



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES COMO ALTERNATIVA PARA LA  
SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS NATURALES, EN LA ESTACIÓN  
EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA, DEL INIAP”.

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

WILLAN JAVIER CAICEDO ALBÁN

Riobamba – Ecuador

2013

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Dr. Luis Rafael Fiallos Ortega. PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. M.C. Wilfrido Neptalí Capelo Báez

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Wilson Vitaliano Oñate Viteri

ASESOR DE TESIS

Riobamba, 05 de marzo del 2013

## **AGRADECIMIENTO**

### **A DIOS**

Por darme la sabiduría y fuerza para seguir adelante a pesar de las adversidades presentadas en mi carrera estudiantil.

### **A MI PADRE, A MI MADRE Y HERMANOS**

Por su gran apoyo, por su cariño, aprecio, amor, confianza, sacrificio y ayuda incondicional, que fueron y son el pilar fundamental para sortear todo obstáculo y tropiezo a través de mi vida.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

Por estar presentes en cada una de las metas y proyectos propuestos en mi vida los mismos que se van cumpliendo con el pasar del tiempo. Y de manera muy especial a Pierina por su amor, compañía, cariño, respeto y apoyo incondicional en la culminación de esta meta.

### **A LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS – ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTECNICA**

Por impartir los conocimientos teóricos y prácticos que me hicieron un profesional de calidad con todas las herramientas intelectuales que me ayudaran a desempeñar un buen papel en mi vida profesional.

### **AL PROGRAMA NACIONAL DE FORESTERÍA Y A LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA (E.E.C.A.) DEL INIAP.**

Acertadamente dirigidos por el Dr. Jorge Grijalva y el Ing. Carlos Caicedo por la oportunidad y confianza brindadas, al personal Técnico del Programa de Forestería de la E.E.C.A, por su incondicional apoyo y sincera amistad formando un excelente equipo de trabajo.

## **DEDICATORIA**

### **A MI PADRE, A MI MADRE Y HERMANOS**

Por el esfuerzo y sacrificio demostrado a pesar de las adversidades que se han presentado. El regalo más grande que puede dar un hijo hacia sus padres es la culminación de su carrera y por lo tanto el reflejo de todo el sacrificio de parte de los Padres e indirectamente de mis hermanos Daniela y Paulo. Gracias ya que son los responsables de mis logros y a quienes sencillamente debo todo.

Además en un nuevo renglón de nuestras vidas como familia, quiero nombrar a esa personita mi sobrina que nos ha venido a llenar de felicidad nuestras vidas Camila Pauleth ya que cada uno de los logros profesionales a partir de aquí serán pensando en nuestras futuras generaciones.

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Fotos	x
Lista de Anexos	xi
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN AMAZÓNICA ECUATORIANA	3
B. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	5
C. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES (SAF's)	8
1. <u>Clasificación de sistemas agroforestales</u>	9
a. Sistemas agrosilvícolas	9
b. Sistemas silvopastoriles	10
c. Sistemas agrosilvopastoriles	10
d. Sistemas agroforestales secuenciales	10
e. Los Sistemas agroforestales simultáneos	11
f. Los Sistemas agroforestales complementarios	11
2. <u>Otros servicios ambientales de los Sistemas Agroforestales</u>	11
3. <u>Desventajas de los sistemas agroforestales</u>	12
4. <u>Sistemas silvopastoriles(SSP)</u>	13
a. Tipos de sistemas silvopastoriles	14
(1) Cercas vivas	14
(2) Árboles dispersos en potreros	14
(3) Cortinas rompevientos	15
(4) Banco forrajero	15
(5) Pasturas en callejones	15
5. <u>Interacciones entre componentes de los sistemas silvopastoriles</u>	16
a. Interacción leñosa perenne – animal	16

(1) Regulación del estrés climático	16
(2) Sombra y regulación de la temperatura corporal	16
(3) Las leñosas perennes como recurso alimenticio	17
b. Interacción leñosa perenne – pastura	17
(1) Producción de fitomasa	17
(2) Calidad nutritiva	17
c. Interacción leñosa perenne – suelo	18
(1) Fijación de nitrógeno	18
(2) Materia orgánica y reciclaje de nutrientes	18
(3) Control de la erosión	19
d. Interacciones animal – pastura	19
(1) Pisoteo efectos sobre las pasturas y leñosas	19
(2) Compactación del suelo	20
(3) Deposición de excretas	20
D. DESCRIPCIÓN DE SEIS ESPECIES LEÑOSAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN	20
1. <u>Psidium guajava</u> L. (Guayaba)	20
2. <u>Gliricidia sepium</u> ( <i>Jacq.</i> ) <i>Kunth ex Walp</i> (Yuca ratón)	22
3. <u>Flemingia macrophylla</u> <i>Willd Merrill</i> (Flemingia)	23
4. <u>Trichanthera gigantea</u> (Quiebra barriga)	24
5. <u>Leucaena leucocephala</u> <i>Lam de Wit</i> (Acacia Forrajera)	25
6. <u>Erythrina</u> sp (Porotillo)	26
E. DESCRIPCIÓN DE DOS ESPECIES DE PASTURAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.	27
1. <u>Brachiaria híbrido</u> <i>Miles</i> (Pasto mulato)	27
2. <u>Brachiaria decumbens</u> <i>Stapf</i> (Pasto Dallis)	29
F. INDICADORES Y DESCRIPTORES DE SOSTENIBILIDAD	30
1. <u>Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad</u>	30
2. <u>Utilización de Descriptores e indicadores de sostenibilidad</u>	30
a. Descriptores	30
b. Indicadores	31
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	33

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	33
1. <u>Ubicación geográfica</u>	34
2. <u>Características edafoclimáticas</u>	34
a. Edáficas	34
b. Condiciones climáticas	35
c. Clasificación ecológica	35
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	35
C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	36
1. <u>Materiales</u>	36
2. <u>Equipos</u>	36
3. <u>Instalaciones</u>	36
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
1. <u>Tratamientos</u>	37
2. <u>Diseño experimental</u>	38
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	39
1. <u>En el suelo</u>	39
2. <u>En las especies forrajeras herbáceas</u>	39
3. <u>En las especies leñosas forrajeras</u>	39
4. <u>En la especie de árbol frutal (Guayaba)</u>	39
5. <u>En la especie Animal</u>	39
6. <u>En los beneficios no tangibles</u>	40
7. <u>Para el análisis económico</u>	40
F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	40
1. <u>Análisis Estadístico</u>	40
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	41
1. <u>Manejo específico del experimento</u>	41
H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	42
1. <u>Para la evaluación del efecto de siete sistemas silvopastoriles establecidos en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se utilizaron las siguientes variables</u>	42
a. Compactación del suelo	42
b. Densidad aparente del suelo	42

c. Fertilidad	43
d. Tasa de absorción de nutrientes	43
e. Número y biomasa de lombrices	44
f. Humedad del suelo	44
2. <u>Para la evaluación del desempeño de los componentes: herbáceo, leñoso forrajero - frutal (guayaba) y animal de los sistemas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables.</u>	44
a. Altura de las pasturas	45
b. Cobertura de la pastura	45
c. Relación Hojas-tallo herbácea	45
d. Biomasa de la pastura	46
e. Valor nutritivo de la pastura	46
f. Biomasa de la leñosa forrajera	47
g. Valor nutritivo de la leñosa forrajera	47
h. Biomasa de hojarasca frutal (Guayaba)	48
i. Crecimiento de los árboles (Guayaba)	48
j. Producción de fruta	48
k. Biomasa del componente leñoso	48
(1) Ramas gruesas	48
(2) Ramas delgadas	49
l. Producción del componente animal	50
3. <u>Para determinar el potencial de los sistemas silvopastoriles para proporcionar beneficios no tangibles como regulación de microclima, radiación fotosintéticamente activa aprovechada por los componentes, captura de carbono, se utilizaron las siguientes variables</u>	50
a. Temperatura ambiental	50
b. Radiación fotosintéticamente activa (RAFA)	51
c. Carbono en el componente leñoso	51
d. Carbono en hojarasca	52
e. Carbono en el suelo	52
f. Carbono total	53

4. <u>Para realizar el análisis económico de las alternativas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables.</u>	54
a. Uso de mano de obra	54
b. Insumos internos y externos	54
c. Valor de la producción	54
d. Ingresos Netos	54
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	55
A. SUELO	55
1. <u>Compactación</u>	55
2. <u>Densidad aparente</u>	57
3. <u>Fertilidad</u>	58
a. Nitrógeno total	58
b. Fosforo asimilable	62
c. Potasio	63
d. Materia orgánica	64
e. Relación carbono – nitrógeno (C/N)	65
4. <u>Tasa de absorción de nutrientes del suelo</u>	67
a. Nitrógeno absorbido	68
b. Fósforo absorbido	69
c. Potasio absorbido	70
d. Calcio absorbido	71
e. Azufre absorbido	72
5. <u>Número y biomasa de lombrices</u>	73
a. Número de lombrices	73
b. Biomasa de lombrices	75
6. <u>Humedad volumétrica</u>	76
B. PRODUCCIÓN PRIMARIA	79
1. <u>Altura de las pasturas</u>	79
2. <u>Cobertura de la pastura</u>	82
3. <u>Relación Hojas-tallo herbácea</u>	85
4. <u>Biomasa de la pastura</u>	87
5. <u>Valor nutritivo de la pastura</u>	90
6. <u>Biomasa de la leñosa forrajera</u>	95

7.	<u>Valor nutritivo de la leñosa forrajera</u>	97
8.	<u>Crecimiento de los árboles (Guayaba)</u>	102
9.	<u>Producción de fruta</u>	106
10.	<u>Biomasa aérea del componente leñoso</u>	108
11.	<u>Biomasa de hojarasca frutal (Guayaba)</u>	109
12.	<u>Producción del componente animal</u>	110
C.	<b>BENEFICIOS AMBIENTALES</b>	112
1.	<u>Temperatura ambiental</u>	112
2.	<u>Radiación fotosintéticamente activa (RAFA)</u>	115
3.	<u>Carbono en el componente leñoso</u>	118
4.	<u>Carbono en hojarasca</u>	120
5.	<u>Carbono en el suelo</u>	121
6.	<u>Carbono total por sistema de uso</u>	122
D.	<b>EFICIENCIA ECONÓMICA</b>	123
1.	<u>Uso de mano de obra</u>	123
2.	<u>Insumos internos y externos</u>	125
3.	<u>Valor de la producción</u>	127
4.	<u>Ingresos Netos</u>	129
V.	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	131
VI.	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	133
VII.	<b><u>LITERATURA CITADA</u></b>	134
	<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

En la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP ubicada en el cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, se evaluó sistemas silvopastoriles (SSP) como alternativa para la sostenibilidad de los recursos naturales, con el propósito de construir alternativas sostenibles orientadas a la solución de las necesidades productivas de los ganaderos promoviendo la intensificación y recuperación de pasturas degradadas, contribuyendo a reducir el impacto ambiental de la actividad ganadera en la Amazonía ecuatoriana. Los tratamientos a evaluarse fueron siete SSP que estaban conformados con un árbol frutal *Psidium Guajava* (Guayaba) en asociación con gramíneas *Brachiaria hibrido* (Mulato II) y *B. decumbens* (Dallis) como tratamientos testigos T7 y T6 respectivamente sin presencia de leñosas arbustivas, en comparación a los tratamientos con presencia de leñosas arbustivas como *Gliricidia sepium* (T1), *Trichantera gigantea* (T2), *Flemingia macrophylla* (T3), *Leucaena leucocephalla* (T4), *Eritrina sp* (T5), todos estos últimos en asociación con el árbol guayaba y la herbácea mulato II, con tres repeticiones por tratamiento, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar. Transcurrido el primer año de establecimiento de estas alternativas silvopastoriles no muestran efectos contundentes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, además en el ámbito ambiental no presentaron diferencias sustanciales en la temperatura ambiental y en el secuestro de carbono, mientras que económicamente, existieron mayores ingresos netos por año en los SSP T7 (4807,66 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), T4 (4795,87 USDha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), T3 (4642,82 USDha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y T5 (4608,26 USDha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), T1 (4334,72 USDha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y T2 (4224,48 USDha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) especialmente por presentar mayores valores de producción forrajera, en comparación al SSP T6 (3390,59 USD) que presenta el valor más bajo de ingresos netos debido a su baja producción de forraje. Concluyendo que en los seis SSP que contaron con el mulato II como componente herbáceo presentaron mejores atributos en cuanto a rendimiento de forraje de la pastura, la capacidad de adaptación y la persistencia a la frecuencia de pastoreo en relación al SSP T6 que tuvo como componente herbáceo a la pastura Dallis que presento la más baja producción de forraje en la investigación.

## ABSTRACT

At the Experimental Central of the Amazon region of INIAP located in the village la Joya de los Sachas, Orellana province, it has been carried out a study in order to evaluate the silvopastoral systems (SSP) like an alternative to the natural resources sustainability to develop sustainable alternatives aimed to solve the productive necessities of the livestock farms by foresting intensification and recovery of degraded pastures and contributing to decrease the environmental impact resulting from the livestock activity in the Ecuadorian Amazon region. The treatments to be evaluated, were seven SSP, which were formed by a fruit tree *Psidium guajava* (Guayaba) associated with gramineous plants *Brachiaria hibrido* (Mulato II) y *B. decumbens* (Dallis) as control treatments T7 and T6 respectively without the presence of woody shrubs in comparison with the treatments whose components are woody shrubs like *Gliricidia sepium* (T1), *Trichantera gigantea* (T2), *Flemingia macrophylla* (T3), *Leucaena leucocephalla* (T4), *Eritrina* sp (T5), these last treatments were associated with guayaba fruit tree and the herbaceous plant mulato II, with three trials per treatments under a completely randomized block design. After the first year of the establishment of these silvopastoral alternatives they do not show strong effects on the physical, chemical and biological soil characteristics furthermore, in the environmental scope they did not show significant differences in the environmental temperature and neither they did in the sequestrum of carbon, while economically, there were big net incomes per year in the SSP T7 (4807,66 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>), T4 (4795,87 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>), T3 (4642,82 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>), T5 (4608,26 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>), T1 (4334,72 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>) y T2 (4224,48 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>) specially for revealing high amounts of forage production in contrast to SSP T6 (3390,59 USD ha<sup>-1</sup> per year<sup>-1</sup>) which represents the lowest value of net incomes. It is concluded with the fact that the six SSP whose herbaceous component was the mulato II, presented better attributes according to forage yield of the pasture, the adaptive capability and the resilience to grazing frequency related to SSP T6 which had as a herbaceous component the Dallis pasture whose forage production was the lowest according this research.

## LISTA DE CUADROS

No.		Pág.
1.	DISTRIBUCIÓN DEL APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO DEL SUELO EN LA RAE, POR CATEGORÍA DE USO, DE ACUERDO A DOS FUENTES DISPONIBLES.	7
2.	INDICADORES Y DESCRIPTORES PARAS EL ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGRICOLAS.	31
3.	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA E.E.C.A.	34
4.	CARACTERISTICAS EDÁFICAS DE LA E.E.C.A.	34
5.	CONDICIONES CLIMÁTICAS.	35
6.	TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO.	37
7.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	38
8.	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA.	41
9.	COMPORTAMIENTO DE LA COMPACTACIÓN Y DENSIDAD DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.	56
10.	EVALUACION DE NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE Y POTASIO DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.	59
11.	CALIDAD EDÁFICA DE LOS SUELOS CON RESPECTO A SU RELACIÓN (C/N).	65
12.	EVALUACION DE MATERIA ORGANICA, RELACIÓN CARBONO/NITROGENO Y TASA DE ABSORCIÓN DE LOS NUTRIENTES DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.	66

13. EVALUACIÓN DE NÚMERO Y BIOMASA DE LOMBRICES POR METRO CUADRADO DE SUELO, EXPLORANDO A 0,20 M DE PROFUNDIDAD, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 74
14. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD VOLUMÉTRICA MENSUAL DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 78
15. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS PASTURAS, PRODUCCIÓN EN LEÑOSAS FORRAJERAS Y GANANCIAS DE PESO DEL COMPONENTE ANIMAL, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 80
16. EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE LAS PASTURAS, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 91
17. EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DE LAS LEÑOSAS FORRAJERAS, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 96
18. PRODUCCIÓN DE GUAYABA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) EN ÁRBOLES DE 2,16 AÑOS, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA. 106
19. EVALUACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA. 113
20. MANO DE OBRA (JORNAL  $\text{HA}^{-1}\text{AÑO}^{-1}$ ), EMPLEADA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA. 124

21.	CANTIDAD DE INSUMOS EXTERNOS E INTERNOS, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.	126
22.	VALOR DE LA PRODUCCIÓN, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.	128
23.	INGRESOS NETOS ANUALES, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.	129

## LISTA DE GRÁFICOS

No.	Pág.
1.	Contenido de nitrógeno total (%), a la profundidad de (21 a 40 cm), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 60
2.	Nitrógeno absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 68
3.	Fósforo absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 69
4.	Potasio absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 70
5.	Calcio absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 72
6.	Azufre absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 72
7.	Porcentaje de humedad volumétrica del suelo de 0 a 20 cm de profundidad, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 77
8.	Altura de la pastura (cm) a las dos edades de evaluación en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 81
9.	Cobertura de la pastura (%), a las dos edades de evaluación en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 83
10.	Relación hojas/tallo en especies de <i>Brachiarias</i> utilizadas como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 86
11.	Rendimiento acumulado de materia seca de pastos ( $\text{t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ), por pastoreo, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 88
12.	Contenido de materia seca de las pasturas (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 92
13.	Rendimiento de materia seca de las leñosas forrajeras ( $\text{t ha}^{-1}$ ), por pastoreo, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 96
14.	Contenido de materia seca de las leñosas forrajeras (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 99
15.	Contenido de proteína cruda de las leñosas forrajeras (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana. 100
16.	Contenido de fibra cruda de las leñosas forrajeras (%), en sistemas

	silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	101
17	Curva de crecimiento altura del componente leñoso (frutal guayaba) en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana	103
18	Curva de crecimiento de diámetro de copa del componente leñoso (frutal guayaba) en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	103
19	Curva de crecimiento de diámetro de fuste del componente leñoso (frutal guayaba) en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	104
20	Biomasa aérea ( $t\ ha^{-1}$ ) del componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	108
21	Biomasa hojarasca caída por el periodo de estudio ( $kg\ ha^{-1}$ ) en el componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	109
22	Ganancia diaria de peso ( $kg\ día$ ), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	111
23	Variación de la temperatura ambiental ( $^{\circ}C$ ), en sistemas silvopastoriles y estación meteorológica. San Carlos, Orellana.	114
24	Variación de RAFA según el componente leñoso ( $\mu mol/m^2/s^{-1}$ ), en la época de mayor precipitación (mayo), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	116
25	Variación de RAFA según el componente leñoso ( $\mu mol/m^2/s^{-1}$ ), en la época de menor precipitación (septiembre), en sistemas silvopastoriles, San Carlos, Orellana.	117
26	Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en el componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	119
27	Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojarasca del leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	120
28	Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ), por todos los componentes, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	122

**LISTA DE FIGURAS**

No.		Pág.
1.	Clasificación de sistemas agroforestales en función de los componentes que los conforman.	10
2.	Ubicación de la E.E.C.A. y del sistema silvopastoril, lugar donde se ejecutó la investigación de tesis.	33
3.	Esquema de los componentes almacenadores de carbono.	53

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

No.		Pág.
1.	Como un SAF mejora el suelo agrícola.	12
2.	Interacción de los componentes de los sistemas silvopastoriles.	14
3.	Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> L.).	21
4.	Yuca ratón ( <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp).	22
5.	Flemingia ( <i>Flemingia macrophylla</i> Willd Merrill).	23
6.	Quiebra barriga ( <i>Trichanthera gigantea</i> ).	24
7.	Acacia Forrajera ( <i>Leucaena leucocephala</i> Lam de Wit).	25
8.	Porotillo ( <i>Erythrina</i> sp).	26
9.	Pasto mulato ( <i>Brachiaria híbrido</i> Miles).	28
10.	Pasto Dallis ( <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf).	29
11.	Evaluación de producción de guayabas en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	107
12.	Trampas de hojarasca en las frutales guayabas en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	110
13.	Medición de la temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	115
14.	Medición de la radiación fotosintéticamente activa en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.	118

## LISTA DE ANEXOS

- No.
1. Distribución territorial de la R.A.E., por categoría de uso potencial del suelo.
  2. Distribución territorial de la R.A.E., por categoría de uso actual del suelo.
  3. Conflictos de uso del suelo en la R.A.E., (uso potencial menos uso actual, por categoría).
  4. Croquis del ensayo de siete alternativas silvopastoriles.
  5. Diseño de bloques completos al azar (bca) con siete tratamientos y tres repeticiones y codificación de las unidades experimentales del sistema silvopastoril.
  6. Diseño de los transectos para el muestreo de compactación, fertilidad y humedad del suelo y además área de muestreo altura, cobertura, relación hojas-tallo, biomasa de la pastura en la unidad experimental.
  7. Sitios de muestreo para las variables de densidad aparente, número y biomasa de lombrices.
  8. Área de muestreo en la determinación de biomasa de la leguminosa arbustiva y temperatura ambiental.
  9. Curva de precipitación anual San Carlos, Orellana.
  10. Textura del suelo en sistemas silvopastoriles San Carlos, Orellana.
  11. Análisis de la varianza para las variables de características físicas, químicas y biológicas del suelo de siete sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.
  12. Análisis de la varianza para variables de evaluación del desempeño de los componentes: herbáceo, leñoso forrajero y animal de los sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.
  13. Análisis de la varianza para variables de evaluación de los beneficios no tangibles, en sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Las pasturas constituyen la principal forma de uso de la tierra en la Amazonía ecuatoriana, cuya expansión con base en la utilización de prácticas no sostenibles, son a menudo consideradas entre los factores más importantes de deforestación y cambios climáticos globales. Wood, Ch. y Porro, R. (2002); Grijalva, J. et al. (2004). Desde otra perspectiva, se debe reconocer que esta actividad pionera ha acompañado al proceso de ocupación y transformación del espacio amazónico, generando empleo y dinamizando la región.

Según el panel intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) <http://www.cultivar.inf.br>. (2008), en las emisiones de gases de efecto invernadero el sector agropecuario es responsable del 13,5% del total emitido, pero en apariencia la metodología utilizada por el Panel para estimar ese valor, resulta imprecisa en razón de que no considera el efecto de secuestro de carbono por el crecimiento de las pasturas, que pueden absorber cerca del 60% del carbón emitido por el ganado.

Tal como se ha sugerido en trabajos previos Grijalva, J. et al. (2002) la intensificación de pasturas y la recuperación de pasturas degradadas son las mejores estrategias para aumentar la unidad animal por hectárea, y por lo tanto, reduciría el impacto ambiental. Pero, con el mejoramiento de las pasturas, la ganadería bovina puede continuar creciendo sin comprometer el aspecto ambiental?. De hecho la respuesta es sí, en la región amazónica ecuatoriana es posible liberar alrededor de un 25% del total de pasturas para dedicarlas a la producción agrícola en caso de que las pasturas sean mejor manejadas (Grijalva, J. et al. 2004).

De igual manera, las acciones de mejoramiento genético, así como el desarrollo de razas con mejor conversión alimenticia pueden jugar el mismo rol, pues cuanto más peso gana un animal con menor ingestión de alimento, más eficiente es la producción desde el punto de vista de emisiones de metano al ambiente (Grijalva, J. et al. 2004).

Pero, los mejores avances en la reducción del impacto ambiental dependen de las mejoras en la alimentación y de la eficiencia del manejo del rebaño Grijalva, J. et al. (2004) y Grijalva, J. et al. (2002). Por lo manifestado, es muy necesaria la recuperación de pasturas y la intensificación de las mismas, en la agricultura familiar o agricultura campesina, como se conoce en países andinos, la expansión de la producción lechera mencionada por diversos autores Pocard, R. et al.(2001); E.E. Napo(1996) y (1997), no debe ser considerada únicamente como una alternativa al ganado de carne; es realmente el inicio de una oportunidad de desarrollo sostenible, integrando diversas tecnologías algunas ya generadas y otras por construir.

Por esas razones, el INIAP emprendió un programa de generación de tecnologías agroforestales Vera, A. (1999); E.E. Napo. (1997) y E.E. Napo. (2003) con énfasis en el desarrollo de técnicas silvopastoriles incorporando algunas especies de leñosas arbustivas como *Gliricidia sepium* Jacq (Mata ratón), *Eritrina sp* (Porotillo), *Leucaena leucocephala* Lam De Wit (Leucaena), *Flemingia macrophylla* Wild (Flemingia), etc., en asociación con gramíneas *Brachiaria híbrido* Miles (Mulato II), *B. decumbens* Stapf (Dallis) y un árbol de uso múltiple como: *Psidium Guajava* L. (Guayaba); con el propósito de construir verdaderas alternativas sostenibles orientadas a la solución de necesidades productivas de los ganaderos promoviendo la intensificación y recuperación de pasturas degradadas, contribuyendo a reducir el impacto ambiental de la actividad ganadera en la Amazonía ecuatoriana. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- a. Evaluar el comportamiento agronómico de los sistemas silvopastoriles (SSPgl, SSPqb, SSPfm, SSPll y SSPpo), en la Estación Experimental Central de la Amazonía.
- b. Determinar el efecto de las alternativas silvopastoriles en estudio sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- c. Realizar análisis económico de presupuesto parcial de las alternativas silvopastoriles en estudio.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIONA AMAZONICA ECUATORIANA**

La Región Amazónica Ecuatoriana (R.A.E.) se encuentra ubicada geográficamente en el cinturón de fuego del globo terrestre y proporcionalmente comprende el 2% de la cuenca del río Amazonas. Su extensión territorial es de 116.441 Km<sup>2</sup> y representa la región natural más grande del Ecuador, con aproximadamente el 45% del territorio nacional. Geopolíticamente está formada por 6 provincias, las que de norte a sur son: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, (MAGAP, 2007 citado por Nieto, C. y Caicedo, C. 2012).

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), menciona que la aptitud productiva de la R.A.E. para actividades agrícolas es muy limitada (apenas 17,5% de su territorio), de las cuales la mayor parte corresponde a aptitud para pastos, cuya actividad productiva podría ser la cría de ganado. La aptitud sobresaliente de uso es el bosque, lo cual, en términos de actividades producidas contrasta totalmente con las actividades agropecuarias.

Los mismos autores aseveran que de esto, es fácil ensayar una primera pregunta de carácter reflexivo: ¿Cuáles serían las actividades productivas compatibles con esta aptitud de uso del suelo de la R.A.E.? Obviamente las respuestas, no estarían por el lado de las actividades agrícolas, más bien aquellas relacionadas con el tema forestal, y en el mejor de los casos, podrían ser actividades agroforestales, agro-silvo-pastoriles, plantaciones forestales biodiversas. En la anexo 1, se presenta la distribución de las categorías de uso potencial del suelo en la R.A.E.

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), señalan además que con relación al mapa de uso actual de esta región, se mantienen ligeros desvíos dentro de los usos potenciales; siendo evidente ciertas incompatibilidades entre los usos actuales y

la aptitud de uso de los suelos como se muestra en la distribución territorial de la R.A.E., por categoría (anexo 2.). La incompatibilidad entre la superficie bajo la categoría de áreas intervenidas para producción agrícola, que ha sobrepasado el área potencial con aptitud para cultivos agrícolas sin limitaciones y hasta el área apta para cultivos agrícolas con limitaciones; ha generado un claro conflicto de uso del suelo.

Según estos datos de suelo, la categoría “Tierras intervenidas y en producción agrícola”, estaría invadiendo otras categorías de uso, en unas 879.335 hectáreas, si se compara con el uso potencial para cultivos sin limitaciones, y en unas 167.738 hectáreas, si se compara con el uso potencial para cultivos con limitaciones datos que se encuentran ilustrados en el anexo 3, conflictos de uso del suelo en la R.A.E. (Nieto, C. y Caicedo, C. 2012).

Grijalva, J. (2009), manifiesta que como es conocido, los conflictos o incompatibilidades entre el uso actual del suelo y su aptitud natural de uso, a menudo dan como consecuencia serias dificultades para los involucrados directos en las actividades productivas, siendo las más visibles las siguientes:

- Baja productividad y rentabilidad de las actividades productivas.
- Incremento de los costos de producción por la necesidad de uso de insumos para compensar la baja capacidad productiva natural de los suelos.
- Inversiones elevadas en enmiendas o mejoras en suelos no aptos para la producción agropecuaria.
- Incremento de los riesgos de clima y desastres naturales, por la incompatibilidad del uso del suelo para actividades productivas y dificultad de mantener la sustentabilidad en el uso y gestión de los recursos naturales disponibles dentro de la unidad productiva.

Grijalva, J. (2009), señala que además, de los problemas y dificultades que enfrenta el agricultor o ganadero, por la intervención en un suelo con un uso incompatible con su aptitud natural, no hay que dejar de mencionar el daño colateral que se causa, en términos de efectos ambientales negativos, como son:

- Pérdida de biodiversidad nativa y hasta endémica.
- Erosión y compactación del suelo.
- Contaminación de aguas, disminución de caudales y Pérdida de manantiales.

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), afirman que, uno de los indicadores más importantes para determinar el potencial productivo agropecuario de una región es las características del suelo. Si el suelo tiene características y aptitudes para la producción agropecuaria, entonces cualquier esfuerzo para generar opciones tecnológicas y recomendaciones de manejo de sistemas productivos agropecuarios, redundará directamente en la mejora de los rendimientos y en la mejora de la productividad de los sistemas productivos.

Los mismo autores afirman que la mayor parte de la R.A.E., pertenece al orden Inceptisoles que tiene el carácter de poco asequibles para cultivos, sin horizontes definidos y con abundancia de minerales, esas características de fragilidad y limitaciones de los suelos de la región, para uso agropecuario, junto con los regímenes de humedad son, quizá, los indicadores más importantes para definir sistemas de producción agropecuaria en la Amazonía.

Al respecto, cobra mucha lógica la propuesta de sistemas con especies nativas y arreglos espaciales análogos a los ecosistemas típicos de la zona. Sobresaliendo los sistemas agroforestales y los sistemas silvopastoriles (Grijalva, J. 2009).

## **B. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA**

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), manifiesta que los sistemas de producción ganadera en la R.A.E., tienen igual o mayor importancia que los sistemas de producción agrícola, considerando además, que un alto porcentaje de productores son productores mixtos (agricultores y ganaderos al mismo tiempo). Un análisis de las principales especies pecuarias distribuidas en la Amazonia, resalta varios detalles que la caracterizan, así:

- De la población ganadera, sobresale la población bovina, con 77,4%, seguida por la ganadería porcina, que representa el 11%; la ganadería equina (caballos, asnos y mulas), con 10,3%; mientras que los ovinos representan el 1% y los caprinos el 0,3% restante.
- Es evidente la importancia superior de la ganadería bovina en la región, seguida por la ganadería porcina. De hecho, sumadas las poblaciones de las dos especies, asciende al 88,4% del total de la población ganadera de la región.
- En cuanto a la distribución de la población ganadera bovina por provincias, claramente las provincias del sur de la R.A.E., Zamora Chinchipe y Morona Santiago, son las que mayor número de animales y UPAS dedicadas a la ganadería presentan.
- Lo mismo sucede en el caso de la ganadería porcina, aunque en este caso, también sobresale la provincia de Sucumbíos.

Las pasturas, en términos de área ocupada, constituye la principal forma de uso de la tierra, partiendo desde el ecosistema original de bosque; es decir, la actividad ganadera bovina es una de las principales causas de deforestación de la región (Grijalva, J. et al., 2004; Nieto, C. et al., 2005).

Por lo tanto, se puede afirmar que la actividad pecuaria en la R.A.E, ha acompañado al proceso de colonización y transformación del espacio amazónico, ya que sin lugar a dudas es una actividad que significa ingresos seguros para los productores y además genera ocupación de la mano de obra, dinamizando de esta forma la economía de la región (Nieto, C. et al., 2005).

De la superficie de la R.A.E., aproximadamente el 73% (según INEC, MAG y SICA, 2001), y el 84% (según ESPAC, 2009), se dedica a pastizales, como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. DISTRIBUCIÓN DEL APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO DEL SUELO EN LA RAE, POR CATEGORÍA DE USO, DE ACUERDO A DOS FUENTES DISPONIBLES.

Categoría de uso	ESPAC, 2009 (ha)	INEC, MAG, SICA 2001 (ha)
Cultivos Permanentes	101.916	138.618
Cultivos Transitorios y Barbecho	36.502	57.340
Descanso	11.285	78.425
Pastos Cultivados	813.132	767.576
Pastos Naturales	108.848	24.695
Otros Usos	15.348	17.035
Total (hectáreas)	1.087.031	1.083.689

Fuente: Nieto, C. et al. (2005).

Sin embargo, en el caso de la ganadería bovina, los niveles de producción y productividad son bajos. Los promedios de leche apenas alcanzan a 3.5 litros/vaca/día y la producción de carne acusa incrementos de apenas 0,25 kg/día, (INIAP- ECORAE y GTZ., 1998 citados por INIAP-E.E.C.A. 2010) y, según las estadísticas del ESPAC 2009, el promedio por vaca ordeñada en la R.A.E., es de 4,5 litros/vaca/día.

Escobar, W. (2003), asevera que la baja productividad de la ganadería bovina en la R.A.E., se explica entre otras, por las siguientes causas: baja fertilidad de los suelos y en procesos de degradación, que da como consecuencia una baja productividad de biomasa de pasturas; las especies y variedades de pastos utilizados son susceptibles al ataque de plagas; poca o nula utilización de leguminosas (arbustivas o rastreras), que mejoren la fertilidad del suelo y disminuyan su erosión; Presencia agresiva de malezas, que ocasiona un alto uso de mano de obra para combatirlas; uso de pie de cría (razas o cruces de ganado), de bajo potencial productivo y; prácticas deficientes de manejo reproductivo y sanitario del ganado.

### C. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES (SAF's)

Los sistemas agroforestales son formas de uso de la tierra donde interactúan, ecológica y económicamente y de manera secuencial o temporal, asociaciones diversas de árboles, arbustos, cultivos agrícolas, pastos y animales, esta combinación puede ser simultánea o secuencial en el tiempo y en el espacio, teniendo como meta optimizar la producción por unidad de superficie respetando el principio de rendimiento sostenido, tratando de maximizar las relaciones sinérgicas y de minimizar las relaciones antagónicas entre los componentes, para optimizar la producción agropecuaria, convirtiéndose en parte fundamental del proceso integral de la conservación y mejoramiento del suelo. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1305e/A1305e.pdf>. 2010; [http://www.portalagrario.gob.pe/mn\\_f\\_agro.shtml](http://www.portalagrario.gob.pe/mn_f_agro.shtml). 2010; Nieto, C. 2007).

Según [http://www.portalagrario.gob.pe/mn\\_f\\_agro.shtml](http://www.portalagrario.gob.pe/mn_f_agro.shtml). (2010), para determinar las especies forestales que puedan asociarse a los cultivos, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Deben preferirse las leguminosas con sistema radicular pivotante.
- No deberán ser hospedero de plagas y enfermedades.
- Tronco recto y copa poco frondosa, resistente a los vientos.
- Deberán ser útiles para obtener forraje, semillas y madera, entre otros.

Según <http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. (2010), los objetivos de la agroforestería son:

- Diversificar la producción.
- Mejorar la agricultura migratoria.
- Aumentar los niveles de materia orgánica del suelo.
- Fijar el nitrógeno atmosférico.
- Reciclar los nutrientes.
- Modificar el microclima.

- Optimizar la productividad del sistema respetando el concepto de producción sostenible.

Según <http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. (2010), la agroforestería está basada principalmente en el manejo de árboles de uso múltiple, ya que estos pueden aportar y contribuir significativamente en los sistemas donde ellos están inmersos. Para alcanzar sus efectos benéficos; la agroforestería debe reunir tres atributos:

- Productividad (producir los bienes requeridos por el productor).
- Sostenibilidad (capacidad del sistema a permanecer productivo indefinidamente).
- Adaptabilidad (aceptación del sistema de acuerdo a las limitantes y características propias de cada productor).

