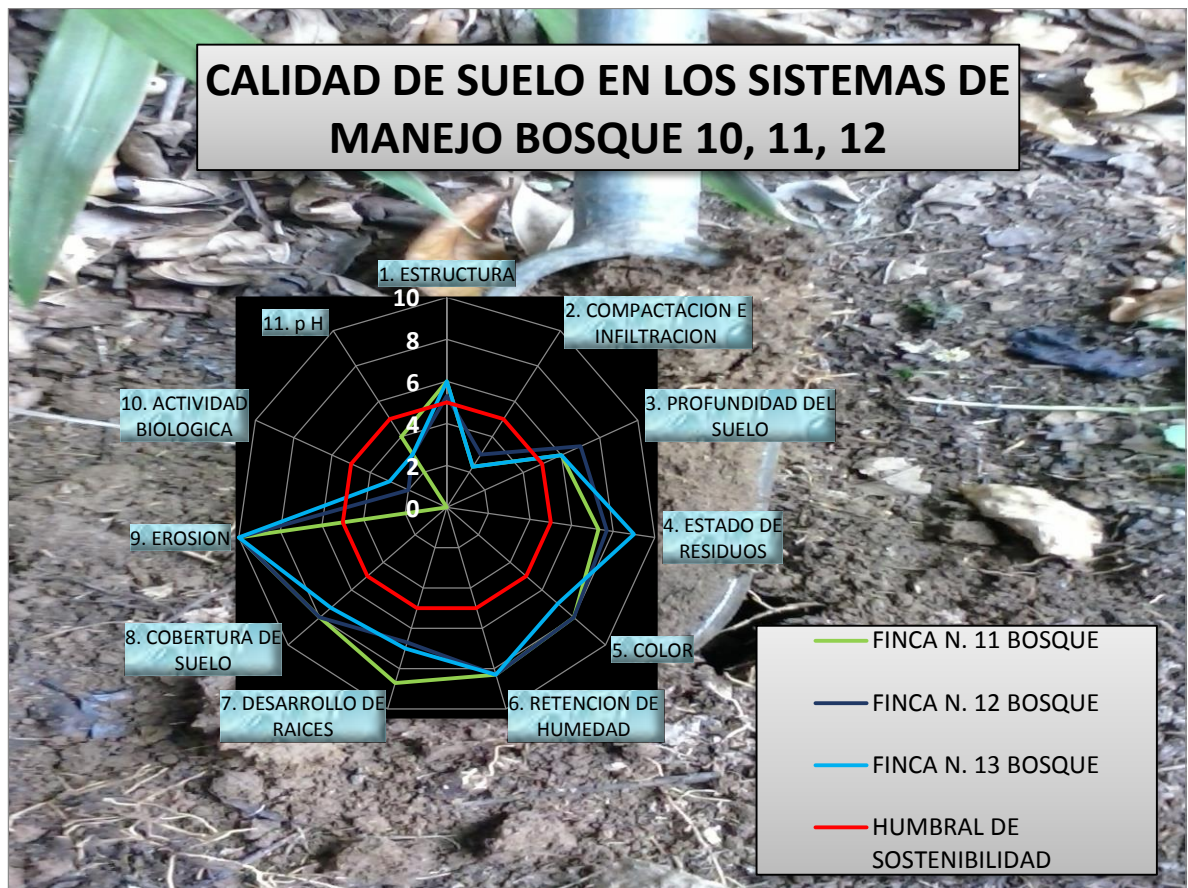
Figura 27. Ameba calidad de suelo 12 (Bosque).



Cuadro 21. Sistemas de manejo 10, 11, 12 (Bosque).

INDICADORES	SISTEMA DE MANEJO 10 (BOSQUE)	SISTEMA DE MANEJO 11 (BOSQUE)	SISTEMA DE MANEJO 12 (BOSQUE)
1. ESTRUCTURA	6	5,3	6
2. COMPACTACION E INFILTRACION	2,3	3	2,3
3. PROFUNDIDAD DEL SUELO	6	7	6
4. ESTADO DE RESIDUOS	7,3	7,7	9
5. COLOR	8	8	7
6. RETENCION DE HUMEDAD	8,3	8,3	8,3
7. DESARROLLO DE RAICES	8,7	6,7	7
8. COBERTURA DE SUELO	8	8	7,3
9. EROSION	10	10	10
10. ACTIVIDAD BIOLOGICA	0	2	3
11. p H	4	3	3
TOTAL	6,2	6,3	6,3

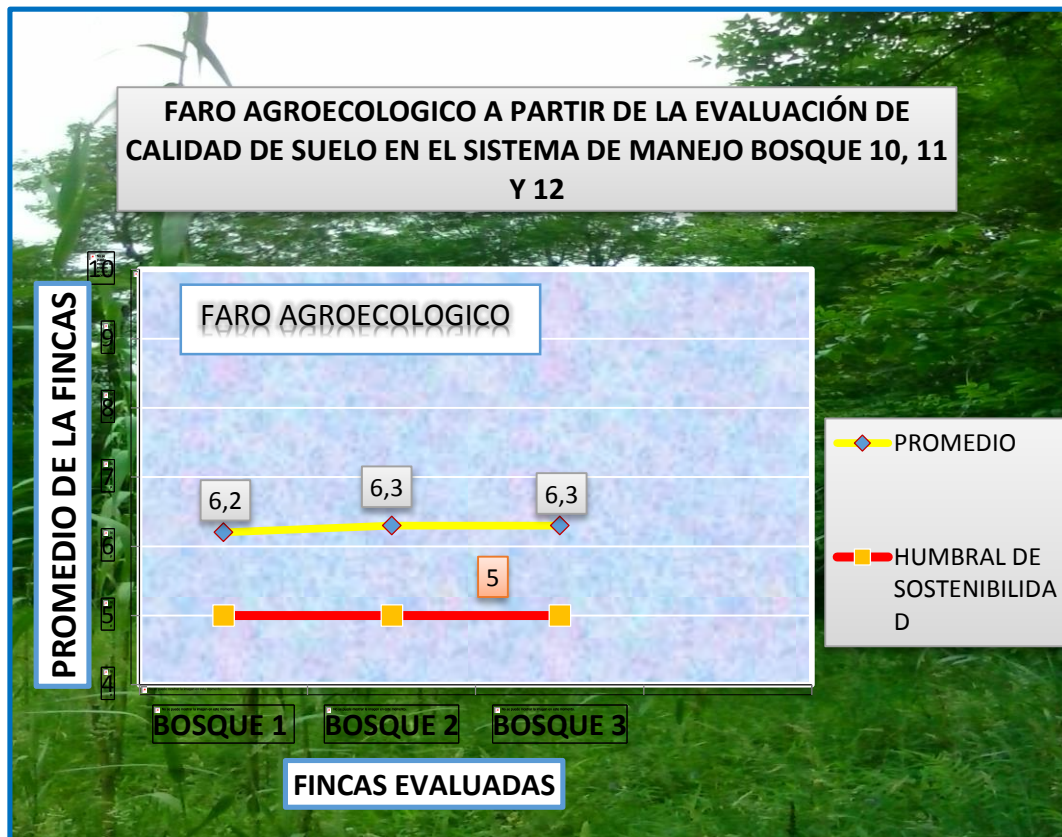
Figura 28. Ameba calidad de suelo 10, 11, 12 (Bosque).



Cuadro 22. Promedios sistema de manejo bosque

SISTEMA DE MANEJO	PROMEDIO
BOSQUE 1	6,2
BOSQUE 2	6,3
BOSQUE 3	6,3

Figura 29. Faro agroecológico.



A continuación se muestra en el cuadro 29 y figuras 21 los valores promedios obtenidos en los tres bosques evaluados donde se observa que los indicadores como erosión 10 esta tendencia en todos los sistemas evaluados se debe a que los suelos están ubicados en pendientes planas por debajo de 3% que refiere susceptibilidad a la erosión, otros indicadores con promedios altos fueron retención de humedad con 8,3; estado de residuos con 8; seguido de cobertura de suelo con 7,7; color con 7,6;; debido a la acumulación de hojarasca como lo manifiesta Gliessman (2002) que los arboles tienen la capacidad de alterar drásticamente las condiciones del ecosistema del cual forma parte. La producción sostenible de los sistemas agroforestales se debe, en gran parte, a esta capacidad característica de los árboles.

Bajo el suelo, las raíces de los arboles penetran a niveles más profundos que la de los cultivos anuales, afectando la estructura del suelo, el reciclaje de nutrientes y las relaciones de humedad del suelo. Sobre el suelo, el árbol altera el ambiente de luz mediante la sombra, lo cual afecta a su vez, la humedad y la evapotranspiración. Las ramas y hojas proveen hábitats para una diversidad de vida animal y modifican los efectos locales del viento. Las hojas caídas proveen

cobertura al suelo y modifican el ambiente edáfico. Conforme se descompone, esta hojarasca se convierte en fuente importante de materia orgánica.

Los efectos de los árboles en el agroecosistema que los rodea debido a su tamaño, profundidad de raíces y naturaleza perenne, un árbol tiene efectos significativos sobre las condiciones abióticas de un agroecosistema. A la erosión eólica y por escorrentía, proveer sombra y forraje para los animales, formar asociaciones con micorrizas moderar la temperatura y reducir la evapotranspiración. Los árboles leguminosos pueden aportar el nitrógeno al sistema, debido a su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno. Adaptado de Nair (1984) y Farrell (1990).

Una vez finalizado el análisis de los 4 sistemas evaluados se determina que a nivel de producción agrícola el cultivo de frijol es manejado con mayor sostenibilidad que el cultivo de granadilla debido a la alta incorporación de materia orgánica que es aportada por la caña de maíz y los residuos vegetales del cultivo, cabe destacar que el sistema chagra tiene los mayores valores en los indicadores evaluados, además es importante tener en cuenta que es un sistema de subsistencia de las comunidades indígenas y que los modelos de monocultivo de frijol y granadilla se deben adoptar algunos manejos que en ella se realiza especialmente en lo relacionado con materia orgánica, integración de diferentes plantas y árboles que como lo manifiesta Gliessman (2002) recomendando que se debe manejar los paisajes agrícolas, desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, así como de la producción, todos los organismos se pueden beneficiar a largo plazo, incluyendo a los humanos. Aprender a cómo manejar el paisaje de esta forma requerirá la colaboración entre la biología de la conservación y la agricultura, así como de nuevos senderos de la investigación. Algunos ejemplos de las investigaciones necesarias son:

- Determinar el diseño y manejo de los agroecosistemas, de tal manera que proporcione hábitats para otras especies diferentes a las agrícolas.
- Realizar estudios de conservación en regiones agrícolas, de manera que se pueda realizar proyectos a mayor escala, relacionando más recursos y abarcando áreas más grandes.
- Hacer de la agroecología el puente entre la conservación y el uso del suelo, para manejar la base de recursos naturales del cual dependen plantas, animales y humanos de una manera sostenible.
- Desarrollar más enfoques interdisciplinarios en la investigación y solución de los problemas.

Sin embargo, el gran potencial de la unión de agroecosistemas y ecosistemas naturales, se puede lograr solo realizando cambios fundamentales en la naturaleza misma de la agricultura. El punto de partida es que la agricultura debe adoptar prácticas de manejo ecológicamente sanas, que incluyen tantos controles biológicos y manejo integrado de plagas como el reemplazo de plaguicidas

sintéticos y fertilizante, así como de otros productos químicos. Solo sobre esta base podemos alcanzar el objetivo de una biosfera sostenible (Gliesman 2001)

6.3 RESULTADOS DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS EVALUADOS

A continuación se presenta los resultados obtenidos de algunas propiedades físicas como: densidad aparente (gr/c), densidad real (gr/c), porosidad (%), color, humedad volumétrica (%), humedad gravimétrica (%)), y químicas como pH.

6.3.1 Color. Esta propiedad física se determinó en suelo húmedo como en seco (foto evaluando color), ya que de acuerdo a Valenzuela y Torrente (2010), el color del suelo cambia ligeramente con el contenido de humedad esta dificultad se ha solucionado indicando si la determinación es en seco o húmedo, además se evaluaron en forma independiente cada uno de los sistemas evaluados y las tres calicatas realizadas en cada una de ellas.

6.3.2 Color del suelo. El color del suelo es una de las propiedades físicas más significativas y fácil de apreciar, presentando el perfil gamas de color que van desde el negro, pardo, pasado por ocre o ferruginosos, determinando la presencia de materiales orgánicos (oscuros) hasta ferruginosos o mangánicos (ocres).

Aunque el color del suelo puede generarse de material parental, algunas características pueden ser evaluadas de acuerdo con los colores presentes en el perfil; tal es el caso de condiciones de drenaje, aireación, contenido de materia orgánica y en general aspectos relacionados con la fertilidad del suelo (Burbano *et al.*, 2013).

Para la interpretación de color del suelo debe basarse en una comparación directa del suelo con patrones preestablecidos; teniendo en cuenta que el color del suelo varía ligeramente debido a su contenido de humedad, por lo tanto la evaluación se realizó tanto en seco como en humado (Burbano *et al.*, 2013).

6.3.3 Granadilla. Para este sistema de manejo se obtuvieron 14 tonalidades diferentes de las cuales 7 corresponde a suelo húmedo y 8 a suelo seco. las tonalidades en húmedo variaron de color pardo amarillo a pardo oscuro, concordando con el tipo de suelos en los que se trabajó de acuerdo a especificaciones del IGAC (1990), de los cuales el color 10YR3/3 (pardo oscuro) fue el más predominante con 4 repeticiones, alcanzando un porcentaje de (44,4%), seguida de colores multivariados como 10YR4/4 (pardo amarillo oscuro), 10YR 4/3 (pardo oscuro), 10YR 4/2 (pardo gris oscuro), 10YR 5/3 (pardo) y 7,5YR 6/4 (pardo claro) todas con una repetición y un porcentaje de (11,1%).