Según <http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. (2010), los sistemas agroforestales son sistemas complejos y diversos, por lo cual existe la necesidad de clasificarlos con el fin de poder estudiarlos ya sea en su parte de caracterización, evaluación y mejoramiento.

## **1. Clasificación de sistemas agroforestales**

<http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. (2010), expresa que los tres principales componentes agroforestales, plantas leñosas perennes (árboles), cultivos agrícolas y animales (pastizales), definen la siguiente clasificación, las cuales se basan en la naturaleza y la presencia de estos componentes:

- a. Sistemas agrosilvícolas:** consisten en alternar árboles y cultivos de temporadas (anuales o perennes).
- b. Sistemas silvopastoriles:** consisten en alternar árboles y pastizales para sostener la producción animal.

**c. Sistemas agrosilvopastoriles:** Consisten en alternar árboles, cultivos de temporada y pastizales para sostener la producción animal.

En la figura 1, se puede observar la clasificación de los sistemas agroforestales, (<http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. 2010).



Figura 1. Clasificación de sistemas agroforestales en función de los componentes que los conforman.

De acuerdo a Nieto, C., et al. (2005), los sistemas agroforestales son muy diversos y la literatura está llena de información sobre la diversidad de estos por lo que se podría decir que el límite para proponer un arreglo agroforestal está en la mente del agricultor. Sin embargo, las tres principales categorías de sistemas agroforestales que han sido estudiadas, validadas y promocionadas en el mundo son las siguientes:

**d. Sistemas agroforestales secuenciales:** son aquellos relacionados cronológicamente entre las cosechas de cultivos anuales y la producción de componente arbóreo.

**e. Los Sistemas agroforestales simultáneos:** que consiste en la plantación simultánea en la misma parcela especies perennes y especies anuales

(cultivos y forrajes), e incluye en la combinación con la cría y producción de animales la combinación simultánea también puede ser entre especies perennes (arboles con arbustos, arboles maderables con frutales perennes o arboles con cultivo permanente).

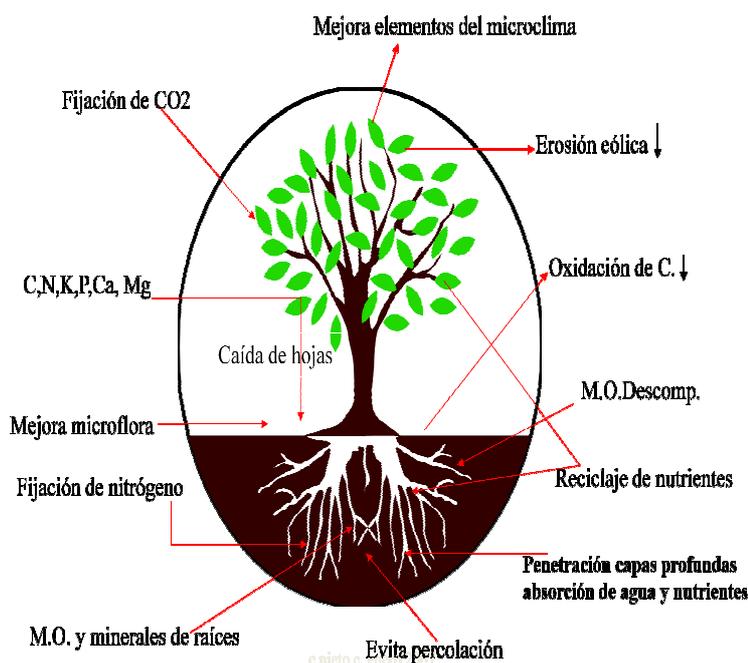
**f. Los Sistemas agroforestales complementarios:** que consiste en plantaciones de especies arbóreas en hileras de protección (cercas vivas), barreras rompe vientos, cordones de protección de canales de agua, cinturones buffer para mitigar el efecto de contaminación de arroyos, quebradas, lagos u otras fuentes de agua, o cualquier otro sistema que permita el uso combinado de especies arbóreas, arbustivas, cultivos, o pastos, en la misma parcela.

## **2. Otros servicios ambientales de los Sistemas Agroforestales**

Según Nieto, C. (2007), manifiesta que:

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante su fijación, y almacenamiento. Servicio global.
- Conservación de la biodiversidad, sobre el cual se fundamenta la sobrevivencia de las especies. Servicio global.
- Protección de fuentes hídricas, en términos de cantidad, calidad del agua. Servicio regional, nacional o local.
- Protección de ecosistemas y cuencas hidrográficas. Servicio nacional o regional.
- Protección o mejoramiento de la belleza escénica, como una combinación de lo biótico y lo abiótico. Servicio local.
- Mantenimiento de áreas estratégicas pero frágiles, que regulan ciclos naturales o mitigan impactos de desastres. (humedales, manglares, arrecifes, páramos). Servicio regional o nacional.

En la fotografía 1, se puede observar la actuación de los sistemas agroforestales, Nieto, C. (2007).



Fotografía 1. Como un SAF mejora el suelo agrícola.

### 3. Desventajas de los sistemas agroforestales

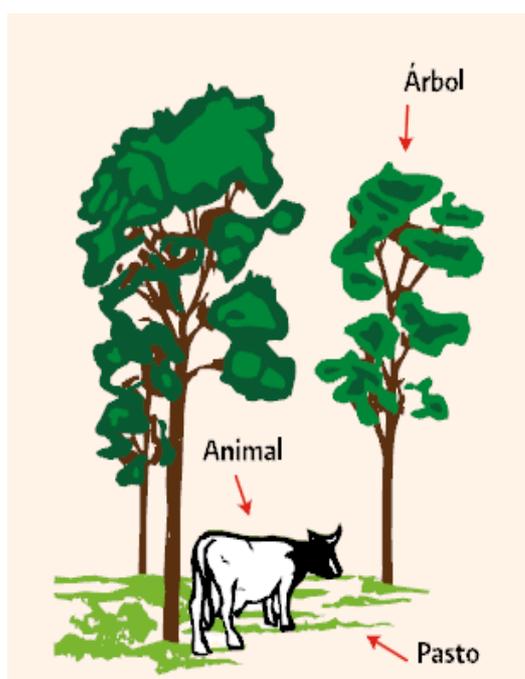
Según Nieto, C. (2007), existen algunas desventajas:

- Puede disminuir la producción de los cultivos principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia), y/o especies incompatibles.
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.
- Las especies leñosas compiten con los cultivos y pastos, por espacio, por luz solar, por agua y nutrimentos del suelo.

#### 4. Sistemas silvopastoriles(SSP)

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), manifiestan que “un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral.” De la misma manera estos Sistemas Silvo-Pastoriles (SSP) que combinan las pasturas con plantas leñosas (árboles, arbustos) son una alternativa para ayudar a solucionar los problemas ecológicos y de producción causados por la ganadería extensiva. ([http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo transferencia/ sistemas-agroforestales/140?task=view](http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo%20transferencia/sistemas-agroforestales/140?task=view). 2010).

Por otra parte Grisi, R. et al. (2010), Expresa que la actividad silvopastoril se enfoca a optimizar la producción pecuaria, las oportunidades para la finca, a mejorar la calidad del alimento y a la vez, generar un ingreso adicional por la venta de la madera a través de la plantación de especies que permitan rehabilitar suelos degradados, que sean de rápido crecimiento y que aseguren a los ganaderos competir, ventajosamente, en su mercado, como nos muestra la fotografía 2.



Fotografía 2. Interacción de los componentes de los sistemas silvopastoriles.

## **a. Tipos de sistemas silvopastoriles**

Pezo D., Ibrahim M. (2002), expresan que las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diferentes tipos de sistemas silvopastoriles muchos de ellos forman parte de la “cultura productiva” de los países tropicales. En algunos casos se evidencia un diseño claramente orientado a obtener un beneficio económico social o ecológico de las interacciones entre el componente leñosos con las pasturas y animales, mientras que en otros la presencia del componente leñoso puede ser el resultado de procesos de retrogresión en la sucesión natural hacia una vegetación climax de bosque (Pezo D., Ibrahim M. 2002). Así los entre las prácticas de sistemas silvopastoriles que se pueden encontrar en fincas ganaderas se pueden citar:

### **(1). Cercas vivas**

<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo-transferencia/sistemas-agroforestales/140?task=view>. (2010), mencionan que las cercas o cercos vivos son una práctica agroforestal tradicional. Consiste en sembrar líneas de árboles y/o arbustos como soportes para el alambre (de púas o liso), principalmente para marcar los límites entre parcelas y entre diferentes usos de suelo. La cerca viva puede ser de una o dos líneas y estar formada de plantas leñosas vivas solas o en combinación con postes muertos. También puede ser simple con la dominancia de una o dos especies o multiestrato que combina árboles forrajeros con frutales.

### **(2). Árboles dispersos en potreros**

<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo-transferencia/sistemas-agroforestales/140?task=view>. (2010), manifiestan que es una práctica muy extendida entre los ganaderos. Consiste en dejar crecer o sembrar de forma dispersa árboles, arbustos y/o palmas en los potreros. Para esto se escogen plantas leñosas –dependiendo del tipo de suelo y de nuestras

necesidades como productores— pensando en los diversos servicios y productos que proporcionan y en los resultados a un corto, mediano y largo plazo.

### **(3). Cortinas rompevientos**

<http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo-transferencia/sistemas-agroforestales/140?task=view>. (2010), señalan que las cortinas rompevientos son una variante de las llamadas cercas vivas, cuya función es proteger al ganado y a los cultivos frutales de las ráfagas de viento. Estas están compuestas por filas de uno a tres árboles altos intercaladas con hileras de árboles chicos. En las zonas cálidas se siembran árboles altos maderables y árboles de menor tamaño y arbustos, si son intercalados con maderables, deberían ser leguminosos forrajeros para el ganado.

### **(4). Banco forrajero**

Pezo D., Ibrahim, M. (2002), mencionan que estos bancos forrajeros son áreas en las cuales las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas se cultivan en bloque compacto y a alta densidad, con miras a maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva. Para que un sistema de este tipo reciba el follaje de la especie sembrada debe contener más del 15% de proteína cruda. Por otro lado, si el follaje de las forrajeras sembradas en este sistema presenta además niveles altos de energía digerible, se le conoce como “banco energético – proteico”

### **(5). Pasturas en callejones**

Es un sistema agroforestal, en el cual se establecen bandas o hileras de leñosas perennes (preferentemente leguminosas), de rápido crecimiento, con cultivos anuales sembrados en el espacio intermedio (Pezo D., Ibrahim M. 2002). Este sistema se conoce en inglés como “alley cropping”, pero para dar cabida a la opción silvopastoril que incorpora los animales en el uso de los sistemas de cultivo en callejones, se usa un término más genérico que es conocido como “alley farming” (Pezo D., Ibrahim M. 2002).

La distancia entre hileras de la leñosa perenne varía de 2 a 6m, mientras que el distanciamiento entre plantas dentro de una misma hilera puede variar entre 0,05 y 0,5 m (Pezo D., Ibrahim M. 2002). Si en esos sistemas de asocio de leguminosas arbóreas o arbustivas con cultivos anuales, las leñosas son sometidas regularmente a podas parciales para obtener forraje suplementario para unos pocos animales, o son podas ocasionalmente para propósitos forrajeros durante el periodo seco, se trata de un sistema de “alley farming” (Pezo D., Ibrahim M. 2002).

## **5. Interacciones entre componentes de los sistemas silvopastoriles**

### **a. Interacción leñosa perenne – animal**

#### **(1) Regulación del estrés climático**

La presencia de leñosas perennes en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, e indirectamente creando un microclima que favorece el crecimiento y la calidad de las pasturas que los animales consumen (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

#### **(2) Sombra y regulación de la temperatura corporal**

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), afirman que en condiciones tropicales se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles es en promedio 2 a 3 °C por debajo de la observada en áreas abiertas; bajo condiciones específicas de sitio se han detectado diferencias de hasta 9.5 °C.

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), mencionan que la reducción de temperatura causada por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3 °C, es extremadamente importante cuando la temperatura ambiental sobrepasa el límite superior del “área de confort” o “zona de termoneutralidad. Fuera de esos límites fallan los mecanismos de pérdida o emisión de calor que poseen los animales “homeotermos”, resultando en una elevación de la temperatura corporal, lo cual

tiene implicaciones directas sobre el comportamiento animal, su productividad, comportamiento reproductivo y la sobrevivencia de los animales. Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie corporal del animal, aliviando su contribución potencial al incremento en la carga calórica del animal (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

### **(3) Las leñosas perennes como recurso alimenticio**

América Central es un área privilegiada en cuanto a la diversidad biológica de leñosas perennes con potencial forrajero, sin embargo, es hasta hace poco más de una década que en esta región se hace un esfuerzo para el estudio sistemático de la calidad nutritiva, el manejo agronómico y el potencial de incorporación de estos forrajes en la dieta de los animales, como una forma de intensificación de la producción animal basada en forrajes (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

En términos generales, la biomasa comestible de las leñosas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda (P.C.), vitaminas y la mayoría de minerales, excepto el sodio, estos contenidos pueden variar con la época del año, pero la magnitud de los cambios estacionales son bastante menores a los detectados en gramíneas, por lo que las diferencias se hacen más marcadas en el período seco (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

#### **b. Interacción leñosa perenne – pastura**

##### **(1) Producción de fitomasa**

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos, aunque no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución en la incidencia de energía lumínica.

##### **(2) Calidad nutritiva**

El sombreado también afecta la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algún

caso esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas (por ej. engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos). En varios ensayos con gramíneas se han detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales (por ej. azúcares, almidones), a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

### **c. Interacción leñosa perenne – suelo**

#### **(1) Fijación de nitrógeno**

La fijación simbiótica es un mecanismo importante en la economía del nitrógeno en muchos sistemas silvopastoriles, en especial en aquellos que involucran leguminosas (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

Con frecuencia se ha sobrestimado la cantidad de nitrógeno fijada por las leguminosas, sin embargo, el uso de métodos más precisos ha permitido determinar que ésta puede llegar hasta entre 100 y 150 kg de N<sub>2</sub>/ha/año en leguminosas herbáceas, y hasta 300 kg de N<sub>2</sub>/ha/año en leguminosas arbóreas (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

#### **(2) Materia orgánica y reciclaje de nutrimentos**

El reciclaje de nutrimentos en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo/ramoneo (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

#### **(3) Control de la erosión**

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), mencionan que las pasturas de crecimiento rastrero o decumbente, cuando son bien manejadas hacen una buena cobertura del suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica. En sistemas

ganaderos, los problemas de erosión, escorrentía y lavado de nutrientes, regularmente están asociados con praderas degradadas, de pobre cobertura -con amplios espacios de suelo desnudo, poco productivos.

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), manifiestan que al igual que las pasturas, las leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión, donde los árboles están dispersos en las áreas de pastoreo, pueden hacer una contribución más efectiva en aminorar los problemas de la erosión hídrica. Así la mayor contribución de las leñosas es más bien a través del incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, esto dado por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia sobre el suelo (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

#### **d. Interacciones animal – pastura**

##### **(1) Pisoteo efectos sobre las pasturas y leñosas**

En aquellos herbívoros que poseen pezuñas con bordes filosos (ej. ovinos, bovinos, caprinos), hay mayor probabilidad que se produzcan cortes o laceraciones de hojas y tallos, mayormente en los nuevos vástagos. Además, la presión ejercida por cualquier animal que pastorea producirá el entierro parcial de la biomasa aérea, con enlodamiento de hojas y tallos en suelos muy húmedos (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

En las especies estoloníferas, el pisoteo moderado puede ejercer efectos favorables para la propagación vegetativa, al poner en contacto los entrenudos con el suelo húmedo. Por otro lado, en el caso de aquellas que producen semilla gámica, su entierro y compactación provocados por pisoteo, pueden favorecer la emergencia de plántulas (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

##### **(2) Compactación del suelo**

La presión estática ejercida por la pezuña de los ovinos y bovinos es de 0.8 a 0.95 y de 1.2 a 1.6 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002). Esta presión

puede duplicarse cuando los animales se movilizan, y es mayor a medida que se incrementa la velocidad de desplazamiento (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

La presión ejercida por las pezuñas de los animales en el mediano o largo plazo resultará en la reducción del volumen de macroporos en el suelo. Esto afectará negativamente la tasa de infiltración de agua, incrementará la resistencia a la penetración de las raíces, y disminuirá la disponibilidad de O<sub>2</sub> para el sistema radicular (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002). Los efectos de la compactación antes descritos no sólo afectarán a las pasturas, sino también al componente de leñosas perennes (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

### **(3) Deposición de excretas**

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), manifiestan que en sistemas silvopastoriles, las heces y orina depositadas por los animales en pastoreo pueden ejercer cuatro tipos de efectos, a saber: a) contaminación del follaje, b) reciclaje de nutrientes, c) dispersión de semillas y d) servir de medio nutritivo para el desarrollo de algunos patógenos.

## **D. DESCRIPCIÓN DE SEIS ESPECIES LEÑOSAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.**

### **1. Psidium guajava**

El origen es incierto pero se le ubica en Mesoamérica, actualmente se extiende desde México y Centroamérica, hasta Sudamérica, se encuentra en más de 50 países, con clima tropical (<http://www.crfg.org/pubs/ff/guava.htm>. 2008).

La guayaba es un arbusto de ramas extendidas, que tiene de 3 a 10 m de altura. El árbol es fácilmente reconocible debido a que la corteza de su tronco es suave y delgada, de color café rojizo. Las hojas son ovaladas, elípticas u oblongas, de 10 a 15 cm, son simples y opuestas, de color verde agua y de venas muy sobresalientes. El tamaño de las flores va de 25 a 30 mm de diámetro, con cuatro

pétalos blancos y un cáliz largo de estambres blancos, con anteras amarillas (Torres, V. 2010). En la fotografía 3, se puede observar el árbol frutal guayaba.

Clase: Dicotiledóneas  
Familia: Myrtaceae  
Género: Psidium  
Especies: guajava L  
Nombre científico: *Psidium guajava* L.



Fotografía 3. Guayaba (*Psidium guajava* L.).

El fruto de la guayaba es una baya de olor fragante, comúnmente redonda. Se pueden encontrar otras variedades con formas ovaladas o aplanadas. La pulpa es carnosa de sabor agridulce y contiene numerosas semillas pequeñas de color amarilloso. El color de la fruta madura va comúnmente de verde agua a amarillo, mientras que el color de la pulpa es usualmente rosado, rojo, crema o blanco (Torres, V. 2010).

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta cerca de los 2.000 m, pero más comúnmente entre 0 y 1.200 msnm, a temperaturas medias de 20 - 30° C. En general, requiere plena exposición solar y prefiere sitios con estaciones secas bien definidas, ya que en sitios donde llueve a lo largo de todo el año se ve más afectada por enfermedades (Torres, V. 2010).

Comienza a producir frutos a los cuatro años sembrada la planta y la producción declina a los 15 años. El cultivo puede rejuvenecerse mediante una poda drástica. La producción promedio anual por árbol es de 63 kg y se llegan a obtener tres cosechas por año. Según el clima, puede haber una o dos cosechas por año, pero en variedades mejoradas y sobre todo con irrigación, se produce cosecha a lo largo de todo el año (Torres, V. 2010).

En la fotografía 4, se puede observar a la leñosa forrajera yuca ratón y el material vegetativo utilizado para su propagación.

## 2. **Gliricidia sepium** (Jacq.) Kunth ex Walp (Yuca ratón)

Reino: Vegetal  
 Clase: Angiospermae  
 Orden: Leguminosae  
 Familia: Fabaceae  
 Género: *Gliricidia*  
 Especie: *sepium*



Fotografía 4. Yuca ratón (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp).

Grijalva, J. et al. (2011), señalan que es un arbusto forrajero, originaria de México y América Central, crece de 10 a 15 m de altura sin espinas y de rápido crecimiento. De raíces profundas y tallos muy ramificados. Hojas compuestas muy abundantes de 2 a 6 cm de largo. Crece desde el nivel del mar hasta 1600 m de altitud, con precipitaciones entre 800 y 2300 mm/año y temperaturas de 22 a 30°C, prefiere suelos livianos y profundos con pH de 5 a 8, no tolera competencia por luz y soporta bien la sequía.

Los mismos autores expresan que, el establecimiento se realiza tanto por semilla sexual como por material vegetativo (estacas), siendo éste último el método más rápido, para banco de proteína se utilizan estacas de 50 cm de largo que deben proceder de rama madura, ubicadas a un distanciamiento de 1 x 1 m, y de 10 m entre hilera y 3 m entre planta, asociado en sistema silvopastoril.

[http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/glicirici\\_sepium .pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/glicirici_sepium.pdf). (2008), menciona que las hojas tienen alto valor nutritivo (18-30% proteína y tan solo 13-30% de fibra) y digestibilidad (48-77%), y un bajo contenido en taninos. Tiene sin embargo un problema con la palatabilidad, pero una vez que los animales se han acostumbrado al sabor, las comen bien.

Además esta misma página señala que las hojas son más palatables si se ensilan primero, y las hojas maduras son más apetecidas que las tiernas. Idealmente, debería usarse como suplemento (20-40% de la dieta). Si se excede de estos niveles puede mostrar problemas de toxicidad, aunque este problema es más serio para no rumiantes (cerdos, caballos, conejos, pollos), por lo que es mejor usar esta especie como forraje para ganado vacuno, cabras y ovejas. En la fotografía 5, se puede observar la planta de la leñosa forrajera flemingia con su respectiva inflorescencia y semilla.

### 3. Flemingia macrophylla Willd Merrill (Flemingia)

Reino: Vegetal  
 Clase: Magnoliopsida  
 Orden: Fabales  
 Familia: Fabaceae  
 Género: *Flemingia*  
 Especie: *macrophylla*



Fotografía 5. Flemingia (*Flemingia macrophylla* Willd Merrill).

Grijalva, J. et al. (2011), señalan que es arbusto forrajero, originaria de Asia Tropical, alcanza alturas hasta 3 m, posee hojas compuestas de 3 folíolos grandes de 10-15 cm de largo. El sistema radicular llega a 2,50 m de profundidad. Crece bien en suelos arenosos o arcillosos, con pH de 3,8 a 8,0, de baja fertilidad, y desde el nivel del mar hasta 2000 m de altitud, con precipitaciones de 1000 a 3000 mm.

Los mismos autores señalan que, tolera la sequía y tiempos cortos de inundación, excelente especie para recuperar suelos degradados por su abundante materia orgánica. El establecimiento se puede realizar directo a campo, colocando dos semillas escarificadas por sitio a 1 o 2 cm de profundidad, en densidades de 0,5 x 1,0 m o 0,5 x 1,5 m, o en vivero. Cuando tenga 0.5 m de altura y tallo lignificado, se planta en el lugar definitivo.

[http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Flemgia %20macrophylla.htm](http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/Flemgia%20macrophylla.htm). (2011), indican entre usos potenciales corte y acarreo, suplemento en sequía, banco de proteína, barrera viva (control de erosión), mulch, planta de sombra en café y cacao, leña, abono verde y planta medicinal. No hay información de producción animal pero hay experiencias de buena aceptabilidad por cabras, ovejas y bovinos. La alta acumulación de hojas en el suelo, cuando se utiliza como mulch, aumenta la productividad del suelo. En la fotografía 6, se puede observar a la leñosa forrajera quiebra barriga y el material vegetativo utilizado para su propagación.

#### 4. **Trichanthera gigantea** (Quiebra barriga)

Reino:        Vegetal  
Clase:         Dicotiledoneae  
Orden:        Tubiflorales  
Familia:      Acanthaceae  
Género:      *Trichanthera*  
Especie:     *gigantea*



Fotografía 6. Quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*).

Grijalva, J. et al. (2011), señalan que es un arbusto forrajero, originario del Norte de los países Andinos, desarrolla alturas entre 3 a 8 m, posee tronco ramificado de color verde amarillento o cremoso, hojas simples, opuestas y ásperas al tacto de 10 a 25 cm de largo y de 4 a 12 cm de ancho. Crece muy bien desde el nivel del mar hasta los 2200 m de altitud, en sitios con precipitación entre 400 y 4000 mm/ año. Tolera suelos ácidos y con bajos niveles de fertilización, no tolera encharcamiento prolongado.

Grijalva, J. et al. (2011), declaran que presenta tolerancia a plagas y enfermedades, el establecimiento es por estacas de 20 a 50 cm de largo y mínimo tres nudos, a un distanciamiento de 1 m x 1 m cuando es para banco de proteína y de 10 m entre hilera y 3 m entre planta asociado en sistema silvopastoril.

Según [http://es.wikipedia.org/wiki/Trichanthera\\_gigantea](http://es.wikipedia.org/wiki/Trichanthera_gigantea). (2011), reporta que se puede utilizar como forraje de alto valor nutritivo para diversas especies, tanto en la ganadería, como en la avicultura. Es usada comúnmente como cerca viva y especialmente para el mantenimiento y conservación de fuentes de agua. También ayuda a recuperar áreas erosionadas. En la fotografía 7, se puede observar la planta de la leñosa forrajera acacia forrajera con su respectiva semilla para su propagación.

##### 5. **Leucaena leucocephala** *Lam de Wit* (Acacia Forrajera)

Reino: Vegetal  
 Clase: Dicotiledoneae  
 Orden: Fabales  
 Familia: Fabaceae  
 Género: *Leucaena*  
 Especie: *leucocephala*



Fotografía 7. Acacia Forrajera (*Leucaena leucocephala* Lam de Wit).

Grijalva, J. et al. (2011), indica que es un arbusto forrajero, alcanza alturas de 3 a 12 m, hojas alternas de color verde grisáceo de 9 a 25 cm de largo con 11 a 24 pares de foliolos de 8 a 25 mm de largo, copa redondeada, posee raíz profunda y reacciona bien a la poda. Sus hojas son bipinnadas.

Las flores se encuentran en grupos en el ápice de las ramas y su color es crema a blanco. Fructifica en racimos de 5 a 20 vainas con 8 a 18 semillas cada una. La semilla es de forma aplanada, mide entre 11 y 19 mm de largo por 15 a 21 mm de ancho y se usa en diversos platos, como el Huaxmole. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Leucaena\\_leucocephala](http://es.wikipedia.org/wiki/Leucaena_leucocephala). 2011.)

Grijalva, J. et al. (2011), manifiestan que crece bien entre el nivel del mar y 1800 m de altura, a temperaturas entre 22 y 30 °C y precipitación mayor de 750 mm por año. Se adapta a un rango amplio de suelos con pH 5,5 a 8, prefiere suelos de mediana fertilidad, no tolera sombra ni inundación, tolera sequía.

Grijalva, J. et al. (2011), asevera que el establecimiento se realiza por semilla o por estaca. En vivero, colocado en fundas de 18x12 cm y cuando las plántulas tengan entre 0,2 y 0,5 m de altura se plantan en el lugar definitivo, a un distanciamiento de 1,5 m entre surcos y 1m entre plantas para banco de proteína, y a 10 m entre hileras y 3 m entre plantas, en sistema silvopastoril. En la fotografía 8, se puede observar la planta de la leñosa forrajera porotillo.

#### 6. **Erythrina sp** (Porotillo)

Reino: Vegetal  
 Clase: Angiospermae  
 Orden: Leguminosas  
 Familia: Fabaceae  
 Género: Erythrina  
 Especie: sp



Fotografía 8. Porotillo (*Erythrina sp*).

[http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/erythrina\\_fusca.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/erythrina_fusca.pdf). (2008), menciona que es un árbol forrajero nativo de América Central y del Sur. En América Central se cultiva ampliamente como sombra para plantaciones de café y cacao y es un árbol popular como ornamental. Costa Rica y Colombia, *Erythrina* se usa como soporte para pimienta y en ocasiones como cerca viva.

[http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/erythrina\\_fusca.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/erythrina_fusca.pdf). (2008), señala que es un árbol medio a grande, que se extiende, a menudo de 10-15 m de altura de corteza gruesa y grisácea. Hojas compuestas de 3 hojuelas, con pecíolos de 8-18 cm 3 flores por nodo en largos racimos

terminales. Las flores son de un vistoso naranja pálido con estambres verdes. Las vainas son de 15-20 cm y 2cm de ancho, terminadas en punta, su propagación crece muy bien por estacones de unos 2 m y 6-10 cm de diámetro, pero puede establecerse también por semilla o estacas más pequeñas.

[http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/erythrina\\_fusca.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/erythrina_fusca.pdf). (2008), manifiesta que la especie es tolerante a suelos infértiles e inundados. Ha mostrado buen crecimiento en suelos ácidos con pH 4.3, con una saturación en aluminio del 80%, es adecuada para proporcionar mulch y forraje en áreas con lluvias irregulares por debajo de los 1200 mm año.

## **E. DESCRIPCIÓN DE DOS ESPECIES DE PASTURAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.**

### **1. Brachiaria híbrido Miles (Pasto mulato II)**

<http://web.supernet.com.bo/sefo/Gramineas2/Bhibrido.htm>. (2011), reporta que es la alternativa más novedosa para mejorar la productividad en sistemas semi-intensivos de carne y leche. Es un híbrido apomíctico lo que significa que es genéticamente estable, no segrega de una generación a otra, mencionando algunas ventajas de esta gramínea como:

- Gran capacidad de producción de forraje de excelente calidad, con la mejor concentración de proteína y alta digestibilidad en pastos del género *Brachiaria*.
- Vigoroso rebrote al corte o pastoreo. permite mayor carga animal, con lo cual la producción de carne y leche por hectárea se incrementa significativamente.
- Producción de forraje uniforme a lo largo del año.
- Buena adaptación a condiciones adversas, así como a distintos tipos de clima y suelo del trópico húmedo, sub húmedo y seca, lo cual permite una mayor una mayor disponibilidad de forraje en épocas críticas.
- Aporta la rusticidad y tolerancia a suelos con alta concentración de aluminio heredadas de la *Brachiaria decumbens* quien es el antecesor del Mulato.

- Por estar acondicionada con alta tecnología, como es proceso de peletización y el exclusivo método "Speedygerm", este pasto híbrido perenne, estable y sinérgico alcanza niveles óptimos de calidad.
- Resistencia a plagas y enfermedades (salivazo).

Grijalva, J. et al. (2011), afirma que es una gramínea perenne, de crecimiento semierecto, posee tallos cilíndricos vigorosos y con vellosidades, algunos con hábito semidecumbente capaces de enraizar; posee hojas puntiagudas de color verde intenso. Se adapta muy bien desde el nivel del mar hasta 1800 m de altitud, en climas con precipitaciones mayores a 700 mm/año. En la fotografía 9, se puede observar la planta de la pastura mulato II.



Fotografía 9. Pasto mulato (*Brachiaria híbrido Miles*).

Grijalva, J. et al. (2011), señala que tolera suelos ácidos de baja fertilidad con alto contenido de aluminio, bien drenados, aunque crece en suelos con deficiente drenaje sin que lleguen a tener encharcamiento en forma permanente. Presenta resistencia antibiótica a algunas especies de salivazo y tolerancia moderada a hongos foliares, el método de siembra es con semilla y a espeque o punta de machete, en golpes distanciados a 0,50 a 0,50 m, para lo cual se requieren entre 5 y 6 kg de semilla por ha, con 80% de pureza y 75% de germinación; además, se puede propagar vía material vegetativo, con cepas enraizadas.

## 2. *Brachiaria decumbens* Stapf (Pasto Dallis)

Según Bishop, J., Betancourt, R., et al. (2003), manifiestan que es una gramínea perenne originaria Del Este del África Tropical, muy difundida en la Selva Baja y Alta de la Amazonía ecuatoriana. De crecimiento rastrero, con estolones largos y delgados cuyos nudos al estar en contacto con el suelo, emiten raicillas dando origen a una nueva planta. En la fotografía 10, se puede observar la planta de la pastura dallis.



Fotografía 10. Pasto Dallis (*Brachiaria decumbens* Stapf).

Según Bishop, J., Betancourt, R., et al. (2003), afirman que sus tallos son postrados y semierectos frondosos que forman una buena cobertura; la altura entro 50 y 70 cm, sus hojas son lanceoladas de color verde brillante de 15 a 20 cm de largo y 8 a 10 mm de ancho, y la inflorescencia es una panícula con tres a cinco racimos ramificados.

<http://www.nufarm.com/EC/BrachiariaDecumbens>. (2011), reportan que se comporta bien en zonas localizadas desde el nivel del mar hasta los 1.000 msnm. Con temperaturas de 20 a 25 °C y precipitación de 1000 a 4000 mm., se adapta bien a suelos ácidos e infértiles, sin embargo, posee gran potencial de respuesta con mejoras del nivel de fertilidad del suelo. Tiene la capacidad de formar pastizales que toleran el pisoteo y pastoreo intenso y continuo.

Es moderadamente tolerante a suelos encharcados y a heladas leves, su gran agresividad limita aparentemente su potencial de combinación con leguminosas al mismo tiempo que contribuye para mantener los pastos libres de malezas. Según Bishop. J., Betancourt, R., et al. (2003), señalan que en el Litoral, al inicio de la época lluviosa y en el Oriente durante casi todo el año, puede ser atacado por el salivazo, observándose que cuando la incidencia de la plaga es alta, causa el marchitamiento completo de las plantas.

## **F. INDICADORES Y DESCRIPTORES DE SOSTENIBILIDAD**

La agricultura sostenible es el manejo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo (Gonzales, J. 2009).

La sostenibilidad de un agroecosistema es la habilidad de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza perturbadora mayor. Puede entenderse también como la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una alteración mayor (Gonzales, J. 2009).

### **1. Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad**

Según Gonzales, J. (2009), expresan que las definiciones de trabajo adoptada a de manera provisional, determinan variables independientes y dependientes que permiten medir hasta qué punto un sistema económico, social, natural o integrado a largo plazo.

Los elementos comunes (variables, grupos de variables, funciones), que se desprenden de las definiciones de sostenibilidad son; población, necesidades y consumo, recurso, tecnología, producción, productividad, capacidad de carga, distribución y acceso a los recursos y tecnología, rentabilidad, variables sociales, tiempo (Gonzales, J. 2009).

## **2. Utilización de Descriptores e indicadores de sostenibilidad**

### **a. Descriptores**

Los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado. Los descriptores pueden ser diferentes aun entre sistemas similares de acuerdo con los atributos particulares del mismo (Arévalo, V. 1999).

### **b. Indicadores**

Para cada descriptor seleccionado como relevante, se debe definir uno o varios indicadores. Los indicadores son una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor (Arévalo, V. 1999); si el sistema es sostenible, tiene un efecto positivo sobre el descriptor y un negativo, si no lo es.

En la cuadro 2, se presentan algunos de los indicadores y descriptores de sostenibilidad señalados por el Comité on Agricultural Sustainability 1987 citado por Gonzales, J. 2009 y utilizados por otros autores (Arévalo, V. 1999), utilizados en la presente investigación.

Cuadro 2. INDICADORES Y DESCRIPTORES PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGRÍCOLAS.

Indicadores	Descriptores	Variables
1) Indicadores de la base del recurso	Suelo	Compactación del suelo Densidad aparente del suelo Fertilidad Número y biomasa de lombrices Humedad volumétrica del suelo Biomasa de raíces Taza de extracción de elementos químicos del suelo
2) Indicadores en función del sistema		
a. Indicadores de eficiencia técnica	Productos Biofísicos	Altura de las pasturas Cobertura de la pastura Relación Hojas tallo pasto Biomasa de la pastura herbácea Valor nutritivo de los pastos Biomasa de las leguminosas arbustivas Valor nutritivo de las leguminosas arbustivas Biomasa de hojarasca de frutal (guayaba) Crecimiento de los árboles frutales (Guayaba) Producción del componente frutal. Producción del componente animal. Temperatura ambiental Radiación fotosintéticamente activa e Índice de área foliar
b. Indicadores de eficiencia económica	Productos Económicos	Valor de la Producción Ingresos Netos
c. Indicadores de manejo técnico	Relación entre insumos endógenos y exógenos	Cantidad de insumos internos y externos
d. Indicadores de manejo económico	Mano de obra	Uso de mano de obra
3) Indicadores de impacto sobre otros sistemas	Secuestro de carbono	Carbono en el componente leñoso Carbono en hojarasca Carbono en el suelo Carbono en las raíces Carbono total por sistema

Fuente: Arévalo. V, 1999.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente investigación se realizó en la Estación Experimental Central de la Amazonía (E.E.C.A.), del INIAP ubicada en el km 3 de la vía Joya de los Sachas - San Carlos, en la parroquia San Carlos, cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana. En la figura 2, se muestra el lugar donde se ejecutó la investigación.

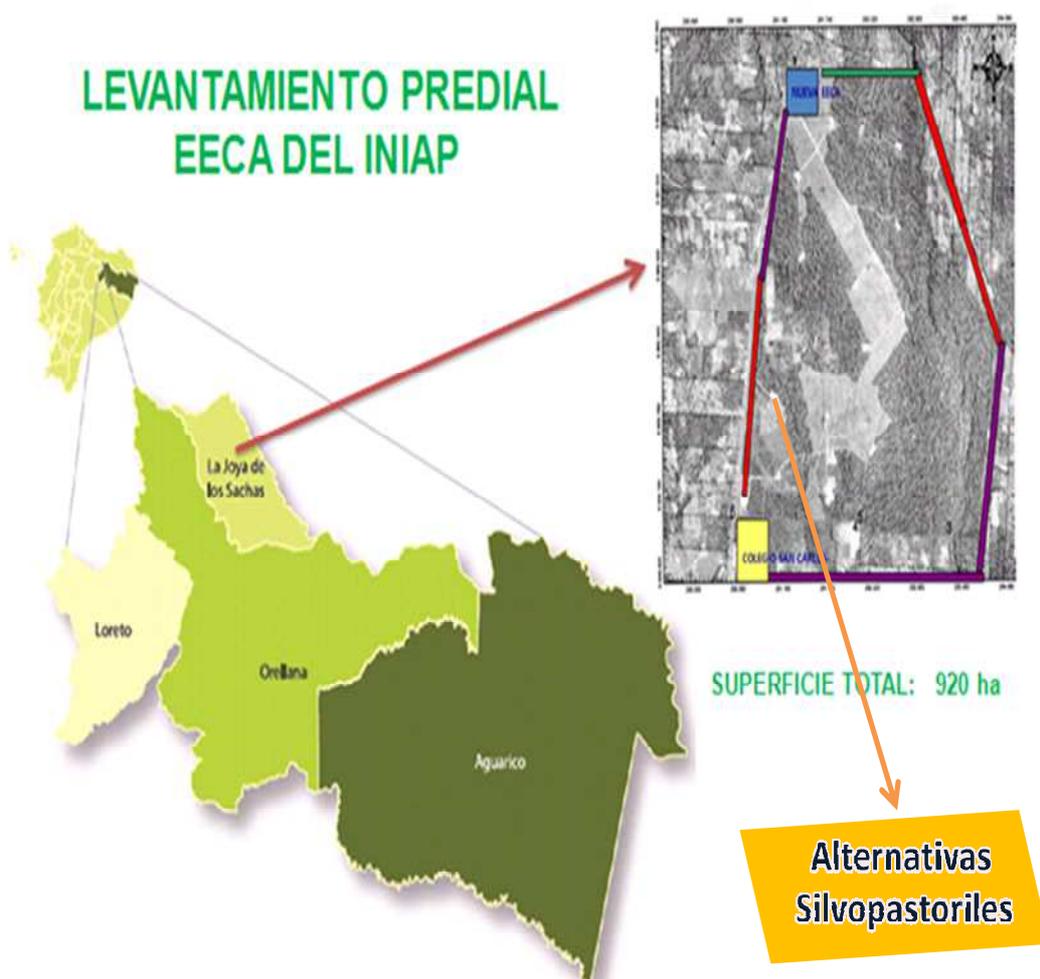


Figura 2. Ubicación de la E.E.C.A. y del sistema silvopastoril, lugar donde se ejecutó la investigación de tesis.

Esta investigación tuvo una duración de 300 días tiempo específicamente para el trabajo experimental de campo, mientras que la sistematización de la tesis se la realizó en 100 días.

La ubicación geográfica, características edáficas y condiciones climáticas dónde se realizó la investigación se expresan en los cuadros 1, 2 y 3.

## 1. Ubicación geográfica

Cuadro 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA E.E.C.A.

COORDENADAS	VALORES
Latitud:	0° 21' 31,2" S
Longitud:	76° 52' 40,1" O
Altitud:	282 m

Fuente: Estación Meteorológica E.E.C.A. (2010).

## 2. Características edafoclimáticas

### a. Edáficas

Cuadro 4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE LA E.E.C.A.

PARÁMETROS	VALORES
pH:	5,6 (ligeramente ácido)
Pendiente:	<2%
Drenaje:	Bueno
Textura:	Arcillosa
Materia orgánica:	4 a 6%

Fuente: Departamento Nacional de Suelos y Aguas Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (2008).

## b. Condiciones climáticas

Cuadro 5. CONDICIONES CLIMÁTICAS.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Temperatura media:	25 °C.
Precipitación media anual:	3100 mm
Humedad relativa:	85 %

Fuente: Estación Meteorológica Palmar del Río (Parroquia San José de Guayusa) promedio registrados en 10 años.

## c. Clasificación ecológica

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida, el lugar de estudio corresponde a bosque húmedo tropical bhT (Holdridge, L. 1982).

## B. UNIDADES EXPERIMENTALES

El presente ensayo estuvo compuesto por 21 unidades experimentales (UE), seis parcelas son testigos (3 del Testigo 1 y 3 Testigo 2); 15 corresponderán a las asociaciones silvopastoriles; conformadas por la combinación de las herbáceas y leñosas forrajeras en estudio.

Las características de las unidades experimentales son:

Largo de la UE	:	30 m
Ancho de la UE	:	27 m
Densidad de Guayaba	:	9x10 m
Densidad de las leguminosas arbustivas	:	3x10 m
Área de la UE	:	810 m <sup>2</sup> (30 x 27 m)
Área total del ensayo	:	17.010 m <sup>2</sup>

## **C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES**

### **1. Materiales**

- Barreno de tubo.
- Barreno de anillos.
- Fundas plásticas y de papel.
- Etiquetas.
- Cuadrantes.

### **2. Equipos**

- Equipo informático.
- Termómetros ambientales.
- Penetrómetro de lectura directa.
- Line Quantum Sensor LI – 1400.
- Motoguadaña.
- Cámara fotográfica.
- Balanza de campo.
- Balanza de precisión.
- Barrenos (fertilidad y densidad aparente de suelo).
- Cuadrantes de 0,25 y 1 m<sup>2</sup>.
- Estufa.

### **3. Instalaciones**

- Laboratorios de la Estación Experimental Central de la Amazonia (E.E.C.A.) del INIAP.
- Bodegas del Programa de Forestería de la E.E.C.A.
- Sistema silvopastoril de la Granja “San Carlos de la E.E.C.A.”

## D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 1. Tratamientos

La investigación se realizó en un sistema silvopastoril que fue establecido en Noviembre del 2009 en la Estación Experimental Central de la Amazonía, en donde el Programa Nacional de Forestería del INIAP, investiga alternativas de conservación de los recursos naturales en la Amazonía Ecuatoriana.

Los tratamientos del presente experimento se describen en el cuadro 6.

Cuadro 6. TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Siglas	Descripción
T1	SSPgl	Mulato II + guayaba+ yuca ratón( <i>Brachiaria hibridoMiles</i> + <i>Psidium guajava</i> + <i>Gliricidia sepium</i> Jacq).
T2	SSPqb	Mulato II + guayaba+ Quiebra barriga ( <i>B. hibridoMiles</i> + <i>P. guajava</i> + <i>Trichantera gigantea</i> ).
T3	SSPfm	Mulato II + guayaba + flemingia( <i>B. hibridoMiles</i> + <i>P. guajava</i> + <i>Flemingia macrophylla</i> Wild).
T4	SSPll	Mulato II + guayaba+ leucaena ( <i>B. hibridoMiles</i> + <i>P. guajava</i> + <i>Leucaena leucocephala</i> Lam De Wit).
T5	SSPpo	Mulato II + guayaba+ porotillo ( <i>B. hibridoMiles</i> + <i>P. guajava</i> + <i>Erytrina sp</i> ).
T6	Ta	Dallis + guayaba( <i>Bracharia decumbens</i> Stapf + <i>Psidium guajava</i> ); testigo agricultor.
T7	Tm	Mulato II + guayaba( <i>B. hibridoMiles</i> + <i>P. guajava</i> ); testigo mejorado.

Fuente: Caicedo, W. (2012).

## 2. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (B.C.A.), con siete tratamientos y tres repeticiones. Tomando en cuenta el siguiente modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$X_{ij}$  = Valor de la variable dependiente

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto de los tratamientos

$B_j$  = Efecto de los bloques

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

El esquema del experimento se describe en el cuadro 7.

Cuadro 7. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Repeticiones (R)	T.U.E m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup> /R
T1	3	810	2430
T2	3	810	2430
T3	3	810	2430
T4	3	810	2430
T5	3	810	2430
T6	3	810	2430
T7	3	810	2430
TOTAL m <sup>2</sup>			17010

Fuente: Caicedo, W. (2012).

## **E. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

### **1. En el suelo**

- a. Compactación del suelo.
- b. Densidad aparente del suelo.
- c. Fertilidad.
- d. Tasa de absorción de nutrientes.
- e. Número y biomasa de lombrices.
- f. Humedad del suelo.

### **2. En las especies forrajeras herbáceas:**

- a. Altura de las pasturas.
- b. Cobertura de la planta.
- c. Relación Hojas tallo.
- d. Biomasa de la pastura.
- e. Valor nutritivo de la pastura.

### **3. En las especies leñosas forrajeras:**

- a. Biomasa.
- b. Valor nutritivo.

### **4. En la especie de árbol frutal (Guayaba):**

- a. Biomasa de hojarasca.
- b. Crecimiento de los árboles.
- c. Producción de fruta.
- d. Biomasa del componente leñoso.

### **5. En la especie Animal**

- a. Producción del componente animal.

## **6. En los beneficios no tangibles**

- a. Temperatura ambiental.
- b. Radiación fotosintéticamente activa e Índice de área foliar.
- c. Carbono en el componente leñoso.
- d. Carbono en hojarasca.
- e. Carbono en el suelo.
- f. Carbono total por sistema de uso.

## **7. Para el análisis económico**

- a. Uso de mano de obra.
- b. Insumos internos y externos.
- c. Valor de la producción.
- d. Ingresos Netos.

## **F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

### **1. Análisis Estadístico**

Los análisis experimentales obtenidos en la investigación se tabularon en una hoja electrónica Excel de Office 2010, para posteriormente someter al análisis mediante el software estadístico Infostat versión 2010; en el cual se realizaron los siguientes análisis.

- ADEVA para las diferencias entre las medias de los tratamientos.
- Prueba de separación de medias Tukey al 5%.

El esquema del análisis de varianza se detalla en el cuadro 8.

Cuadro 8. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Gl
Sistemas silvopastoriles	t-1	6
Bloques	r-1	2
Error	(t-1)(r-1)	12
Total	(t*r)-1	20

Fuente: Caicedo, W. (2012).

## G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 1. Manejo específico del experimento

El sistema silvopastoril está constituido con pasturas *B. híbrido* y *B. decumbens* en asociación a las especies leñosas forrajeras *G. sepium* (Yuca ratón), *F. macrophylla* (Flemingia), *L. leucocephalla* (Leucaena), *T. gigantea* (Quiebra barriga) y *Erytrina sp* (*Porotillo*), las leñosas forrajeras están establecidas en hileras simples, distanciadas a 3m entre plantas y a 10m entre hileras, formando callejones, en cada una de las asociaciones se encuentra también *P. guajava* (Guayaba), a una densidad de 9x10m.

Posterior a la fase de establecimiento de las especies leñosas (18 meses), del 14 al 20 de diciembre del 2010 se realizó la siembra de las gramíneas *Brachiaria híbrido* Miles (Mulato II), y *Brachiaria decumbens* Stapf (Dallis), a través de semilla sexual, según los tratamientos a estudiar.

En Enero del 2011, se realizó una poda de formación de las leñosas arbustivas, en donde con la utilización de seguetas se hizo un corte en bisel de las leñosas a 1 m de altura, de igual manera en este mismo mes se realizó resiembra de la gramínea en los sitios donde no ha germinado la semilla o por alguna razón no ha prosperado la pastura.

Las evaluaciones de crecimiento de la pastura en el período de establecimiento se realizó cada 30 días, hasta el primer aprovechamiento (120 días), el pasto

cortado por la simulación de pastoreo fue retirado de cada unidad experimental; posterior a éste las evaluaciones de crecimiento de la pastura se registraron cada 15 días y los aprovechamientos tanto de la pastura como la leñosa forrajera con los animales cada 30 días, procurando realizar pastoreos leves al inicio para evitar pérdida de los pastos. El tiempo de utilización de la pastura y leñosa forrajera de cada unidad experimental se estimó de acuerdo a la disponibilidad de biomasa y calidad del forraje, con ocho unidades bovinas adultas.

## H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 1. Para la evaluación del efecto de siete sistemas silvopastoriles establecidos en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se utilizaron las siguientes variables:

#### a. Compactación del suelo

Se registraron datos de compactación del suelo, al inicio y al final del estudio, mediante un muestreo sistemático siguiendo transectos en forma de zig - zag en cada una de las unidades experimentales (U.E.); dónde, con la ayuda de un penetrómetro de lectura directa, se registraron lecturas a dos profundidades (0 a 20 cm y 21 a 40 cm), cada cinco metros de distancia. Esta variable se expresó en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado ( $\text{kgfcm}^{-2}$ ).

#### b. Densidad aparente del suelo

Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del estudio, utilizando el método del barreno de cilindro de volumen conocido (Forsythe citado por Ramos, R. 2003). Se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (0 a 20 cm y 21 a 40 cm), ubicando el cilindro muestreador en el tercio medio de cada profundidad en estudio, luego se pasó el suelo a una bolsa plástica etiquetada para llevar al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP; dónde, se registró el peso de la caja (g), peso fresco del suelo y se colocó en una estufa de aire forzado a 105 °C de temperatura por 24 horas, luego de lo

cual se colocó la muestra en desecadores para enfriarla y pesarla. La densidad aparente expresada en  $\text{gcm}^{-3}$  y se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$Da = Ms/Vt$$

Dónde:

Da= densidad aparente en  $\text{gcm}^{-3}$

Ms= masa del suelo seco en g

Vt= volumen total del cilindro en  $\text{cm}^3$

### **c. Fertilidad**

Se registró datos de fertilidad de suelo al inicio y al final del periodo de evaluación, a dos profundidades (0 a 20 cm y 21 a 40 cm); mediante muestreo sistemático, cada 5 m, siguiendo transectos en forma de zig – zag, en cada unidad experimental (U.E.); dónde, con la ayuda de un barreno de tubo, se tomó 25 submuestras de suelo por profundidad, las mismas que formaron una muestra compuesta. La muestra se recolectó en una bolsa plástica bien etiquetada y se llevó al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para determinar contenidos de: pH, N total, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Carbono, materia orgánica por calcinación, relación C/N, capacidad de intercambio catiónico y textura. Los resultados del análisis se expresaran en partes por millón (ppm), miliequivalentes (meq/100ml), y porcentaje.

### **d. Tasa de absorción de nutrientes**

Se determinó a partir de las biomásas de forraje aprovechable tanto de la pasturas como de las leñosas forrajeras por hectárea y de los contenidos de nutrientes que se obtuvo de los resultados de los análisis de tejido vegetal provenientes de una muestra compuesta de cada una de las especies, cada muestra que con su etiqueta correspondiente se envió al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP para el análisis anteriormente mencionado. Los resultados se expresaron en kg/ha.

### e. Número y biomasa de lombrices

Se realizaron evaluaciones durante dos épocas críticas del año: máxima precipitación (abril - mayo), y mínima precipitación (agosto - septiembre); se muestreó con un cuadrante de 0,25\*0,25 m y se exploró hasta una profundidad de 0,20 m. Con el fin de obtener muestras representativas del sistema se realizó muestreo sistemático. Las áreas de muestreo por unidad experimental fueron cinco. Se cuantificó el número y peso de lombrices encontradas, y los resultados se expresaron en  $N^{\circ}cm^{-3}$  y  $gcm^{-3}$  respectivamente.

### f. Humedad del suelo

Se tomó la humedad volumétrica a la profundidad de 0,20 cm realizando muestreos mensualmente, durante los cinco primeros días, para lo cual se recolectó submuestras de suelo, siguiendo transectos en forma de zig - zag en cada U.E. Las submuestras recolectadas se unieron para formar una muestra compuesta, de la cual se tomó 100 g, en una bolsa plástica con su etiqueta correspondiente y se envió al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP.

Para determinar el contenido de humedad de suelo mediante la siguiente fórmula:

$$\%Hv = \frac{[(PFM - PSM) * 100]}{PSM} * Da$$

Dónde:

%Hv = porcentaje de humedad volumétrica.

PFM = peso fresco de la muestra en g.

PSM = peso seco de la muestra en g.

Da = Densidad de suelo ( $g/cm^3$ ).

**2. Para la evaluación del desempeño de los componentes: herbáceo, leñoso forrajero - frutal (guayaba) y animal de los sistemas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables:**

**a. Altura de las pasturas**

Se utilizó un muestreo sistemático, siguiendo transectos en forma de zig – zag, en cada una de las parcelas experimentales; dónde, cada cinco metros de distancia se ubicó un punto de muestreo utilizando un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, una vez localizado el punto de muestreo se tomaron alturas de planta con una cinta graduada en centímetros (cm), obteniendo cinco alturas en forma descendente, dónde la primera altura fue desde el suelo hasta el ápice más alto dentro del cuadrante. Esta variable se expresó en promedio de centímetros (Toledo, J. 1982).

**b. Cobertura de la pastura**

Se realizó un muestreo sistemático, siguiendo transectos en forma de zig – zag en cada una de las parcelas experimentales; dónde, cada cinco metros se colocó un cuadrante de 1 m \* 1 m en el suelo, mediante observación directa se determinó el porcentaje cubierto con pastura. Los resultados se expresaron en porcentaje.

**c. Relación Hojas-tallo herbácea**

Se realizó un muestreo sistemático, siguiendo transectos en forma de zig – zag en cada una de las parcelas experimentales, dónde cada cinco metros se ubicó una unidad de observación, utilizando una cuerda que cuelga de la cinta que forma el transecto, se localizó al tallo que logre contacto con ésta medida, el cual fue separado de las hojas y se procedió al pesaje en gramos (g), de cada una de estas partes. Los resultados se expresaron como relación con base en la siguiente fórmula:

$$Rh/t= PTh/PTt$$

Dónde;

Rh/t= relación hojas/tallo.

PTh= peso total de hojas.

PTt= peso total tallo.

#### **d. Biomasa de la pastura**

Una vez establecida la pastura (120 días después de la siembra), se realizó aprovechamientos cada 30 días, la biomasa se estimó a través de muestreos sistemáticos, siguiendo transectos en forma de zig – zag en cada una de las parcelas experimentales dónde, cada cinco metros de distancia se procedió a tomar submuestras utilizando un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> y cortando el forraje que se encuentre dentro de cuadrante, se pesó el material cortado en fresco, y se recolectó las submuestras dónde, se tomó una muestra representativa de 500 g y se envió al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonia del INIAP para la determinación de materia seca; para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$MS = \frac{(\text{Peso seco})}{\text{Peso fresco}} * 100$$

Luego;

$$B_{hrb} = \frac{(\text{Phrb} * MS)}{100}$$

Dónde:

B<sub>hrb</sub> = biomasa herbácea en tha<sup>-1</sup>

Phrb = producción herbácea en tha<sup>-1</sup>

MS = materia seca en %

#### **e. Valor nutritivo de la pastura**

Para ésta variable se recolectó una muestra compuesta en cada unidad experimental, previo a cada pastoreo, se etiquetó y se envió al laboratorio de

Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para realizar el análisis bromatológico, donde se determinará: humedad, proteína bruta, fibra cruda, extracto no nitrogenado, extracto etéreo, cenizas totales, energía bruta, energía metabolizable, paredes celulares, calcio y fósforo.

#### **f. Biomasa de la leñosa forrajera**

Se procedió a evaluar la biomasa aprovechable cada 30 días, previo a la utilización de la pastura, para lo cual se recolectó entre el 20 al 30% del forraje disponible para el ramoneo de los animales, procurando dejar área foliar, para prevenir el agotamiento de las reservas orgánicas de las plantas Pezo, D. y Ibrahim, M. (2002). Esta determinación se realizó en las tres leñosas centrales de cada hilera en la unidad experimental. La biomasa cortada se pesó en fresco y se tomó una submuestra de 250 g para enviar al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonia del INIAP para la determinación de materia seca. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = \frac{(\text{Peso seco})}{\text{Peso fresco}} * 100$$

Luego;

$$Blñ = \frac{(\text{Plñ} * MS)}{100}$$

Dónde:

Blñ = biomasa de la leñosa en  $\text{tha}^{-1}$

Plñ = producción forraje de la leñosa en  $\text{tha}^{-1}$

MS = materia seca en %

#### **g. Valor nutritivo de la leñosa forrajera**

Para ésta variable se recolectó una muestra compuesta en cada unidad experimental, previo a cada evaluación (30 días), se etiquetó la muestra y se

envió al laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para el análisis bromatológico, donde se determinará: humedad, proteína bruta, fibra cruda, extracto no nitrogenado, extracto etéreo, cenizas totales, energía bruta, energía metabolizable, paredes celulares, calcio y fósforo.

#### **h. Biomasa de hojarasca frutal (Guayaba)**

Para cuantificar la biomasa de hojarasca, se colocaron trampas de 1 m<sup>2</sup>, a 1 m del fuste del árbol, el peso se registró cada treinta días y se expresó en kg ha<sup>-1</sup>.

#### **i. Crecimiento de los árboles (Guayaba)**

Se realizaron mediciones de los árboles cada 90 días, utilizando una regla graduada en cm para la altura, una cinta métrica para el diámetro de copa y un calibrador para el diámetro del fuste a 20 cm del suelo, los resultados de éstas variables se expresaron en centímetros.

#### **j. Producción de fruta**

En cada unidad experimental se identificó y evaluó árboles representativos de esta especie, en los cuales se procedió a determinar el número y peso en (kg) de fruto.

#### **k. Biomasa del componente leñoso**

En ésta investigación se estimó la biomasa de las leñosas utilizando una adaptación de la metodología del árbol promedio (MacDiken citado por Gonzales, J. 2009); dónde, se aprovechará el material producto de las podas para determinar las ramas más representativas de acuerdo al siguiente detalle.

**(1) Ramas gruesas:** se consideraron, aquellas de diámetro mayor a 3 cm. Se registró el peso fresco del material recolectado y se tomó una submuestra de 500 g que fue enviada al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de

la Amazonía del INIAP, para obtener el porcentaje de materia seca, llevándola a 70 °C hasta peso constante. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Brg} = \frac{(\text{Prg} * \text{MS})}{100}$$

Dónde:

Brg = biomasa de ramas gruesas en  $\text{kgha}^{-1}$

Prg = peso fresco de ramas gruesas en  $\text{kgha}^{-1}$

MS = materia seca en %

**(2) Ramas delgadas:** se consideraron, aquellas de diámetro menor a 3 cm. Se registró el peso fresco del material recolectado y se tomó una submuestra de 500g que fue enviada al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, para obtener el porcentaje de materia seca, llevándola a 70 °C hasta peso constante. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Brd} = \frac{(\text{Prd} * \text{MS})}{100}$$

Dónde:

Brd = biomasa de ramas delgadas en  $\text{kgha}^{-1}$

Prd = peso fresco de ramas delgadas en  $\text{kgha}^{-1}$

MS = materia seca en %

**(3) En hojas:** se obtuvo directamente en campo el peso fresco de las hojas y se determinó el porcentaje de materia seca, de una muestra enviada al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Bh} = \frac{(\text{Ph} * \text{MS})}{100}$$

Dónde

Bh = biomasa de hojas en  $\text{kgha}^{-1}$

Ph = peso fresco de hojas en  $\text{kg ha}^{-1}$

MS = materia seca en %

- ✓ **Biomasa total de la leñosa:** se obtuvo de la suma de las biomazas de: ramas gruesas + ramas delgadas + hojas.

$$B_T = B_{rg} + B_{rd} + B_h$$

### I. Producción del componente animal

En ésta primera fase se recurrió a un método indirecto para estimar el efecto de los tratamientos sobre la producción secundaria, para ello se utilizó la información de biomasa producida, los datos de requerimiento y consumo de materia seca de animales; sobre ésta base se estimó la producción por hectárea del sistema y se pudo valorar la producción de carne alcanzada por el componente animal; para lo cual se utilizó las siguientes formulas:

$$\text{C.M.S.} = 3\% * (\text{Pv})$$

Dónde:

C.M.S.= consumo de materia seca (Kg).

Pv= peso vivo del animal.

$$\text{CC} = \frac{\text{D} * \text{f}}{\text{C} * \text{t}}$$

Dónde:

CC=Capacidad de carga animal

D= producción de forraje, kg M.S./ha/t

f= eficiencia de utilización, %

C = consumo de forraje por UA en Kg M.S./ día

t = tiempo de utilización del potrero, en días.

**3. Para determinar el potencial de los sistemas silvopastoriles para proporcionar beneficios no tangibles como regulación de microclima, radiación fotosintéticamente activa aprovechada por los componentes, captura de carbono, se utilizaron las siguientes variables:**

**a. Temperatura ambiental**

Se tomó la temperatura ambiental en épocas críticas de máxima precipitación (abril y mayo), y mínima precipitación (agosto y septiembre), durante un periodo de 30 días, en cada una de las parcelas experimentales; dónde, se registraron lecturas a las 10 y 14h00, para lo cual se utilizó un termómetro de lectura directa, los mismos que fueron ubicados en un pedestal de 1,5 m de altura, en un punto equidistante entre las especies leñosas. Los datos se expresaron en grados centígrados.

**b. Radiación fotosintéticamente activa (RAFA)**

Estas variables se registraron en las épocas críticas de la zona, mayor radiación solar (agosto y septiembre), y menor radiación solar (abril y mayo), en cada una de las parcelas experimentales, se realizó la evaluación en días despejados; para lo cual se utilizó el Line Quantum Sensor LI – 1400 en puntos de muestreo representativos del sistema silvopastoril. Los datos se expresaron en micromoles/metro<sup>2</sup>/segundo.

**c. Carbono en el componente leñoso**

Para valorar esta variable, se utilizó la estimación de la biomasa aérea de las leñosas y datos estimados de la fracción de carbono existente de las especies en estudio, por motivo de que no se contó con el presupuesto para realizar el análisis de la fracción de carbono a nivel del laboratorio. El carbono se estimó a través de la siguiente fórmula y se expresó en toneladas de carbono por hectárea (Ramos, R. 2003).

$$C=B_T \times fC_{\text{especie}}$$

Dónde:

C = Carbono  $\text{tha}^{-1}$

$B_T$  = Biomasa total  $\text{tha}^{-1}$

$fC_{\text{especie}}$  = fracción de carbono por especie (%)

#### **d. Carbono en hojarasca**

Utilizando la biomasa en hojarasca de leñosas mediante la captura de las mismas con las trampas de  $1 \text{ m}^2$  y la correspondiente fracción de carbono, se estimó el carbono almacenado en este componente del sistema. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = B_T \times fC_{H \text{ especie}}$$

Dónde:

C = Carbono  $\text{tha}^{-1}$

$B_T$  = Biomasa total  $\text{tha}^{-1}$

$fC_{H\text{especie}}$  = fracción de carbono en hojarasca de cada especie (%)

#### **e. Carbono en el suelo**

En cada unidad experimental se tomó muestras de suelo a una profundidad de 0 a 40 cm y se envió al laboratorio de suelos y aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP dónde, se determinó el contenido de materia orgánica y con base en esto se logró determinar la fracción de carbono en el suelo Official Methods of Analyses of the Association of oficial Agricultural Chemists (1960), citado por University of Florida. Center for Tropical Agriculture (1970). La estimación se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\%COS = \% MO \times 0,58 \text{ (Walkley, A. y Black, C. 1938)}$$

Dónde:

% COS = fracción de carbono orgánico en el suelo

% MO = porcentaje de materia orgánica

0,58 = constante

Con los datos obtenidos en el laboratorio del porcentaje de carbono orgánico del suelo y su densidad aparente, se calculó el contenido de carbono en el suelo a la profundidad de 0 – 40 cm, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{COS} = \% \text{ COS} \times \text{Da} \times \text{P} \times 100$$

Dónde:

COS = carbono orgánico en el suelo ( $\text{tha}^{-1}$ )

% COS = fracción de carbono en el suelo (%)

Da = densidad aparente ( $\text{t m}^{-3}$ )

P = profundidad de muestreo (m)

100= constante para transformación a ( $\text{tha}^{-1}$ )

#### f. Carbono total

Este valor se obtuvo de la sumatoria de carbono de: componente leñoso + hojarasca + suelo (COS) + pasto + raíces (figura 3). Y se expresara en ( $\text{tha}^{-1}$ ).

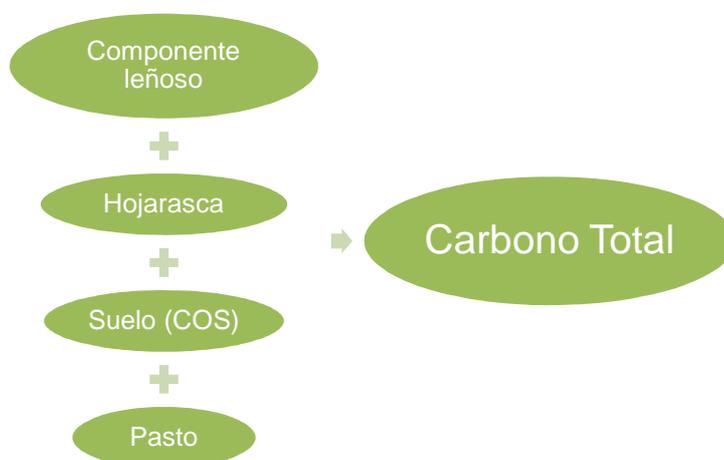


Figura 3. Esquema de los componentes almacenadores de carbono.

**4. Para realizar el análisis económico de las alternativas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables:**

**a. Uso de mano de obra**

Se estimó la cantidad de mano de obra utilizada en el manejo de los diferentes sistemas, ésta variable se registró durante el periodo de investigación y se expresó en número de jornales por hectárea.

**b. Insumos internos y externos**

Durante el periodo de estudio, se determinó los insumos internos y externos utilizados en los diferentes sistemas y se registró la cantidad y costo de cada uno de ellos.

**b. Valor de la producción**

Para ésta variable se utilizó la producción de forraje en materia seca tanto de la pastura como la leñosa en cada uno de los tratamientos del sistema silvopastoril dónde, el costo del forraje se fijó de acuerdo al precio de la paca de heno para el consumo animal determinándose un precio referencial. Además se incluyó los valores por la venta de los kilogramos (kg), de guayaba producidos dentro del sistema. Estos valores se expresaron en USD ha<sup>-1</sup>.

**d. Ingresos Netos**

Finalmente se registraron los ingresos y egresos generados durante el periodo de evaluación de los diferentes sistemas.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **A. SUELO**

#### **1. Compactación**

Los resultados en esta variable, no presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas silvopastoriles testigos agricultor y mejorado, al primer año estudio y a dos profundidades (0 a 20 y 21 a 40 cm). A pesar de no encontrarse diferencias estadísticas se presentan cambios en la compactación del suelo en estos sistemas silvopastoriles, los mismos que se presentan en el cuadro 9.

Existió un incremento promedio de la compactación del suelo en los sistemas silvopastoriles en estudio a las dos profundidades evaluadas, debido posiblemente a que a mayor profundidad mayor será la compactación como efecto principalmente del mismo cambio en la textura del suelo, mención que ha sido determinada, escrita y aseverada anteriormente por varios autores (Gonzales, J. 2009; Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

Además estos incrementos son explicables por el efecto del pisoteo de los animales durante seis pastoreos consecutivos llevados a cabo en los sistemas silvopastoriles durante la investigación, conociéndose además que la evaluación inicial de la compactación del suelo se la realizó antes de que ocurra el primer pastoreo (abril). Esto se hace mención según lo manifestado por Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), los mismos que afirman que la presión estática ejercida por la pezuña de los bovinos es de 1.2 a 1.6 kg/cm<sup>2</sup>, provocando a mediano o largo plazo incrementos en la compactación del suelo, efecto que se daría a cabo independientemente del sistema silvopastoril estudiado.

Cuadro 9. COMPORTAMIENTO DE LA COMPACTACIÓN Y DENSIDAD DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas Silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Compactación inicial 0-20 cm (kgfcm <sup>-2</sup> )	54 a	52 a	50,3 a	49 a	50,3 a	56,7 a	51 a	2,72	0,521
Compactación final 0-20 cm (kgfcm <sup>-2</sup> )	76 a	74 a	72,7 a	76 a	71,3 a	75,3 a	73 a	5,49	0,994
Compactación inicial 21-40 cm (kgfcm <sup>-2</sup> )	74 a	70 a	66,3 a	64 a	67 a	69,7 a	67 a	2,40	0,210
Compactación final 21-40 cm (kgfcm <sup>-2</sup> )	88 a	86 a	94 a	94 a	85,7 a	86,3 a	89 a	4,88	0,766
Densidad inicial 0-20 cm (gcm <sup>-3</sup> )	0,7 a	0,8 a	0,71 a	0,7 a	0,77 a	0,75 a	0,7 a	0,03	0,452
Densidad final 0-20 cm (gcm <sup>-3</sup> )	0,8 a	0,8 a	0,77 a	0,8 a	0,8 a	0,82 a	0,8 a	0,04	0,687
Densidad inicial 21-40 cm (gcm <sup>-3</sup> )	0,9 a	0,9 a	0,87 a	0,9 a	0,9 a	0,86 a	0,9 a	0,01	0,055
Densidad final 21-40 cm (gcm <sup>-3</sup> )	1,0 a	1 a	0,86 a	0,9 a	0,91 a	0,89 a	0,9 a	0,03	0,216

Fuente: Caicedo, W. (2012).

T1 (SSP - Gliricidia).

T2 (SSP - Quiebra barriga).

T3 (SSP - Flemingia).

T4 (SSP - Leucaena).

T5 (SSP - Porotillo).

T6 (SSP - Testigo agricultor).

T7 (SSP - Testigo mejorado).

E.E.= Error Estándar de la media.

Prob.= Probabilidad.

kgfcm<sup>-2</sup>= Kilogramos fuerza por centímetro cuadrado.

gcm<sup>-3</sup>= gramos por centímetro cúbico.

Al mismo tiempo estos incrementos en la compactación del suelo, en los sistemas silvopastoriles (al primer año de estudio), desde la evaluación inicial hasta la evaluación final de la investigación, posiblemente se deban a la diferente dinámica en el contenido de humedad del suelo en cada uno de los sistemas silvopastoriles.

## **2. Densidad aparente**

La densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen (Porta, J., et al. 2003). Los resultados en esta variable no presentan diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ) entre bloques y sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos agricultor y mejorado, al primer año de estudio, en los sistemas silvopastoriles, al iniciar y al finalizar la investigación, a dos profundidades (0 a 20 y 21 a 40 cm).

Lo que se puede notar es que los valores promedio de la densidad aparente del suelo de estos sistemas tienen la misma tendencia de incrementar conforme aumenta la profundidad del suelo, aunque no se refleja claramente esas diferencias con el ADEVA. Tampoco se notan diferencias a una misma profundidad cuando se compara la densidad aparente antes del pastoreo y los datos después del pastoreo, lo cual evidencio que esta variable no fue afectada por los pastoreos realizados.

De otra parte aparentemente existe una relación entre esta variable y el descenso en el contenido de materia orgánica, tal como se observa en el cuadro 14., donde se aprecia descensos de los contenidos de materia orgánica en la mayoría de los sistemas silvopastoriles estudiados. Ramos, R. (2003), afirma que la disminución de la materia orgánica tiende a incrementar la densidad aparente del suelo, debido a que sus componentes eran menos densos que los minerales.