Cuadro 23. Variación de color participación porcentual Granadilla.

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
1	10YR 3/3	Pardo oscuro	4		44,4	
2	10YR 4/4	Pardo Amarillo Oscuro	1		11,1	
3	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		11,1	
4	10YR 4/2	Pardo Gris oscuro	1		11,1	
5	10YR 5/3	Pardo	1		11,1	
6	7.5YR 6/4	Pardo Claro	1		11,1	
7	10YR 6/3	Pardo pálido		2		22,2
8	10YR 6/1	Gris		1		11,1
9	10YR 5/4	Pardo Amarillo		1		11,1
10	10YRY 6/2	Gris pardo claro		1		11,1
11	7.5YR 6/4	Pardo Claro		1		11,1
12	10YR 6/2	Gris pardo claro		1		11,1
13	10YR 5/3	Pardo		1		11,1
14	10YR 4/2	Pardo Gris Oscuro		1		11,1
	TOTAL DE MUESTRAS			1	100%	100%

El color predominante en estado seco fue 10YR 6/3 (pardo pálido) con 2 muestras correspondiente a (22,2%) seguido por 10YR 6/1 (gris), 10YR 5/4 (pardo amarillo), 10YR 6/2 (pardo gris claro), 7.5YR 6/4 (pardo claro), 10YR 6/2 (gris pardo claro), 10YR 5/3 (pardo) y 10YR 4/2 (Pardo Gris Oscuro) con 1 repetición y un porcentaje de (11,1%)

- **Frijol.** Para este sistema de manejo se obtuvieron 16 tonalidades diferentes de las cuales 9 corresponde a suelo húmedo y 7 a suelo seco. Para el caso de suelo húmedo los colores variaron entre 5YR 3/3 (pardo rojizo oscuro), 10YR 2.5/2 (pardo muy oscuro), 10YR 3/2 (Pardo gris muy oscuro), 10YR 3/3 (Pardo oscuro), 10YR 4/4 (pardo amarillo oscuro), 10YR 5/6 (pardo amarillo), 7.5YR 3/2 (pardo oscuro), 10YR 5/2 (pardo gris), 10YR 4/2 (pardo gris oscuro), todas con 1 muestra y un porcentaje de (11,1%).

Cuadro 24. Variación de color participación porcentual Frijol.

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
1	5YR 3/3	Pardo Rojiso Oscuro	1		11,1	
2	10YR 2.5/2	Pardo muy oscuro	1		11,1	
3	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		11,1	
4	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		11,1	
5	10YR 4/4	Pardo Amarillo oscuro	1		11,1	
6	10YR 5/6	Pardo Amarillo	1		11,1	
7	7.5YR 3/2	Pardo Oscuro	1		11,1	
8	10YR 5/2	Pardo Gris	1		11,1	
9	10YR 4/2	Pardo Gris Oscuro	1		11,1	
10	10YR 4/2	Pardo gris oscuro		3		33,3
11	2.5Y 5/6	Pardo Oliva Claro		1		11,1
12	10YR 5/2	Pardo Gris		1		11,1
13	7.5YR 6/4	Pardo Claro		1		11,1
14	10YR 6/3	Pardo Pálido		1		11,1
15	10YR 8/4	Pardo muy Pálido		1		11,1
16	10YR 6/2	Gris pardo claro		1		11,1
	TOTAL DE MUESTRAS			1	100%	100%

Para el caso de suelo seco la tonalidad más predominante fue 10YR 4/2 (pardo gris oscuro) con 3 repeticiones y porcentaje de (33,3%), seguida de 2.5Y 5/6 (Pardo Oliva Claro), 10YR 5/2 (Pardo Gris), 7.5YR 6/4 (Pardo Claro), 10YR 6/3 (Pardo Pálido), 10YR 8/4 (Pardo muy Pálido), 10YR 6/2 (Gris pardo claro) con i repetición y (11,1%).

- **Chagra.** Para este sistema de manejo se obtuvieron 15 tonalidades de las cuales 7 corresponde a suelo húmedo y 8 a suelo seco. Para suelo húmedo el color más predominante fue 10YR 3/3 (pardo oscuro) con 2 repeticiones y (22,2%), las demás coloraciones son multivariadas con 1 repetición y un porcentaje de (11,1%).

Cuadro 25. Variación de color participación porcentual Chagra.

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
1	10YR 3/3	Pardo oscuro	2			22,2
2	10YR 4/4	Pardo Amarillo Oscuro	1			11,1
3	10YR 5/6	Pardo Amarillo	1			11,1
4	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1			11,1
5	5YR 4/4	Pardo Rojiso	1			11,1
6	5YR 4/2	Gris Rojiso Oscuro	1			
7	5YR 3/4	Pardo Rojiso Oscuro	2			11,1
8	10YR 5/4	Pardo Amarillo		1	11,1	
9	7.5YR 5/4	Pardo		1	11,1	
10	10YR 5/8	Pardo Amarillo		1	11,1	
11	7.5YR 5/2	Pardo		1	11,1	
12	10YR 5/3	Pardo		2	22,2	
13	10YR 6/3	Pardo Palido		1	11,1	
14	10YR 4/3	Pardo Oscuro		1	11,1	
15	10YR 6/6	Amarillo Pardo		1	11,1	
	TOTAL DE MUESTRAS				100%	100%

Para el caso de suelo seco la tonalidad más significativas fue 10YR 5/3 (Pardo) con 2 repeticiones y (22,2%).

- **Bosque.** Para este sistema se obtuvieron 11 tonalidades, de las cuales 6 corresponden a suelo húmedo y 5 a suelo seco. Para suelo húmedo las

principales tonalidades fueron 5YR 5/4 (pardo rojizo), 10YR 4/4 (pardo amarillo oscuro) y 5YR 3/4 (pardo rojizo) con 2 repeticiones cada una, alcanzando un porcentaje de (22,2%) respectivamente; seguido de 5YR 4/4 (pardo rojizo), 10YR 3/4 (pardo rojizo oscuro) 10YR 3/4 (pardo rojizo oscuro) y 7.5YR 3/2 (pardo oscuro) con 1 repetición (11,1%).

Cuadro 26. Variación de color participación porcentual bosque.

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
1	5YR 5/4	Pardo Rojizo	2		22,2	
2	5YR 4/4	Pardo Rojizo	1		11,1	
3	10YR 4/4	Pardo Amarillo oscuro	2		22,2	
4	5YR 3/4	Pardo Rojizo	2		22,2	
5	10YR 3/4	Pardo Rojizo Oscuro	1		11,1	
6	7.5YR 3/2	Pardo oscuro	1		11,1	
7	10YR 6/3	Pardo Pálido		2		22,2
8	10YR 5/6	Pardo Amarillo		3		33,3
9	7.5YR 6/4	Pardo Claro		2		22,2
10	10YR 6/2	Gris pardo claro		1		11,1
11	10YR 6/6	Amarillo Pardo		1		11,1
	TOTAL DE MUESTRAS				100%	100%

Para suelo seco se obtuvieron tonalidades muy diversas como es el caso de 10YR 5/6 (pardo amarillo) con 3 repeticiones alcanzando un porcentaje de (33,3%); 10YR 6/3 (pardo pálido) y 7.5YR 6/4 (pardo claro) con 2 repeticiones (22,2%) y 10YR 6/2 (gris pardo claro), 10YR 6/6 (amarillo pardo) con 1 repetición (11,1%).

Esta coloración que en mayor porcentaje es de color pardo se deba a como lo Burbano (2001), que el típico color oscuro de muchos suelos se debe a los contenidos de materia orgánica, influenciada su intensidad por el contenido de

humedad, situación que según Gliessman (2002) los colores oscuros son una indicación de altos contenidos de materia orgánica.

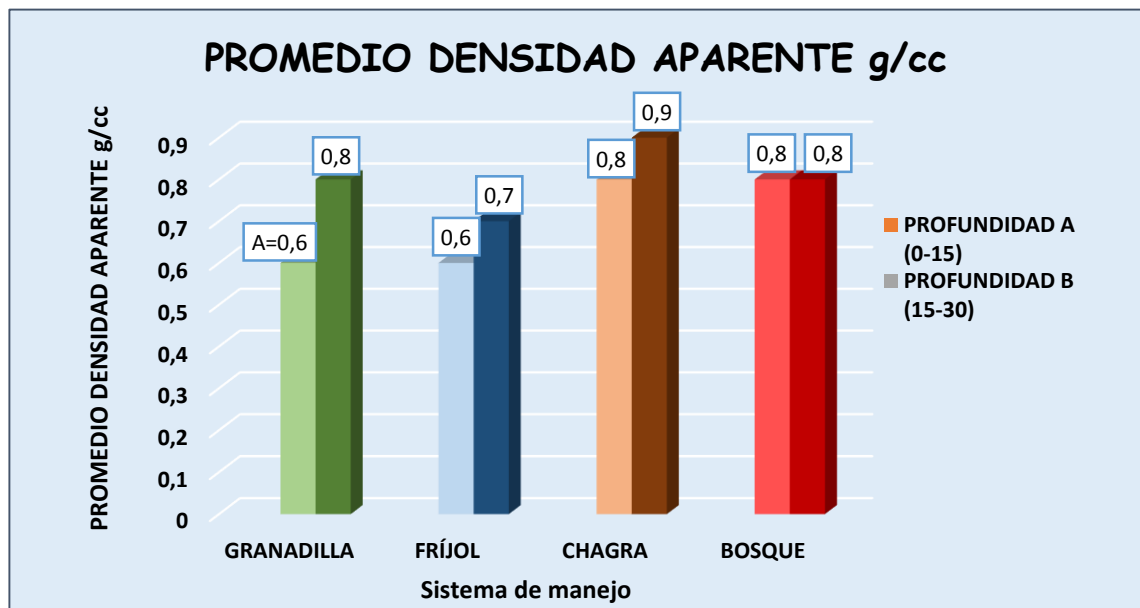
Por lo anterior y ante un dominio de pigmentaciones pardas, color característico, que según Valenzuela y Torrente (2010), se denota la presencia de óxidos de hierro en adición a la materia orgánica, que está asociado de estados iniciales a intermedios de alteración del suelo.

6.3.4 densidad aparente (Da). Los valores de densidad aparente encontrados en los sistemas de producción evaluados se analizarán tomando como base una comparación entre las densidades obtenidas de la capa A donde la muestra se tomó de 0-15cm y la capa B entre 15-30cm de profundidad de cada uno de los sistemas evaluados donde se realizaron tres calicatas para su evaluación. (Calicatas repeticiones)

Cuadro 27. Promedio densidad aparente por sistema de manejo.

PROMEDIO DENSIDAD APARENTE			
Sistema de manejo	Finca	Muestra	
		A	B
GRANADILLA	1	0,6	0,7
	2	0,7	1
	3	0,5	0,6
PROMEDIO		0,6	0,8
FRIJOL	4	0,5	0,6
	5	0,8	0,9
	6	0,6	0,6
PROMEDIO		0,6	0,7
CHAGRA	7	0,9	0,9
	8	0,8	0,9
	9	0,7	1
PROMEDIO		0,8	0,9
BOSQUE	10	0,7	0,8
	11	0,8	0,8
	12	0,8	0,7
PROMEDIO		0,8	0,8

Gráfica 1. Promedio Densidad aparente sistemas de manejo Granadilla, Frijol, Chagra y Bosque.



Fuente: Esta investigación

Granadilla. En la capa A el valor promedio fue 0,6gr/cc; en la capa B, fue 0.8gr/cc.
Frijol. En la capa A el valor promedio fue de 0,6 gr/cc; en B fue de 0,7 gr/cc.
Chagra. En la capa A el valor promedio fue de 0,8 gr/cc y para B fue de 0,9 gr/cc.
Bosque. En a capa A fue de 0,8 gr/cc y para B fue de 0,8 gr/cc.

En tres de los sistemas evaluados la densidad aparente fue más baja en la capa A que en la B, debido a que como lo afirma Unigarro y Carreño (2005), los valores de densidad aparente a pesar de verse afectados por las labores agrícolas, (en algunos horizontes) permiten demostrar los factores que las determinan: contenidos de materiales orgánicos, textura y origen del suelo, especialmente referido a sus materiales (orgánicos, piroclásticos, arcillosos etc.). En el caso de los suelos afectados por materiales volcánicos, las densidades aparentes son bajas (menor de 0,85 g/cc).

Los resultados muestran que las densidades en la capa A son más bajas porque existe un mayor contenido de materia orgánica, más aireación a diferencia de la capa B cuyos valores son más altos que como lo manifiesta Unigarro et al (2009), la densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1,0 y 1,7 g/cc y generalmente aumenta con la profundidad en el perfil.

Según el IGAC (1990), los suelos en estudio las bajas densidades obedecen a que están relacionados con la influencia de cenizas volcánicas y materiales orgánicos, lo anterior es corroborado por Viveros (1999), quien manifiesta que la densidad aparente está afectada por el contenido orgánico, a pesar que los coloides inorgánicos pueden influir, especialmente en zonas bajo efecto de cenizas volcánicas donde los materiales alofónicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado, al respecto Díaz, *et, al* 2009, afirma que las variaciones de Da no siempre resultan detectables en lapsos de tiempo diferente y puede cambiar por el manejo dado al suelo, si este fuera enmendado periódicamente por compuestos orgánicos, esto se manifiesta en los cuatro sistemas evaluados y cuya característica de origen de los suelos es la misma.