<http://www.secforestales.org/buscador/pdf/C25-Acta34.pdf>. (2008), en estudio del suelo de pastizales de uso ganadero vs bosques tropicales, se reportaron densidades aparentes de  $0,79 \text{ g/cm}^{-3}$ ; a la profundidad de 0 a 20 cm y  $0,91 \text{ g/cm}^{-3}$ ; a la profundidad de 21 a 40 cm, mientras que las encontradas en los bosques

tropicales fueron  $0,72 \text{ g/cm}^{-3}$  y  $0,87 \text{ g/cm}^{-3}$  a las dos profundidades de muestreo respectivamente. Datos que corroboran a los encontrados en la presente investigación en donde se encontró promedios de densidades aparentes de  $0,79 \text{ g/cm}^{-3}$ ; a la profundidad de 0 a 20 cm y  $0,92 \text{ g/cm}^{-3}$  a la profundidad de 21 a 40 cm, al primer año de pastoreos consecutivos en los sistemas silvopastoriles estudiados.

En general estos valores de densidad aparente del suelo encontrados en la presente investigación son inferiores al valor sugerido de  $1.3 \text{ g/cm}^{-3}$  para suelos con problemas de compactación (Grijalva, J., et al. 2004), en donde indicaría un efecto grave sobre la densidad aparente del suelo por efecto del pastoreo, es así que no hay efecto real en esta variable al efecto sobre la compactación del suelo.

### **3. Fertilidad**

El suelo debe constituir un medio idóneo para el desarrollo de las raíces, almacenamiento y provisión de agua, también debe ser adecuado suministrador de nutrientes para el crecimiento de las plantas y la producción de los cultivos, con contenidos óptimos de macronutrientes (en especial N, P y K), y micronutrientes (Porta, J. et al 2003).

#### **a. Nitrógeno total**

El nitrógeno total presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), al final de la investigación, entre los sistemas silvopastoriles estudiados, a la profundidad de 21 a 40 cm. Mientras que en el resto de evaluaciones realizadas no se presenta diferencias estadísticas, los contenidos de nitrógeno total se detallan en el cuadro 10.

Cuadro 10. EVALUACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE Y POTASIO DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Nitrógeno total inicial 0-20 cm (%)	0,4 a	0,4 a	0,5 a	0,5 a	0,6 a	0,5 a	0,4 a	0,06	0,535
Nitrógeno total final 0-20 cm (%)	0,4 a	0,4 a	0,4 a	0,5 a	0,4 a	0,3 a	0,5 a	0,05	0,331
Nitrógeno total inicial 21-40 cm (%)	0,2 a	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,2 a	0,3 a	0,3 a	0,03	0,179
Nitrógeno total final 21-40 cm (%)	0,2 b	0,2 ab	0,4 a	0,3 ab	0,3 ab	0,3 ab	0,4 ab	0,04	0,024
Fósforo asimilable inicial 0-20 cm (ppm)	24,0 a	17,3 a	16,3 a	18,3 a	19,0 a	17,0 a	13,7 a	2,96	0,397
Fósforo asimilable final 0-20 cm (ppm)	18,7 a	10,8 a	14,7 a	14,7 a	13,3 a	14,3 a	13,3 a	2,20	0,390
Fósforo asimilable inicial 21-40 cm (ppm)	22,0 a	16,7 a	16,7 a	17,7 a	19,0 a	19,0 a	17,0 a	2,26	0,642
Fósforo asimilable final 21-40 cm (ppm)	13,3 a	12,0 a	12,7 a	13,7 a	14,0 a	13,3 a	11,6 a	3,00	0,932
Potasio inicial 0-20 cm (meq 100 ml-1)	0,7 a	0,6 a	0,7 a	0,8 a	0,7 a	0,6 a	0,6 a	0,07	0,418
Potasio final 0-20 cm (meq 100 ml-1)	0,7 a	0,7 a	0,9 a	1,0 a	0,8 a	0,7 a	0,8 a	0,12	0,550
Potasio inicial 21-40 cm (meq 100 ml-1)	0,7 a	0,6 a	0,7 a	0,6 a	0,6 a	0,5 a	0,6 a	0,09	0,810
Potasio final 21-40 cm (meq 100 ml-1)	0,5 a	0,5 a	0,6 a	0,6 a	0,6 a	0,5 a	0,6 a	0,09	0,667

Fuente: Caicedo, W. (2012).

T1 (SSP - Gliricidia); T2 (SSP – Queiebra barriga); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Leucaena); T5 (SSP - Porotillo); T6 (SSP – Testigo agricultor); T7 (SSP – Testigo mejorado; E.E.= Error Estándar de la media; Prob.= Probabilidad;ppm = Partes por millón.

A pesar de que a la profundidad de 0 a 20 cm, tanto al inicio como al final del estudio no se reflejan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), entre los sistemas silvopastoriles, es visible una ligera disminución numérica en su contenido en todos los sistemas estudiados. Esta disminución en los contenidos se explican ya que el nitrógeno en todas las opciones de uso de tierra con efecto animal, marca una disminución variable después de un periodo de pastoreo, ya sea por extracción del elemento por la pastura que a su vez es consumido por los animales y pérdida del nutrimento por lixiviación, que no fue devuelto proporcionalmente a través de fuentes nitrogenadas exógenas o por el aporte de las deyecciones de los animales durante el pastoreo (Grijalva, J., et al. 2004).

En el gráfico 1., se presenta los contenidos de nitrógeno total, a la profundidad de (21 a 40 cm), en las evaluaciones tanto inicial como final de la investigación.

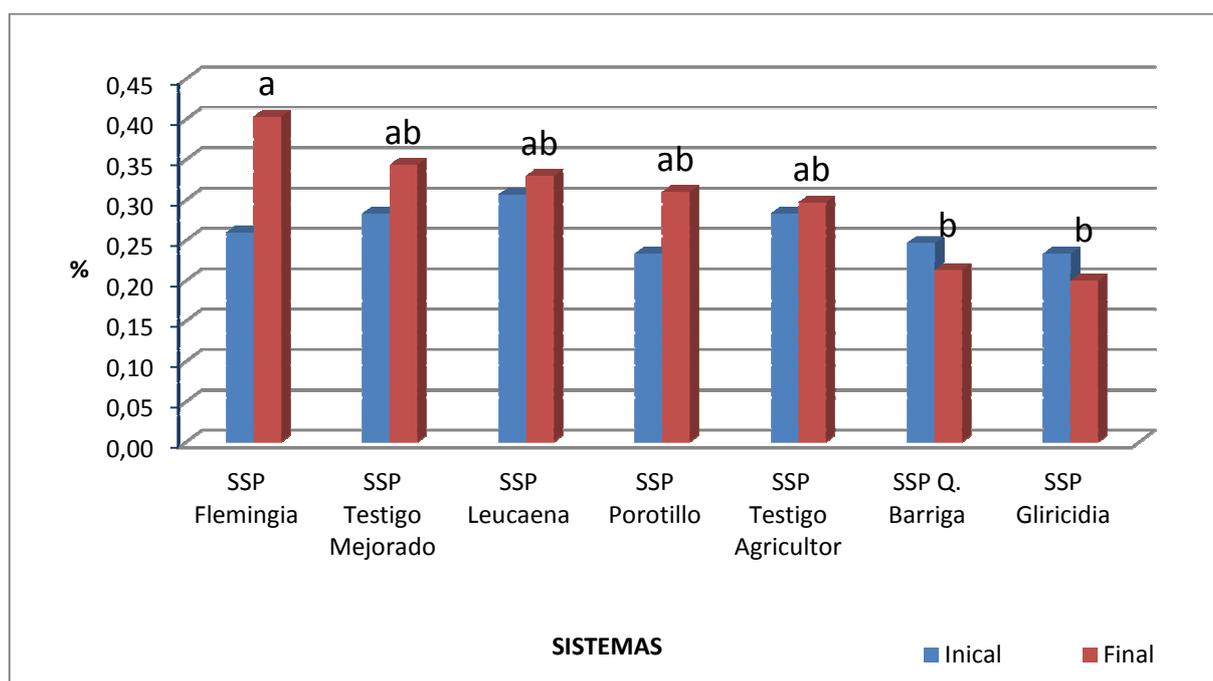


Gráfico 1. Contenido de nitrógeno total (%), a la profundidad de (21 a 40 cm), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Observando el gráfico 2, se puede notar incrementos del elemento nitrógeno en el suelo de algunos de los sistemas silvopastoriles en estudio, entre la evaluación inicial y la final, presentando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), en la

última evaluación a la segunda profundidad, teniendo el mayor contenido de nitrógeno total el sistema silvopastoril con flemingia (0,40), en un segundo grupo se ubicaron los sistemas silvopastoriles testigo mejorado (0,34), leucaena (0,33), porotillo (0,31), y testigo agricultor (0,29), y finalmente los sistemas silvopastoriles con quiebra barriga (0,21), y gliricidia (0,20), los mismos que no presentan la misma tendencia que los otros sistemas silvopastoriles; probablemente debido a diferentes atributos de su suelo y por la misma capacidad de movilización del nitrógeno.

El incremento en el contenido de nitrógeno en la mayoría de los sistemas silvopastoriles a esta profundidad probablemente se debe al efecto de lixiviación de este mineral desde el horizonte superior del suelo, según <http://www.edafologia.com.ar/>. (2011), afirma que el proceso de lixiviación de los suelos se da en forma natural en los periodos de lluvia y en climas con demasiada humedad, produciéndose el desplazamiento de las sustancias solubles o dispersables hacia los horizontes más profundos, esto provoca que los horizontes superiores del suelo pierdan sus compuestos nutritivos.

Asimismo los mayores incrementos en el sistema silvopastoril con flemingia, posiblemente se deberían a que estas parcelas presentan suelos francos siendo esta una textura mediana, a diferencia de la mayoría de los otros sistemas que presentan texturas franco arcilloso considerado como una textura moderadamente fina, en base a la clasificación de clases texturales de suelos, <http://edafologia.ugr.es/index.htm>. (2010), aseveran que la textura del suelo es un factor muy importante en relación con la lixiviación, cuanto más gruesa sea la textura mayor capacidad de lixiviación presentarán los suelos.

En general esta dinámica de variación en los contenidos de este mineral en el suelo posiblemente se debe por efecto del factor climático (precipitación), y el tipo de textura del suelo en los sistemas como se ha manifestado en los párrafos superiores, sin evidenciar efecto en base a los componentes que conforman cada sistema silvopastoril al primer año de estudio.

## **b. Fosforo asimilable**

Los resultados en esta variable, no presentan diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos agricultor y mejorado. Lo que se puede notar es que los valores promedio del contenido de este nutriente en el suelo tienen una misma tendencia a disminuir a las dos profundidades estudiadas independientemente del sistema de estudio.

Los contenidos de este elemento en el suelo, acusan un nivel medio; estos niveles concuerdan con los encontrados en pasturas del banco de pastos y forrajes de la Estación Experimental Central de la Amazonía - INIAP en el 2010., en las cuales se encontró contenidos en un rango de 11 a 18 ppm. Aunque las pérdidas por percolación son bajas y la extracción es relativamente pequeña por las plantas (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), posiblemente esa ligera reducción se deba a la existencia de leguminosas arbustivas o árboles que necesitan determinada cantidad de fósforo para poder fijar nitrógeno en el suelo tal como se menciona en (<http://edafologia.ugr.es/index.htm>. 2010).

Simultáneamente estas disminuciones posiblemente se debería que, la cantidad de fósforo que ingresa al suelo desde la atmósfera (adsorbido en las partículas de polvo), es muy pequeña (0,05 a 0,5 kg/ha año), siendo necesaria una reposición en suelos perturbados con uso agrícola para evitar que el contenido de este elemento descienda rápidamente según se menciona en (<http://www.edafologia.com.ar/>. 2011).

## **c. Potasio**

Los resultados en este nutriente, no presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos agricultor y mejorado, al primer año de estudio, a las profundidades de 0 a 20 y 21 a 40 cm, al iniciar y al finalizar la investigación.

<http://www.edafologia.com.ar/>. (2011), afirma que el potasio es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta en el suelo, y en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable. Así los contenidos de potasio en el suelo encontrados en la presente investigación acusan un nivel alto; lo que concuerda con los altos niveles encontrados en pasturas del banco de pastos y forrajes de la Estación Experimental Central de la Amazonía - INIAP en el 2010. En dónde se reportó contenidos en un rango de 0,60 a 1,50 meq 100ml<sup>-1</sup>.

Además a la profundidad de 0 a 20 cm, en relación a las dos épocas de evaluación, existen diferencias numéricas incrementando su contenido, estos incrementos encontrados en los suelos de los sistemas silvopastoriles, posiblemente se deban a un movimiento exopercolativo de este elemento tal como se menciona en (<http://www.edafologia.com.ar/>. 2011), movimiento que se da a cabo en regiones o en épocas donde la evaporación es mayor que la precipitación, existiendo un cierto ascenso de potasio en los horizontes superiores.

Si bien el lugar de estudio corresponde a un bosque húmedo tropical, donde la gran parte del año la humedad es mayor que la evaporación condiciones en la que sería nulo este movimiento exopercolativo, existe los meses de máxima y mínima precipitación en la región como se puede ver en la curva de precipitación anual San Carlos - Orellana, y tomando en cuenta las épocas donde se desarrollaron las evaluación del suelo que fueron inicial (marzo), y final (diciembre), podríamos atribuir que hay influencia de este movimiento, ya que diciembre es uno de los meses

que presentó menor precipitación en la región pudiendo así presentarse las condiciones adecuadas para que se de este movimiento exopercolativo, en cambio marzo siendo el mes que presenta mayor precipitación brinda condiciones para que ocurra lo contrario provocando más concentración de este elemento en horizontes sub superficiales.

Conjuntamente los resultados encontrados de 21 a 40 cm de profundidad muestran una gran variabilidad numérica de este elemento en el suelo, esto tal

vez se podría explicar porque este elemento se encuentra como catión intercambiable y como catión soluble en el suelo, formas en las que logra ser bastante móvil, así las partículas de suelo lo retienen con facilidad y lo liberan lentamente a medida que el suelo se empobrece en potasio de cambio (Romero, S. 2010).

#### **d. Materia orgánica**

Los análisis realizados para el contenido de materia orgánica en el suelo, no evidencian diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras versus los sistemas testigos agricultor y mejorado, a las dos profundidades evaluadas.

Por definición la materia orgánica, es una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas como son: formación y estabilización de agregados, absorción e intercambio iónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad y protección contra la degradación del suelo por erosión. Los aportes de materia orgánica en el suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo. (Porta J., et al. 2003).

En general el contenido de materia orgánica (MO), del suelo de todos los sistemas silvopastoriles estudiados a las dos profundidades de muestreo es alto ( $> 6\%$ ). El efecto de la hojarasca de los sistemas silvopastoriles sobre la materia orgánica del suelo sería más notorio en suelos pobres y posiblemente, sería superior que en sistemas a campo abierto.

#### **e. Relación carbono – nitrógeno (C/N)**

El análisis de varianza para relación C/N del suelo, no registra diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos agricultor y mejorado. En el cuadro 12, se detalla esta relación C/N, tanto al inicio como al final de la investigación.

La relación carbono – nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él. Cuanto menor sea el valor de la relación, mayor es el grado de mineralización de la materia orgánica y por tanto, la calidad edáfica será superior. En la cuadro 11, se presenta una escala como indicador de la validez del aporte de materia orgánica a los suelos.

Cuadro 11. CALIDAD EDÁFICA DE LOS SUELOS CON RESPECTO A SU RELACIÓN (C/N).

Relación C/N	Calidad edáfica
< 8	Muy buena
8 – 12	Buena
12 – 15	Mediana
15 – 20	Deficiente
20 – 30	Mala
>30	Muy mala

Fuente: [www.vitoria-gasteiz.org](http://www.vitoria-gasteiz.org). 2009.

Los sistemas silvopastoriles estudiados, de calidad edáfica mostrado en párrafos superiores, clasifica a los suelos con mala y muy mala calidad edáfica por sus altos valores de relación C/N, debido posiblemente al bajo contenido de nitrógeno total (%) en el suelo.

Los resultados obtenidos muestran que en todos los sistemas silvopastoriles no existe un aporte real de materia orgánica, puesto que la relación C/N es muy alta, el aporte de materia orgánica no es aprovechable por las plantas, ya que las bacterias y microorganismos que actúan en el proceso de descomposición, consumen el poco nitrógeno que dispone el suelo y la productividad del cultivo se ve afectada por la escasez de nitrógeno (Nieto, C. et al. 2005).

Cuadro 12. EVALUACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO Y TASA DE ABSORCIÓN DE LOS NUTRIENTES DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles														E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Materia orgánica inicial 0-20 cm (%)	19	a	21	a	22	a	21	a	22	a	21	a	22	a	1,05	0,531
Materia orgánica final 0-20 cm (%)	18	a	18	a	21	a	21	a	21	a	22	a	24	a	0,73	0,522
Materia orgánica inicial 21-40 cm (%)	19	a	22	a	20	a	20	a	20	a	20	a	20	a	1,46	0,945
Materia orgánica final 21-40 cm (%)	17	a	19	a	18	a	19	a	19	a	20	a	20	a	0,42	0,212
Relacion C/N inicial 0-20 cm	27	a	32	a	26	a	29	a	23	a	24	a	31	a	3,17	0,368
Relacion C/N final 0-20 cm	32	a	32	a	29	a	26	a	29	a	44	a	30	a	6,0	0,477
Nitrógeno absorbido (kg/ha/año)	232,7	bc	253,6	ab	294,1	a	274	ab	270	ab	185,5	c	267	ab	12,19	0,0009
Fósforo absorbido (kg/ha/año)	35,13	ab	32,67	b	41,8	a	39	ab	39,9	ab	19,97	c	32,7	b	1,69	0,0001
Potasio absorbido (kg/ha/año)	319,4	bc	392,1	ab	442,1	a	442	a	426	a	235,7	c	414	a	17,61	<0,0001
Calcio absorbido (kg/ha/año)	23,83	bc	30,1	a	26,7	ab	23,1	b	21,8	b	9,97	c	20,6	b	1,24	<0,0001
Azufre absorbido (kg/ha/año)	17,3	ab	18,23	a	18,53	a	18,6	a	17,4	ab	13,3	b	19	a	0,88	0,0099

Fuente :Caicedo, W. (2012).

T1 (SSP - Gliricidia); T2 (SSP – Quiebra barriga); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Leucaena); T5 (SSP - Porotillo); T6 (SSP – Testigo agricultor); T7 (SSP – Testigo mejorado); E.E.= Error Estándar de la media; Prob.= Probabilidad.

#### **4. Tasa de absorción de nutrientes del suelo**

El análisis de varianza para esta variable presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) en las tasas de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y calcio entre los sistemas silvopastoriles estudiados.

La absorción de nutrientes del suelo guarda mucha relación con el rendimiento acumulado de materia seca principalmente de los pastos, ya que a mayor rendimiento de forraje mayor es el requerimiento y absorción de nutrientes del suelo (Porta J., et al. 2003). Así los sistemas silvopastoriles que presentan mayor absorción de nutrientes son los mismos que presentan los rendimientos más altos, mientras que la absorción de nutrientes por parte de las leñosas forrajeras es mínima debido al bajo aporte de forraje de estas, en relación al total de forraje producido por sistema silvopastoril estudiado.

##### **a. Nitrógeno absorbido**

Observando el gráfico 2, se puede notar la absorción de nitrógeno por sistema silvopastoril además de la distribución de las medias según Tukey (5%), encontrando el mayor nitrógeno absorbido en el sistema silvopastoril con flemingia ( $293,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ), en un segundo grupo se ubicaron los sistemas silvopastoriles leucaena ( $273,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ), porotillo ( $270,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ), testigo mejorado ( $267,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y quiebra barriga ( $253,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguido del sistema silvopastoril gliricidia ( $232,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) con valores intermedios compartiendo relación con el sistema silvopastoril testigo agricultor que presentó el menor promedio de extracción de nitrógeno  $185,5 \text{ kg ha}^{-1}$ .

##### **b. Fósforo absorbido**

En el gráfico 3, se observa como la prueba de Tukey (5%), dividió las absorciones de fósforo en tres grupos, el sistema silvopastoril con flemingia presentó el mayor promedio de absorción ( $41,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El sistema silvopastoril testigo agricultor presentó el menor promedio  $19,9 \text{ kg ha}^{-1}$  y los sistemas silvopastoriles porotillo

(39,8 kg ha<sup>-1</sup>), leucaena (39 kg ha<sup>-1</sup>), gliricidia (35,1 kg ha<sup>-1</sup>), testigo mejorado (32,7 kg ha<sup>-1</sup>), y quiebra barriga (32,6 kg ha<sup>-1</sup>), presentaron valores intermedios.

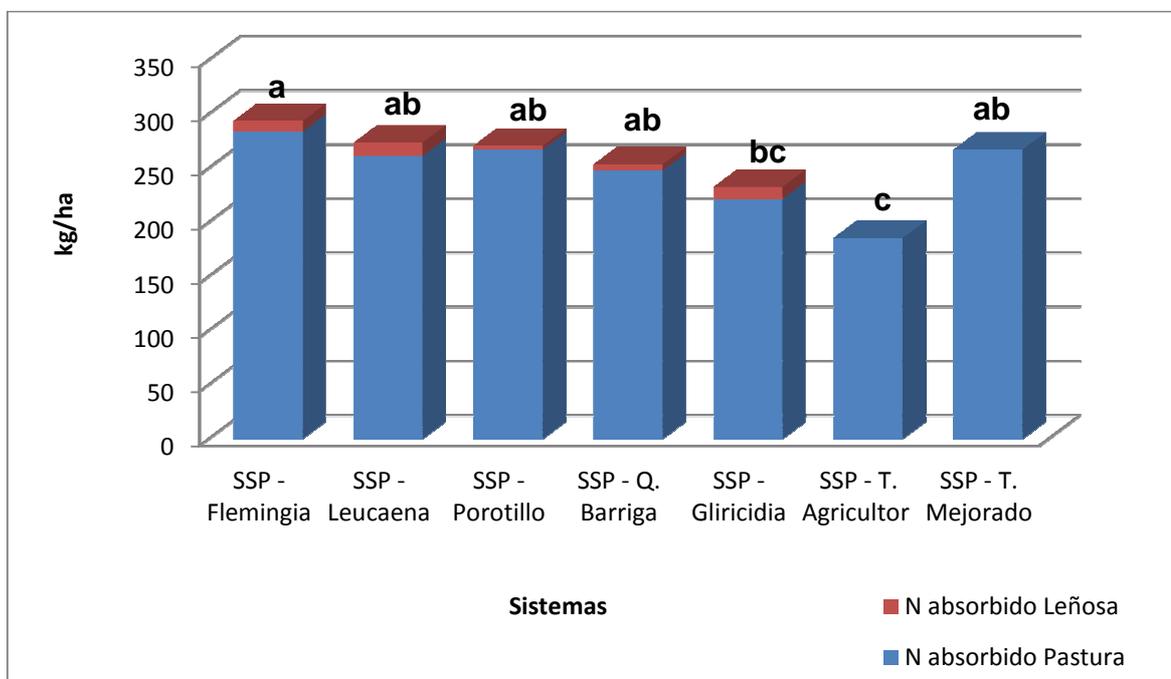


Gráfico 2. Nitrógeno absorbido (kg ha<sup>-1</sup>), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

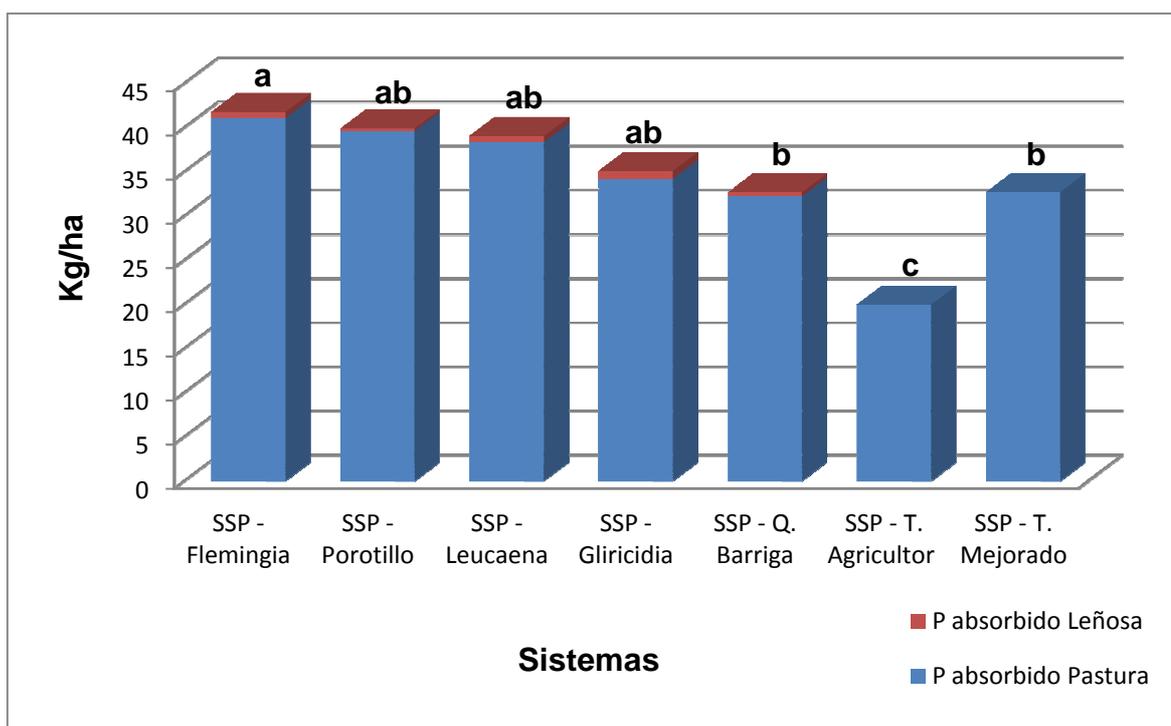


Gráfico 3. Fósforo absorbido (kg ha<sup>-1</sup>), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

### c. Potasio absorbido

Como se muestra en el gráfico 4., la prueba Tukey (5%), distribuyo las medias de absorción de potasio de la siguiente manera; en un primer grupo a los sistemas silvopastoriles leucaena con  $441,9 \text{ kg ha}^{-1}$ , flemingia ( $442,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ), porotillo ( $426,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y testigo mejorado ( $413,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Seguidamente se ubicaron los sistemas silvopastoriles con quiebra barriga ( $392 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y gliricidia ( $319,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ), con valores intermedios y finalmente el sistema silvopastoril testigo agricultor con  $235,7 \text{ kg ha}^{-1}$ .

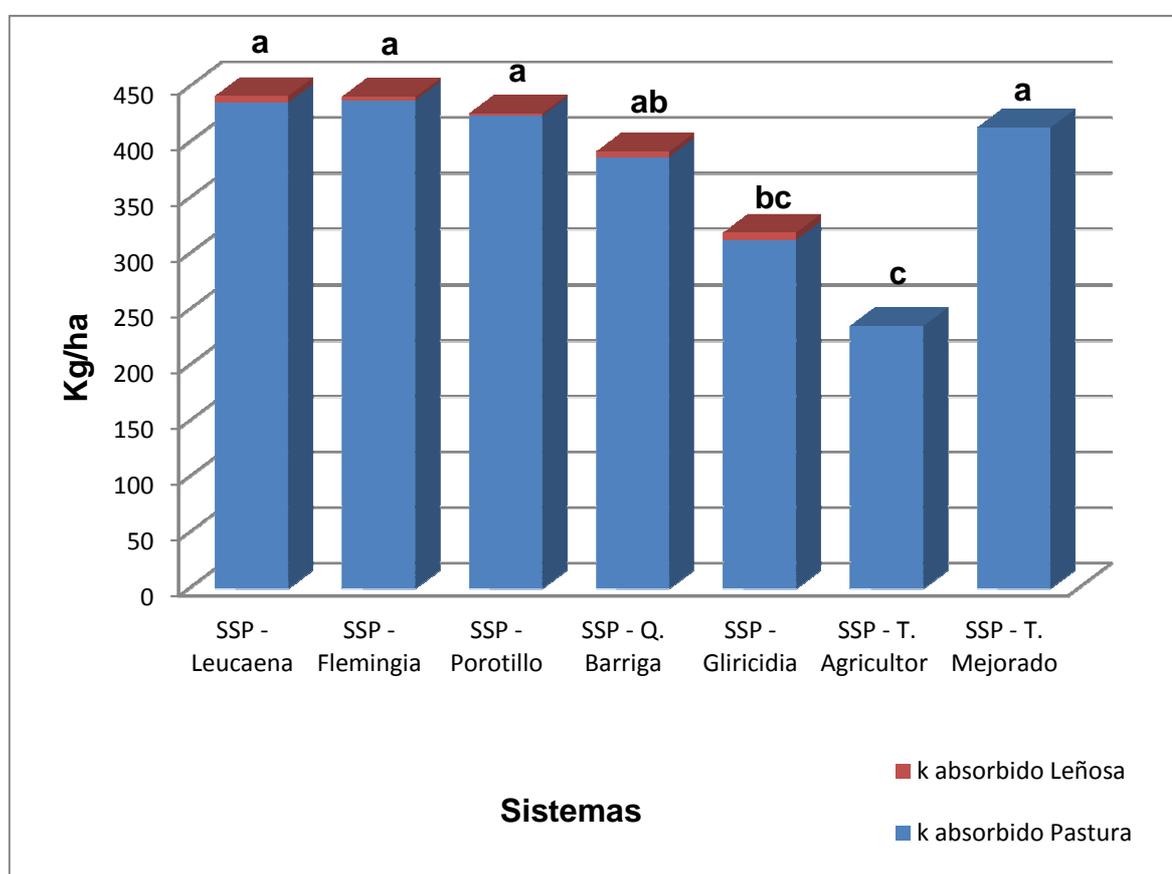


Gráfico 4. Potasio absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

### d. Calcio absorbido

En el gráfico 5, se observa como la prueba de Tukey (5%) dividió las medias de absorción de calcio en tres grupos, el sistema silvopastoril con quiebra barriga

presentó el mayor promedio de absorción ( $30,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), el sistema silvopastoril flemingia ( $26 \text{ kg ha}^{-1}$ ), presento valores intermedios entre los dos primeros grupos y conforma un segundo grupo junto a los sistemas silvopastoriles gliricidia ( $23,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ), leucaena ( $23,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), porotillo ( $22 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y testigo mejorado ( $20,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), para finalmente ubicarse el sistema silvopastoril testigo agricultor con el menor promedio  $9,9 \text{ kg ha}^{-1}$ .

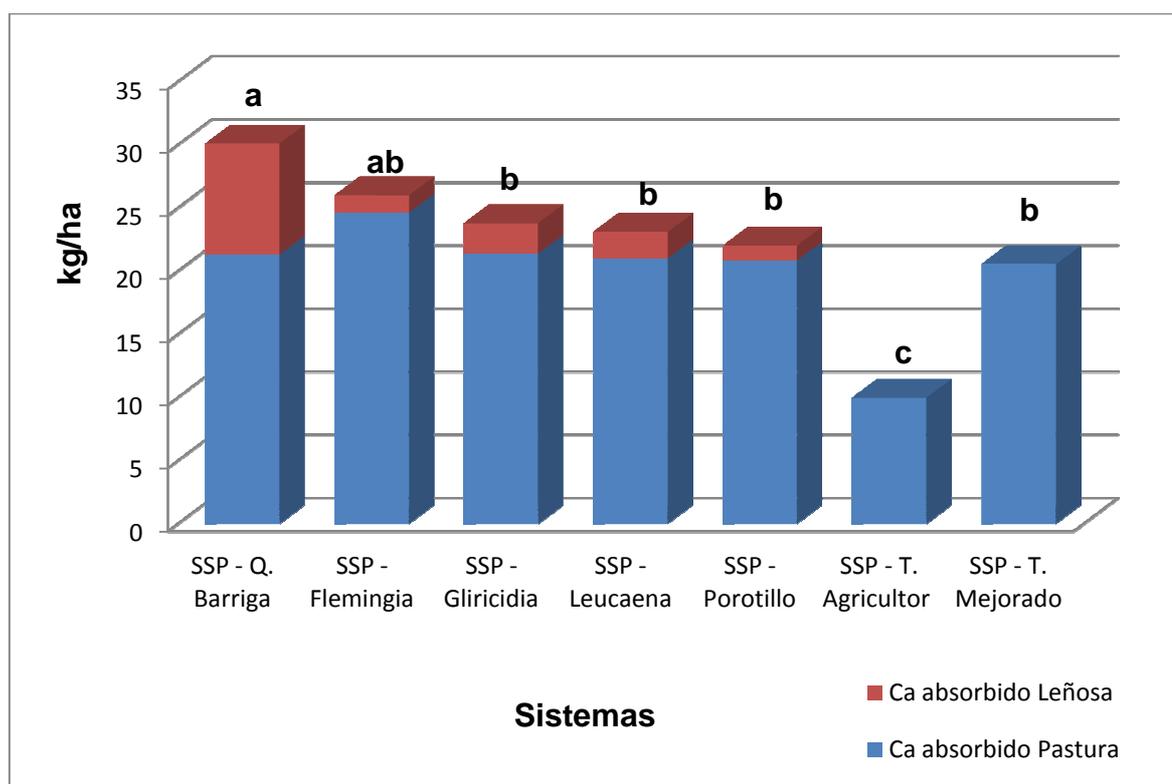


Gráfico 5. Calcio absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

#### e. Azufre absorbido

Como se muestra en el gráfico 6, la prueba Tukey (5%), agrupo las medias de absorción de azufre; en un primer grupo a los sistemas silvopastoriles testigo mejorado con  $18,9 \text{ kg ha}^{-1}$ , leucaena ( $18,58 \text{ kg ha}^{-1}$ ), flemingia ( $18,51 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y quiebra barriga ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Seguidamente se ubicaron los sistemas silvopastoriles con porotillo ( $17,39 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y gliricidia ( $17,31 \text{ kg ha}^{-1}$ ), con valores intermedios y finalmente el sistema silvopastoril testigo agricultor con  $13,32 \text{ kg ha}^{-1}$ .

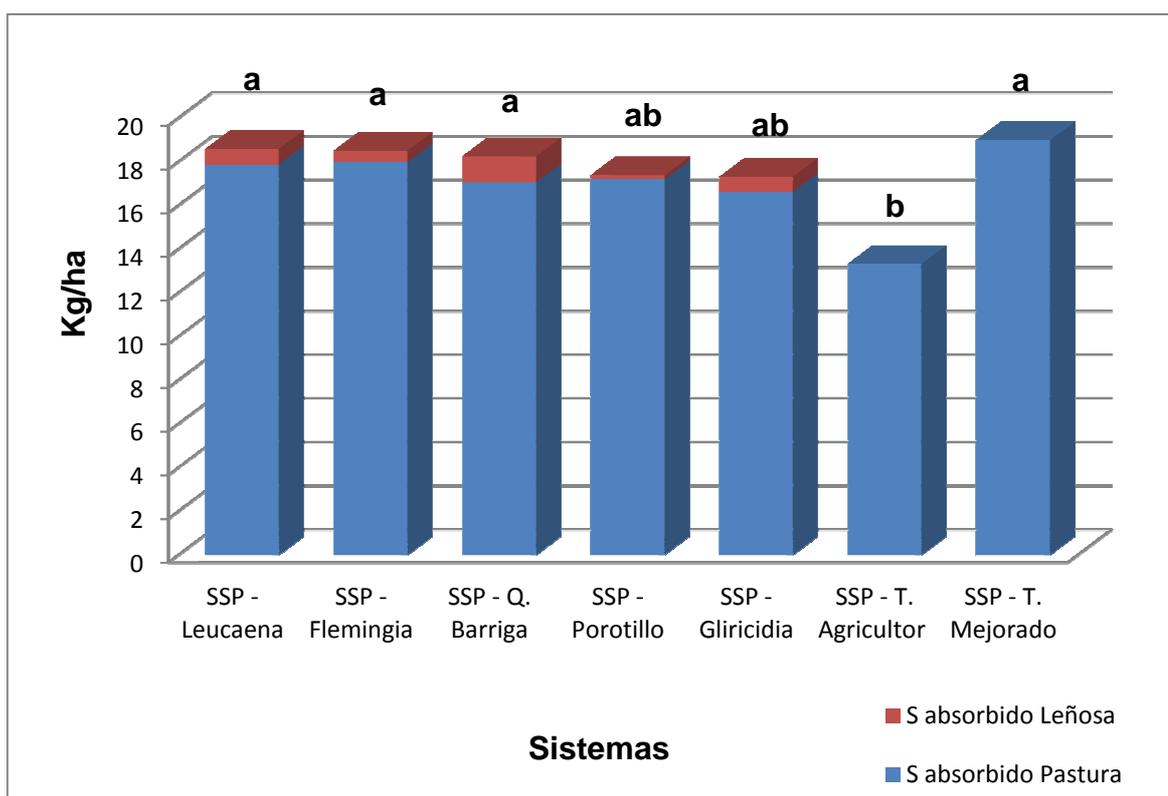


Gráfico 6. Azufre absorbido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en seis pastoreos realizados, en los sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

En general la mayoría de los nutrientes absorbidos durante el primer año de estudio de los sistemas silvopastoriles siguen la misma tendencia en cada elemento a diferencia del calcio en el cual existió diferente distribución de los sistemas silvopastoriles, debido posiblemente a los altos contenidos de calcio reportados en el análisis de tejido vegetal de la especie quiebra barriga sistema que presenta la mayor absorción de calcio a pesar de no tener altos rendimientos de forraje en materia seca por hectárea en el periodo de estudio .

## 5. Número y biomasa de lombrices

### a. Número de lombrices

La variable número de lombrices por metro cuadrado del suelo, a una exploración de 0,2 m, mostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos

agricultor y mejorado en la época de máxima precipitación y no significativas en la época de menor precipitación como nos muestra el cuadro 13.

A pesar de haber significancias estadísticas, la prueba Tukey no detecto grupos en los promedios, probablemente por presentar el coeficiente de variación relativamente alto que nos muestran que la media aritmética no es lo suficientemente representativa en la distribución esto probablemente se deba a que en algunos de los sistemas silvopastoriles no se encontró lombrices.

En las evaluaciones realizadas en la época lluviosa (mayo), las medias de población de lombrices de los sistemas silvopastoriles con quiebra barriga y el testigo mejorado fueron los más destacados. Seguidamente se ubicaron los sistemas silvopastoriles con flemingia y el testigo agricultor, finalmente los sistemas silvopastoriles con gliricidia, leucaena y porotillo no presentaron poblaciones; posiblemente por presentar menor disponibilidad de materia orgánica en descomposición y déficit de humedad en los primeros 20 cm del suelo en esta época de evaluación.

En la época de menor precipitación (agosto), se registró mayor número de lombrices en los sistemas silvopastoriles con quiebra barriga y porotillo; los sistemas silvopastoriles con flemingia, leucaena y el testigo mejorado presentaron poblaciones similares, mientras que el bajo número de lombrices encontrado en el sistema silvopastoril con gliricidia y el testigo agricultor, debido posiblemente al incremento de la compactación de suelo, una vez que los sistemas silvopastoriles fueron sometidos a pasoreos consecutivos, corroborando lo manifestado por Pezo, D., Ibrahim, M. (1999), la reducción del volumen de macroporos en el suelo a causa de la compactación tiene efectos negativos sobre la tasa de infiltración de agua, incrementará la resistencia a la penetración de las raíces, y disminuirá la disponibilidad de O<sub>2</sub> afectando no solo a las especies forrajeras sino también a las lombrices que en el habitan.

Por otro lado los incrementos en la existencia de lombrices en los sistemas silvopastoriles con porotillo y leucaena en las diferentes épocas posiblemente tengan que ver a que estos presentan mejores condiciones de vida para las

Cuadro 13. EVALUACIÓN DE NÚMERO Y BIOMASA DE LOMBRICES POR METRO CUADRADO DE SUELO, EXPLORANDO A 0,20 M DE PROFUNDIDAD, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Número de lombrices Emap (Nº)	0	a 59	a 11	a 0	a 0	a 16	a 48	1,52	0,0368
Número de lombrices Emep (Nº)	0	a 60	a 11	a 11	a 40	a 0	a 27	1,78	0,161
Biomasa de lombrices Emap (g)	0	a 21	a 3,5	a 0	a 0	a 5,3	a 27	0,93	0,0387
Biomasa de lombrices Emep (g)	0	a 25	a 2,7	a 4,3	a 21,6	a 0	a 17	1,32	0,2206

Fuente: Caicedo, W. (2012).

E.E.= Error Estándar de la media.

Prob.= Probabilidad.

Emap= época de máxima precipitación (mayo).

Emep = época de menor precipitación (agosto).

T1 (SSP - Gliricidia); T2 (SSP – Quiebra barriga); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Leucaena); T5 (SSP - Porotillo); T6 (SSP – Testigo agricultor); T7 (SSP – Testigo mejorado).

lombrices como altos contenidos de nitrógeno a la profundidad de 0 a 20 cm, gran desarrollo de la pastura corroborado con el porcentaje de cobertura y producción, que estos sistemas presentan lo que influye además en el factor humedad del suelo, argumento que se hace en base a lo manifestado en (<http://www.edafologia.com.ar/>. 2011). Las condiciones de vida de las lombrices es relativamente amplio, cuyo factor más limitante es la falta de humedad existiendo problemas de supervivencia en suelos desnudos debido a altas temperaturas y sequedad, falta de residuos orgánicos y exposición a sus depredadores.

#### **b. Biomasa de lombrices**

Los resultados en esta variable siguieron la misma tendencia que el variable número de lombrices en el suelo, mostrando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), entre sistemas silvopastoriles en la época de máxima precipitación y no significativas en la época de menor precipitación.

Las lombrices de tierra benefician la productividad de los pastos porque airean y sueltan el suelo, facilitan la fijación de nitrógeno a las leguminosas, mejoran la penetración del agua en el suelo, incrementan la materia orgánica del suelo, descomponen rápidamente el estiércol con lo que se reciclan nutrientes, se reducen los sitios de reproducción de las moscas y consumen nematodos que pueden producir daños en las raíces de las plantas (Gonzales, J. 2009).

La biomasa de lombrices al presentar la misma tendencia que la variable anterior número de lombrices, tiene la misma distribución de los sistemas silvopastoriles estudiados en las dos épocas de evaluación, pero es apreciable que en las dos evaluaciones realizadas se destaca el sistema silvopastoril quiebra barriga, presentando mayor regularidad en cuanto a número y biomasa de lombrices, posiblemente se deba a sus propiedades de mantenimiento y conservación de agua, lo que puede ser visible en la curva de humedad del suelo de este sistema silvopastoril, ya que las lombrices prefieren suelos que conservan una cierta humedad, siendo este factor directamente responsable de la mayor o menor abundancia de lombrices.

En general existe una cantidad baja de lombrices al primer año de las alternativas sistemas silvopastoriles estudiadas, esto a pesar de que el contenido de materia orgánica es alto, debido probablemente a las actividades de rotación de cultivos y al removimiento de suelo que fue necesario antes y durante el establecimiento de estos sistemas, descartando con esto un posible efecto de los sistemas silvopastoriles en la existencia o no de lombrices en sus suelos.

## **6. Humedad volumétrica**

Es la relación entre el volumen del agua y el volumen total o aparente del suelo, los porcentajes de humedad volumétrica del suelo en los diferentes sistemas silvopastoriles no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en los meses de estudio, los promedios de humedad volumétrica encontrados en la investigación, pero se puede mencionar que las curvas del porcentaje de humedad del suelo formadas en cada sistema silvopastoril refleja la misma tendencia a la curva de precipitación anual formada en San Carlos, Orellana.

El que no exista diferencias podría deberse a que todos estos sistemas silvopastoriles estudiados tienen una mayor distribución de la humedad en el perfil del suelo, debido a su porosidad (causada por una mayor zona radicular), y similar grado de compactación, siendo aún no visible el efecto que pueda ocasionar la presencia de las leñosas sobre los porcentajes de humedad en los sistemas. Esta acotación hecha por lo encontrado por Ramos, R., (2003), quien reporta alrededor de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  más biomasa de raíces finas en pasturas mejoradas asociadas con árboles que en praderas degradadas (a una profundidad de 0 a 20 cm), se detallan en el cuadro 14.

Según lo mostrado en el gráfico 7, se puede indicar que el sistema silvopastoril con gliricidia es el que menos porcentaje de humedad volumétrica presenta en todos los meses de estudio, posiblemente esto se deba al mayor grado de compactación del suelo en dicho sistema.

En general, los valores de humedad volumétrica del suelo de los sistemas

Cuadro 14. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD VOLUMÉTRICA MENSUAL DEL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Humedad volumétrica marzo (%)	41 a	46 a	43,9 a	43 a	46,2 a	45,1 a	44 a	1,82	0,398
Humedad volumétrica abril (%)	47 a	49 a	49,7 a	49 a	49,2 a	48,7 a	49 a	1,85	0,957
Humedad volumétrica mayo (%)	43 a	48 a	47,6 a	46 a	48,3 a	45,5 a	45 a	1,49	0,285
Humedad volumétrica junio (%)	41 a	46 a	45,7 a	44 a	46,8 a	44,5 a	43 a	1,51	0,272
Humedad volumétrica julio (%)	41 a	45 a	45,2 a	44 a	45,4 a	42,9 a	42 a	1,21	0,140
Humedad volumétrica agosto (%)	41 a	46 a	45,5 a	44 a	45,6 a	43,9 a	43 a	1,65	0,464
Humedad volumétrica septiembre (%)	43 a	48 a	48 a	46 a	47,8 a	47,1 a	47 a	1,52	0,425
Humedad volumétrica octubre (%)	44 a	49 a	48,6 a	47 a	48,9 a	48,4 a	48 a	1,54	0,300
Humedad volumétrica noviembre (%)	42 a	45 a	45,8 a	44 a	44,5 a	45,9 a	44 a	1,6	0,588
Humedad volumétrica diciembre (%)	44 a	48 a	48,2 a	45 a	47,4 a	47,7 a	46 a	1,03	0,156

Fuente: Caicedo, W. (2012).

T1 (SSP - Gliricidia); T2 (SSP – Quiebra barriga); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Leucaena); T5 (SSP - Porotillo); T6 (SSP – Testigo agricultor); T7 (SSP – Testigo mejorado); E.E.= Error Estándar de la media; Prob.= Probabilidad.

silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras versus los sistemas testigos agricultor y mejorado no tienen mucha variación, debido probablemente a que todos los sistemas estudiados fueron establecidos sobre una superficie de suelo homogénea, donde existió una plantación de palma aceitera, de la cual debe haber quedado residuos de raíces lo que resulta beneficioso según lo manifestado por (Gonzales, J. 2009), quien menciona que las galerías que dejan las raíces al descomponerse, también influyen de modo importante en la infiltración del agua, en su almacenamiento en el suelo y en la conservación de suelos y del agua.

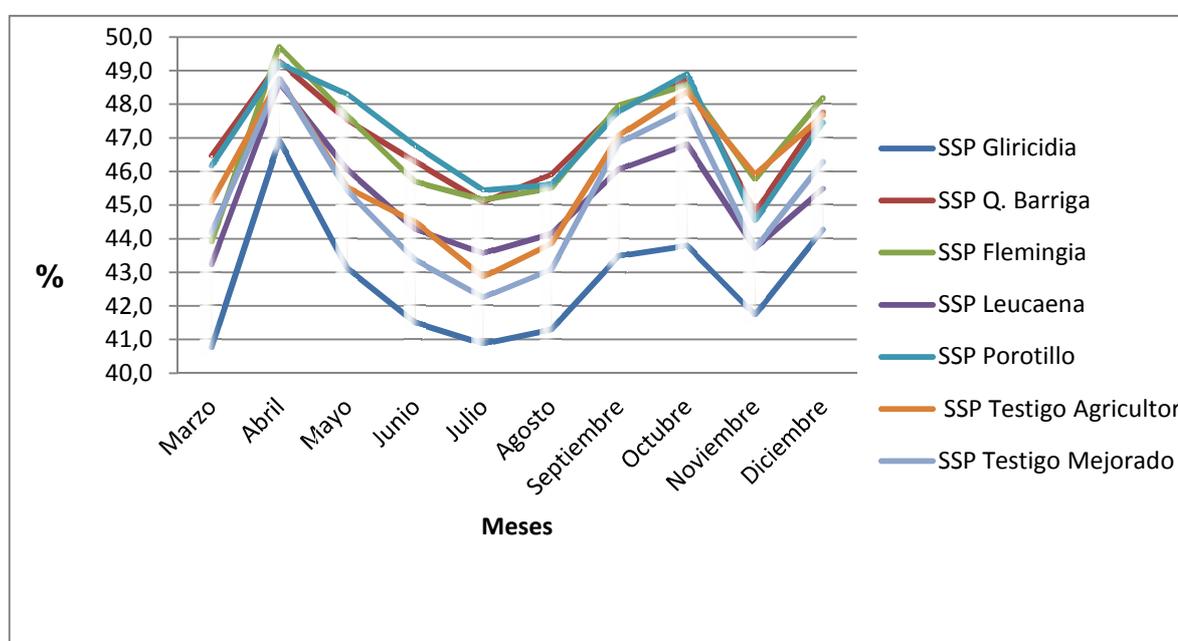


Gráfico 7. Porcentaje de humedad volumétrica del suelo de 0 a 20 cm de profundidad, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

## B. PRODUCCIÓN PRIMARIA

### 1. Altura de las pasturas

La altura de las pasturas muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), en la altura alcanzada 15 días posteriores al pastoreo entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y testigo mejorado versus el

sistema testigo agricultor. Sin embargo la altura de 30 días posteriores al pastoreo no se encuentra diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), al comparar los sistemas silvopastoriles.

A los 15 días de evaluación de altura de la pastura en los sistemas testigo mejorado, porotillo, flemingia, leucaena, Q. barriga y gliricidia se presentaron los valores 57,3, 57, 56,7, 56,3, 55,3, 55 cm, respectivamente los cuales cuentan con la pastura *B. híbrido* (mulato), como componente forrajero, contrariamente el promedio más bajo presentó el sistema testigo agricultor (50 cm), que tiene como componente forrajero a la pastura *B. decumbens* (dallis).

Las diferencias altamente significativas encontradas a la edad de 15 días posteriores al pastoreo entre estas dos variedades de pastos, posiblemente se debe a que la especie mulato, según lo manifestado por Argel, P., et al. (2007), tiene mayor capacidad de rebrote y mejor reacción al pastoreo, o por su hábito de crecimiento semi-erecto con estolones cilíndricos vigorosos, que a diferencia del dallis según Bishop, J., et al. (2003), acusa un crecimiento decumbente con estolones largos y delgados, lo que no ayuda a su rápida recuperación después del pastoreo. En el gráfico 8., se presenta la altura de la pastura obtenida al primer año, en los sistemas silvopastoriles estudiados.

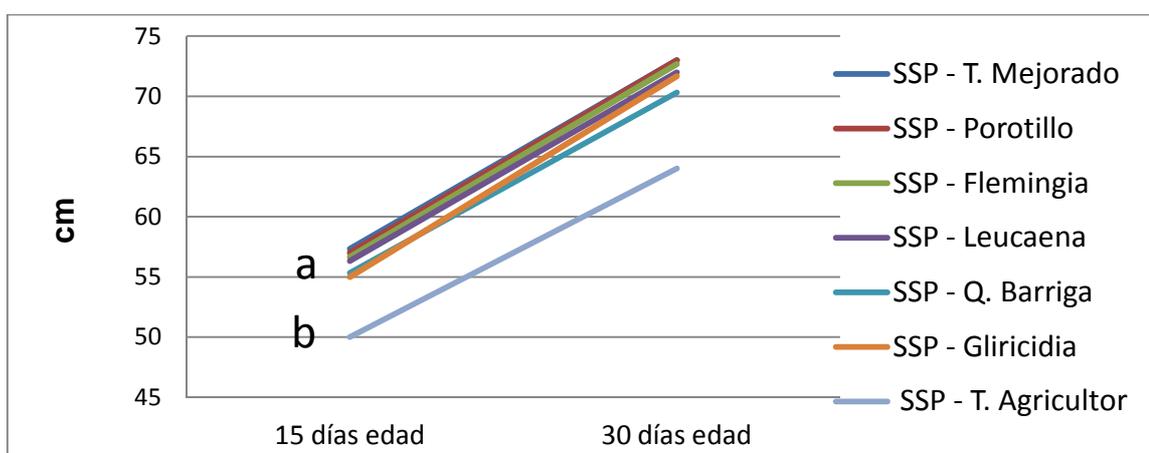


Gráfico 8. Altura de la pastura (cm), a las dos edades de evaluación en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

De acuerdo a investigaciones realizadas por Bonifaz, C. (2011), en evaluación de parcelas de pasto *B. decumbens* en la provincia de Pastaza a los 15 días de edad, reporta una altura de 21,63 cm en promedio, valor que como se puede apreciar es muy bajo en relación a lo obtenido en esta investigación. Probablemente, esto se debe a que el aprovechamiento de esta pastura se la realizó mecánicamente a 5 cm de altura del suelo, mientras que en la presente investigación, el aprovechamiento fue por medio de pastoreo en donde el remanente de pastura fue en promedio 30 cm del suelo, como se muestra en el cuadro 15.

Aunque se sigue el mismo patrón en los incrementos de altura, en estas dos variedades a la edad de 30 días, solo se mostró una pequeña superioridad en promedio de 8 cm por parte del *B. híbrido* en relación a la altura del *B. decumbens* en los respectivos sistemas silvopastoriles estudiados. Por su parte investigaciones realizadas en la Estación Experimental Napo-Payamino del NIAP (2003), con la utilización de fertilizantes base en el suelo, a la edad de 30 días se encontraron alturas de 70 cm en *B. decumbens*, datos que son ligeramente superiores a los encontrados en esta investigación, debido posiblemente a la fertilización empleada periódicamente en estos ensayos.

Resultados encontrados, en un estudio realizado por Avellaneda, J., et al. (2008), para evaluar el comportamiento de tres variedades de *Brachiaria* a diferentes edades de cosecha, se encontró alturas de 72 y 69,38 cm para las especies *B. decumbens* y *B. híbrido* respectivamente a la edad de 28 días, alturas que son similares con los resultados encontrados en la presente investigación, pero con la particularidad de que la altura del *B. decumbens* era apenas superior a la del *B. híbrido*, hecho que no se observó en la presente investigación.

Al observar los promedios de la altura de las pasturas, en los seis pastoreos consecutivos durante el primer año de estudio, a dos edades (15 días y 30 días), posteriores al pastoreo, no se evidencia un efecto marcado sobre la tasa de crecimiento de las pasturas por posible sombreamiento de las leñosas

Cuadro 15. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS PASTURAS, PRODUCCIÓN EN LEÑOSAS FORRAJERAS Y GANANCIAS DE PESO DEL COMPONENTE ANIMAL, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles (SSP)											E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7						
Altura a los 15 días, (cm)	55 a	55 a	56,7 a	56 a	57 a	50 b	57 a	0,96	0,0024				
Altura a los 30 días, (cm)	72 a	70 a	72,7 a	72 a	73 a	64 a	73 a	2,01	0,0794				
Cobertura a los 15 días, (%)	63 a	63 a	64,7 a	65 a	64 a	67 a	65 a	1,1	0,2803				
Cobertura a los 30 días, (%)	83 a	84 a	87 a	87 a	86 a	84,7 a	87 a	2,22	0,7179				
Relación hojas-tallo	0,9 a	0,9 a	0,91 a	0,9 a	0,92 a	0,67 b	0,9 a	0,02	0,0001				
Biom. de la pastura, (t ha M.S.-1 año-1)	14 ab	14 ab	15,4 a	16 a	15,6 a	11,1 b	16 a	0,73	0,0065				
Biom. de la leñosa, (t ha M.S.-1 año-1)	0,3 a	0,2 b	0,29 a	0,3 a	0,08 b	-	-	0,02	0,0004				
Prodc. animal, ganancia de peso (kg/día)	0,7 ab	0,7 ab	0,74 a	0,7 b	0,72 ab	0,47 c	0,7 b	0,01	0,0001				

Fuente: Caicedo, W. (2012).

T1 (SSP - Gliricidia); T2 (SSP – Quiebra barriga); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Leucaena); T5 (SSP - Porotillo); T6 (SSP – Testigo agricultor); T7 (SSP – Testigo mejorado); E.E.= Error Estándar. Prob.= Probabilidad; Biom.= Biomasa; Produc.= Producción.

presentes en cada sistemas, lo que se evidencio es diferencias en altura por efecto de las diferentes especies de *brachiarias* utilizadas.

## 2. Cobertura de la pastura

La variable cobertura de la pastura, a dos intervalos después del pastoreo: (15 días y 30 días), no presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos agricultor y mejorado, en los seis pastoreos consecutivos realizados durante el estudio.

Las coberturas alcanzadas a las diferentes edades estudiadas se presentan a continuación en el gráfico 9.

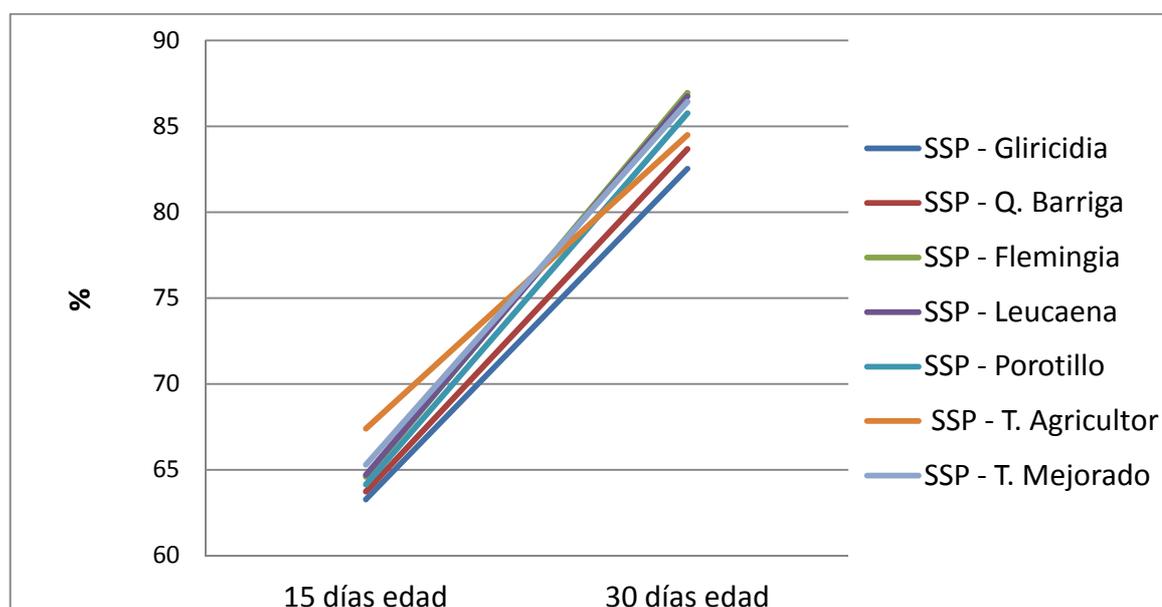


Gráfico 9. Cobertura de la pastura (%), a las dos edades de evaluación en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

A la edad de 15 días posteriores al pastoreo a pesar de no encontrarse diferencias significativas para ( $p < 0,05$ ), es notoria una diferencia numérica a esta edad, en donde el porcentaje más alto (67,4), lo presento el componente forrajero (*B. decumbes*), presente en el sistema testigo agricultor, mientras que en los

sistemas testigo mejorado (65,3), leucaena (64,7), flemingia (64,6), porotillo (64,1), Q. barriga (63,7), gliricidia (63,3), presentaron porcentajes más similares entre ellos, sistemas que cuentan con el *B. híbrido* como componente forrajero. Esta superioridad del (*B. decumbes*), debido posiblemente a lo manifestado por Bishop, J., et al. (2003), el *B. decumbens* tiene crecimiento decumbente, con estolones largos y delgados cuyos nudos al estar en contacto con el suelo, emiten raicillas con facilidad provocando una mayor cobertura.

Según investigación realizada por Bonifaz, C. (2011), en el comportamiento del pasto *B. decumbens* con la aplicación de diferentes niveles de humus, en la provincia de Pastaza a los 15 días de edad, encontró una cobertura de 78,3 % en el tratamiento testigo, dato que es superior a los encontrados en esta investigación, debido posiblemente a que la pastura de esta investigación apenas había superado la fase de establecimiento cuando se empezó la evaluación, a diferencia del otro experimento donde se evaluó con pasturas años atrás establecida.

Al respecto, Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), en las especies estoloníferas, el pisoteo moderado puede ejercer efectos favorables para la propagación vegetativa, al poner en contacto los entrenudos con el suelo húmedo favoreciendo la emergencia de nuevas plántulas. De igual manera, un manejo adecuado de pastoreos permite que las pasturas perennes aumenten la cobertura de planta en el suelo y por ende en las praderas mediante cada pastoreo (Gonzales, R., et al. 1993 - INIAP-CIID y el IICA).

A la edad 30 días la cobertura de la pastura en los sistemas silvopastoriles tampoco presenta diferencias estadísticas para ( $p < 0,05$ ). Más aún, a esa edad las dos especies de *brachiarias* estudiadas presentan similares promedios en porcentaje de cobertura 85,4 y 84,5 %, tanto en el *B. híbrido* y *B. decumbens* respectivamente.

Al respecto, estudios realizados por Argel, P., et al. (2007), en parcelas demostrativas del pasto mulato, a la edad de 30 días se encontró coberturas superiores al 80 %, corroborando esto porque la mayor cobertura de los pastos se

logra cuando hay una abundante elongación de los tallos característica de las *Brachiarias* y un incremento en la producción foliar, según lo mencionado por este autor podemos manifestar que la pequeña superioridad en cobertura del *B. hibrido* sobre el *B. decumbens* a la edad de 30 días, se puede justificar con la superioridad que presenta en las variables de relación hojas-tallo y producción de biomasa de la pastura.

De la misma manera en estudio realizado por Bonifaz, C. (2011), en el comportamiento del pasto *B. decumbens* con la aplicación de diferentes niveles de humus, en la provincia de Pastaza a los 30 días de edad, encontró una cobertura de 88 % en el tratamiento testigo, valor que es ligeramente superior al encontrado en la presente investigación, debido posiblemente a la diferente edad de establecimiento de la pastura.

En general al realizar el respectivo análisis de los resultados obtenidos en el primer año de evaluación de los sistemas silvopastoriles podemos manifestar que la frecuencia de pastoreo para este periodo estuvo aceptable ya que la pastura joven tuvo buenas respuestas de rebrote después de los respectivos pastoreos, donde la altura de la pastura se mantuvo ligeramente variable y la cobertura de la misma se incrementó paulatinamente como efecto de los mismos pastoreos, mostrándose una ligera superioridad del *B. hibrido* (mulato), en relación al *B. decumbens* (dallis), en estas dos variables al primer año de estudio.

### **3. Relación Hojas-tallo herbácea**

La relación hoja/tallo indica la eficiencia del genotipo en el envío de asimilados a la lámina foliar respecto a la formación de tejidos de sostén (tallo), probablemente como una respuesta a condiciones favorables, lo que le permitiría a la planta aumentar las tasas de fotosíntesis (Combatt, E., et al. 2008).

El análisis realizado para esta variable muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y testigo mejorado versus el sistema testigo agricultor, debido esencialmente a la diferente especie de pastura en los sistemas.

Esta relación hojas/tallo de la pastura de los sistemas silvopastoriles se muestra en el gráfico 10.

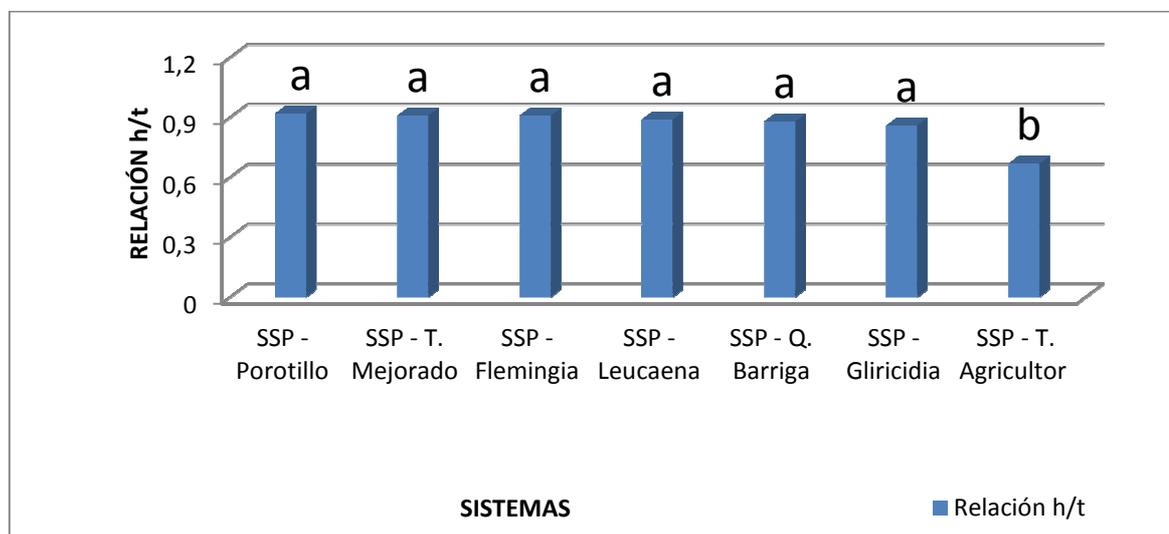


Gráfico 10. Relación hojas/tallo en especies de *Brachiarias* utilizadas como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

La prueba de Tukey (5%) dividió las medias de relación hoja/tallo en dos grupos, los sistemas silvopastoriles con porotillo, flemingia, leucaena, quiebra barriga, gliricidia y el testigo mejorado, que tienen como componente forrajero al pasto mulato (*B. híbrido*), presentaron promedios relación h/t de 0,92, 0,91, 0,91, 0,89, 0,88 y 0,86, respectivamente, mientras que el sistema testigo agricultor que tiene como componente forrajero al pasto dallis (*B. decumbens*), acusó 0,67 siendo el promedio más bajo que los otros sistemas silvopastoriles estudiados.

La mayoría de estos promedios concuerdan con los encontrados por Avellaneda, J. et al. (2008) de  $1.3 \pm 0.4$  relaciones hoja/tallo en ecotipos de *Brachiaria*, pero son muy superiores al promedio obtenido en *B. decumbens* en la presente investigación. Algo similar encontró el mismo autor citando a Otoyá (1986), quien encontró relación hojas/tallo inferiores en lo que al pasto *B. decumbens* se refiere versus otros ecotipos de *Brachiarias* estudiados.

En estudios realizados por Combatt, E., et al. (2008), en evaluación del crecimiento del *B. decumbens*. a la edad de 28 días, se encontró relación hojas/tallo desde 1 hasta 0.63, rango en el que se encuentra el dato obtenido en esta investigación, tal variación según el autor se debe probablemente a las variaciones ambientales, sobre todo la disponibilidad de agua en el suelo. De otra parte, los resultados encontrados en el pasto mulato en cuanto a relación hojas/tallo concuerdan con los encontrados por Cruz A., et al. (2010), a la edad de 28 días, cuyos valores en la relación hojas/tallo de *B. híbrido* fue de  $1,12 \pm 0,3$ .

La superioridad del *B. híbrido* sobre los valores obtenidos en el *B. decumbens*, se puede atribuir a las diferentes condiciones morfológicas de cada uno de estos pastos, principalmente en lo relacionado al tamaño y producción de hojas de estas dos variedades estudiadas. Canchila, E., et al. (2008), asevera que las variedades de *Brachiarias* que presentan mayor desarrollo foliar, siempre acusan una mejor respuesta en esta variable.

En general, la relación hoja/tallo de los pastos *Brachiaria* a partir de su establecimiento se comporta de manera variable. Tal como señala Combatt, E., et al. (2008), la capacidad de las plantas de producir nuevos rebrotes superando la producción de hojas y, por otro lado, la formación de tallos gruesos y resistentes que se incrementan con el tiempo como consecuencia lógica de la senectud, evitan mantener esta relación relativamente estable.

#### **4. Biomasa de la pastura**

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), en la producción de materia seca acumulada en seis pastoreos registrados en el primer año de estudio, al comparar los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras versus el tratamiento testigo mejorado, y éste último versus el sistema testigo agricultor.

Los rendimientos en materia seca por hectárea de la pastura, al primer año de evaluación se detallan en el gráfico 11.

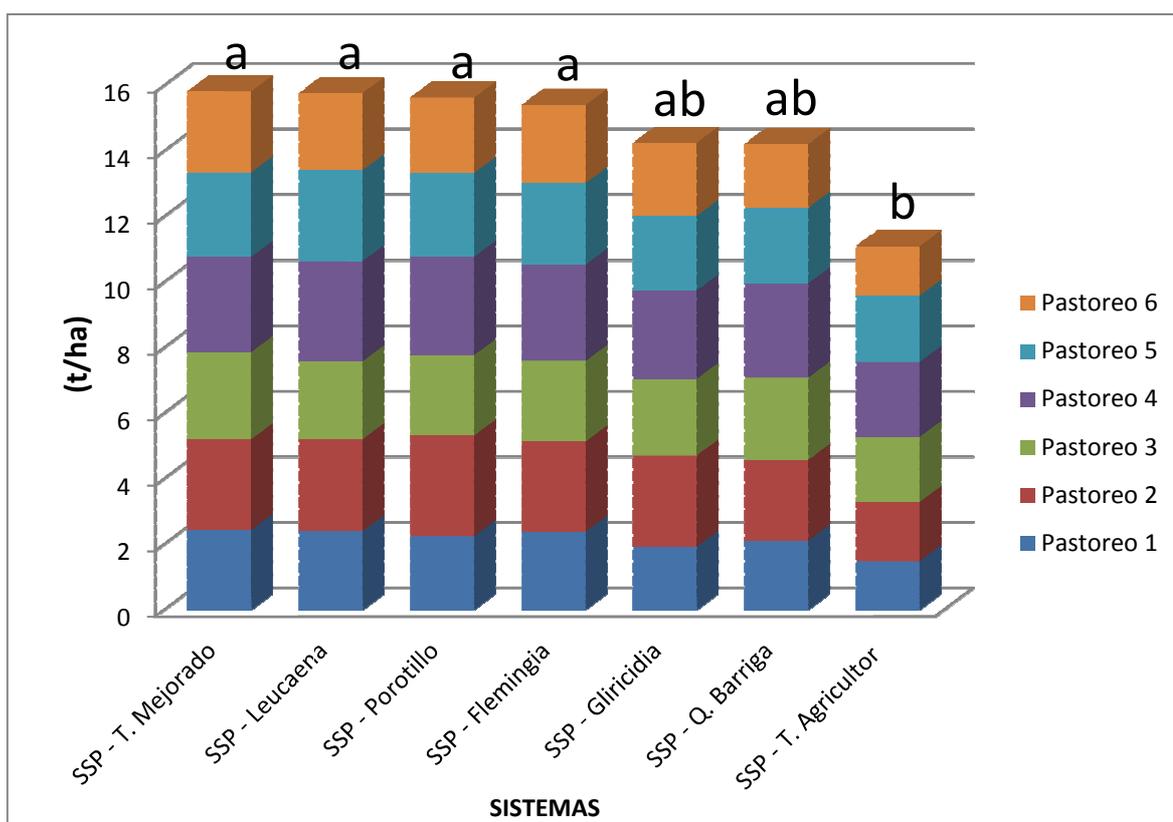


Gráfico 11. Rendimiento acumulado de materia seca de pastos ( $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ), por pastoreo, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

En todo el periodo de estudio (6 pastoreos), los sistemas silvopastoriles con mayor rendimiento de materia seca fueron: testigo mejorado ( $15,82\ t/ha$ ) y los sistemas con leucaena ( $15,77\ t/ha$ ), porotillo ( $15,63\ t/ha$ ), y flemingia ( $15,41\ t/ha$ ). Menores rendimientos fueron registrados en los sistemas silvopastoriles: con gliricidia ( $14,25\ t/ha$ ), y quiebra barriga ( $14,21\ t/ha$ ), finalmente, el sistema testigo agricultor presentó el menor rendimiento ( $11,10\ t/ha$ ). Los resultados de esta variable presentaron una respuesta que siguió la misma tendencia de la variable altura de la pastura, es decir, a mayor altura, mayor cantidad de biomasa acumulada y además estas diferencias debidas esencialmente a la diferente especie de pastura en los sistemas estudiados.