En la zona en estudio una vez establecido el sistema de frijol y granadilla la labranza se realiza con azadón, además es importante referir que en las 6 encuestas realizadas el 100% de los productores aplica al suelo abonos orgánicos de diferentes tipos en diversas cantidades, que permite como lo afirma Legarda (1981), un notable mejoramiento en las propiedades físicas de los suelos como la densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de humedad, al respecto Thomson (1988) (tesis sebas en) plantea que la materia orgánica hace disminuir la Da ya que por su equivalencia de volumen es mucho más ligera que el material mineral e incrementa la estabilidad de los agregado del suelo, siendo este segundo efecto el más importante en la mayoría de los suelo.

6.3.5 Densidad real (Dr.). El análisis de promedios (cuadro 28) mostro que no se presentan diferencia en esta variable en los diferentes sistemas evaluados situación considerada normal ya que de acuerdo con lo expresado por Enríquez y Cabacelta (1999), esta propiedad presenta una baja variabilidad con relación a la densidad aparente. De igual forma el tratamiento correspondiente al bosque y las chagras, tampoco se diferencia con relación a los demás tratamientos.

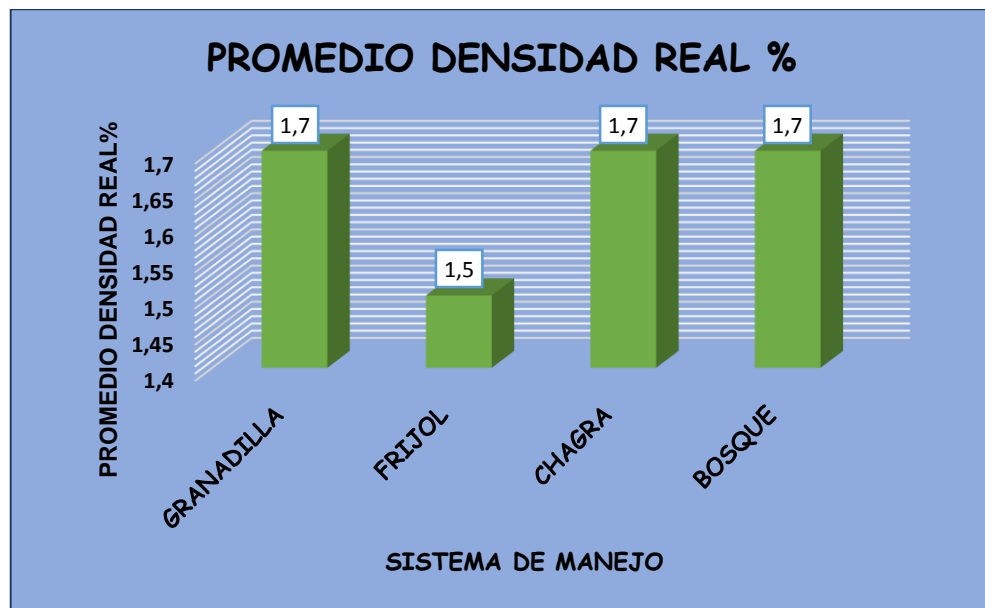
Cuadro 28. Promedios Densidad real por sistemas de manejo

PROMEDIOS DENSIDAD REAL g/cc		
Sistema de manejo	Finca	Muestra
GRANADILLA	1	1,7
	2	1,9
	3	1,5
PROMEDIO		1,7
FRIJOL	4	1,7
	5	1,5
	6	1,4
PROMEDIO		1,5
CHAGRA	7	1,6
	8	1,9
	9	1,6
PROMEDIO		1,7
BOSQUE	10	1,7
	11	1,6
	12	1,6
PROMEDIO		1,7

El promedio de los valores obtenidos, considerando los diferentes sistemas de manejo fue 1,6 g/cc, cuadro 28 lo que indica que son los adecuados para la producción y como tal se utilizaron para el cálculo de la porosidad total, en este sentido Coral *et al.*, 2003 citado por Burbano, *et al.*, 2005, afirma que la densidad real depende de la mineralogía de los suelos y del contenido de materia orgánica, Jaramillo (2002) y Burbano y Cadena (2009), coinciden en que la Dr varía entre 2.6 a 2.75 g/cc en todos los suelos agrícolas y cuando existen valores por debajo de los mencionados, se deben a la presencia de altos contenidos de materia orgánica en el suelo como ocurre en los resultados evaluados.

En el cuadro 28 y grafica 2, se muestra el procedimiento para determinar densidad real en el laboratorio.

Gráfica 2. Promedios Densidad real sistemas de manejo Granadilla, Frijol, Chagra, y Bosque.



6.3.6 Porosidad (%). La porosidad total del suelo es el volumen de este que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases Jaramillo, (2001).

Según Unicarro y Carreño (2005) la porosidad constituye una de las características más importantes al definir el valor ecológico de los suelo.

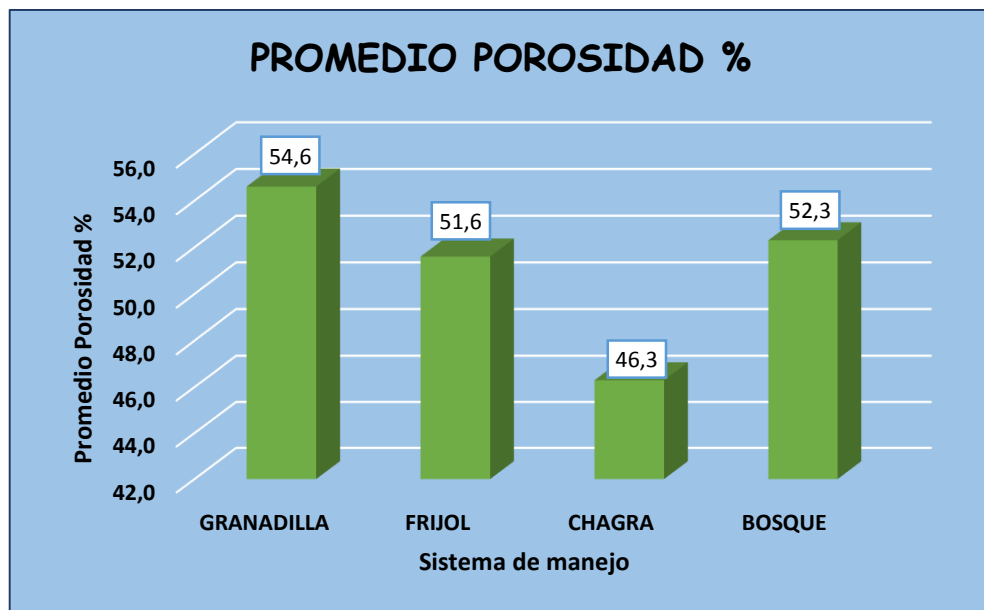
Los principales factores que intervienen en la porosidad del suelo están referidos a la textura del contenido de materiales orgánicos. El tipo, clase y grado de desarrollo de las unidades estructurales modifica los factores mencionados, constituyéndose los criterios fundamentales para el manejo del suelo al ser susceptibles de cambiarse mediante prácticas agrícolas de laboreo. La porosidad juega un papel importante en el desarrollo de las plantas ya que determina la relación aire – agua.

Las fluctuaciones de porosidad en todas las calicatas evaluadas de los diferentes sistemas de manejo, estuvieron en rangos de 62,7% a 39,8% con un promedio general de 51,2 en la gráfica 3, sin encontrarse diferencias en los diferentes manejos.

Cuadro 29. Promedio porosidad por sistema de manejo.

PROMEDIO POROSIDAD %	
Sistema manejo	Promedio
GRANADILLA	54,6
FRIJOL	51,6
CHAGRA	46,3
BOSQUE	52,3

Gráfica 3. Promedio porosidad sistemas de manejo Granadilla, Frijol, Chagra, Bosque.



6.3.7 Humedad gravimétrica del suelo (%). El contenido de humedad de un suelo con plantas en desarrollo depende del tiempo y condiciones físicas y químicas del suelo. Las plantas eliminan agua en la transpiración y la restituyen al principio con mayor rapidez de las capas superficiales, y luego, conforme el potencial de agua es más difícil de obtener, de las partes más secas del suelo. Las raíces de las plantas extraen agua con menor rapidez de las capas más profundas. Es difícil evaluar la cantidad de agua de un suelo porque:

- Porque las plantas que crecen en él tienen crecimiento desigual y distribución desuniforme de las raíces produciendo variaciones en el contenido de humedad.
- Los diferentes factores de infiltración originan variaciones de campo después de una lluvia o un riego.

- Las variaciones de las propiedades físicas (textura, estructura, etc) originan diferencias en la cantidad de agua retenida por el suelo.
- La topografía irregular de la superficie da como resultado un mojadura dispareja del suelo
- La humedad del suelo está cambiando permanentemente (Rodrigo,1984).

El análisis realizado para esta variable permitió determinar los siguientes resultados: que frijol se obtuvieron los mayores promedios para la capa A 88,3% y B 80,2%; seguido por el cultivo de granadilla con 83,8% para la capa A y 74,6% para B; A continuación se ubica el bosque natural con 75,9% en la capa A y 76,3 en la capa B y finalmente la chagra con 69,7% en la capa A y 55,3% en la capa B

Cabe destacar que los valores obtenidos en la humedad del suelo son valores altos debido a que los suelos están ubicados en el municipio de Sibundoy Consociación san Jorge donde el promedio de precipitación anual es de 1.725mm.

Los datos indican que en la capa A, la humedad fue mayor en todos los sistemas evaluados debido a que ellos presentan unos buenos contenidos de materia orgánica, por lo tanto es importante manejarla de forma sostenible en los agroecosistemas.

Al respecto Kolmas y Vásquez (1996) afirman que el agua del suelo es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas; es portador de diversas sustancias nutritivas, por lo que la capacidad de retención de humedad del suelo influye en la fertilidad del mismo. Suelos con buena infiltración, presentan una buena capacidad de retención y percolación; mientras que, suelos pobres en materia orgánica presentan un excesivo o mal drenaje, necesitando de mayor cantidad de agua, favoreciendo la erosión y creando además, una necesidad cada vez mayor de riego tecnificado.

Así mismo, los monocultivos, rotaciones y/o asociaciones de cultivos inadecuados, labranzas inadecuadas, falta de cobertura compactan el suelo lo que limita o impide la percolación del agua que se pierde por esorrentía, junto con valioso volumen de suelo.

Al respecto Pinto (2000), determina que la cantidad de agua retenida en un suelo depende principalmente del tamaño de las partículas del suelo, es decir, de la textura, contenido de materia orgánica, compactación y estructura.

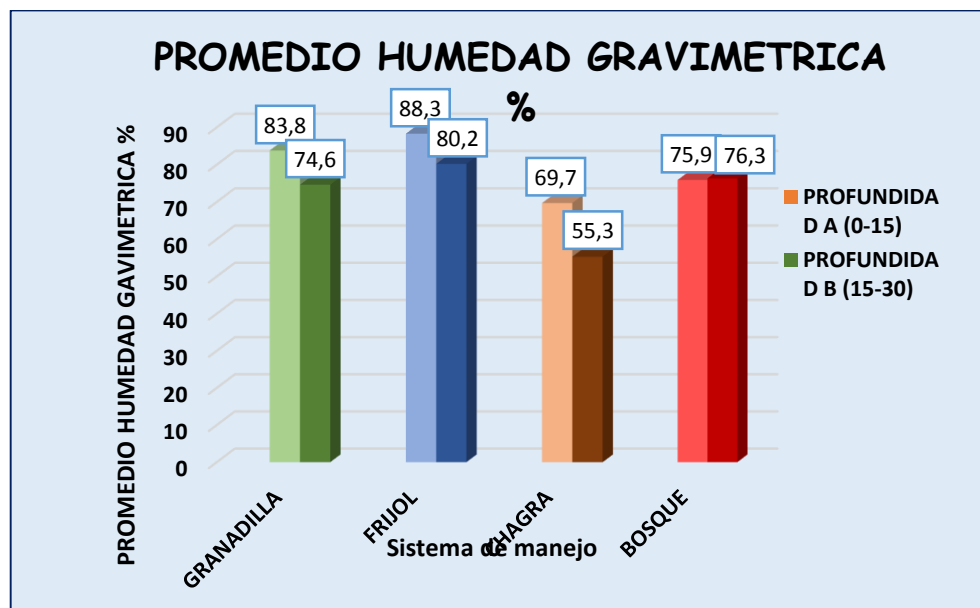
Es recomendable a nivel ambiental el uso de coberturas orgánicas en el suelo sobre todo en los sistemas agrícolas donde un amplio ámbito de plantas y materiales animales pueden ser usados para cubrir la superficie del suelo como cobertura para reducir la evaporación (y para reducir el crecimiento de arvenses y las pérdidas por traspiración de estas). Los materiales comúnmente usados

incluyen aserrín, hojas, paja, compost de desechos agrícolas, estiércoles y residuos de cultivo. Las coberturas proveen una barrera muy efectiva para la pérdida de humedad.

Cuadro 30. Promedio humedad gravimétrica por sistema de manejo.

PROMEDIO HUMEDAD GRAVIMETRICA %		
SISTEMA DE MANEJO	PROFUNDIDAD	
	A (0-15)	B (15-30)
GRANADILLA	83,8	74,6
FRÍJOL	88,3	80,2
CHAGRA	69,7	55,3
BOSQUE	75,9	76,3

Gráfica 4. Promedio humedad gravimétrica sistema de manejo Granadilla, Frijol, Chagra, Bosque.



6.3.7 Humedad volumétrica. En el cuadro 30 y gráfica 4, se muestran los resultados de esta variable en las dos profundidades de muestreo y en los cuatro sistemas evaluados obteniéndose los resultados que a continuación se discuten.