Esas diferencias entre sistemas silvopastoriles se pueden explicar posiblemente como una respuesta de las pasturas a la cantidad de sombra que proyecta el sistema testigo mejorado y aquella en los sistemas con leucaena, porotillo y

flemingia. Al respecto, Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), sugiere que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos, teniendo un efecto más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras con ciclo fotosintético tipo C4 (gramíneas tropicales).

En estudio realizado por Bonifaz, C. (2011), para evaluar el comportamiento del pasto *B. decumbens* con la aplicación de diferentes niveles de humus, en la provincia de Pastaza a los 30 días de edad, se encontró una producción de materia seca de 1,08 t/ha/corte en el tratamiento testigo, también según investigaciones realizadas en la Estación Experimental Napo-Payamino del NIAP. (1993), con la utilización de fertilizantes base en el suelo se encontraron producciones promedio de 1,5 t/ha/corte.

Estos datos son inferiores al promedio por corte encontrado en la presente investigación, debido posiblemente a los diferentes factores climáticos, condiciones de fertilidad del suelo y estado de desarrollo de la pastura de las zonas de estudio.

Por su parte, Bonifaz, C., (2011), citando a Chaverri (1990), al conducir una investigación para determinar el efecto de la fertilización follar sobre el rendimiento y el valor nutritivo del pasto *B. decumbens*, registró una producción de 1,9 t/ha/corte de M.S., cuyo dato es ligeramente superior al promedio de producción obtenido en la presente investigación.

Argel, P., et al., (2007), menciona que parcelas demostrativas establecidas en piedemonte amazónico colombiano, caracterizados por sus suelos ácidos, bajos niveles de fósforo, con texturas franco-arcillosos-arenosos, a 24,6 °C de temperatura promedio anual, evaluando *B. híbrido* (Mulato), bajo cortes cada 28 días, encontraron rendimientos promedio de 2,6 t/ha/corte, siendo esta producción similar a la obtenida en la presente investigación.

Las diferencias altamente significativas entre las dos variedades de *Brachiarias* estudiadas ratifica lo manifestado por Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), quienes

indican que es normal esperar mayores rendimientos de siembras seleccionadas de pastos (pasturas mejoradas), en comparación a accesiones de pasturas años atrás liberadas. Además, el suelo de los sistemas silvopastoriles que presentan mayor rendimiento de la pastura presenta mejores condiciones de fertilidad especialmente nitrógeno y materia orgánica, menor compactación en el suelo, lo cual permite un mejor desarrollo radicular de la pastura y por lo consiguiente mayores rendimientos de forraje.

##### **5. Valor nutritivo de la pastura**

En los resultados de análisis bromatológicos de pastos, se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), en el contenido de materia seca (M.S.), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y testigo mejorado versus el sistema testigo agricultor, mientras que los contenidos de proteína y fibra cruda no fueron estadísticamente diferentes. Los valores de los parámetros del valor nutritivo de las pasturas se detallan en el cuadro 16.

El agua como nutrimento agrega peso a un forraje y no contribuye a su valor energético, por esa razón es común en toda valoración de alimentos excluir el agua (Gonzales, J. 2009).

El contenido de materia seca de la pastura del sistema silvopastoril testigo agricultor que tiene como componente herbáceo a la pastura *B. decumbens* (dallis), fue de un 3 a 4% superior al del resto de los sistemas silvopastoriles que cuentan con la pastura *B. híbrido* (mulato) como componente herbáceo, esta diferencia se debe seguramente a lo manifestado en <http://www.ute.edu.ec/posgrados/revistaeidos/edicion1/art013.html>. (2009), el pasto mulato contiene menor porcentaje de materia seca por presentar un gran desarrollo foliar con un alto contenido de humedad, pero su rendimiento de materia seca es superior a algunas *Brachiarias*, debido a su elevada producción de materia verde.

En el gráfico 12, se detalla medias del porcentaje de materia seca de la pastura y la distribución según Tukey (5%).

Cuadro 16. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS PASTURAS, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Parámetros	Sistemas silvopastoriles (SSP)												E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7							
Materia seca (%)	18 b	17 b	17 b	18 b	18 b	21 a	18 b	0,0042	0.0002					
Proteína cruda (%)	9,7 a	11 a	11,5 a	10 a	10,7 a	10,5 a	11 a	0,79	0,8062					
Fibra cruda (%)	34 a	32 a	32,1 a	32 a	31,5 a	33 a	32 a	0,67	0,4493					
Extracto etéreo (%)	1,5 a	1,5 a	1,69 a	1,7 a	1,56 a	1,42 a	1,7 a	0,07	0,0214					
Ceniza (%)	13 a	13 a	12,5 a	13 a	12,8 a	10,8 b	13 a	0,29	0,0014					

Fuente: Caicedo, W. (2012).

E.E.= Error Estándar.

Prob.= Probabilidad.

T1 (SSP - Gliricidia).

T2 (SSP – Quiebra barriga).

T3 (SSP - Flemingia).

T4 (SSP - Leucaena).

T5 (SSP - Porotillo).

T6 (SSP – Testigo agricultor).

T7 (SSP – Testigo mejorado).

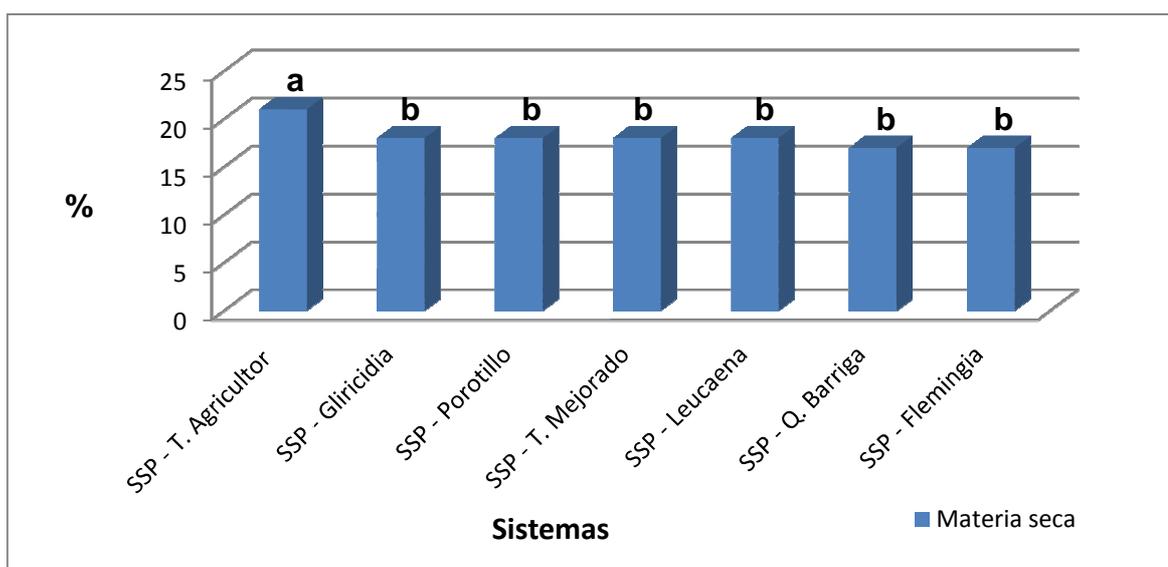


Gráfico 12. Contenido de materia seca de las pasturas (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Estudio realizado por Llerena, H. (2008), en evaluación del efecto de tres niveles de fertilización de praderas establecidas de *B. decumbens* en el cantón Orellana, el mismo que al emplear  $500\text{N}_2-120\text{P}_2\text{O}-80\text{K}_2\text{O}$  y  $600\text{N}_2-120\text{P}_2\text{O}-80\text{K}_2\text{O}$ , encontró un contenido de M.S. de 24,76 % y 23,31 % respectivamente, a la edad de 45 días, estos porcentajes son superiores a los encontrados en la presente investigación, debido posiblemente a que la edad de aprovechamiento en dicho estudio es mayor a la de nuestra investigación, afirmando lo manifestado por Combatt, E., et al. (2008), es normal encontrar incrementos paulatinos en el porcentaje de materia seca a medida que la planta va envejeciendo, a causa de la formación de tallos más gruesos y maduros como consecuencia lógica de la misma senectud. Además Bonifaz, C., (2011), afirma que la aplicación de niveles crecientes de fertilizantes nitrogenados produce importantes incrementos en los rendimientos de materia seca, siendo más notable en los pastos más maduros.

Bonifaz, C., (2011), en el comportamiento del pasto *B. decumbens* con la aplicación de diferentes niveles de humus, en la provincia de Pastaza, a los 30 días de edad, encontró contenidos de M.S. de 17,83 % en el tratamiento testigo. <http://www.ute.edu.ec/posgrados/revistaeidos/edicion1/art013.html>. (2009), en investigación de fertilización química y organo mineral del pasto Mulato (*B.*

*hibrido*), en Santo Domingo De los Sachilas, encontró 15,5 % de M.S. en tratamiento testigo, valores que son inferiores a los encontrados en la presente investigación, debido posiblemente al diferente manejo y tiempo de establecimiento de las pasturas que fueron utilizadas en mencionadas investigaciones, además estos autores afirman que estos valores de materia seca pueden incrementar en las épocas de sequía hasta un 28 %, pero disminuyendo con esto el contenido de proteína cruda en los pastos.

Al respecto Ramírez De La Ribera, L., et al. (2005), en la caracterización nutritiva de las especies *Brachiarias decumbens* e *B. hibrido*, en un suelo fluvisol de Cuba, a los 30 días de edad, encontraron contenidos de M.S. de 20,9 y 18,6 % respectivamente, resultados que son muy similares a los encontrados en la presente investigación a pesar de algunas diferencias en las condiciones edafo climáticas en los sitios de estudio.

Los contenidos de Proteína Cruda (P.C.), en la pastura, no presentaron diferencias significativas entre los sistemas silvopastoriles en estudio, lo que sí es visible es una ligera variación numérica en su contenido ubicada en un rango de  $10,61 \pm 0,91$  %, estos valores concuerdan con los encontrados por Avellaneda, J., et al. (2008), en la evaluación del comportamiento de tres variedades de *Brachiaria* a diferentes edades de cosecha, encontró contenidos de P.C. de 10,51 y 11,52 % para las especies *B. decumbens* y *B. hibrido* respectivamente a la edad de 28 días.

De la misma manera concuerdan con Ramírez De La Ribera, L., et al. (2005), en la caracterización nutritiva de las especies *Brachiarias decumbens* e *B. hibrido*, en un suelo fluvisol de Cuba, a los 30 días de edad, quienes encontraron contenidos de P.C. de 9,56 y 10,9 % respectivamente en dichas pasturas.

Por su parte Llerena, H. (2008), con la aplicación de diferentes niveles de fertilización inorgánica en praderas establecidas de *B. decumbens* en el cantón Orellana, registró contenidos de P.C. desde 8,32 % a 7,59 %, a la edad de 45, resultados que son inferiores a los encontrados en nuestra investigación posiblemente debido a la edad de aprovechamiento de dicha pastura,

corroborando lo manifestado por Gonzales, R., et al. (1993) - INIAP-CIID y el IICA, el valor nutritivo de los pastos disminuye a medida que aumenta la edad. Así, el contenido de proteína cruda fluctúa de 12 % a los 21 días y a 9 % a las 12 semanas, dependiendo de las variaciones climáticas, desarrollo del pasto y la fertilidad del suelo.

En cuanto a la composición de Fibra Cruda (F.C.), de las pasturas en los sistemas silvopastoriles, en donde tampoco se encontró diferencias estadísticas, se presentó el mayor contenido en el sistema silvopastoril gliricidia con 33,54 %, seguidos de los sistemas silvopastoriles testigo agricultor (32,95 %), Q. barriga (32,37 %), testigo mejorado (32,35 %) y flemingia (32,14 %), para finalmente ubicarse los sistemas silvopastoriles leucaena con 31,83 % y porotillo con 31,51 %.

Avellaneda, J., et al. (2008), en la evaluación del comportamiento de tres variedades de *Brachiaria* a diferentes edades de cosecha, encontró contenidos de F.C. de 28,91 y 28,56 % para las especies *B. decumbens* y *B. híbrido* respectivamente a la edad de 21 días, estos resultados son inferiores a los encontrados en la investigación, debido posiblemente lo aseverado por Bonifaz, C., (2011), la fibra bruta de los pastos aumenta en comparación con los estadios más jóvenes como resultado de la actividad metabólica de los mismos a medida que avanza la edad del rebrote, el mismo autor en el comportamiento del pasto *B. decumbens* con la aplicación de diferentes niveles de humus, en la provincia de Pastaza, a los 30 días de edad, encontró contenidos desde 29,09 % a 27,16 % de F.C. en la pastura, estos contenidos inferiores a los encontrados en la presente investigación se debe posiblemente a lo aseverado en el mismo experimento, el humus ayuda en el mejoramiento de la calidad del pasto y asegura el aporte de las calorías necesarias para el progreso productivo de la ganadería.

Una vez analizados los resultados del valor nutritivo de las pasturas podemos manifestar que no es notorio aun un efecto sobre la pastura, por la asociación con leñosas forrajeras, al primer año de estudio de los sistemas silvopastoriles, tal como manifiestan Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), en varios ensayos silvopastoriles las gramíneas han presentado cambios anatómicos o morfológicos y se han

detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar (sombreamiento).

## **6. Biomasa de la leñosa forrajera**

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), en la sumatoria de producción de seis pastoreos realizados en el primer año de estudio, entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras, diferencias debidas esencialmente a la especie de leñosa forrajera utilizada en cada sistema.

En todo el periodo de estudio (6 pastoreos), los sistemas silvopastoriles que presentaron mayor rendimiento por efecto de su respectiva leñosa forrajera en materia seca fueron los sistemas con leucaena (0,32 t/ha/año M.S.), gliricidia (0,30 t/ha/año M.S.) y flemingia (0,29 t/ha/año M.S.), mientras que el otro grupo lo conformaron los sistemas silvopastoriles con quiebra barriga (0,17 t/ha/año M.S.), y porotillo (0,10 t/ha/año M.S.), con menor rendimiento, como se puede observar en el gráfico 13.

Se puede notar que todas las leñosas forrajeras en estudio muestran una mayor producción de materia seca al segundo y tercer pastoreo en relación a las producciones obtenidas en el primero, esto debido posiblemente a lo manifestado en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/939/93915170023.pdf>. (2010), justifican este efecto ya que el crecimiento inicial del nuevo rebrote después de una poda, depende de la disponibilidad de carbohidratos y proteínas, en este sentido, la reducción de los carbohidratos de reserva, como consecuencia de la poda (antes del primer pastoreo), es el factor limitativo para una menor producción inicial.

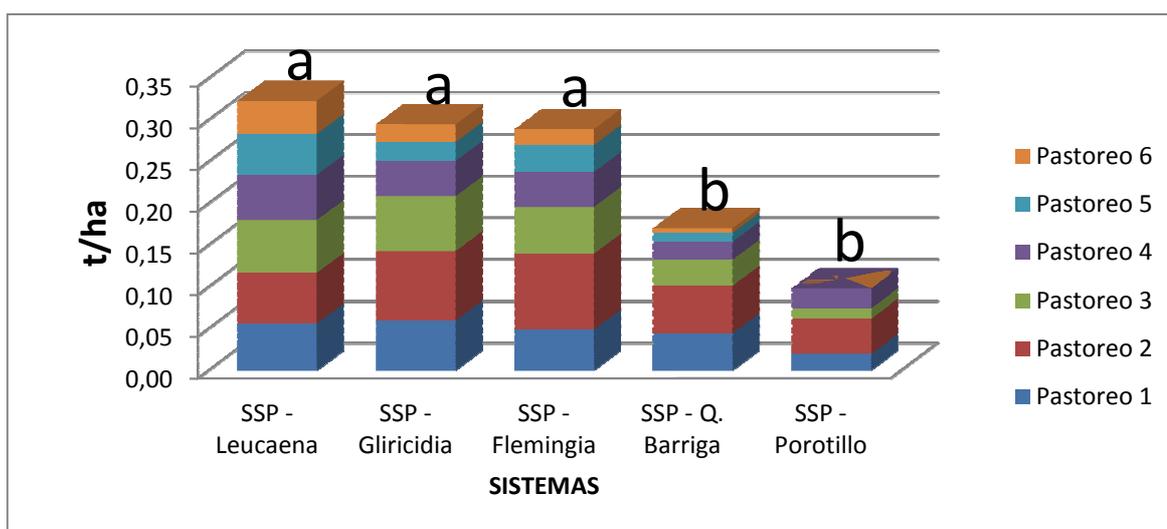


Gráfico 13. Rendimiento de materia seca de las leñosas forrajeras ( $t\ ha^{-1}$ ), por pastoreo, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Así mismo a partir del cuarto pastoreo en general la mayoría de las leñosas forrajeras tuvieron una disminución paulatina en su producción este efecto en cambio podría deberse a lo citado por Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), el ganado ejerce efectos detrimentales sobre los árboles y arbustos provocando daños físicos al raspar la corteza y al cosechar intensamente los nuevos rebrotes lo cual afecta su crecimiento y producción.

Por su parte el Programa de Forestería de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, en evaluaciones de producción realizadas en bancos de especies forrajeras arbustivas a una densidad de siembra ( $1\ m \times 1\ m$ ), ubicados en la Parroquia San Carlos – Joya de los Sachas en el 2011, a la edad de 90 días se reportaron las siguientes producciones en la gliricidia ( $19,2\ t/ha/año\ M.S.$ ), leucaena ( $15,6\ t/ha/año\ M.S.$ ), y flemingia ( $20,4\ t/ha/año\ M.S.$ ), quiebra barriga ( $12\ t/ha/año\ M.S.$ ), estas producciones son superiores a las encontradas en nuestra investigación, debido posiblemente a la diferente densidad de siembra y además a la edad del aprovechamiento de estas leñosas forrajeras en estudio.

Por lo observado en los sistemas silvopastoriles mientras se realizó la investigación se puede corroborar algunos atributos manifestados en <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6314s/X6314S00.pdf>. (2002), por parte de las leñosas forrajeras leucaena, gliricidia y flemingia como notable capacidad de

regenerarse vigorosamente, tolerancia a la acción perturbadora (ramoneo, corte o poda), alto valor nutritivo y capacidad para soportar períodos de sequía.

Mientras que para el quiebra barriga y porotillo, es necesario manifestar que las menores producciones de estos se deben posiblemente a los menores porcentajes de M.S. que estos presentan, además de que el porotillo en la región de estudio llegó a perder sus hojas debido posiblemente a que es una especie caducifolia, o sea que pierde sus hojas durante las épocas más secas según asevera ([http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anejos/erythrina\\_fusca.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anejos/erythrina_fusca.pdf). 2008).

## **7. Valor nutritivo de la leñosa forrajera**

En los resultados de análisis bromatológicos de las leñosas forrajeras, se encuentran diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), en el contenido de materia seca (M.S.), proteína cruda (P.C.), y fibra cruda (F.C.), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras, diferencias debidas esencialmente a la especie de leñosa forrajera utilizada en cada sistema silvopastoril estudiado, como se muestra en el cuadro 17.

La prueba de Tukey (5 %), dividió el contenido de M.S. de las leñosas forrajeras en cuatro grupos, ilustrado en el gráfico 14, el sistema silvopastoril con flemingia presentó el mayor promedio de M.S. (25,82 %), seguido del sistema silvopastoril leucaena con 22,62 %, posteriormente el sistema silvopastoril gliricidia con 16,06 %, para finalmente ubicarse los sistemas silvopastoriles porotillo y Q. barriga con los menores promedios 12,64 % y 11,40 % respectivamente.

Grijalva, J., et al. (2011), en boletín técnico del resultado de evaluaciones de bancos de especies forrajeras arbustivas, ubicados en la Parroquia San Carlos – Joya de los Sachas, a la edad de 90 días, afirma contenidos de M.S. en flemingia con 23,97 %, leucaena (21,07 %), gliricidia (21,60 %) y quiebra barriga con 8,93 %, la mayoría de estas leñosas forrajeras presentan valores inferiores de M.S. pero mantienen el mismo orden en base a los contenidos encontrados en la presente investigación.

Cuadro 17. EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS LEÑOSAS FORRAJERAS, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Parámetros	Sistemas silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
Materia seca (%)	0,2 c	0,1 d	0,26 a	0,2 b	0,13 d	-	-	0,0037	0,0001
Proteína cruda (%)	27 a	21 b	19,3 b	27 a	23,1 ab	-	-	1,01	0,0017
Fibra cruda (%)	21 b	14 c	30,9 a	17 bc	22,9 b	-	-	1,2	0,0001
Extracto etéreo (%)	2,8 b	1,2 c	1,21 c	2,8 b	3,75 a	-	-	0,19	0,0001
Ceniza (%)	10 b	24 a	5,12 d	7,9 c	9,37 bc	-	-	0,43	0,0001

Fuente: Caicedo, W. (2012).

E.E.= Error Estándar.

Prob.= Probabilidad.

T1 (SSP - Gliricidia).

T2 (SSP – Queibra barriga).

T3 (SSP - Flemingia).

T4 (SSP - Leucaena).

T5 (SSP - Porotillo).

T6 (SSP – Testigo agricultor).

T7 (SSP – Testigo mejorado).

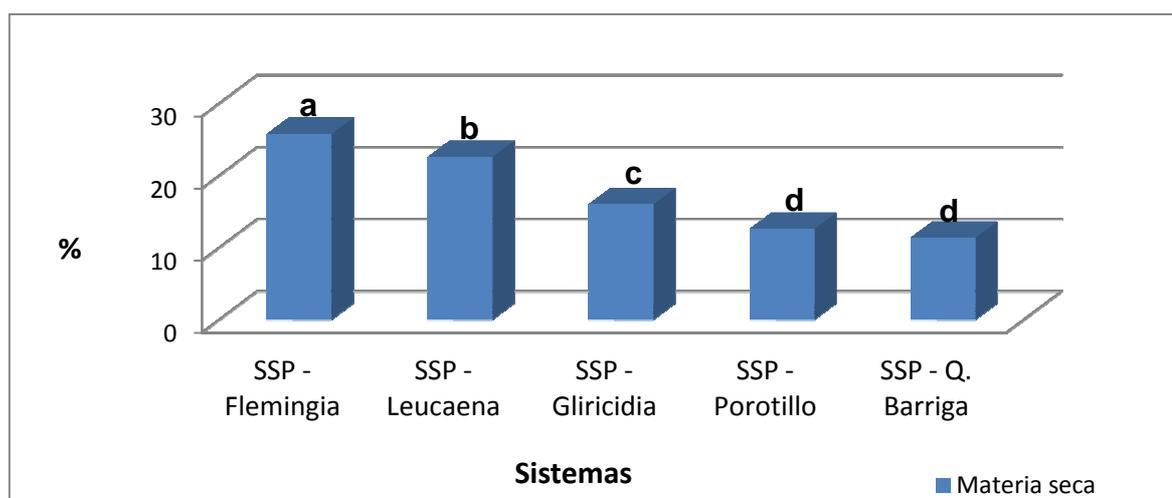


Gráfico 14. Contenido de materia seca de las leñosas forrajeras (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Los contenidos de M.S. superiores encontrados en nuestra investigación, se deben posiblemente a lo afirmado en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435s0h.htm>. (2008), es difícil establecer el valor nutritivo real de los forrajes ya que estas se encuentran afectados por múltiples factores como el tamaño de la muestra, madurez de las plantas, variaciones estacionales de clima y la proporción hoja : tallo de la muestra, en base a esta última cabe mencionar que en las evaluaciones de bancos de forrajeras arbustivas se separa por completo la biomasa hojas de los tallos tanto finos (tiernos), como gruesos (leña), a diferencia que en la presente investigación se tomó de las leñosas forrajeras, una muestra de biomasa disponible para el ramoneo donde se aprovechaba tanto hojas como tallos tiernos no fibrosos lo que probablemente provoco contenidos de M.S. superiores.

El contenido de proteína cruda según la prueba de Tukey (5%), como se observa en el gráfico 15, distribuyo a los sistemas silvopastoriles gliricidia (27,18%), y leucaena (27,14%), en el primer grupo con los más altos promedios, seguidamente el sistema silvopastoril porotillo con 23,05% y finalmente se ubicaron los sistemas silvopastoriles Q. barriga y flemingia con los menores promedios 21,24 % y 19,32 % respectivamente.

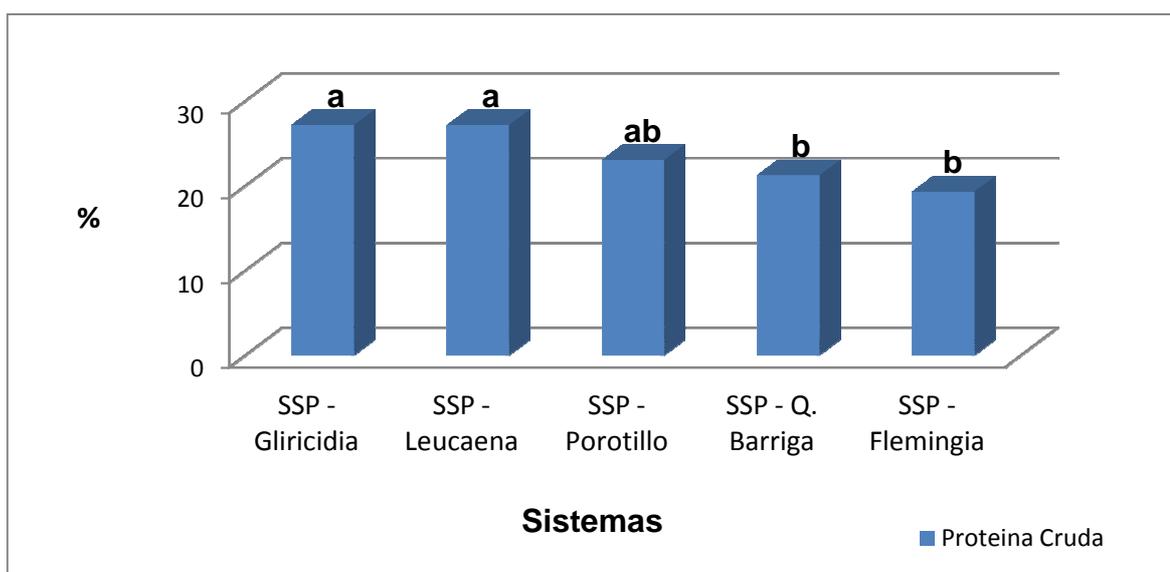


Gráfico 15. Contenido de proteína cruda de las leñosas forrajeras (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Grijalva, J., et al. (2011), en boletín técnico del resultado de evaluaciones de bancos de especies forrajeras arbustivas, ubicados en la Parroquia San Carlos – Joya de los Sachas, a la edad de 90 días, asevera contenidos de P.C. en gliricidia con 29,39%, leucaena (28,99%), Q. barriga (24,88%), y flemingia con 22,66%, la mayoría de estas leñosas forrajeras presentan contenidos superiores de P.C. en relación a los encontrados en la presente investigación.

Los contenidos de P.C. inferiores encontrados en nuestra investigación, posiblemente se deben al efecto de las diferencias en la evaluación y muestreo mencionado en párrafos superiores en relación a las dos investigaciones. Así mismo según <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s0h.htm>. (2008), es normal esperarse valores inferiores de proteína cruda en muestras a base de hojas y tallos con respecto a los valores determinados para muestras a base de solo hojas, por efecto estructural de las mismas partes que forman la muestra.

En relación a la fibra cruda la prueba de Tukey (5 %), agrupo los contenido de las leñosas forrajeras en cuatro grupos, como nos muestra en el gráfico 16, con el mayor contenido de F.C. el sistema silvopastoril flemingia con 30,94 %, en un segundo grupo los sistemas silvopastoriles porotillo (22,82 %) y gliricidia (20,5 %),

luego el sistema silvopastoril leucaena con 17,27 % y finalmente el sistema silvopastoril quiebra barriba con 14,42 %.

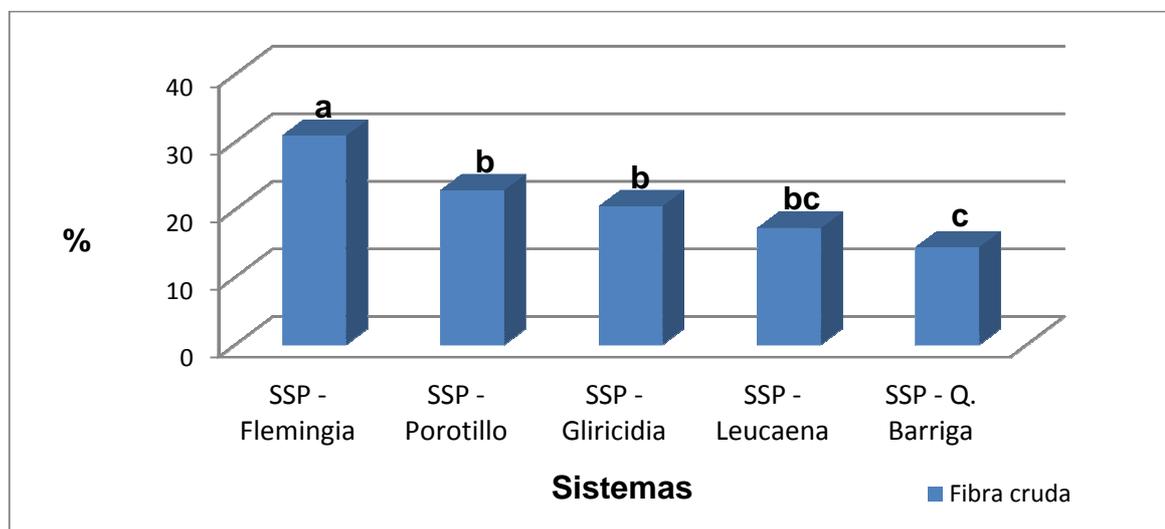


Gráfico 16. Contenido de fibra cruda de las leñosas forrajeras (%), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

El Programa de Forestería de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, en evaluaciones de producción realizadas en bancos de especies forrajeras arbustivas a una densidad de siembra (1 m x 1 m), ubicados en la Parroquia San Carlos – Joya de los Sachas en el 2011, a la edad de 90 días reporto contenidos de F.C. en flemingia (31,57 %), gliricidia (21,9 %), leucaena (18,33 %), y finalmente el sistema silvopastoril Q. barriba con 18,30 %. Contenidos que son superiores a los encontrados en la presente investigación, debido posiblemente a que la fibra bruta de las plantas aumenta en comparación con los estadios más jóvenes como resultado de la misma actividad metabólica de las plantas (<ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6314s/X6314S.pdf>. 2002).

En general por el estudio llevado a cabo se puede corroborar lo manifestados en <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6314s/X6314S00.pdf>. (2002), la leucaena y gliricidia presentan una gran aceptabilidad por los animales además de un alto valor nutricional. Mostrando los más altos contenidos de M.S. y P.C, así mismo tienen las mayores producciones (gráfico 13.), durante el primer año de evaluación en relación al resto de leñosas forrajeras estudiadas, grupo en el que

también se incluye la flemingia con la particularidad de presentar también un alto contenido de F.C. por lo que posiblemente se disminuye la aceptabilidad por los animales.

## 8. Crecimiento de los árboles (Guayaba)

A continuación se presenta la curva de crecimiento de altura en la especie frutal guayaba (*P. guajava*), presente en todos los sistemas silvopastoriles estudiados, ajustado a número de evaluaciones vs altura (m), en el periodo de la investigación (12 meses). La curva de crecimiento en altura de la fruta guayaba en el primer año de evaluación, se muestra en el gráfico 17.

Luego de cuatro evaluaciones realizadas en el periodo que duro la investigación, los árboles frutales, que en promedio median 3,33 m a la primera evaluación llegaron a medir en promedio 4,49 m al final del periodo de estudio, logrando tener un incremento promedio de 1,16 m en su altura.

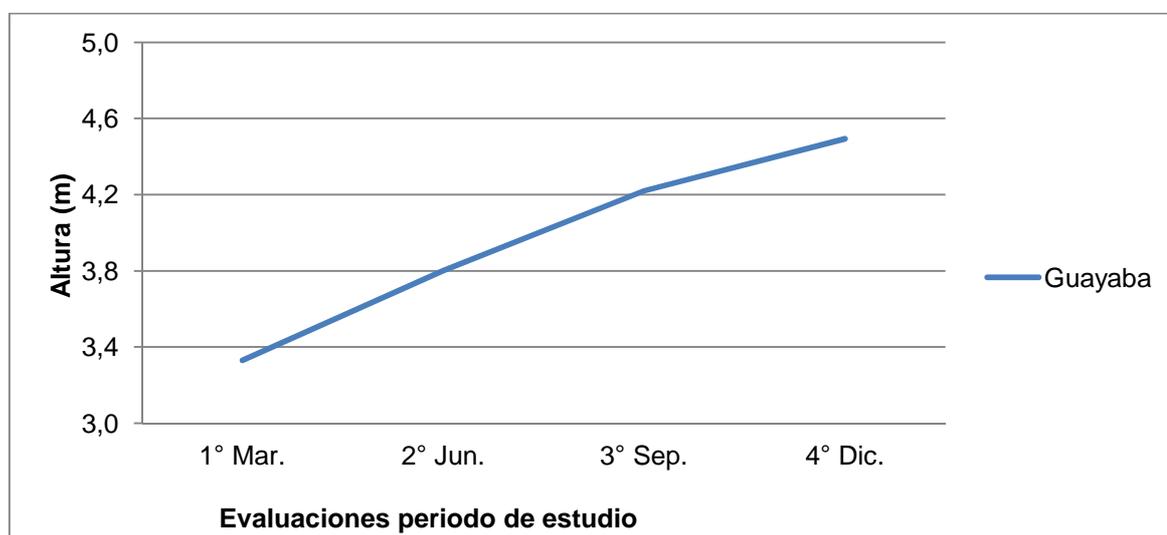


Gráfico 17. Curva de crecimiento altura del componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Similar a la altura en el gráfico 18, que se presenta posteriormente se puede observar el crecimiento de diámetro de copa obtenido en esta misma especie frutal guayaba, ajustado a número de evaluaciones vs diámetro de copa (m).

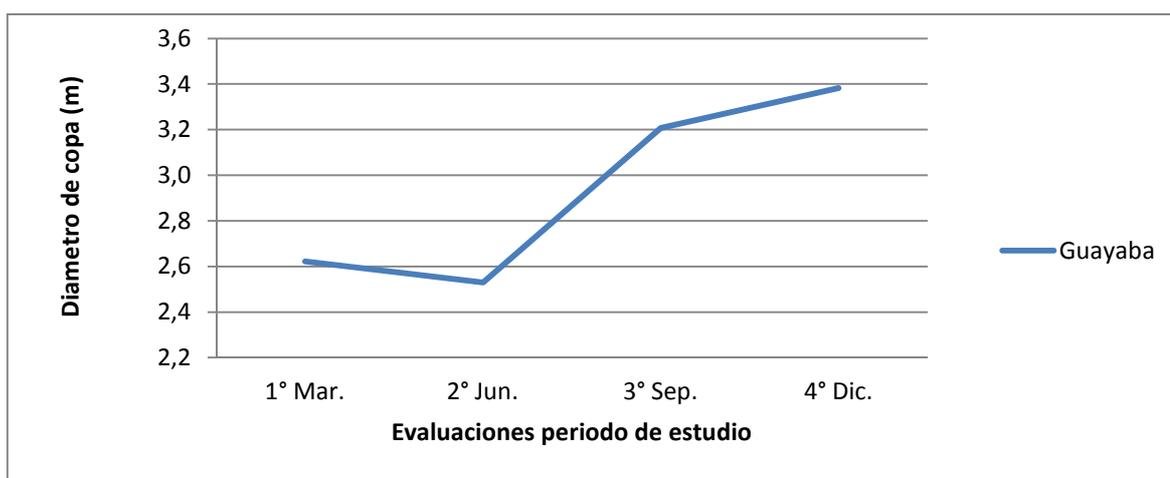


Gráfico 18. Curva de crecimiento de diámetro de copa del componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Cumplidas las cuatro evaluaciones correspondientes en el periodo de estudio, los árboles frutales que en promedio tenían 2,6 m de diámetro de copa a la primera evaluación llegaron a tener 3,4 m al final del estudio, logrando tener un incremento de 0,8 m de diámetro de copa en promedio.