En los cultivos de granadilla en la capa A se obtuvo un valor de 52,5% y en la capa B 56,8%; en el cultivo de frijol en la capa A 52,7% y en la B 56,9%; en la chagra en A 55,1 y en la B 50% y en el bosque 55,5% en A y 56,7% en B. promediando los valores de todos los agroecosistemas evaluados se obtuvo una

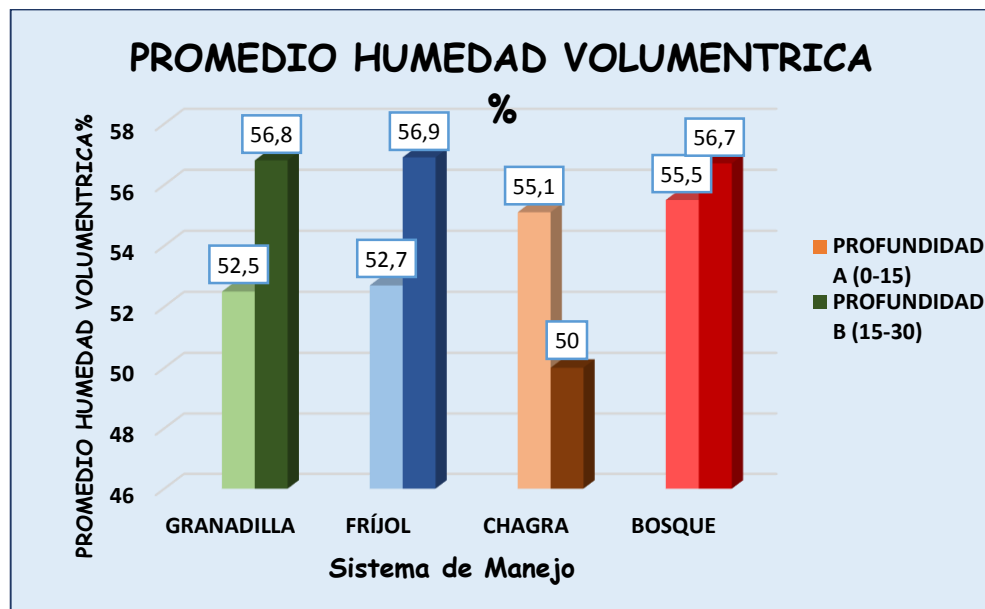
mayor humedad volumétrica en B con un promedio de 55,1%, debido a que la densidad aparente es mayor en B y menor la humedad gravimétrica.

En los cuatro sistemas evaluados predomina una mayor humedad volumétrica en la capa B debido a los proceso de infiltración naturales del suelo, estos valores obedecen a como manifiesta Burbano et al (2005), la humedad volumétrica obedece a la interacción de factores del suelo como densidad aparente, densidad real, pH, porosidad, humedad gravimétrica y materia orgánica.

Cuadro 31. Promedio humedad volumétrica por sistema.

PROMEDIO HUMEDAD VOLUMETRICA %		
SISTEMA DE MANEJO	PROFUNDIDAD	
	A	B
GRANADILLA	52,5	56,8
FRÍJOL	52,7	56,9
CHAGRA	55,1	50
BOSQUE	55,5	56,7

Gráfica 5. Promedio humedad volumétrica sistema de manejo Granadilla, Frijol, Chagra, Bosque.



A continuación en el cuadro 31 se presentan los resultados de la variable química pH donde se determina por medio de promedios los valores obtenidos en los sistemas evaluados.

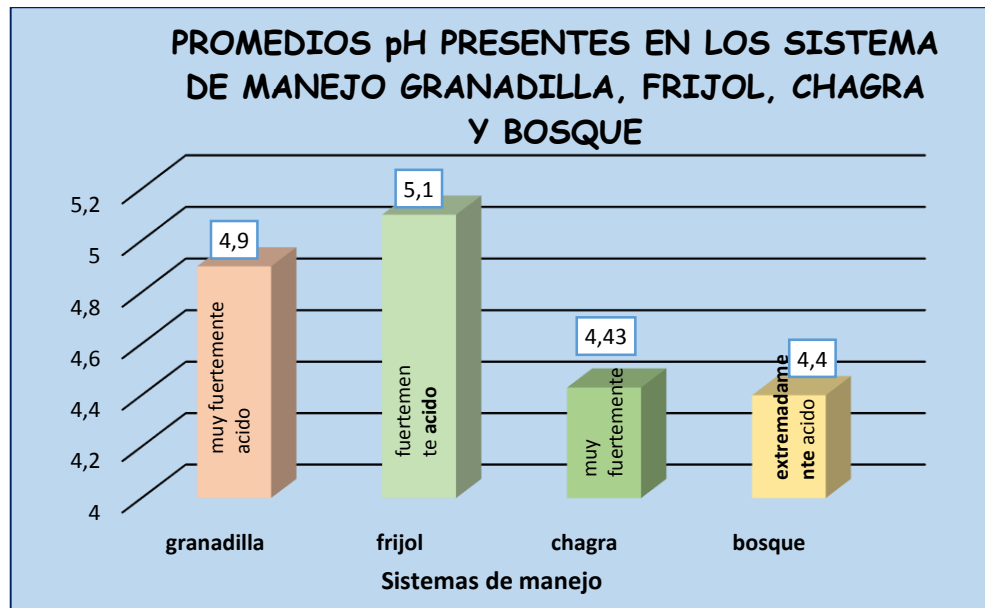
Los promedios obtenidos fueron similares en los sistemas bosque y chagra cuyo valor fue 4,4 cuadro 32 según Castro y Gómez 2013 es extremadamente ácido por ser un valor menor a 4-5; seguido por granadilla con 4,9 catalogándose como muy fuertemente ácido por estar en escala de 4,5 a 5 y finalmente frijol con 5,1 fuertemente ácido por oscilar entre 5,1 y 5,5.

Cuadro 32. Promedio pH sistemas evaluados.

pH CADA UNA DE LAS FINCAS			
Sistema de Manejo	Finca	pH	suelo según pH
GRANADILLA	1	4,75	Muy fuertemente ácido
	2	4,9	Muy fuertemente ácido
	3	4,91	Muy fuertemente ácido
PROMEDIO		4,9	
FRIJOL	4	4,99	Muy fuertemente ácido
	5	5,48	fuertemente ácido
	6	4,69	Muy fuertemente ácido
PROMEDIO		5,1	
CHAGRA	7	4,73	Muy fuertemente ácido
	8	4,26	Extremadamente ácido
	9	4,3	Muy fuertemente ácido
PROMEDIO		4,4	
BOSQUE	10	4,62	Muy fuertemente ácido
	11	4,25	Extremadamente ácido
	12	4,2	Extremadamente ácido
PROMEDIO		4,4	

Fuente: Esta investigación

Gráfica 6. Promedios pH en los sistemas de manejo Granadilla, Frijol, Chagra y Bosque.



Algunos estudios realizados por el IGAC (1990), donde afirma que los suelos del área de estudio presentan pH por debajo de 5.5. En la zona de estudio se presenta altas precipitaciones que probablemente son la causa de un lavado permanente de los suelos y por consiguiente la pérdida considerable de cationes tales como el calcio, magnesio y potasio, al respecto el plan de ordenación y manejo de la cuenca alta del río Putumayo (PONCA) (2010), los valores de pH encontrados en suelos de la Consociación San Jorge donde se ubican los sistemas evaluados, están entre muy fuerte a fuertemente ácido, manteniendo una tendencia general con relación a los suelos del resto del país, situación que se corrobora con lo encontrado en esta investigación.

Si se considera los valores de pH obtenidos entre extremadamente ácido a fuertemente ácido cuyo rango es menor a 4,5 y 5,5, para ello es necesario encalar la mayoría de los cultivos, ya que puede existir toxicidad por aluminio por estar en valores de pH de 5.5. Al respecto Burbano (1989), afirma que la reacción del suelo es una de las propiedades químicas más importantes del mismo, toda vez que afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para las plantas y también de sustancias tóxicas para ellas, la que incide en las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo y afecta igualmente las diversas actividades de los microorganismos que viven en este medio.

Cabe destacar que el pH más alto obtenido promediando los tres sistemas evaluados fue el de cultivo de frijol debido a que los productores en el proceso de

producción aplican encalamiento que sube el pH y genera mayor disponibilidad de nutrientes.

Las chagras y los bosques tienen pH de 4,4 (extremadamente ácidos) por estar por debajo de 4,5, estos valores de pH obtenidos se dan por la presencia de materia orgánica que está frecuentemente mineralizando disminuyendo la acidez del suelo, esto es debido a que como lo afirma Lora (2013), la acidez de los suelos proviene de diferentes fuentes las cuales pueden ceder protones. Entre las fuentes más importantes están la materia orgánica del suelo que contiene grupos carboxílicos y fenólicos que al disociarse liberan H^+ a la solución del suelo. El efecto de la materia orgánica depende de la cantidad presente, y de las condiciones de agua y temperatura.

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

En pH ácidos como el registrado en el estudio puede existir deficiencia de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre ya que estos se hallan disponibles en un rango de pH cercano a la neutralidad, de igual manera al aumentar la acidez del suelo, la flora bacteriana se ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados. Por tanto, en condiciones de fuerte acidez, la fijación del nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reducen. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo y la solubilidad de los nutrientes depende en gran medida del valor de pH (Botero, 1978). Como se observa en la figura 20 propuesta por Gómez y Castro (2009), el pH es un indicador de presencia o deficiencia de algunos elementos.

El ácido carbónico puede formar bicarbonato principalmente con las bases intercambiables del suelo, y estos compuestos son relativamente solubles y, por tanto, producen condiciones de acidez. Debe tenerse en cuenta que por la capacidad Buffer de la materia orgánica, el cambio de pH es lento y demorado. Los suelos ácidos tienen bajas concentraciones de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ y por tanto su porcentaje de saturación de bases es bajo. Cuando estos suelos se encalan, el porcentaje de saturación de bases aumenta y el pH sube, llegando el suelo a mostrar un elevado porcentaje de saturación libre Lora (1994)

Es posible que en los suelos de las diferentes unidades de suelo y de las capas evaluadas, no se encuentre una diferencia muy marcada en los valores de pH, debido, a que la práctica del encalamiento es poco común en toda el área que abarcó esta investigación.

La acidez de los suelos, permite la solubilidad de los nutrientes y su disponibilidad para las plantas. Este resultado, también se relaciona con el tipo de textura del suelo que condiciona los niveles de acidez (Bernal, 1994; Burbano y Cadena, 2009; Tapia y Rivera, 2010).

Por lo anterior lo recomendable es realizar prácticas de corrección de pH como el encalamiento en sistemas de manejo granadilla y frijol lo afirma León, 1999 y Espinosa, 2003, la cal debe ser incorporada al suelo para que reduzca la acidez de la capas inferiores, pues en general, la cal no migra a través del perfil si no que se disipa como CO₂ en el sitio de aplicación superficial. Por lo tanto el encalamiento llevado a cabo correctamente tiene los siguientes beneficios:

- Disminuir o eliminar la toxicidad del aluminio, hierro y manganeso.
- Aumentar la disponibilidad del fósforo.
- Incrementar la aprovechabilidad de algunos micronutrientes.
- Aumentar el contenido de calcio y magnesio.
- Mejorar la actividad microbiana, especialmente para la fijación simbiótica del nitrógeno.
- Reducir la actividad de hongos patógenos del suelo al disminuir la acidez.
- Mejorar el proceso de nitrificación y mineralización de la materia orgánica.
- Mejorar la estructura, especialmente en suelos de texturas finas, esto es, arcilloso.

6.4 RESULTADOS Y ANALISIS DE LA ENCUESTA

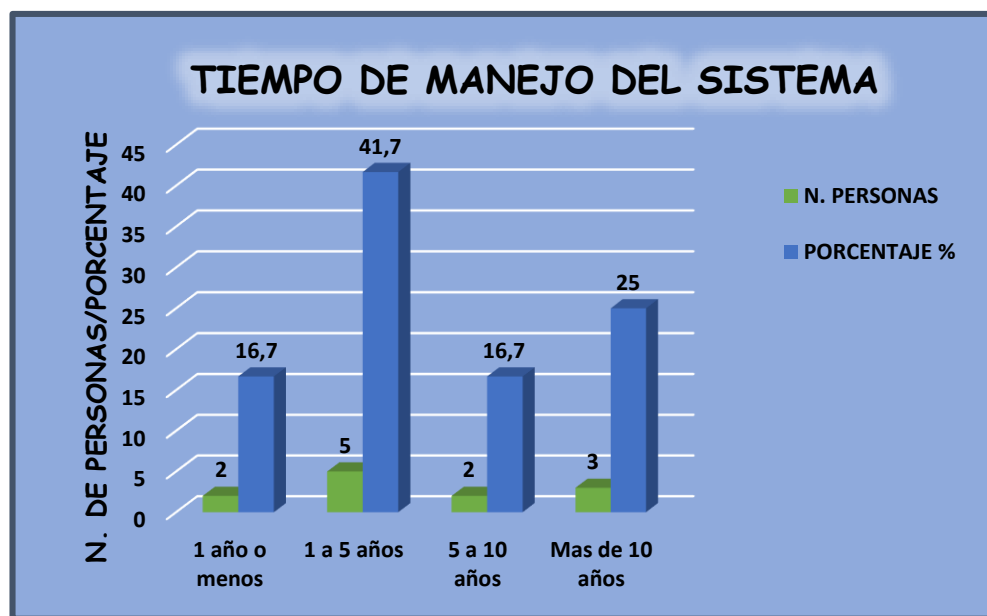
Resultados de las preguntas realizadas en la encuesta:

Una vez finalizada las actividades de campo, cuyo fin único fue la de recopilar información de primera mano, se resume y sistematiza los resultados a continuación.

Cuadro 33. Tiempo de manejo del sistema.

TIEMPO DE MANEJO DEL SISTEMA		
AÑOS	N. PERSONAS	PORCENTAJE %
1 año o menos	2	16,7
1 a 5 años	5	41,7
5 a 10 años	2	16,7
Más de 10 años	3	25

Grafica 7. Tiempo de manejo del sistema (N personas / porcentaje%)



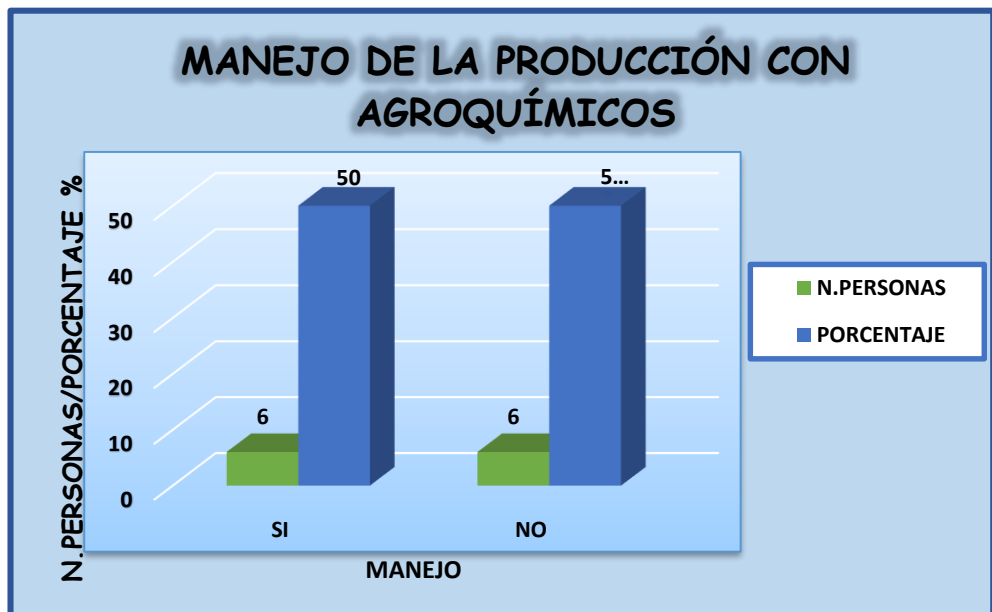
Fuente: Esta Investigación

En el grafico 1 de acuerdo a la información recolectada se obtienen los siguientes resultados; 5 de 12 personas contestaron que el tiempo de uso de la finca es de 1 a 5 años, siendo este equivalente a 41,7%; 3 que las fincas tienen un tiempo de uso de más de 10 años con un porcentaje del 25%; 2 con un tiempo de uso de 1 año o menos y 2 con de 5 a 10 años de uso siendo para estas un porcentaje de 16,7% respectivamente.

Cuadro 34. Manejo de la producción con agroquímicos.

MANEJO DE LA PRODUCCION CON AGROQUÍMICOS		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	6	50
NO	6	50

Gráfica 8. Manejo de la producción con agroquímicos.



Fuente: Esta investigación

De acuerdo a los resultados mostrados en la gráfica 8 sé determino que 6 personas de las 12 encuestadas contestaron que SI usan agroquímicos en la en los diferentes sistemas de manejo, siendo la mitad de los encuestados con un porcentaje del 50%; la otra mitad, es decir, el 50% restante correspondió a que NO usan agroquímicos en los diferentes sistemas de manejo.

El uso de agroquímicos en el suelo es un habito de los agricultores para que la producción sea mayor, al respecto Castillo (2004) manifiestan que el fenómeno degradativo de los suelos se presenta en varios estados sucesivos, esto hace que los agricultores en las primeras etapas no identifiquen los problemas que ella ocasiona, puesto que el rendimiento de los cultivos se mantiene más o menos a buen nivel por la aplicación de fertilizantes, sin embargo, en las etapas posteriores el proceso es dominado especialmente por la pérdida de suelo conduciendo

rápidamente a que vastas regiones disminuyan su capacidad productiva.

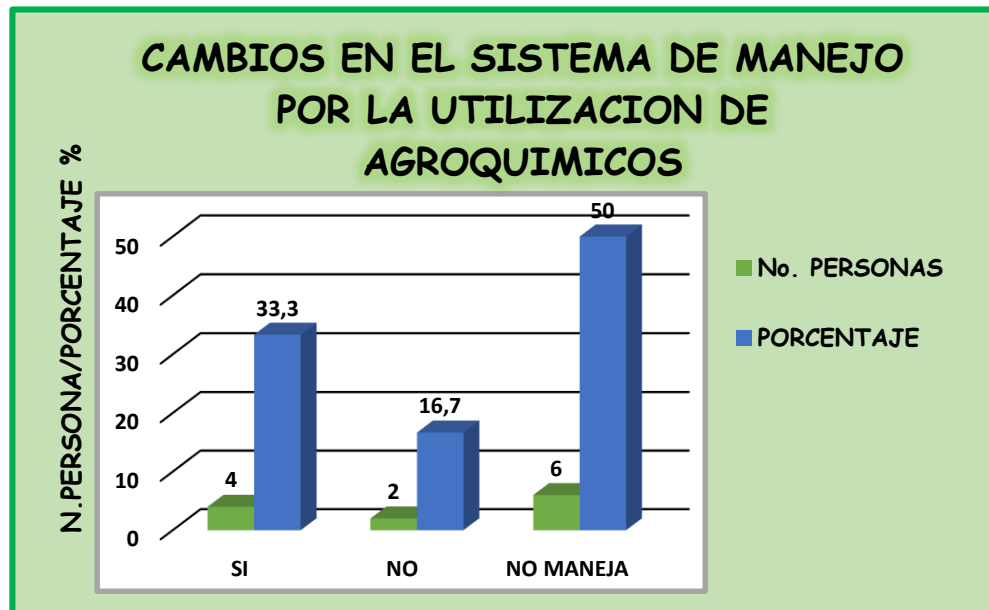
Por lo general el uso de agroquímicos (herbicidas entre otros) es alto y este control se realiza para evitar la competencia de las “malas hierbas” con los cultivos por espacio, luz, nutrientes y agua, además es una práctica más económica que el manejo manual, el cual a nivel ecológico es desfavorable para el suelo como lo afirma Kolmans 1996; el manejo de los herbicidas que son usados antes y durante el ciclo del cultivo para hacer la “limpieza química de las hierbas dañinas” ayuda a más a esterilizar el suelo.

Además el uso de fertilizantes químicos ha permitido grandes avances en la productividad agrícola, sin embargo algunos de los compuestos químicos que se introducen en el ambiente pueden resultar perjudiciales sobre todo si no se siguen las recomendaciones y medidas de precaución en su uso

Cuadro 35. Cambios en el sistema de manejo por agroquímicos

CAMBIOS EN EL SISTEMA DE MANEJO POR AGROQUIMICOS		
RESPUESTA	No. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	4	33,3
NO	2	16,7
NO MANEJA	6	50

Gráfica 9. Cambios en el sistema de manejo por uso de agroquímicos.



Fuente: esta investigación

Según los datos recolectados en las encuestas y presentados en la gráfica 9 se puede decir que 6 personas de las 12 encuestadas, con un porcentaje del 50% respondieron que no observan cambios en los sistemas de manejo por uso de agroquímicos debido a que no los utilizan, generalmente se produce esto en los sistemas como chagra ya que en este caso quienes manejan este sistema de producción son por lo general los indígenas y ellos utilizan los residuos orgánicos para enriquecer el suelo; lo mismo pasa en los bosques pues en este caso estos son suelos en recuperación y regeneración natural. Por otro lado 4 personas de las encuestadas y con un porcentaje del 33,3% respondieron que si observan cambios en el suelo por uso de estos; un 16,7% correspondiente a dos personas encuestadas dijeron que no observan cambios por uso de agroquímicos.

Los cambios por el uso de agroquímicos se presentan básicamente porque estos caen directamente en el suelo puede generar cambios en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas.

Por esta razón Rodríguez P. (2002), señala que el uso y abuso en la aplicación de agroquímicos han empobrecido biológicamente al suelo, ya que el suelo indefectiblemente va perdiendo su fertilidad y por ende su capacidad productiva.

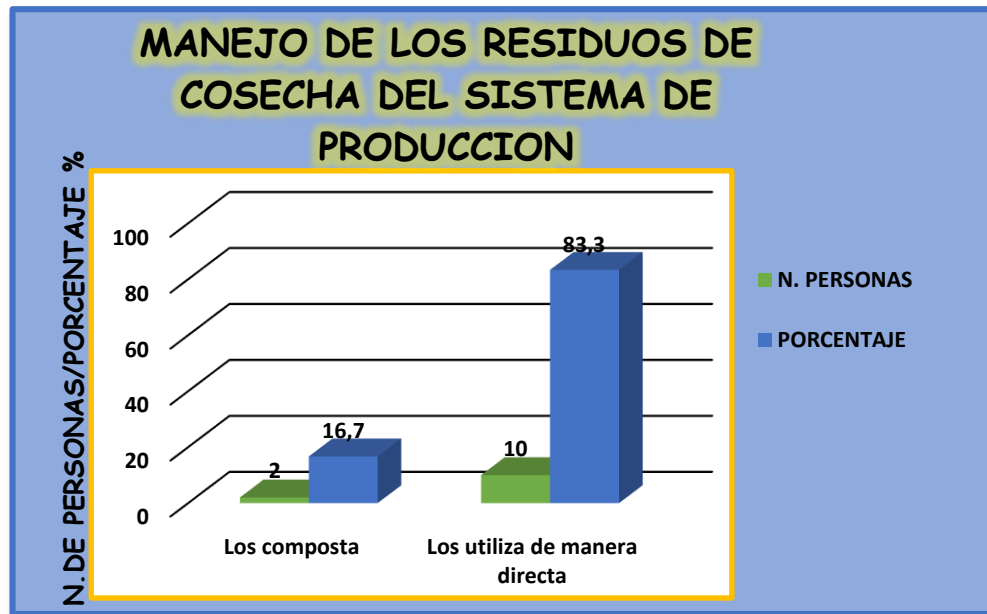
Al respecto Castillo (2004) manifiestan que el fenómeno degradativo de los suelos se presenta en varios estados sucesivos, esto hace que los agricultores en las primeras etapas no identifiquen los problemas que ella ocasiona, puesto que el rendimiento de los cultivos se mantiene más o menos a buen nivel por la aplicación de fertilizantes, sin embargo, en las etapas posteriores el proceso es dominado especialmente por la pérdida de suelo conduciendo rápidamente a que vastas regiones disminuyan su capacidad productiva.

Lo anterior se ilustra mejor con lo expresado por (Aquino *et al.*, 2000), quienes afirman que la degradación de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas: en la primera las características originales del suelo son destruidas gradualmente y el proceso degradativo no es perceptible por la poca intensidad de los procesos y el mantenimiento de la productividad por el uso de enmiendas y fertilizantes, en la segunda hay pérdida de materia orgánica, encostramiento superficial y compactación subsuperficial con fuerte daño en la estructura (colapso estructural) y en la tercera etapa el suelo está intensamente dañado, con gran colapso del espacio poroso, erosión acelerada y dificultad de operación con maquinaria agrícola, la productividad cae a niveles mínimos.

Cuadro 36. Manejo de residuos de cosecha.

MANEJO DE LOS RESIDUOS DE COSECHA DE SU SISTEMA DE PRODUCCIÓN		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
Los composta	2	16,7
Los utiliza de manera directa	10	83,3

Gráfica 10. Manejo de residuos de cosecha.



Fuente: Esta investigación

Según los datos registrados en la tabla y representados en la gráfica 10 con respecto a la pregunta del uso que le dan a los residuos de cosecha 10 personas de las 12 encuestadas dijeron que los utilizan directamente dando un porcentaje del 83,3%; 2 personas con un porcentaje de 16,7% respondieron que son compostados.

Es un valor bajo y tal vez se debe al desconocimiento de los beneficios que estos residuos con un proceso de transformación pueden aportar al suelo por ellos el de vital importancia que aquellos agricultores tomen conciencia e iniciativa de proteger los suelos de sus fincas de una manera orgánica mediante procesos de transformación que son aceptados favorablemente en la agroecología, brindándoles de esta forma vida y nutrición al suelo, conservando el edafón; pues este comprende la totalidad de los organismos del suelo, tanto la flora y la fauna en forma *macro* (lombrices) y *micro* (bacterias, hongos y algas), los cuales

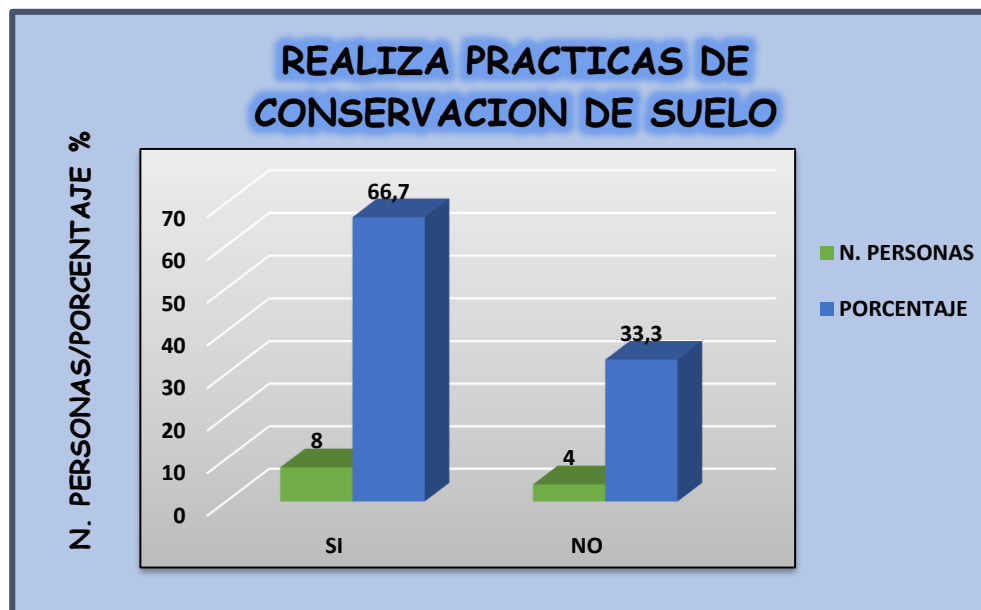
descomponen y desintegran la materia orgánica produciendo su mineralización y humificación.