En la segunda evaluación de este frutal existe un promedio inferior a los obtenidos en la primera evaluación, esto se debe a que todos los árboles de guayaba existentes en los sistemas silvopastoriles estudiados fueron sometidos en el mes de mayo del 2011 a una poda de formación en donde se eliminó todas las ramas inferiores con tendencia al crecimiento lateral, para estimular el crecimiento en altura, alzar la altura de copa y vigorizar el fuste principal, lo cual era necesario para que estos árboles cumplan a futuro con los objetivos dentro de los sistemas silvopastoriles estudiados.

Finalmente en el gráfico 19., se puede observar el crecimiento del diámetro del fuste de la especie frutal guayaba, ajustado en base al número de evaluaciones vs diámetro de fuste (cm), en el periodo que duró la investigación (10 meses).

De igual manera según las evaluaciones llevadas a cabo en el periodo de investigación, los árboles frutales que en promedio tenían un diámetro de fuste de

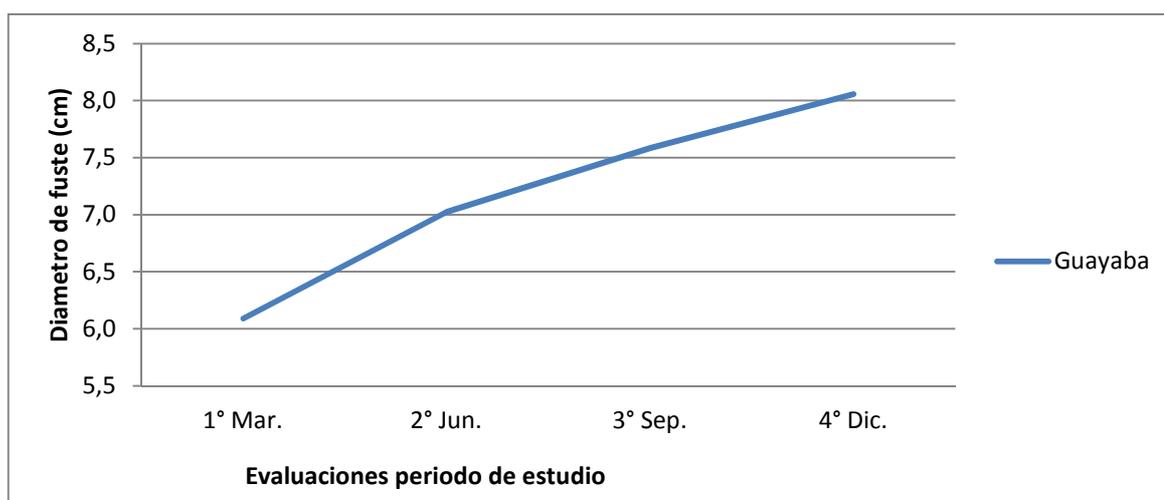


Gráfico 19. Curva de crecimiento de diámetro de fuste del componente leñoso (frutal guayaba) en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

6,1 cm a la primera evaluación llegaron a tener un diámetro promedio de 8,1 cm al final del estudio, logrando un incremento promedio en el fuste de 2 cm.

Según los promedios obtenidos en el crecimiento de diámetro de fuste y expuestos en, se puede notar un mayor incremento de este diámetro entre la primera y segunda evaluación, debido posiblemente al efecto de la poda de ramas laterales realizada entre estas evaluaciones, según lo manifestado por <http://www.fundefma.com.ar/admin/imagenes/poda.pdf>. (2010), dando una forma adecuada a los árboles durante el crecimiento, donde se eliminan de manera sistemática de tiempo en tiempo aquellas ramas laterales en exceso nos permitirá tener un mayor crecimiento en altura y engrosamiento de fuste, que dependerá del tipo de árbol y el propósito perseguido.

En si al observar las curvas de crecimiento de la especie frutal guayaba presente en todos los sistemas silvopastoriles estudiados, al primer año de evaluación, se puede deducir que no es visible una interacción negativa en su crecimiento por efecto de los otros componentes que integran estos sistemas, corroborando lo manifestado

en <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/AGROF99/Moreno.htm>. (2000), en el estudio de un Sistema Silvopastoril Guayaba - Grama

Natural en la Hoya del Río Suárez – Colombia, en donde declara una interacción positiva entre componentes del sistema silvopastoril, además de realzar algunas funciones de esta leñosa unas productivas como; aporta postes para cercas, leña como combustible, frutos para mercadeo e industria, alimento de rumiantes y animales silvestres y otras de servicio y su producto sombra, para protección de los animales, reciclaje de elementos nutritivos a través del ramoneo y consumo de frutos caídos por los animales y al suelo, el aporte de frutos, hojas y corteza que desprende el tronco y ramas al caer.

### 9. Producción de fruta

Los árboles frutales (guayaba), según lo observado a nivel de campo en estos sistemas silvopastoriles iniciaron sus producciones durante este primer año de estudio, las mismas que se dieron a partir del mes de septiembre, los muestreos para esta variable se realizaron cada 15 días obteniéndose las siguientes producciones mensuales que se presentan a continuación (cuadro 18.), en el mes de diciembre se observó escasa cantidad de fruta por lo que no se realizó la respectiva evaluación.

Cuadro 18. PRODUCCIÓN DE GUAYABA (KG HA<sup>-1</sup>) EN ÁRBOLES DE 2,16 AÑOS, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.

Parámetros medidos	Meses de Producción		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
Número de frutas/árbol	5,5	6,7	5,5
Peso total de frutas/ árbol	0,82	0,92	0,72
Kg/ha	91,7	101,9	79,9

Fuente: Caicedo, W. (2012).

Densidad guayaba: 111 árboles por ha

Según <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/AGROF99/Moreno.htm>. (2000), en el estudio de un Sistema Silvopastoril Guayaba - Grama Natural en la Hoya del Río Suárez – Colombia, reportó producciones de 5,2 kg/árbol/mes en promedio en sistemas mayores a 4 años de establecidos,

además <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61027407.pdf>. (2004), en investigación de crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava*), en Chapingo – México, encontró en árboles de 3,5 años de edad producciones muy variables, con tres picos sobresalientes en agosto – septiembre 3,16 kg/ árbol/mes, febrero 5,9 kg/ árbol/mes y de marzo a junio 7,9 kg/ árbol/mes.

Todas estas producciones son superiores a las encontradas en nuestra investigación debido posiblemente a la mayor edad de los arboles (guayabas) en mencionados sistemas, argumento que se hace en base a lo manifestado en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61027407.pdf>. (2004), los árboles de guayaba crecen rápidamente y fructifican de 2 a 4 años desde la semilla, viven de 30 a 40 años y su productividad aumenta paulatinamente con la edad pero disminuye después de los 15 años. En la fotografía 11, se observa la producción de guayaba en los sistemas silvopastoriles.



Fotografía 11. Evaluación de producción de guayabas en sistemas silvopastoriles.  
San Carlos, Orellana.

En general a nivel de la zona donde se realizó la presente investigación esta especie frutal es común encontrarla en asociación con los pastizales, en donde evidencia un potencial para producir fruto en cualquier época del año mención que también la hacen <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61027407.pdf>. (2004), su

fruto a nivel de dichos sistemas sirve principalmente como alimento (complemento mineral), de rumiantes y animales silvestres y otra parte se incorpora al suelo cuando estas han logrado su máximo grado de maduración, dejando libre la posibilidad de insertarla en el mercadeo e industria como si la aprovechan otros sectores de la Amazonía.

#### 10. Biomasa aérea del componente leñoso

La biomasa es la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco masa o volumen (Gonzales, J. 2009).

En los sistemas silvopastoriles estudiados la especie frutal guayaba con las respectivas evaluaciones realizadas en el periodo de estudio, presentó en promedio  $1,052 \text{ t ha}^{-1}$ , esta biomasa se estimó utilizando el material producto de las podas, el resultado está relacionado con la densidad de árboles plantados en los respectivos sistemas silvopastoriles, siendo manifestación del comportamiento específico de la especie en el sitio de estudio. La biomasa aérea por parte estructural del frutal guayaba presente en todos los sistemas silvopastoriles, se detalla en el gráfico 20.

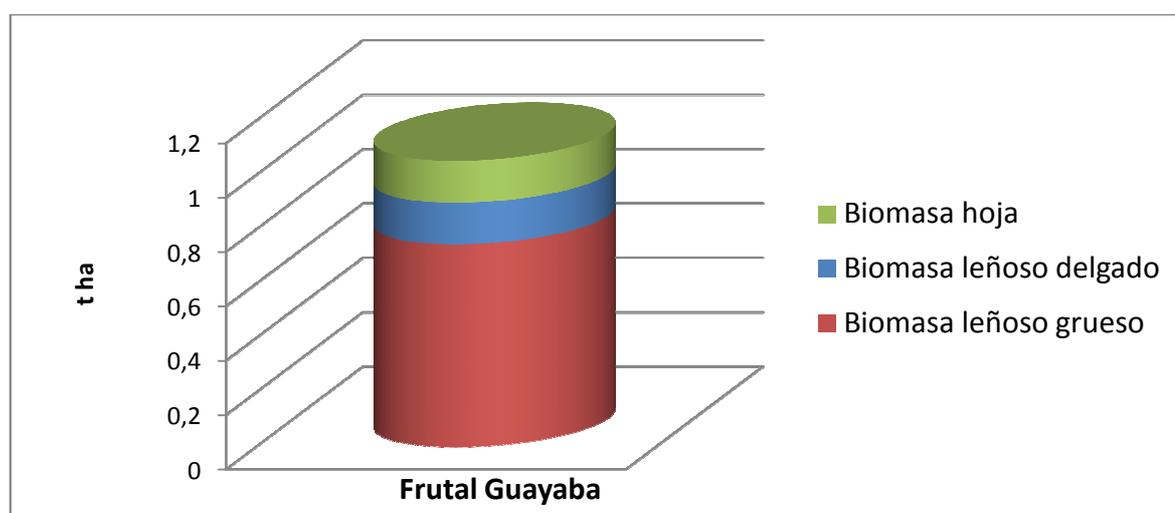


Gráfico 20. Biomasa aérea ( $\text{t ha}^{-1}$ ), del componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Por lo observado en campo esta especie frutal es un árbol muy ramificado, presentando en el estudio un promedio de 5 ramas principales por árbol, estas ramas a partir de 1 a 1,2 m de altura del fuste principal además cabe recalcar que existe gran homogeneidad en estos árboles dentro de los sistemas silvopastoriles debido al manejo y a las podas de formación realizadas a lo largo de su crecimiento.

### 11. Biomasa de hojarasca frutal (Guayaba)

La especie frutal guayaba con las respectivas evaluaciones realizadas, en el periodo de abril a octubre del 2011, aportó al subsistema suelo con  $24,8 \text{ kg ha}^{-1}$ , al primer año de evaluación teniendo sus hojas características como forma ovalada, elípticas u oblongas de 10 a 15 cm, son simples y opuestas, de color verde agua y con venas muy sobresalientes (Torres, V. 2010), ilustrado en el gráfico 21.

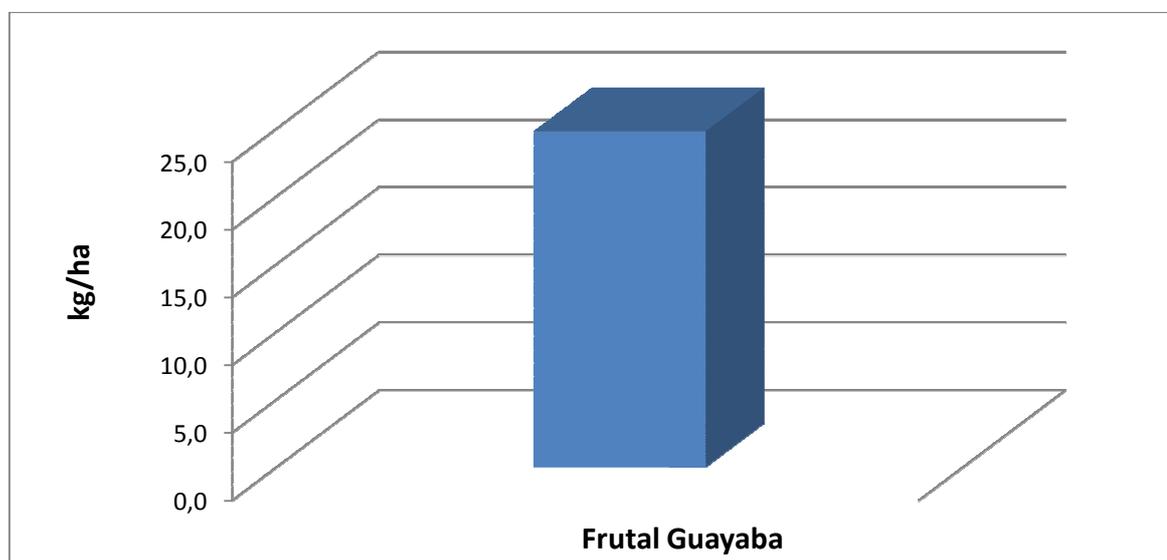


Gráfico 21. Biomasa hojarasca caída por el periodo de estudio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en el componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Pezo, D., Ibrahim, M. (2002), manifiestan que la presencia de árboles puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, algunos de los mecanismos más

importantes se relacionan con el reciclaje de nutrientes, mejoras en la eficiencia de uso de nutrientes, mantenimiento de la materia orgánica y el control de la erosión.

El reciclaje de nutrientes en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de las raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo, en consecuencia la cantidad de hojarasca caída en los sistemas silvopastoriles podría provocar a futuro un efecto positivo sobre el rendimiento de respectiva pastura. En la fotografía 12, se observa las trampas de hojarasca bajo los frutales guayaba.



Fotografía 12. Trampas de hojarasca en las frutales guayabas en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

## **12. Producción del componente animal**

En el análisis de varianza realizado para la estimación de ganancia de peso, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,01$ ), entre los sistemas silvopastoriles estudiados.

A pesar de encontrarse diferencias estadísticas entre las ganancias diarias de peso obtenidas en los sistemas silvopastoriles se puede manifestar que el rango de variación encontrado en los sistemas que cuentan con la pastura *B. híbrido* como componente forrajero es muy pequeña de 0,06 kg, más cuando consideramos que se habla de ganancias de peso en rumiantes, estas ligeras diferencias se deberían posiblemente al efecto de variación de muestras en campo, a partir de las cuales se determinaron los contenidos de energía metabolizable del forraje que se utilizó para esta estimación, mientras que la diferencia encontrada en relación al sistema silvopastoril que cuenta con la *B. decumbens* como pastura, se deben posiblemente a la mayor disponibilidad y la misma calidad de forraje, como nos muestra el gráfico 22.

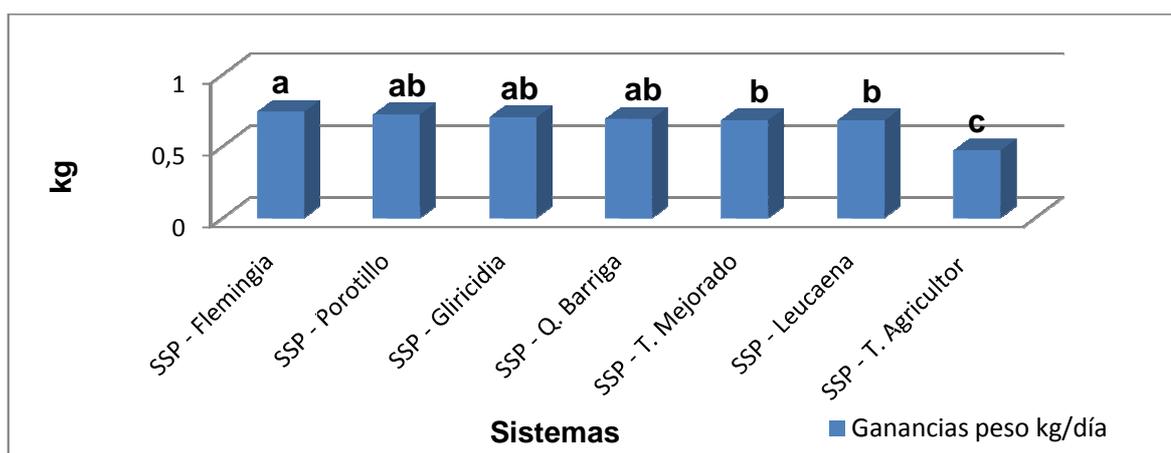


Gráfico 22. Ganancia diaria de peso (kg día), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

La prueba de Tukey (5%), dividió a las ganancias diarias de peso en tres grupos, el sistema silvopastoril con flemingia presentó el mayor promedio de ganancia diaria de peso (0,74 kg día), el sistema silvopastoril testigo agricultor presentó el menor promedio 0,47 kg día y los sistemas silvopastoriles porotillo (0,72 kg día), gliricidia (0,70 kg día), Q. barriga (0,69 kg día), testigo mejorado (0,68 kg día) y leucaena (0,68 kg día) presentaron valores intermedios.

En general al primer año de estudio de los sistemas silvopastoriles no es notoria mayores ganancias de peso en los sistemas que cuentan con especies leñosas

forrajeras como componente, a pesar del aporte extra de energía metabolizable por parte de estas especies, debido posiblemente a que el forraje producido por las mismas solo llega a conformar un máximo del 2 % del forraje total disponible para los animales en los sistemas silvopastoriles estudiados.

## **C. BENEFICIOS AMBIENTALES**

### **1. Temperatura ambiental**

La temperatura ambiental es el elemento más importante que limita el tipo de animal que puede criarse en una región determinada, el confort y normal funcionamiento de los procesos fisiológicos del animal dependen de la temperatura del aire que rodea su cuerpo ([http://www.produccion-animal.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/03-clima\\_y\\_ambiente\\_elementos\\_y\\_factores .pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/03-clima_y_ambiente_elementos_y_factores.pdf). 2003).

Los resultados en esta variable, no presentan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), entre los sistemas silvopastoriles estudiados, en las dos épocas de evaluación y a los dos horarios de mayor incidencia solar al día en la zona de estudio, ilustrado en el cuadro 19.

Se observan ligeras diferencias de temperatura ambiental entre sistemas silvopastoriles estudiados, además en el gráfico 23., se compara el promedio de temperatura ambiental de los sistemas silvopastoriles con las registradas por la estación meteorológica de la E.E.C.A. – INIAP ubicada a 3 km del lugar de estudio a la misma hora de evaluación. Así podemos manifestar que al primer año de evaluación de estos sistemas silvopastoriles no es notorio un efecto de las leñosas forrajeras sobre la variable de temperatura ambiental. En el sentido de contrarrestar la intensidad de factores climáticos adversos para el animal y de crear un microclima que mejora la producción y calidad de pastos, así como la producción animal (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002).

Cuadro 19. EVALUACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL Y SECUESTRO DE CARBONO EN EL SUELO, AL PRIMER AÑO DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA DEL INIAP. SAN CARLOS, ORELLANA.

Variables	Sistemas silvopastoriles (SSP)							E.E.	Prob.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
T° Emap 10 AM (T°)	28,5 a	28,5 a	28,4 a	28,3 a	28,3 a	28,5 a	28,4 a	0,07	0,66
T° Emep 10 AM (T°)	28,9 a	28,9 a	28,9 a	28,9 a	28,8 a	28,8 a	28,9 a	0,05	0,97
T° Emap 14 PM (T°)	30,3 a	30,3 a	30,4 a	30,3 a	30,4 a	30,4 a	30,4 a	0,08	0,76
T° Emep 14 PM (T°)	33,1 a	33,0 a	33,0 a	33,0 a	33,0 a	33,1 a	33,1 a	0,09	0,99
Sec. de carbono en el suelo (t ha <sup>-1</sup> )	357 a	388 a	364 a	388 a	402 a	451 a	427 a	20,54	0,074

Fuente: Caicedo, W. (2012).

E.E.= Error Estándar de la media.

Prob.= Probabilidad.

Emap= época de máxima precipitación (mayo).

Emep = época de menor precipitación (agosto).

T1 (SSP - Gliricidia).

T2 (SSP – Queibra barriga).

T3 (SSP - Flemingia).

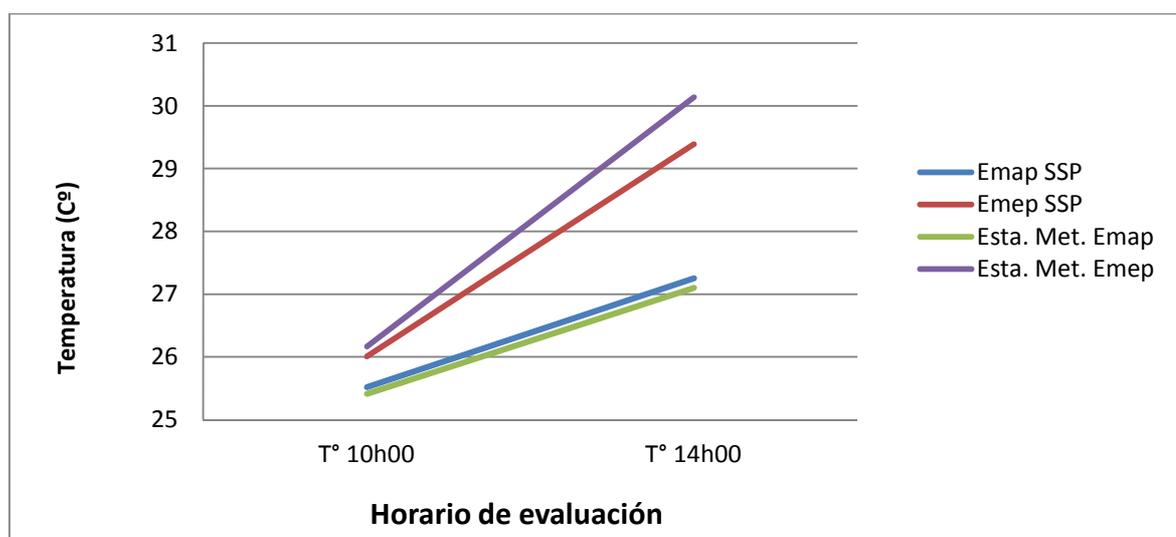
T4 (SSP - Leucaena).

T5 (SSP - Porotillo).

T6 (SSP – Testigo agricultor).

T7 (SSP – Testigo mejorado).

Se puede notar que en la época de mayor precipitación las temperaturas ambientales registradas en los sistemas silvopastoriles son ligeramente menores a las registradas en la estación meteorológica de la E.E.C.A. – INIAP, mientras que en la época de menor precipitación existe un efecto contrario registrándose mayores temperaturas dentro de los sistemas silvopastoriles a diferencia de las registradas en la misma estación meteorológica.



Emap= época de máxima precipitación

Emep = época de menor precipitación

SSP=sistema silvopastoril

Esta. Met. = estación meteorológica E.E.C.A. – INIAP

Gráfico 23. Variación de la temperatura ambiental (°C) en sistemas silvopastoriles y estación meteorológica. San Carlos, Orellana.

Además cabe mencionar que existe mayor variación de temperatura entre las lecturas obtenidas dentro de los sistemas silvopastoriles y la estación meteorológica en esta segunda época de evaluación (menor precipitación), este panorama de mayor variación entre estos lugares se lo podría atribuir al diferente entorno vegetativo que rodea la estación meteorológica la misma que tiene menor cobertura vegetal a su alrededor según lo manifestado en [http://docente.ucol.mx/jmuniz/public\\_html/InfluenciaVegt.pdf](http://docente.ucol.mx/jmuniz/public_html/InfluenciaVegt.pdf). (2010), el viento su dirección y velocidad es uno de los principales factores de variación de temperatura, pudiendo este ser modificado por causa de la vegetación mediante

su obstrucción, desviación, filtración y encauzamiento. En la fotografía 13, se observa la medición de temperatura ambiental.



Fotografía 13. Medición de la temperatura ambiental en sistemas silvopastoriles.  
San Carlos, Orellana.

## **2. Radiación fotosintéticamente activa (RAFA)**

Radiación fotosintéticamente activa (RAFA), es la cantidad de radiación integrada del rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética en las plantas y otros organismos fotosintéticos según manifiesta (<http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0214E/A0214E.PDF>. 1999).

En los sistemas silvopastoriles al primer año de estudio se determinó la RAFA tanto incidente como transmitida por las especies leñosas que conforman estos sistemas, en dos épocas del año, tanto en la época de mayor precipitación, los resultados obtenidos mediante las evaluaciones se presentan a continuación en gráfico 24 y 25.

Mediante las evaluaciones de radiación realizadas, en los sistemas silvopastoriles estudiados, en la época de mayor precipitación se obtuvo una radiación incidente promedio de  $1851 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , mientras que las radiaciones transmitidas obtenidas desde la especie que presentó la menor radiación transmitida fueron en

la guayaba ( $724 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), gliricidia ( $1022 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), Q. barriga ( $1151 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), porotillo ( $1180 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), flemingia ( $1198 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ) y leucaena ( $1254 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), la variación en la cantidad de radiación transmitida se debe posiblemente a la diferente arquitectura del dosel de las especies leñosas evaluadas.

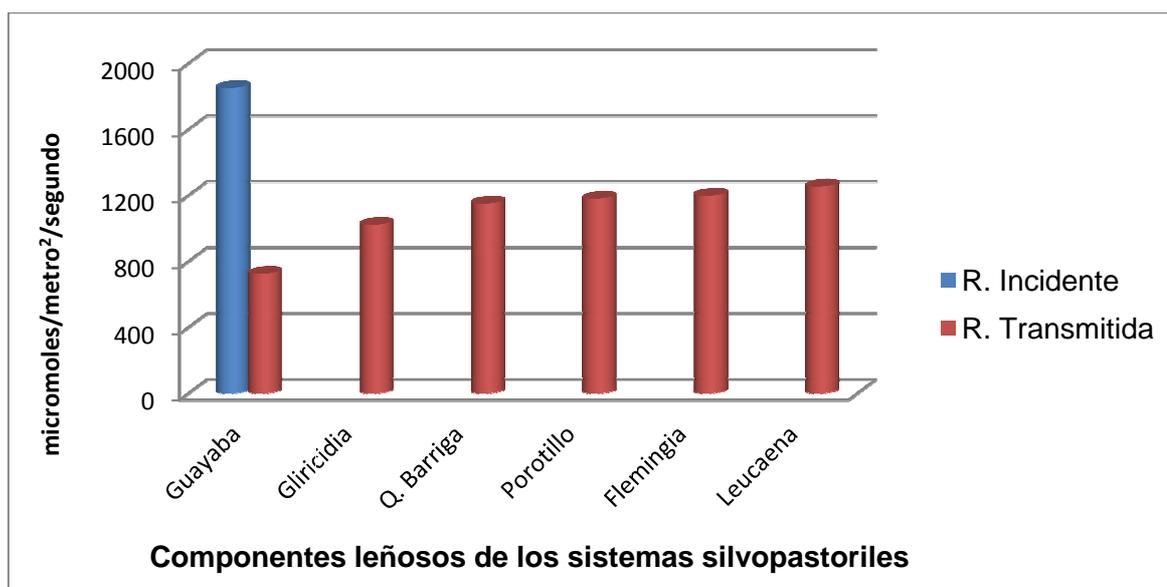


Gráfico 24. Variación de RAFA según el componente leñoso ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), en la época de mayor precipitación (mayo), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Cumplida de la misma manera la evaluación de radiación en la época de menor precipitación en los sistemas silvopastoriles estudiados, se obtuvo una radiación incidente promedio de  $1984 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , mientras que los valores de radiación transmitida desde la especie guayaba que nuevamente presento el menor valor en esta segunda época de evaluación fueron  $690 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , seguida de la gliricidia  $1556 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , leucaena  $1581 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , flemingia  $1596 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , quiebra barriga  $1822 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$  y porotillo  $1864 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ , esta variación en el orden de radiación transmitida, en comparación a la primera época de evaluación además de deberse a lo manifestado en el párrafo anterior sobre las diferentes arquitecturas de los doseles, se podría deber al menor rendimiento de forraje en las especies quiebra barriga y porotillo, lo que permite el mayor paso de la radiación a través de sus copas.

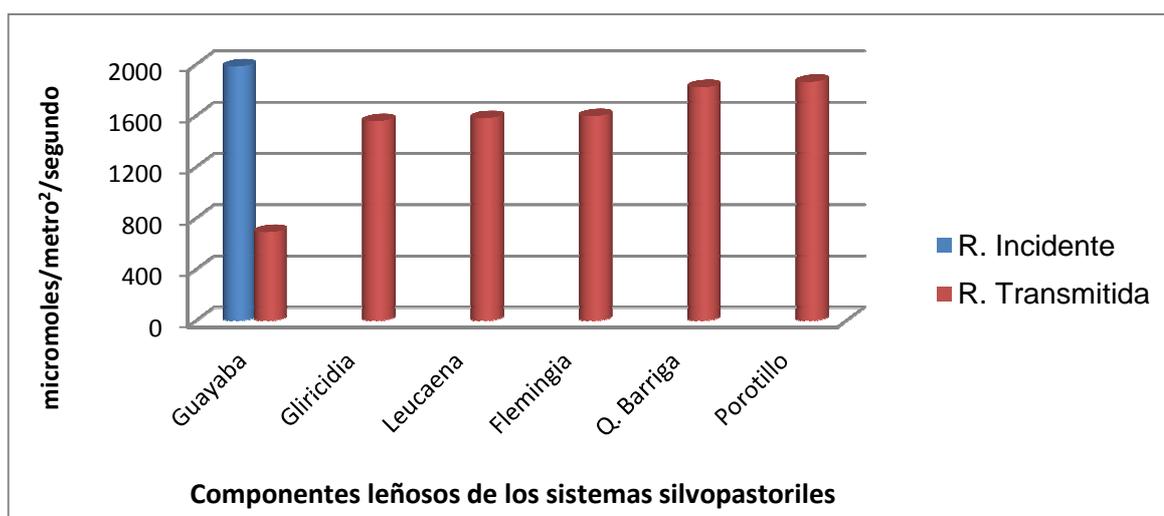


Gráfico 25. Variación de RAFA según el componente leñoso ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ), en la época de menor precipitación (septiembre), en sistemas silvopastoriles, San Carlos, Orellana.

Según <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0214E/A0214E.PDF>. (1999), en estudio de dinámica productiva en los sistemas silvopastoriles de *Acacia magium* y *Eucalyptus deglupta* en asociación con *Panicum máximum*, *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens* en el trópico húmedo, encontró al igual que en la presente investigación una mayor RAFA en los periodos secos del año, además de concluir que la mayor radiación incidente en la pastura y productividad de forraje se obtuvo en las posiciones centrales entre las líneas de las árboles, lo que corrobora en cierto punto el mayor rendimiento de la pastura *B. híbrido* en los sistemas silvopastoriles que tienen menor efecto de sombra como son el testigo mejorado y los sistema silvopastoriles con porotillo, leucaena y flemingia.

En general la RAFA incidente y transmitida no explica completamente la dinámica de rendimiento de las pasturas, en este influyen múltiples factores como el suelo y la resistencia a la sombra de la misma pastura, el sombreado afecta también la calidad nutritiva de los forrajes pero en algunos casos esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas (por ej. engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos). (Pezo, D., Ibrahim, M. 2002). En la fotografía 14, se observa la medición de RAFA en los sistemas silvopastoriles.



Fotografía 14. Medición de la radiación fotosintéticamente activa en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

### **3. Carbono en el componente leñoso**

En los sistemas silvopastoriles se determinó el carbono secuestrado en el componente leñoso frutal guayaba, variable directamente relacionada a la Biomasa aérea del componente leñoso. El porcentaje de carbono con el que se trabajó fue 50%, porcentaje respaldado bajo las siguientes afirmaciones, Riofrío, J. (2007), manifiesta que la materia seca de los vegetales contiene entre 45 y 50% de carbono. Pezo, D., Ibrahim, M (1999), y Gonzales, J. (2009), indican que las estimaciones de cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, bosques secundarios y plantaciones forestales en su mayoría asumen el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general.

En el gráfico 26, se muestra la cantidad de carbono secuestrado por las partes estructurales de los árboles frutales guayaba, en los que se encontró un total de  $0,526 \text{ t ha}^{-1}$  al primer año de estudio.

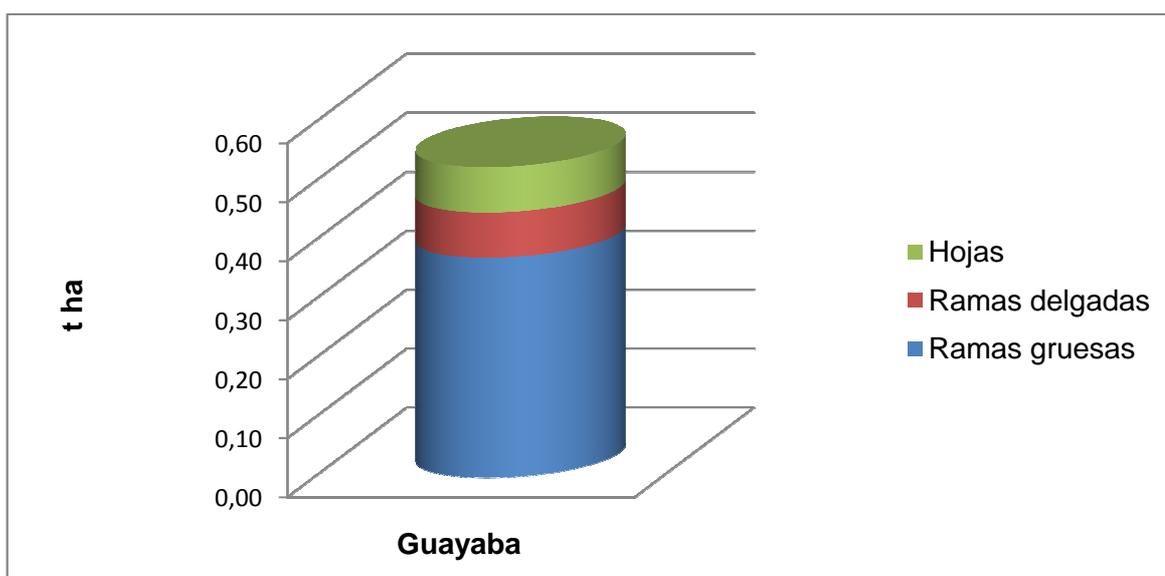


Gráfico 26. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ), en el componente leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

El almacenamiento y la fijación de de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales. La fijación de carbono en general en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el  $CO_2$  de la atmosfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles, en ese sentido los bosques tropicales, las plantas forestales y los sistemas agroforestales en general, aquellas actividades que lleven a la ampliación de una cobertura vegetal permanente, pueden cumplir la función de “sumideros de carbono” Ríofrío, J. (2007), eventualmente los sistemas silvopastoriles podrían generar otra fuente de ingresos económicos a partir de iniciativas de pagos por servicios ambientales (P.S.A.).

#### 4. Carbono en hojarasca

La fracción de carbono en la hojarasca utilizado para determinar el carbono secuestrado fue de 50% en base a las afirmaciones anteriormente mencionadas. En el gráfico 27, se presenta el carbono en la hojarasca de la especie leñosa frutal guayaba, obtenido del producto de la fracción de carbono antes mencionada por su respectiva biomasa.