Con la agricultura ecológica se busca una nutrición lenta y constante, fomentando la nutrición vegetal indirecta (a través del edafón) y no la nutrición directa que altera los procesos biológicos y el ecosistema en general, ya que el hombre no puede determinar exactamente las concentraciones ni las sustancias requeridas, tal como si lo hace la naturaleza en un ecosistema estable.

Cuadro 37. Realiza prácticas de conservación de suelo.

Realiza prácticas de conservación de suelo		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	8	66,7
NO	4	33,3

Gráfica 11. ¿Realiza prácticas de conservación de suelos?



Fuente: Esta investigación

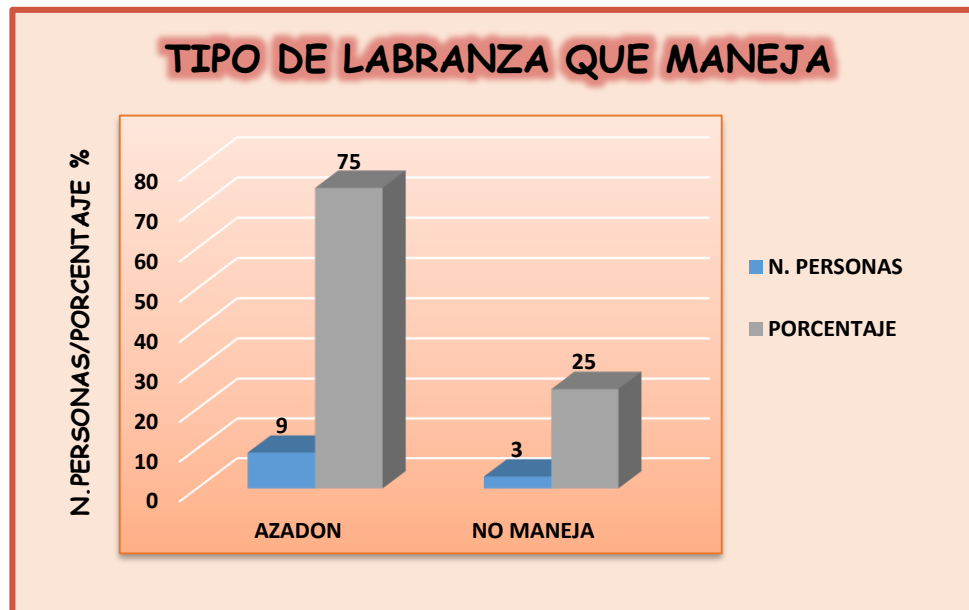
De acuerdo a la información recolectada en la gráfica 11 se representa los resultados a la pregunta que si realizan prácticas de conservación de suelo a la cual 8 personas respondieron que si lo hacen dando un porcentaje del 66,7%, esta puede ser la razón por la cual sus fincas poseen una buena calidad de suelos en sus sistemas; el otro 33,3% que corresponde a 4 personas encuestadas dijeron que no lo hacen y esto se puede ver reflejado en los resultados de los diferentes análisis de los indicadores evaluados.

Es de vital importancia realizar prácticas de conservación de suelos debido a que como lo indica Benítez J. y Friedrich T. (2009), los abonos orgánicos, influyen sobre la actividad biológica del suelo por el atenuante efecto físico sobre la variación de la temperatura y por el mantenimiento de buenas condiciones de humedad del suelo, la presencia de material orgánico es el factor que más influye en la actividad y población de microorganismos, ya que la materia orgánica es fuente de energía para los organismos del suelo. Por esta razón, cuanto mayor sea la cantidad de abonos incorporados, mayor será la población macro y microbiana del suelo.

Cuadro 38. Tipo de labranza que maneja.

TIPO DE LABRANZA QUE MANEJA		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
AZADON	9	75
NO MANEJA	3	25

Gráfica 12. ¿Qué tipo de labranza maneja?



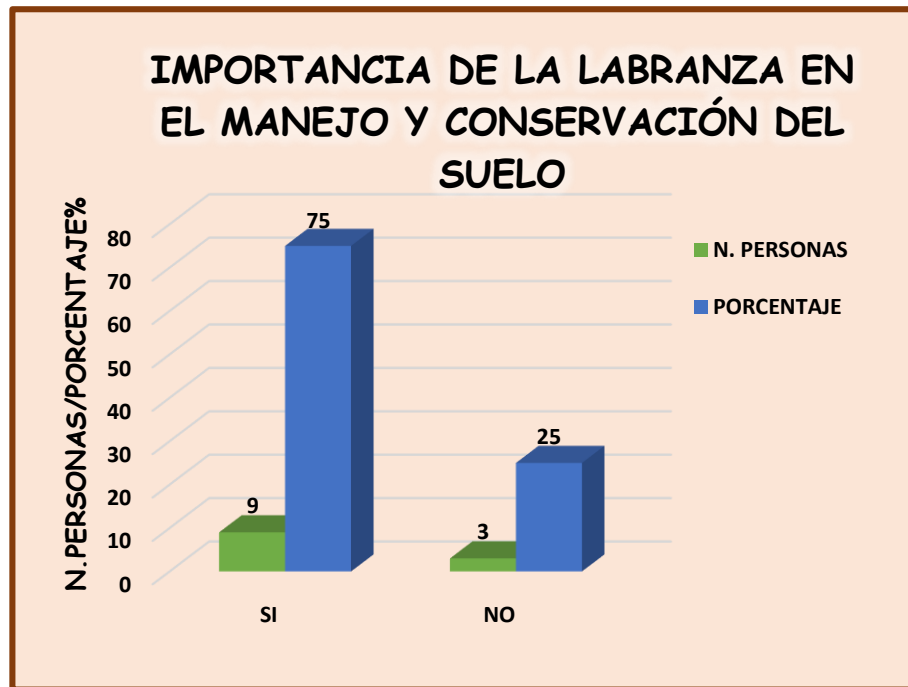
Fuente: Esta investigación

Según los datos registrados en la cuadro 38 de la encuesta realizada a la pregunta el tipo de labranza que utiliza los resultados son representados en la gráfica 6 y de ello podemos inferir que 9 personas con el 75% usan azadón en el laboreo lo cual permite un menor grado de disturbacion al suelo; el 25% restante correspondiente a 3 personas encuestadas contestaron que no lo usan.

Cuadro 39. Importancia de labranza en el manejo.

IMPORTANCIA DE LA LABRANZA EN EL MANEJO Y CONSERVACION DEL SUELO		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	9	75
NO	3	25

Gráfica 13. ¿Cree importante la labranza en el manejo y conservación del suelo?



Fuente: Esta investigación

A la pregunta de la importancia de la labranza en el suelo los resultados son representados en la gráfica 7 en la cual se observa que 9 personas del total de encuestados con un porcentaje del 75% creen importante la adecuada labranza para el manejo y conservación del suelo; las tres personas restantes, ósea el 25% no lo creen así, por esa razón no lo hacen.

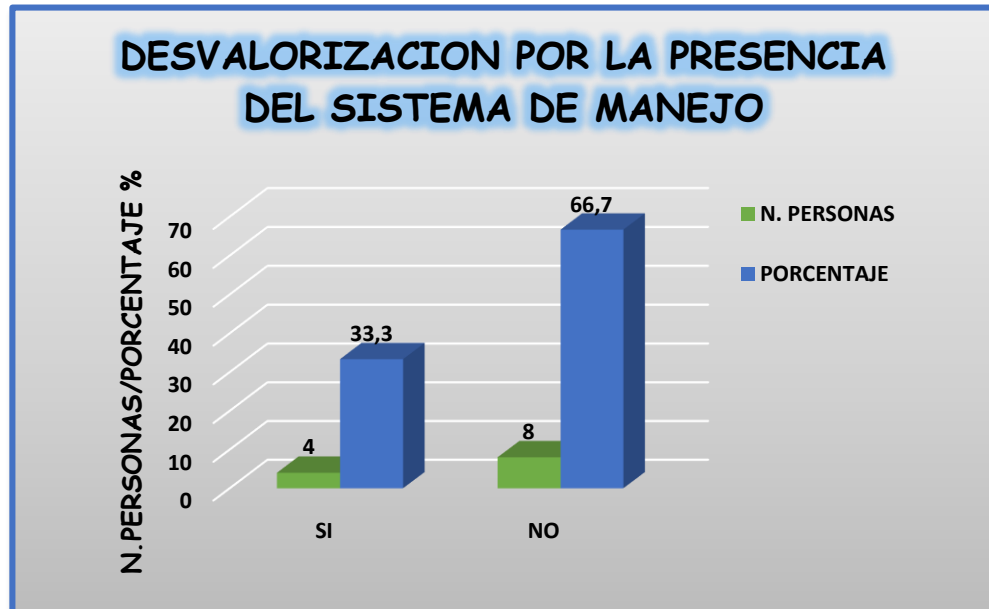
La labranza es la condición física del suelo en relación a la facilidad del labrado, calidad del semillero, facilidad de emergencia de las plántulas, y penetración profunda de las raíces. La buena labranza depende de la agregación; el proceso en el cual las partículas individuales del suelo se juntan en racimos y agregados. Los agregados se forman en el suelo cuando partículas del suelo individuales son

orientadas y aglomeradas por la fuerza física de mojarse y secarse o congelarse y descongelarse (Preston, 2007).

Cuadro 40. El sistema de manejo ha hecho que su finca se desvalore

El sistema de manejo ha hecho que su finca se desvalore		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	4	33,3
NO	8	66,7

Grafica 14. ¿Su finca ha sido desvalorizada por la presencia del sistema de manejo?



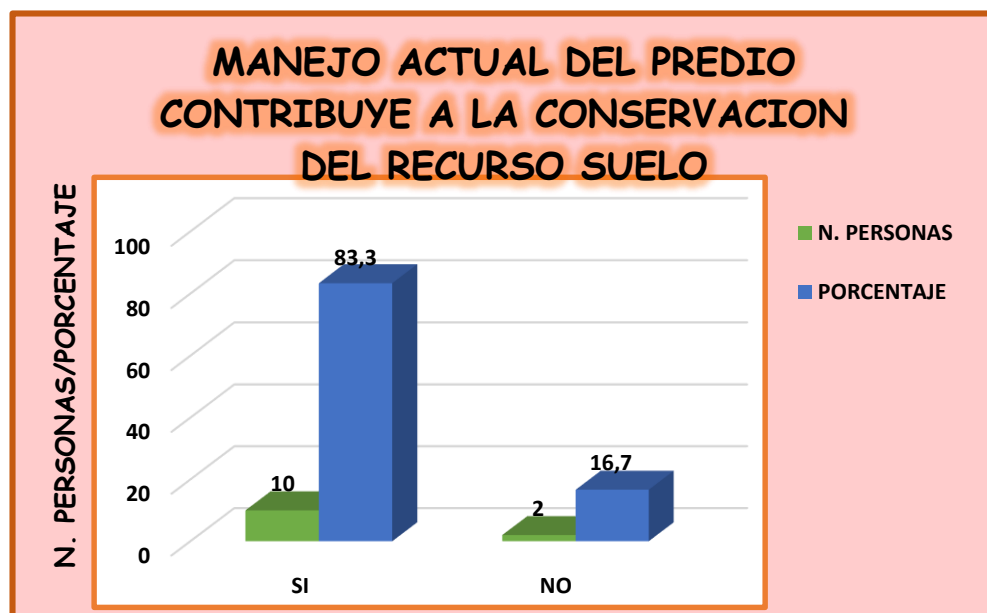
Fuente: Esta investigación

En la gráfica 14, se representa los resultados de que si el sistema de manejo ha sido desvalorizado debido al sistema de manejo a la cual 8 personas con un porcentaje del 66,7% respondieron que NO, esto puede ser porque los suelos de la fincas son nuevos o porque en la finca tienen otros sistemas de producción; mientras que 4 personas con un porcentaje de 33,3% respondieron que SI, motivo por el cual los dueños de las fincas buscan otras prácticas de manejo que sin querer pueden causar daño al suelo.

Cuadro 41. ¿El Manejo que le da a su predio le ayuda a la conservación del recurso suelo?

El manejo que le da a su predio actualmente ayuda a la conservación del recurso suelo		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
SI	10	83,3
NO	2	16,7

Gráfica 15. ¿El Manejo que le da a su predio le ayuda a la conservación del recurso suelo?



Fuente: Esta investigación

Según los datos registrado en el cuadro 41 y grafica 15 podemos inferir que 10 personas de las 12 encuestadas con un valor porcentual de 83,3% respondieron que el manejo que le están dando al predio del sistema SI contribuye a la conservación del recurso suelo debido a que manejan técnicas sostenibles de manejo; 2 personas con un porcentaje de 16,7% respondieron que NO, ya que son conscientes de que el uso que le están dando al suelo no es el adecuado.

El suelo junto con el aire y el agua conforman los recursos naturales esenciales para la vida, se le considera un hábitat para el desarrollo de las plantas y cuando es utilizado de forma adecuada puede ser un recurso renovable, de ahí la necesidad de mantener su productividad dándole un buen manejo, para que a

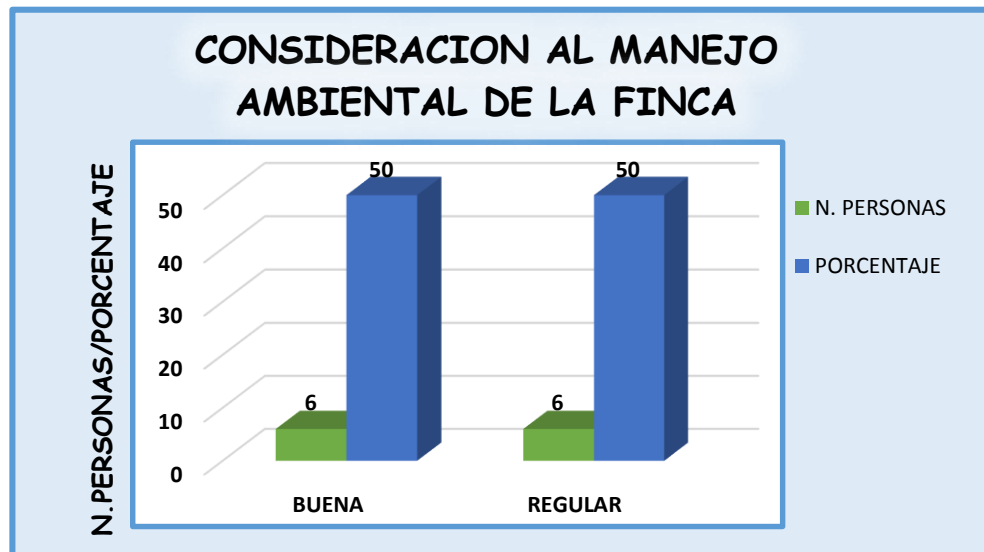
través de él y las prácticas agrícolas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y la sostenibilidad de este recurso a largo plazo, garantizando la seguridad alimentaria de la humanidad (López, 2007).

Además es un componente crítico de la biosfera no renovable a escala humana. La salud de los recursos de suelo y una correcta gestión de los mismos es vital, no solo para el correcto funcionamiento de los ecosistemas, sino también para que los suelos desempeñen sus múltiples funciones en la mejora de la productividad biológica, soporte para el crecimiento de la cobertura vegetal, regulación y almacenamiento del flujo hídrico en el medio ambiente, atenuación de los efectos nocivos de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos, e incluso la mejora de la salud humana y los usos recreativos y estéticos de los paisajes (Gliessman, 1998).

Cuadro 42. Considera que le está dando un manejo ambiental a su finca.

CONSIDERACIÓN DEL MANEJO AMBIENTAL EN SU FINCA		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
BUENA	6	50
REGULAR	6	50

Gráfica 16 Considera que le está dando un manejo ambiental a su finca



Fuente: Esta investigación

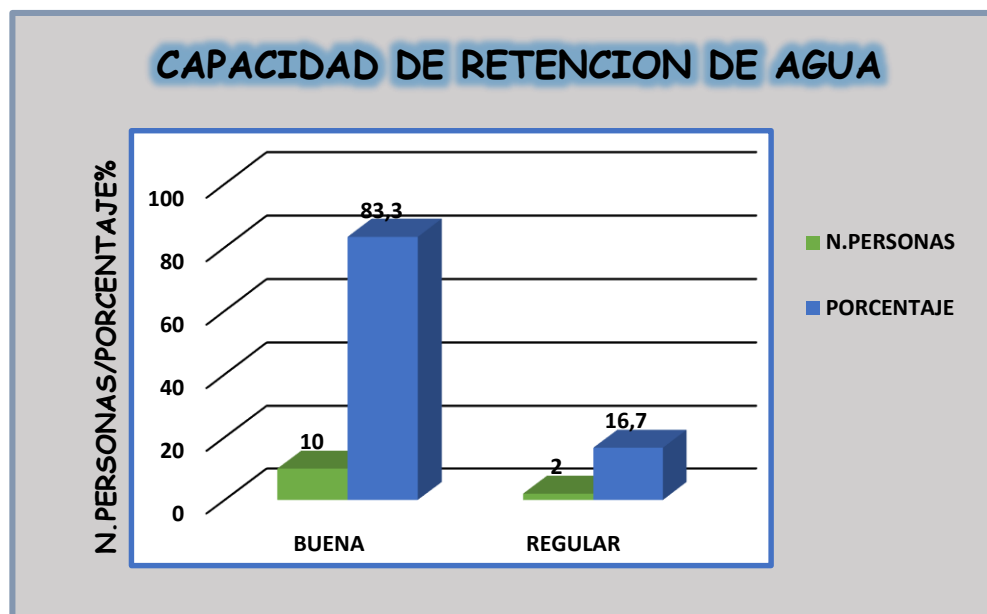
Según la información registrada en el cuadro 42 y representada en la gráfica 16 se considera que 6 personas de las 12 encuestadas o sea el 50% respondieron que el manejo ambiental que le están dando al suelo en su predio es BUENO, puesto que le están manejando un equilibrio suelo – planta; el otro 50% (6 personas

encuestadas) respondieron que es REGULAR, quizás porque no tienen en cuenta que el suelo es vital para el desarrollo de cualquier planta.

Cuadro 43. Retención de humedad

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA		
RESPUESTA	N. PERSONAS	PORCENTAJE
BUENA	10	83,3
REGULAR	2	16,7

Gráfica 17. Retención de humedad



Fuente: Esta investigación

Según los datos registrados en el cuadro 43 en cuanto a retención de humedad, en la gráfica 17 se muestra que 10 personas de las 12 encuestadas con un porcentaje de 83,3% rectificaron que la retención de agua es BUENA, debido a que los espacios porosos son muy pequeños y retienen más humedad; 2 personas con un porcentaje de 16,7% dijeron que es REGULAR.

Se debe a que estos suelos son muy compactos generando así una mayor retención de humedad ya que retiene el agua y no se evapora con facilidad. La cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada fundamentalmente por su textura, 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), así como por el consumo causado por la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).

(Jaramillo, 2002) afirma que debido a que el agua del suelo se adhiere a las partículas sólidas del mismo, hay una estrecha relación entre la cantidad de agua que son capaces de retener estas partículas y su composición.

7. CONCLUSIONES

En los indicadores de calidad evaluados en los diferentes sistemas de manejo de (granadilla, frijol, chagra y bosque) se logró apreciar que los valores más altos se presentaron en los sistemas de frijol y chagra con un promedio de 7, seguido del sistema bosque con 6,3 y granadilla con 6,2.

En términos generales y teniendo en cuenta cada uno de los indicadores evaluados y resultados obtenidos en cada sistema de manejo se permitió visualizar que todas las fincas presentan valores que están por encima del umbral de sostenibilidad (5) lo cual indica que en el recurso aún no se identifican daños severos y que conservan algunas de propiedades físicas, químicas y biológicas en buen estado.

Los sistemas evaluados en esta investigación demuestran que son suelos con alto contenido de materia orgánica lo cual favorece las propiedades físicas, químicas y biológicas de este recurso.

8. RECOMENDACIONES

Los sistemas evaluados en esta investigación demuestran que son suelos con alto contenido de materia orgánica lo cual favorece las propiedades físicas, químicas y biológicas de este recurso. Los sistemas que están por encima del umbral de sostenibilidad se deben mantener estables, pero siempre con miras a lograr obtener un valor de 10, para ello se recomienda el uso de materia orgánica ya que esta mejora al suelo en cuanto a su calidad, aportando gran cantidad de nutrientes mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas manteniendo un uso ambientalmente integral del recurso suelo.

Es importante que la evaluación de calidad de suelo a través de indicadores se realice de manera periódica pues estas metodologías contribuyen a conocer el estado actual del recurso, además de que permite establecer alternativas o estrategias para hacer del suelo un recurso ambientalmente sostenible.

La chagra fue el sistemas de manejo más elevando en cuanto a calidad, no podemos compararlo con los demás sistemas debido a que sus manejo es bastante diferente pero si podemos tomar algunas de las practicas aquí realizadas e implementarlas en los demás sistemas de manejo para mejorar su calidad de suelo.

Los sistemas evaluados en esta investigación demuestran que son suelos con alto contenido de materia orgánica lo cual favorece las propiedades físicas, químicas y biológicas de este recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, MA 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Process, Boulder.
- ANDERSON. 1993. Clasificación del uso de tierra y cobertura, en revista SIG-PAF.
- ANÓNIMO (2011). “La formación del suelo de cultivo”. Granja Escuela La Ilusión: <http://granjaescuelalailusion.files.wordpress.com/2011/12/edafon-2.jpg>
- ASTIER-CALDERÓN M., MAASS-MORENO M. y ETCHEVERS-BARRA J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el context Naturaleza y utilidad de los indicadores. A. Navarrete, G. Vela, J. López, Ma. Rodríguez. 37 to de la agricultura sustentable. Agrociencia 36(5): 605-620.
- AEMA (1999). Environment in the European Union at the Turn of the Century. Agencia Europea de Medio Ambiente.
- ARRIGO, N.; JIMÉNEZ, MARÍA.; PALMA, R.; BENITO, M y TORTAROLO, M. 2005 Residuos de poda compostados y sin compostar: uso potencial como enmienda orgánica en suelo. Cienc. Suelo. 23 (1): 87-92.
- BARRERA LIZARAZO RODRIGO, 1984. Riesgos y drenajes. Centro de enseñanza desescolarizada. Universidad Santo Tomas. p. 186 – 187.
- BERNAL, J.; HOYOS A.; BARBA, L.; DÍAZ, J. 2004. Influencia de imanes permanentes en la variación de la materia orgánica y la actividad microbiana de tres enmiendas orgánicas. Ingeniería de Recursos Naturales y ambiente. 1 (2): 27 – 31.
- BRADY, N Y WEIL, R. 2002 Soil acidity: Calcium and Magnesium as plant nutrients Cap 9:11 pg. 404-410.
- BOUMA, J. 1998. Long – term characterization: moitoring and modeling. Pp. 337 – 358. In Lal et al (eds) Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- BOLGGS, J. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. 1990. www.fao.org/ag/ags/AGSE/agses/7mo/iita.htm
- BURBANO, H. La piel de la tierra. Cinco reflexiones para valorar el recurso suelo. Pasto, Impresos La Castellana, 2004. 176p.

BURBANO, H. Lo bioorgánico en el manejo productivo del suelo. En: Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Palmira, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. pp. 109-117.

BURBANO ORJUELA HERNAN, 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos. Serie investigaciones n. 1 UNIVERSIDAD DE NARIÑO PASTO, COLOMBIA. p. 240 – 241.

BURBANO ORJUELA HERNAN, SILVA MOJICA FRANCISCO 2013. Ciencias del suelo. Principios básicos. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo p. 73-79

BURT R. (Ed.). 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42. Version 4.0. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. 700 ps.

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

CARTER, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En Soil quality for crop production and ecosystem health (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.

CARDOSO, F. 1999. Rizosfera. In: Sociedad Brasileira de La Ciencia del Suelo(ed). Microbiología do solo. Campinas, p 499.

CHEVEL, P. L FONT, BJ CALERO et al. 2.006 Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey, Cuba. ITEA, Vol 102 (1), 3, 12.

DIAZ, G. S; RUIZ, M y CABRERA, J. A. Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *cultrop*. 2009, vol.30, n.3

DÍAZ, B.; CAIRO, P.; MORALES, M.; RODRÍGUEZ, O.; ABREU, I. 2003. Influencia de diferentes sistemas de manejo de la materia orgánica sobre la fertilidad del suelo pardo con carbonatos (Inseptisol). Centro Agrícola. 30 (3): 9 - 13.

DOMÍNGUEZ, V.A. (1997) Tratado de Fertilización. 3ra. Edición. Mundi Prensa. Madrid. 613 pag.

DANE J. H., and G.C. Topp (Eds.). 2002. Escuela universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real Métodos of Soil Analysis. Part 4. Physical

Methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 5. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wis.1692 ps.

DEXTER A. R. 2004. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120: 201-214.

DUMANSKI, J., Gameda, S. y Pieri, C. 1998. Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington DC, USA.

ETCHEVERS J., Hidalgo C., Vergara M., Bautista M. y Padilla J. 2009. Calidad de suelo: conceptos, indicadores y aplicación en agricultura. En: López- Blanco J. y Rodríguez-Gamino M. de L. 2009. Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Colección Geografía para el siglo XXI. Serie Libros de Investigación, No. 3. 196 p.

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

FEBLES JM; y MIRANDA R. 1988. La protección de los suelos. Monografía. Instituto superior de ciencias agropecuarias de la Habana Cuba.

FERNANDEZ, CE; MUSCHER, R. 1999. Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In *Desafíos de la caficultura en Centro America Central in desafíos de la caficultura en centro América*, Bertrand, B Ed San Jose, Costa Rica, IICA PROMECAFE-CIRAD.

FORERO, H; y CORTES, M. Diagnóstico de la degradación de suelos agrícolas bajo sistemas de uso intensivo en arroz riego en la zona de influencia de San Carlos Guaroa. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Villavicencio, Universidad de los Llanos, 1999. 156p.

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

GALVIS, J; AMEZQUITA, E; MADERO E. 2007. Evaluación del efecto de la intensidad de labranza en la formación de costra superficial de un oxisol de sabana en los Llanos Orientales de Colombia. II caracterización física en superficie.

GALVES V.; OTERO L.; NAVARRO N, 1998. Reflexiones sobre los suelos de la llanura sur del Pinar del Rio. *Agricultura orgánica* 1: 14 -15.

GLIESSMAN, S.R. 2.002 Agroecología: Proceso ecológico en la agricultura Sostenible, CATIE, Turrialba C.R. 349 p.

GIL-STORES F., Trasar-Cepeda C., Leiros M. C. y Seoane S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 877-887.

GISSMAN, SR 1998 *Agroecology: ecological processes unsustainable agriculture*. Michigan, Ann Arbor Press.

GLIESSMAN STEPHEN R, 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible*. TURRIALBA. p. 17 – 323.