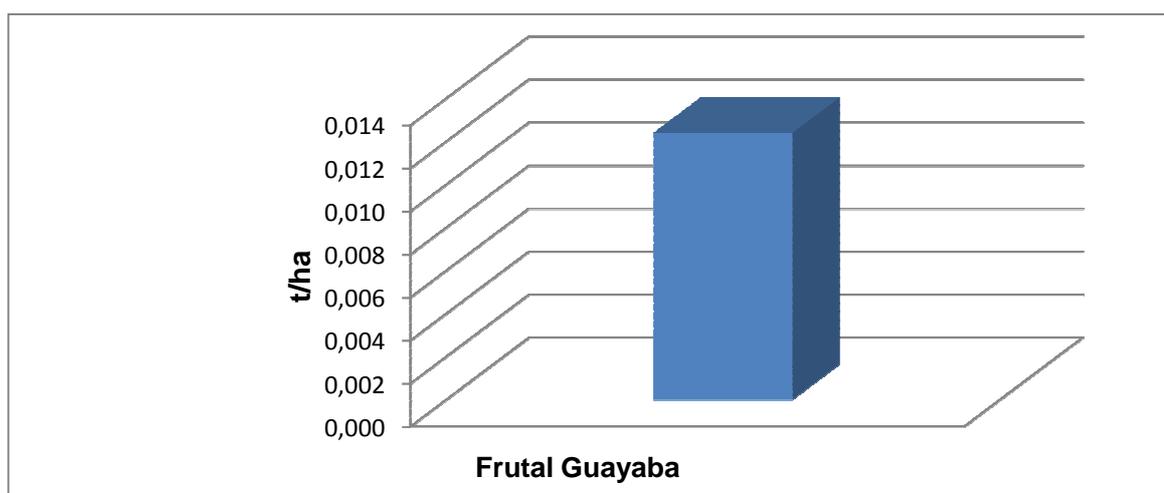


Gráfico 27. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojarasca del leñoso (frutal guayaba), en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

El carbono almacenado en hojarasca o necro masa, tiene relación directa con la biomasa presente en la copa de las especies leñosas y su senescencia, en el periodo de abril a octubre del 2011 donde se realizó las respectivas evaluaciones se obtuvo un carbono almacenado de  $0,0124\ t\ ha^{-1}$  en hojarasca para los sistemas silvopastoriles estudiados.

## 5. Carbono en el suelo

Los resultados obtenidos en esta variable, no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los contenidos de carbono en el suelo de los sistemas silvopastoriles estudiados. El suelo es el componente que almacenó más carbono, ratificando lo manifestado por Ramos, R. (2003), quien indica que la vegetación y la atmósfera almacenan considerablemente menos cantidades de carbono que los suelos, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva de interacción con la atmósfera.

Los resultados del mostraron los mayores contenidos de carbono en el suelo, en el sistema silvopastoril testigo agricultor ( $450,7\ t\ ha^{-1}$ ), mientras que el menor contenido se encontró en el sistema silvopastoril gliricidia con  $357,3\ t\ ha^{-1}$ , a pesar de este último valor el carbono en el suelo de la presente investigación, es

superior a los encontrados por Ibrahim, M., et al. (2007), quienes reportan en alfisoles y vertisoles en bosques sub-humedo tropical (Costa Rica) y bosques húmedo tropical (Nicaragua), un rango entre  $95,1 \pm 6,6$ ,  $139,5 \pm 17,2$  y  $139,2 \pm 20,4$  t ha<sup>-1</sup> de carbono secuestrado para plantaciones forestales, pasturas mejoradas sin árboles y bosques secundarios, respectivamente, a 1 m de profundidad. De la misma manera en estudios de Ramos, R. (2003) en alfisoles de la región subtropical (Costa Rica), encontró que pasturas mejoradas más árboles ( $64,44$  t ha<sup>-1</sup>), y las pasturas degradadas ( $63,11$  t ha<sup>-1</sup>), fueron significativamente mayores que bosque secundario ( $41,41$  t ha<sup>-1</sup>), en la profundidad superficial de suelo (0 – 20 cm).

En general el almacenamiento de carbono orgánico en los suelos depende de dos variables importantes: 1) proporción de carbono orgánico en el suelo, con base gravimétrica y 2) densidad aparente (Gonzales, J. 2009), el alto carbono secuestrado en la presente investigación posiblemente se deben a estas variables enunciadas ya que es muy notoria la existencia de mayor carbono secuestrado a pesar de tener una menor profundidad de evaluación.

## **6. Carbono total por sistema de uso**

La suma de los datos de carbono total de los sistemas silvopastoriles estudiados, son el reflejo de la variable anterior, en la cual se presentan los más altos contenidos de carbono en el suelo de los sistemas silvopastoriles testigo agricultor y mejorado, condición que les hace superar ligeramente en el contenido de carbono total a los sistemas silvopastoriles porotillo, leucaena, quiebra barriga, flemingia y gliricidia, a pesar de que estos últimos mencionados tienen otro componente de almacenamiento de carbono (forraje leñosas), esto se debe a la elevada densidad aparente y alto contenido de materia orgánica en el suelo de los sistemas silvopastoriles testigos.

En los sistemas silopastoriles con leucaena, flemingia y porotillo se advierten valores más altos de carbono secuestrado en biomasa herbácea y leñosa. Los valores totales de carbono secuestrado por sistema silvopastoril se detallan en el gráfico 28.

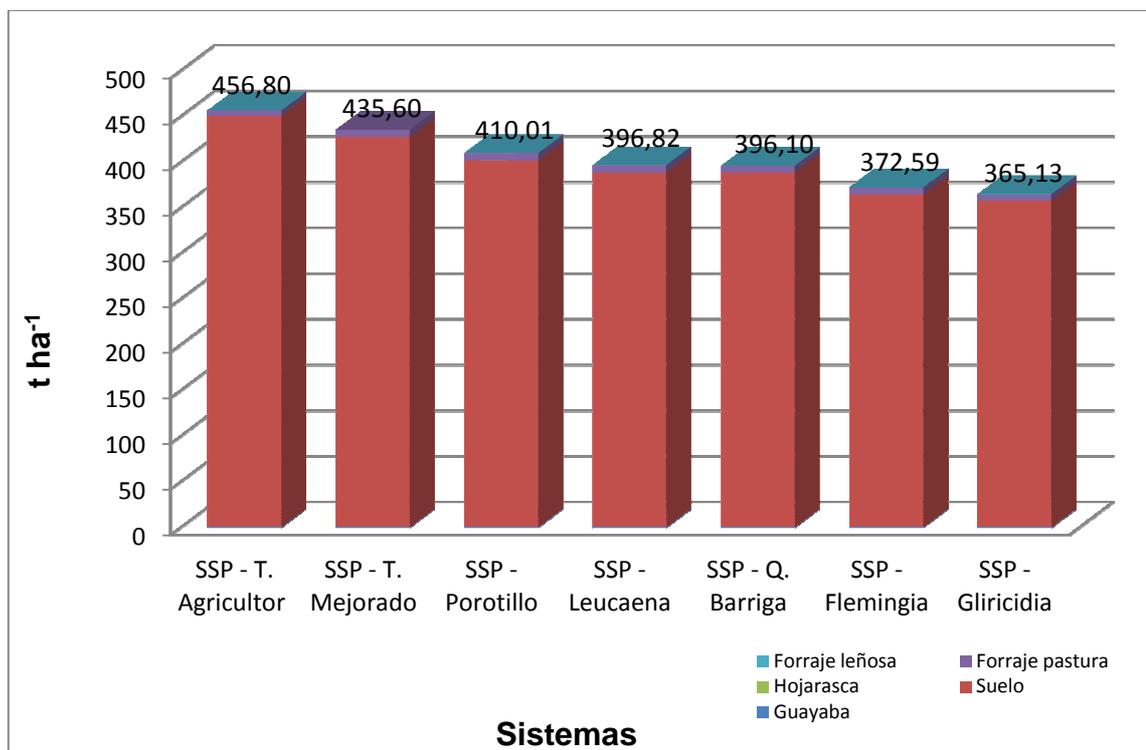


Gráfico 28. Carbono secuestrado ( $t\ ha^{-1}$ ), por todos los componentes, en sistemas silvopastoriles. San Carlos, Orellana.

Se puede mencionar como una importante fuente de carbono al componente herbáceo que en un año almacena  $7,59\ t\ ha^{-1}$ , en sistemas silvopastoriles que cuentan con la pastura *B. híbrido* (mulato II), como componente forrajero, mientras que el sistema testigo agricultor que tiene como componente forrajero a la pastura *B. decumbens* (dallis) presentó  $5,55\ t\ ha^{-1}$  de carbono, esta diferencia ocasionada por las diferencias en biomasa de los pastos.

En los sistemas silvopastoriles que cuentan con leñosas forrajeras además tienen una ligera superioridad de carbono secuestrado en relación a los sistemas testigos mejorado y agricultor debido a la correspondiente biomasa producida distribuida de la siguiente manera sistemas silvopastoriles con leucaena ( $0,16\ t\ ha^{-1}$ ), gliricidia ( $0,15\ t\ ha^{-1}$ ), flemingia ( $0,14\ t\ ha^{-1}$ ), quiebra barriga ( $0,09\ t\ ha^{-1}$ ), y porotillo con  $0,05\ t\ ha^{-1}$ . Mientras que en lo relacionado al carbono secuestrado por el componente guayaba en cada uno de los sistemas fue de  $0,53\ t\ ha^{-1}$ .

## **D. EFICIENCIA ECONÓMICA**

### **1. Uso de mano de obra**

En el cuadro 20, se presenta la cantidad de mano de obra requerida para el manejo de los sistemas silvopastoriles estudiados, el sistema silvopastoril que requirió mayor cantidad de esta fue el porotillo (66,62), posteriormente los sistemas silvopastoriles Q. barriga (65,59), flemingia (64,44), gliricidia (62,12) y leucaena (61,35) para finalmente ubicarse los sistemas silvopastoriles testigo mejorado y agricultor con un requerimiento similar de 55,60 jornales  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ .

En general los resultados muestran un requerimiento en promedio 8,43 jornales  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  más, para mantener los sistemas silvopastoriles con leñosas forrajeras versus los sistemas silvopastoriles testigos, debido específicamente a la demanda de actividades en el manejo de las leñosas (especialmente podas), pastura y animales (mayor carga animal).

### **2. Insumos internos y externos**

Los insumos externos utilizados en los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras fueron esencialmente los mismos por tratarse de manejos similares, a diferencia de los sistemas silvopastoriles testigos tanto mejorado como agricultor en los que no se utilizó insumos externos requeridos en dichas leñosas forrajeras.

Los insumos utilizados durante el primer año de estudio de los sistemas silvopastoriles se detallan en el cuadro 21.

El manejo de las especies leñosas forrajeras en los sistemas silvopastoriles, demandan la utilización de insumos externos extras para mantener un funcionamiento adecuado, requiriéndose, tijeras de podar, bombas de fumigar, insecticidas, fungicidas, que no son necesarios en los sistemas silvopastoriles sin la presencia de este componente de leñosas forrajeras.

Cuadro 20. MANO DE OBRA (JORNAL HA<sup>-1</sup>AÑO<sup>-1</sup>), EMPLEADA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.

Labor o actividad	SSP – Gliricidia	SSP - Q. Barriga	SSP - Flemingia	SSP - Leucaena	SSP - Porotillo	SSP - Testigo Agricultor	SSP - Testigo Mejorado
Podas de igualación leñosas forrajeras	5,79	9,52	8,1	5,79	10,29	-	-
Control fungicida e insecticida a las leñosas forrajeras	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	-	-
Dotación de agua	36,27	36,01	36,27	35,49	36,27	36,52	36,52
Colocación de cerca eléctrica pastoreos	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Resiembras de las pasturas establecimiento	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
Primer corte de la pastura para establecimiento	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
Dispersión de heces	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Limpieza malezas interior del SSP	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Limpieza del contorno del SSP	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Poda de leñosas para formación	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
TOTAL	62,12	65,59	64,44	61,35	66,62	55,6	55,6

Fuente: Caicedo, W. (2012).  
SSP= sistema silvopastoril.

Cuadro 21. CANTIDAD DE INSUMOS EXTERNOS E INTERNOS, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.

Insumos externos	Unidad	SSP - Gliricidia	SSP - Q. Barriga	SSP - Flemingia	SSP - Leucaena	SSP - Porotillo	SSP - T. Agricultor	SSP - T. Mejorado
Herramientas								
Tijeras de podar	Hora ha año	46,30	76,13	64,81	46,30	82,30	-	-
Bomba de fumigar Fung & Insec	Hora ha año	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	-	-
Palilla resiembras	Hora ha año	21,31	21,31	21,31	21,31	21,31	21,31	21,31
Machete aprovechamiento 1	Hora ha año	19,84	19,84	19,84	19,84	19,84	19,84	19,84
Rastrillos	Hora ha año	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40
Machete (limpieza malezas)	Hora ha año	15,43	15,43	15,43	15,43	15,43	15,43	15,43
Serruchos de podar	Hora ha año	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60
Maquinaria								
Motoguadaña	Hora ha año	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81	23,81
Insumos maquinaria								
Combustible	galón ha año	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Aceite de 2 tiempos	lts ha año	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Insumos químicos								
Decis (insecticida)	lts ha año	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	-	-
Cuprofix (fungicida)	Kg ha año	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	-	-
Insumos internos								
Hojarasca	Kg ha año	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8

Fuente: Caicedo, W. (2012).  
SSP= sistema silvopastoril.

### 3. Valor de la producción

La evaluación de producción mostró ingresos brutos superiores en los sistemas silvopastoriles que cuentan con la pastura *B. híbrido* (mulato) como componente herbáceo, como podremos observar en el cuadro 22, en comparación al sistema silvopastoril testigo agricultor, el mismo que tiene como componente herbáceo al *B. decumbens* (dallis), sin darse a reflejar una superioridad en los sistemas silvopastoriles que cuentan con una producción extra por parte de las leñosas forrajeras.

El valor de producción tanto de la leñosa como la pastura corresponde a los seis pastoreos evaluados al año en los sistemas silvopastoriles, considerando un 90 % de la producción como rendimiento ajustado. Para el valor de la pastura, se utilizó un precio de producción promedio de la paca de heno del Programa de Ganadería de la Estación experimental Santa Catalina de 15 kg de peso a un precio de 5 USD, mientras que el precio de la leñosa se estimó aumentando el 10 % al precio del heno de la pastura por tratarse de un forraje de mayor valor nutritivo y por no encontrarse fuentes en las que se encuentre precios a este tipo de forrajes.

Los sistemas que presentaron mayores beneficios brutos fueron los sistemas silvopastoriles con leucaena (4897,56 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), testigo mejorado (4807,66 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), flemingia (4779,23USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y porotillo (4777,46 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), en un segundo grupo con producciones similares se encontraron los sistemas silvopastoriles con gliricidia (4436,41 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y Q. barriga (4383,11 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), para finalmente ubicarse el sistema silvopastoril testigo mejorado (3390,59 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) con los menores ingresos brutos, además de este último presentar la más baja ganancia de peso en la estimación de producción animal.

### 4. Ingresos Netos

Los sistemas silvopastoriles con la pastura *B. híbrido* (mulato II) como componente herbáceo aparentemente fueron desde el punto de vista económico

Cuadro 22. VALOR DE LA PRODUCCIÓN, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.

Concepto	Unidad	SSP -	SSP -	SSP - Q.	SSP -	SSP -	SSP - Q.	SSP -
		Leucaena	Mejorado	Flemingia	Porotillo	Giricidia	barriga	Agricultor
Rendimiento Promedio Leñosa (M.S.)	kg/ha/año	320,00	-	290,00	80,00	300,00	170,00	-
Rendimiento Promedio Pastura (M.S.)	kg/ha/año	15772,62	15824,97	15411,21	15636,30	14257,45	14219,47	11101,41
Rendimiento Promedio fruta Guayaba	kg/ha/año	273,50	273,50	273,50	273,50	273,50	273,50	273,50
Rendimiento ajustado 10% leñosa	kg/ha/año	288,00	-	261,00	72,00	270,00	153,00	-
Rendimiento ajustado 10% pastura	kg/ha/año	14195,36	14242,48	13870,09	14072,67	12831,71	12797,52	9991,27
Rendimiento ajustado 10% guayaba	kg/ha/año	246,15	246,15	246,15	246,15	246,15	246,15	246,15
Precio venta mercado leñosa	USD kg	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Precio venta mercado Pastura	USD kg	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Precio venta mercado guayaba	USD kg	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
BENEFICIO BRUTO LEÑOSA	USD/ha/año	105,60	-	95,70	26,40	99,00	56,10	-
BENEFICIO BRUTO PASTURA	USD/ha/año	4731,79	4747,49	4623,36	4690,89	4277,24	4265,84	3330,42
BENEFICIO BRUTO GUAYABA	USD/ha/año	60,17	60,17	60,17	60,17	60,17	60,17	60,17
TOTAL BENEFICIO BRUTO	USD/ha/año	4897,56	4807,66	4779,23	4777,46	4436,41	4382,11	3390,59

Fuente: Caicedo, W. (2012).  
SSP= sistema silvopastoril.

más viables que el sistema silvopastoril testigo agricultor que cuenta con la pastura *B. decumbens* como su componente herbáceo. Existen costos extras en el manejo de los sistemas silvopastoriles, especialmente en podas de leñosas forrajeras que requieren mano de obra después de cada pastoreo y en la aplicación de insecticidas y fungicidas en el manejo de estas mismas, lo cual incrementa los costos de producción.

En cuadro 23, se presentan los ingresos netos obtenidos, en el primer año de los sistemas silvopastoriles estudiados.

Cuadro 23. INGRESOS NETOS ANUALES, EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. SAN CARLOS, ORELLANA.

Sistemas	USD ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		
	Total costos variables (TCV)	Beneficios brutos	Beneficios netos
SSP - Mejorado	-	4807,66	4807,66
SSP - Leucaena	101,7	4897,56	4795,87
SSP - Q. Flemingia	136,4	4779,23	4642,82
SSP - Porotillo	169,2	4777,46	4608,26
SSP - Giricidia	101,7	4436,41	4334,72
SSP - Q. barriga	157,6	4382,11	4224,48
SSP - Agricultor	-	3390,59	3390,59

Fuente: Caicedo, W. (2012).  
SSP= sistema silvopastoril.

Así los sistemas silvopastoriles que mayores costos variables presentaron son porotillo (169,2 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), Q. barriga (157,6 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y flemingia con (136,4 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), mientras que los sistemas silvopastoriles gliricidia y leucaena presentaron menores e iguales costos variables de (101,7 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), estos menores costos variables en los dos últimos sistemas posiblemente se debe a que estas especies forrajeras tuvieron mayor aceptabilidad por los animales por lo consiguiente se disminuyó la mano de obra requerida en las podas, que a diferencia de los que presentaron mayor costos variables, quienes

tuvieron menos aceptabilidad por los animales al inicio de la investigación y por lo tanto se requirió mayor mano de obra en las podas para simular su pastoreo.

Los beneficios netos por año, superiores se encontró en los sistemas silvopastoriles testigo mejorado (4807,66 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), leucaena (4795,87 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), flemingia (4642,82 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y porotillo (4608,26 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) pareciendo ser los más rentables, seguidos por los sistemas silvopastoriles gliricidia (4334,72 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y Q. barriga (4224,48 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) especialmente por presentar menores valores de la producción, mientras que el sistema silvopastoril testigo agricultor (3390,59 USD ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) presenta el valor más bajo de ingresos netos debido posiblemente también a su baja producción de forraje a causa de la diferente pastura empleada en relación a los otros sistemas silvopastoriles estudiados.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló la investigación, se establecieron las siguientes conclusiones:

1. Desde el punto de vista tecnológico, durante el primer año de establecimiento, las alternativas silvopastoriles no mostraron efectos contundentes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
2. Desde la perspectiva ambiental, las alternativas silvopastoriles en el primer año de evaluación, no provocaron diferencias sustanciales en la temperatura ambiental y en el secuestro de carbono, en relación con los sistemas tradicionales basados en pasturas.
3. Económicamente, existieron mayores ingresos netos en los seis sistemas silvopastoriles que contaron con la *B. híbrido* (mulato) como componente herbáceo, en relación con el sistema silvopastoril “testigo agricultor” compuesto de *B. decumbens* como pastura.
4. Las alternativas silvopastoriles estudiadas en el año uno, muestran que el frutal guayaba es una opción potencial de uso para sistemas silvopastoriles de esta zona debido a que resiste los pastoreos y en consecuencia acumula biomasa que explica un mayor cantidad de carbono secuestrado; además, se destaca por presentar tres épocas de producción de fruto en el año.
5. Los sistemas “testigo mejorado” y sistemas silvopastoril con leucaena, se presentan como opciones con mayor probabilidad de éxito para el desarrollo de la ganadería en la Amazonía ecuatoriana, debido a los mejores atributos en cuanto a rendimiento de forraje de la pastura, la capacidad de adaptación y la persistencia a la frecuencia de defoliación.
6. En términos de producción animal el rendimiento expresado en las ganancias de peso durante el primer año mostraron el aporte de energía proveniente de las pasturas, antes que del aporte energético de las leñosas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

1. Aumentar la densidad de planta leñosas con aptitud forrajera, para incrementar el aporte forrajero neto por unidad de área.
2. Incrementar el periodo de descanso de los sistemas silvopastoriles a cuarenta y cinco días para salvaguardar la persistencia de las especies leñosas forrajeras.
3. Difundir el establecimiento de sistemas silvopastoriles a los productores agropecuarios de las diferentes regiones agroecológicas (sierra, costa y oriente), para la sostenibilidad de los ecosistemas.
4. Comunicar resultados a hacedores de políticas públicas locales, a la comunidad científica y la educación superior.
5. Continuar investigando alternativas silvopastoriles con otros tipos de pasturas y leñosas forrajeras para la región amazónica, sierra y costa.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ARGEL, P., MILES, J., GUIOT, J. Y LASCANO, C. 2007. "Cultivar mulato (Brachiaria híbrido CIAT 36061) Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos". Documento Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Bogotá – Colombia. 5-8pp.
2. AREVALO, V. 1999. Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.
3. AVELLANEDA, J., CABEZAS, F., QUINTANA, G., LUNA, R., MONTAÑEZ, O., ESPINOSA, I., ZAMBRANO, S., ROMERO, D., VANEGAS, J. Y PINARGOTE, E. 2008. "Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha" Bolentín Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo – Ecuador. p 8.
4. BISHOP, J., BETANCOURT, R., CARRIÓN, F., REYES, F., ZAMBRANO, J., RONQUILLO, S., RIVADENEIRA, J., CHUNG SANG, G., SANTILLÁN, R. Y ANZÚLES, A. 2003. "Manual de pastos tropicales". Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia. p 13.
5. BONIFAZ, C. 2011. "Evaluación de diferentes niveles de humus en la producción primaria forrajera de la brachiaria de cumbens (Pasto Dallis), en la Estación Experimental Pastaza", Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. pp 23 - 28.
6. CANCHILA, E., OJEDA, F., MACHADO, R., SOCA, M., TORAL, O. Y BLANCO, D. 2008. "Evaluación agronómica de accesiones de Brachiaria spp. en

condiciones agroecológicas de Barrancabermeja, I. Primer año de evaluación”. Investigaciones Instituto Universitario de la Paz. Santander, Colombia. p 134 – 136.

7. COMBATT, E., JARMA, A. Y MAZA, L. 2008. “Crecimiento de *brachiaria decumbens* stapf y *cynodon nlemfuensis* vanderyst en suelos sulfatados ácidos de Córdoba”. Investigación de Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Córdoba – Argentina. pp 67-68. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/693/69311191014.pdf>.
8. CRUZ A., HERNÁNDEZ, A., ENRÍQUEZ, J., GÓMEZ, A., ORTEGA, E. Y MALDONADO, N. 2010. “Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36087) sometido a diferentes regímenes de pastoreo”. Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco – México. p 439.
9. ESCOBAR, W. 2003. “Evaluación de gramíneas, Leguminosas Herbáceas y Seis localidades de la Amazonía Ecuatoriana”, Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador. p 36.
10. ECUADOR - INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP), ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA (E.E.C.A.), 2010, Informe Técnico Anual, Programa Forestería, Orellana- Ecuador.
11. ECUADOR - INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP), ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONÍA (E.E.C.A.), 2011, Informe Técnico Anual, Programa Forestería, Orellana- Ecuador.

12. GONZALES, J. 2009."Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión Sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo". Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
13. GONZALES, R., ANZÚLEZ, A., VERA, A. Y RIERA, L. 1993. "Manual de pastos para la Amazonia Ecuatoriana" N° 33.Experiencias acumuladas de aproximadamente 10 años de investigaciones en la Estación Experimental "Napo-Payamino" del INIAP. (INIAP) -CIID y el IICA.
14. GRIJALVA, J., ARÉVALO, V., Y WOOD, Ch. 2004. Expansión y trayectorias de la ganadería en la Amazonía del Ecuador. Publicación miscelánea del INIAP. Editorial Tecnigrava, Quito Ecuador, p 201.
15. GRIJALVA, J., RAMOS, R., VERA, A. 2011. Pasturas para Sistemas Silvopastoriles: Alternativas para el desarrollo sostenible de la ganadería en la Amazonía Baja del Ecuador. Boletín técnico N° 156. Programa Nacional de Forestería del INIAP. Impresión: NINA Comunicaciones, Quito, Ecuador, p 24.
16. GRIJALVA, J., Ing. Agr. Ph.D. 2009. "LA AGROFORESTERIA Y DESARROLLO DE LA GANADERIA EN LA AMAZONIA ECUATORIANA:Problemas, impactos y oportunidades" Reunión conjunta de Redes Producción animal y Sistemas AF&P., Sierra - Bolivia PROGRAMA NACIONAL DE FORESTERIA
17. GRIJALVA, J., ARÉVALO, V. Y BARRERA. V. 2002. Informe de investigación en el Valle de Quijos y Piedemonte del Ecuador. Proyecto IAI/NSF "Ganadería, uso de la tierra y deforestación en zonas amazónicas de Brasil, Perú y Ecuador: estudio comparativo". U. de Florida-INIAP-UNAS-EMBRAPA-Universidad Federal do Pará-McGill University, p. 99.

18. GRIJALVA, J., LLANGARÍ, P., JARA, F. Y CUASAPÁZ, M. 2004. Experimentación campesina y desarrollo de opciones silvopastoriles. Construyendo caminos para desarrollo sostenible de la tierra en la ecorregión andina. Boletín divulgativo INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC, p 51.
19. GRISI R., BARTOLOMEU A. Y VENTURIN, N. 2010. "EUCALIPTO em Sistemas Agroforestais". (Brasil).Editorial UFLA, pp 25- 33.
20. HOLDRIDGE, L. 1982.Ecología basada en zonas de vida (Traducido del inglés por Humberto Jiménez. Edición I. II reimpresión. II Capítulo, pp 8-12.
21. <http://www.cultivar.inf.br>. 2008. Emisiones de gases y efecto invernadero. Sistemas silvopastoriles.
22. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1305e/A1305e.pdf>.2010. Pérez, E., "Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copán, Honduras"
23. <http://agroeco.org/socla/pdfs/sistemas-agroforestales.pdf>. 2010. Palomeque, E., Sistemas Agroforestales. Ciudad de México.
24. [http://www.portalagrario.gob.pe/mn\\_f\\_agro.shtml](http://www.portalagrario.gob.pe/mn_f_agro.shtml). 2010. Ministerio de agricultura del Perú. Desarrollo de los sistemas agroforestales.
25. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/desarrollo-y-transferencia/sistemas-agroforestales/140?task=view> 2010. Marinidou,E. y Jiménez, G. Sistemas Silvopastoriles "Uso de los árboles en potreros de Chiapas"
26. <http://www.crfg.org/pubs/ff/guava.Html>.2008. Aguilera, M., "Psidium guajava".

27. [http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos\\_y\\_anexos/gliricidia\\_sepium.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_y_anexos/gliricidia_sepium.pdf). 2008. Boletín CATIE. *Gliricidia sepium* leguminosae Papilionoideae.
28. <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/Multiproposito/Media/Flemingia%20macrophylla.htm>. 2011. Cultivares y accesiones CIAT 17403. Especies forrajeras multipropósito.
29. [http://es.wikipedia.org/wiki/Trichanthera\\_gigantea](http://es.wikipedia.org/wiki/Trichanthera_gigantea). 2011. En Wikipedia la enciclopedia libre.
30. [http://es.wikipedia.org/wiki/Leucaena\\_leucocephala](http://es.wikipedia.org/wiki/Leucaena_leucocephala). 2011. En Wikipedia la enciclopedia libre.
31. [http://herbaria.plants.ox.ac.uk/downloads/capitulos\\_especies\\_y\\_anexos/erythrina\\_fusca.pdf](http://herbaria.plants.ox.ac.uk/downloads/capitulos_especies_y_anexos/erythrina_fusca.pdf). 2008. Boletín CATIE. *Erythina* leguminosae Papilionoideae.
32. <http://web.supernet.com.bo/sefo/Gramineas2/Bhibrido.htm>. 2011. Empresa de semillas SEFO – SAM. *Brachiaria* Híbrido CIAT 36087.
33. <http://www.nufarm.com/EC/BrachiariaDecumbens>. 2011. Nufarm Limited - All rights reserved. Corporate website.
34. <http://www.seforestales.org/buscador/pdf//C25-Acta34.pdf>. 2008. Leticia S. Jiménez, Eduardo T. Mezquida, Marta Benito Capa y Agustín Rubio Sánchez. Fertilidad del suelo de bosques tropicales y pastizales de uso ganadero en el sur del Ecuador.
35. [www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam//tabmetod/geoedafo//caledaf.pdf](http://www.vitoria-gasteiz.org/w24/docs/ceac/siam//tabmetod/geoedafo//caledaf.pdf). 2009. Vitoria Gasteiz. Documento Calidad Intrínseca del Suelo.
36. <http://edafologia.ugr.es/index.htm> 2010. Inés García y Carlos Dorronsoro. Documentos de Edafología y Química Agrícola Universidad de Granada. España.

37. <http://www.edafologia.com.ar/>. 2011. Sanzano Agustín. Descargas cartillas Cátedra de Edafología. Universidad Nacional de Tucumán – Argentina.
38. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/939/93915170023.pdf>. 2010. Ramírez Avilés, Luís Solorio y Francisco Javier “Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados”.
39. <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s0h.htm>. 2008. Cobos M.A., Mateo Sánchez, Trinidad Santos, Cetina Alcazá y Vargas Hernandez. Importancia del tipo de muestra en la estimación del valor nutritivo de leguminosas y arbustivas, y potencial de un inocuo de bacterias degradadoras de aserrín en sistemas silvopastoriles. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México.
40. <http://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6314s/X6314S00.pdf>. 2002. Ibrahim, M. y Botero, J. “Como hacer pasturas en callejones”.
41. <http://www.fundefma.com.ar/admin/imagenes/poda.pdf>. 2010. Macias Jorge. Manual de podas para árboles.
42. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document//AGROF99.htm>. 2000. Moreno, V. y Latorre, S., Investigación en Sistema Silvopastoril Guayaba - Grama Natural en la Hoya del Río Suárez – Colombia.
43. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61027407.pdf>. 2004. Nava, A., Gonzales, V., Sánchez, P., Peña, C., Livera, M. y Brito, T. Investigación de crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava*), Chapingo – México.
44. [http://www.produccion-animal.com.ar//clima\\_y\\_\\_\\_ambientacion/03-clima\\_y\\_ambiente\\_elementos\\_y\\_factores.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar//clima_y___ambientacion/03-clima_y_ambiente_elementos_y_factores.pdf). 2003. Bavera, G. y Béguet, H.

Clima y Ambiente: Elementos y Factores en la producción bovina de carne.

45. [http://docente.ucol.mx/jmuniz/public\\_html/InfluenciaVegt.pdf](http://docente.ucol.mx/jmuniz/public_html/InfluenciaVegt.pdf). 2010. Ochoa, M. y Roset, J. Influencia de la vegetación, análisis y evaluación de sus efectos micro climáticos.
46. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0214E/A0214E.PDF>. 1999. Andrade, H. Dinámica productiva en los sistemas silvopastoriles de *Acacia magium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo.
47. <http://www.ute.edu.ec/posgrados/revistaeidos/edicionuno//art013.html>. 2009. Jácome, L. y Suquilanda, M. Fertilización química y organo mineral del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido) y Xaráes (*Brachiaria brizantha*), Santo Domingo De los Sachilas.
48. IBRAHIM, M., CHACÓN, M., CUARTAS, C., NARANJO, J., PONCE, G., VEGA, P., CASASOLA, F. y ROJAS, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería de las Américas* N° 45.
49. LLERENA, H. 2008. "Efecto de tres niveles de fertilización de praderas establecidas de *Brachiaria decumbens* a base de N,P,K en la producción de forraje verde en el Cantón Orellana." Tesis Ing. Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
50. MILES, J. 1999. Nuevos híbridos de *Brachiaria*. *Pasturas Tropicales* 21(2), pp 78-80.
51. NIETO, C. Y CAICEDO, C. 2012. Análisis reflexivo sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonia Ecuatoriana. INIAP – EECA. Publicación Miscelánea N° 405. Joya de los Sachas, Ecuador, p 102.

52. NIETO, C. 2007. Memorias de Taller de “Sistemas Agroforestales” Beneficios agro ecológicos aplicables a Ecuador, E.E.C.A.- Orellana.
53. NIETO, C., RAMOS, R., GALARZA, J. 2005. Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, resultados de una década de experiencias de campo. INIAP-PROMSA. Editorial NUEVA JERUSALEN. Quito – Ecuador. boletín técnico N° 122, pp 32-36, 195.
54. PEZO, D., IBRAHIM, M. 1999. Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In: Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. 1er. Foro Internacional. FIRA/Banco de Méjico. Veracruz. México, p 35.
55. PEZO, D., M. IBRAHIM. 2002. “Sistemas silvopastoriles”, Colección módulos de enseñanza Agroforestal. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 3da. Edición. Turrialba. Costa Rica., pp 5, 15, 99, 113, 143, 145, 170, 195, 227, 239.
56. POCCARD, R., TOURRAND, J.F., PIKETTY, M.G. Y VEIGA, J.B. 2001. Cadéna produtiva de corte e pecuarizaçãõ na Amazônia Oriental. IV Encontro da SBSP. pp 19-22 de março de 2001, Belém, Brasil.
57. PORTA, J., LÓPEZ – ACEVEDO, M., ROQUERO, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3da edición. Editorial Mundi-prensa. España, p 165.
58. PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL NAPO-PAYAMINO, (E.E. Napo) 2003. Informe Técnico Anual. Proyecto INIAP-PROMSA.
59. PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL NAPO-PAYAMINO, (E.E. Napo) 1997, Informe Técnico Anual, Programa Silvopastoril, Orellana- Ecuador.

60. PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA, ESTACIÓN EXPERIMENTAL NAPO, (E.E. Napo) 1996. Informe Técnico Anual. Personal Técnico y Administrativo, pp 64 – 68.
61. RAMÍREZ DE LA RIBERA, L., VEGA, M., ACOSTA, L. Y VERDECIA, D. 2005. Caracterización nutritiva de las especies *Brachiarias decumbens* e *hibrido* en un suelo fluvisol de Cuba. Universidad de Granma. Cuba.
62. RAMOS, R. 2003. "Fraccionamiento de carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica". Tesis M. Sc. Turrialba, CATIE.
63. ROMERO, S. 2010. "Propuesta de desarrollo del agroturismo para uso de suelos biorremediados, en el campo Sacha por PEPDA - Petroproducción". Tesis Ing. Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.
64. RIOFRÍO, J. 2007. "Cuantificación del carbono almacenado en dos sistemas agroforestales en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP Ecuador". Tesis Ing. Agr. Riobamba – Ecuador."
65. TORRES, V. 2010." Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (*psidium guajava* l.), cocona (*solanum sessiliflorum* dunal) y camu camu (*myrciaria dubia* vaugh)". Tesis Ing. Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.
66. VERA, A.1999. Proyecto "