GOMEZ, AA; SWEETE, DE; SYERS, JK; COUGLAN, KI 1996 Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level In *methods for assessing soil quality SSSA Special Pub 40* Madison, Wisconsin.

GUHARAY, F; MONTERROSO, D; STAVAR, C 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. *Agroforestería en las Américas (Costa Rica)* 8: 22-29.

HEREDIA, O; GIUFFRÉ L, F; GORLERI; CONTI, M. 2006 Calidad de los suelos del norte de Santa fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *CI. SUELO (Argentina)*. 24 (2) 109-114.

HÜNNEMEYER, J.A., De Camino, R. y Müller, S. 1997. *Análisis del desarrollo sostenible en centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.

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

KOLMANS ENRIQUE Y VASQUEZ DARWIN, 1996. *Manual de agricultura ecológica: una introducción a los principios básicos y su aplicación*. MELA – SIMAS. MANAGUA, NICARAGUA. p. 20 - 218

NORTCLIFF S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 161-168

LEÓN ISIS Y GARCÍA ABRAHAM, 2010. *Enciclopedia virtual de Zoología*. [Www.biologia-anelidos.blogspot.com/](http://www.biologia-anelidos.blogspot.com/).

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

MALANGON D. MONTENEGRO H. *Propiedades Físicas de los Suelos*. Instituto Geográfico A. Codazzi., 1990.

MALAVOLTA, E., G.C. Vitti e S.A. de Oliveira (1989). Avalicáo do Estado Nutricional das Plantas. Principios y Aplicacóes. Potafos, SP. 2001pag.

MASERA, O; ASTIER, M; LOPEZ - RIDAURA, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluaciones MESMIS. México, Mundiprensa.
MANCERA Y. LOSSA, R 2003. Análisis Sociocultural De La Chagra Indígena De La Comunidad Camentsa Desde La Perspectiva Ambiental.

MENDIVELSO, D.; RUBIANO Y.; MALAGON, C. D y LOPEZ, L. D. Erosión de las tierras Colombianas. CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO. (9°.: 1998: Paipa). Conferencias Magistrales IX congreso Colombiano de la ciencia del suelo: SCSC. P. 41 -49.

OBANDO, F. Indicadores de degradación estructural en suelos de agricultura intensiva del piedemonte llanero. 2000 En: Suelos Ecuatoriales. Volumen 30 N° 2: 167 – 178 pp.

ORDÓÑEZ, N., Mendivelso, D. (2006). La degradación de tierras y suelos, un problema mundial y una responsabilidad de todos.

ORTIZ S., MA. DE LA L., M. ANAYA Y J.W. ESTRADA BERG. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Universidad Autónoma Chapingo-Comisión Nacional de Zonas Áridas-Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

PAUL EA, CLARK FE. Soil Microbiology and Biochemistry. San Diego, CA, Academic Press Inc., 1996.

PINEDA 2013. Evaluación de la macrofauna en diferentes usos de suelo C con laurel de cera en el la granja experimental Botana municipio de Pasto departamento de Nariño. Tesis ingeniero agroforestal, facultad de ciencias agrícolas, universidad de Nariño, pasto. p. 33.

PRESTON SULLIVAN. 2007. El Manejo Sostenible de Suelos. ATTRA. El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible.

QUIROGA A, Y D. FUNARO. 2004. Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas Pp: 476.

RUBIO 1992 (<http://www.uv.es/>). Según el “Convenio de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación”)

RODRIGUEZ-GAMINO M. de L. 2008. Determinación y aplicación de Indicadores ambientales en Milpa Alta, Distrito Federal. Tesis de Doctorado (Posgrado en Geografía). Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Facultad de Filosofía y Letras.

SALISBURY, B.F. y C.W.Ross (1992) Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México. 759 pag.

SQI-Soil Quality Institute. 1996. Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Publicado el 31 de diciembre de 2002 en el Diario Oficial de la Federación. Segundo Sección. México. 73 p.

SILVA MOJICA FRANCISCO 1994. FERTILIDAD DE SUELOS. Diagnóstico y control Santafé de Bogotá D.C., Colombia p.114-117

TEUSCHER, H., ADLER, R. El suelo y su fertilidad. (1965). México: Compañía editorial continental.

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

UNIGARRO ALBERTO E.; INSIASTY RUTH B; CHAVES GERMAN. 2009 Manual de Prácticas de laboratorio. Suelos Generales.

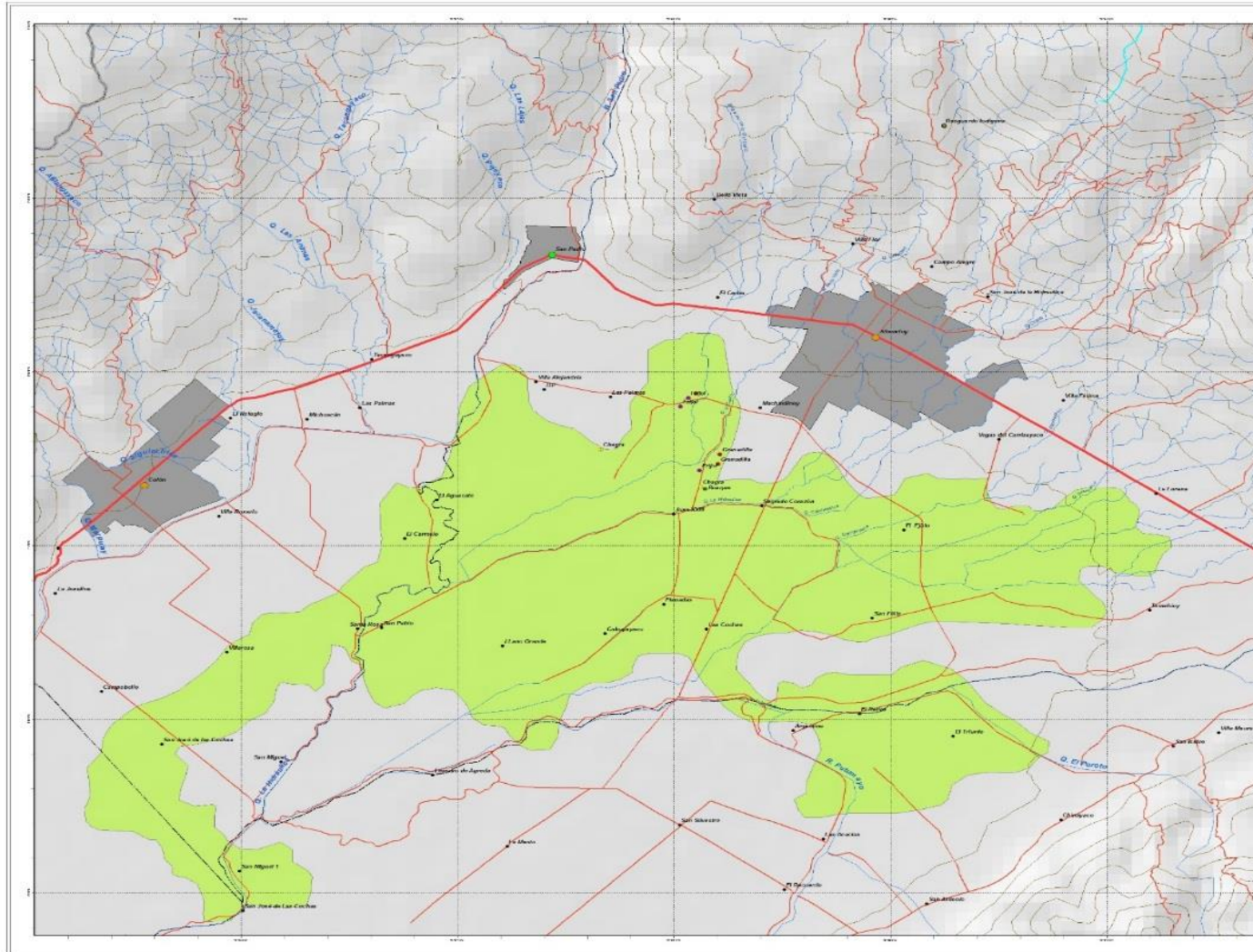
USDA - NRSC-SQI. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Soil Quality Institute. 2001. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning.

VILLAFANE, V.; NORMANDO Y SALUZZO RINALDI, JOSÉ ALBERTO. 2010. Modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo en Famatina, La Rioja, Argentina. Acta Agronómica. 59 (2): 188-196.

WADDELL, T.E y B.T. 1988. Agriculture and the environment: what do we really mean? Journal of Soil and Water Conservation, 43: 241-242.

WILLARD H. H., Merritt L. L., Dean J. A. 1974. Instrumental methods of analysis. 5th edition Van Nostrand.

ANEXOS



MAPA DE UBICACIÓN SISTEMA DE MANEJO EVALUADOS DE CALIDAD DE SUELOS RURALES		Planeta														
MUSM-CSJ-01																
<p>Proyecto: Trabajo de titulación para el programa de Investigación Lugar: Vía Carretera Chocoma - Estación Páramo Muzo - Ciudad Pastel Claro Realizó: Anderson Quintero L. AG - EGP - MGS Fecha: Diciembre de 2014</p>																
CONVENCIONES																
Población																
<ul style="list-style-type: none"> ● Cabecera Municipal ● Cabecera Inspección de Policía ● Población dispersa ● Puntos de control ● Curvas de Nivel 																
Equipamiento Social																
<p>Tipo</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Educativo ■ Religioso ■ Salud 																
Limites																
<ul style="list-style-type: none"> — Límites primer orden — Límites segundo orden — Hidrografía natural — Areas Utilizadas — Comarcas San Jorge 																
Red Vial																
<ul style="list-style-type: none"> — Pavedimentada — Sin pavimentación — Camino — Vía Mejorada 																
Sistema de Manejo Evaluado de Calidad de Suelos Rurales																
<ul style="list-style-type: none"> ● Bosque ● Ciénaga ● Frio ● Humedales 																
<p>POUNTO DE DATOS PRINCIPALES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2014, versión de campo 2. Escala de Contorno: 1:5000 3. Cartografía base en formato digital 4. Fuente: Oficina de Planeación 																
ESPECIFICACIONES DEL MAPA BASE																
<table border="0"> <tr> <td>Modelo de la Tierra</td> <td>Sistema de Proyección</td> </tr> <tr> <td>Proyección</td> <td>UTM</td> </tr> <tr> <td>Proyección de Coordenadas</td> <td>WGS 1984</td> </tr> <tr> <td>Datum horizontal</td> <td>WGS 1984</td> </tr> <tr> <td>Datum vertical</td> <td>MSL (Mean Sea Level)</td> </tr> <tr> <td>Cartografía digitalizada por</td> <td>AGS (Agencia de Geografía)</td> </tr> <tr> <td>Base datos de campo</td> <td>1:50,000</td> </tr> </table>			Modelo de la Tierra	Sistema de Proyección	Proyección	UTM	Proyección de Coordenadas	WGS 1984	Datum horizontal	WGS 1984	Datum vertical	MSL (Mean Sea Level)	Cartografía digitalizada por	AGS (Agencia de Geografía)	Base datos de campo	1:50,000
Modelo de la Tierra	Sistema de Proyección															
Proyección	UTM															
Proyección de Coordenadas	WGS 1984															
Datum horizontal	WGS 1984															
Datum vertical	MSL (Mean Sea Level)															
Cartografía digitalizada por	AGS (Agencia de Geografía)															
Base datos de campo	1:50,000															
<p>Actualizado: _____</p>																
<p>PROYECTO:</p> <p>UBICACIÓN EN LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES EN SISTEMA DE MANEJO DEL SUELO (Prácticas Agrícolas LL, CENSALES, MANEJO DEL SUELO, MANEJO DEL AGUA, MANEJO DEL AGUA Y MANEJO DEL AGUA) EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LOS RÍOS.</p>																
<p>SISTEMA DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL GEORREFERENCIADA DE CORPOAMAZONIA</p>																
<p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA EN MANEJO AMBIENTAL 2014</p>																



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR MEDIO DE INDICADORES EN SISTEMAS DE MANEJO FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), GRANADILLA (*Passiflora ligularis*), BOSQUE Y CHAGRAS TRADICIONALES EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO.

OBJETIVO: Identificar el manejo que el productor está realizando dentro de cada sistema.

Productor: _____
Sistema de Manejo: _____
Área del Sistema: _____
Ubicación: _____

1. Tiempo de manejo: _____
2. Maneja la producción con agroquímicos? Sí ___ No ___
Cuáles? _____
3. En el tiempo que Usted ha manejado agroquímicos ha observado cambios que se presenten en el suelo? Sí ___ No ___
 - Disminución de lombrices _____
 - Cambio de color _____
 - Mayor incidencia de malezas _____
 - Cambio de estructura _____
 - Compactación _____
 - Disminución de la productividad _____
 - Todas las anteriores _____
4. ¿Cómo maneja los residuos de cosecha de su sistema de producción?
La quema _____ los entierra _____ los composta _____ se los utiliza de manera directa para los cultivos _____ Otros _____
5. Usted realiza dentro de la Finca prácticas de conservación de suelos?
Sí ___ No ___ Cuáles? _____
6. Para la preparación del suelo que tipo de labranza maneja?
 - Azadón
 - Arado de disco
 - Yunta de bueyes
7. Cree que la labranza es importante en el manejo y conservación de los suelos?

8. El sistema de manejo ha hecho que su finca se desvalorice?
Sí ___ No ___
9. Cree usted que el manejo que actualmente le da a su predio ayuda a la conservación del recurso suelo? Sí ___ No ___
10. Considera usted que el manejo ambiental que le da a su finca es bueno, regular o malo. Por qué?

11. Teniendo en cuenta algunas de las propiedades físicas del suelo como observa usted la capacidad de retención de agua en su sistema.
Buena _____ Regular _____ Mala _____

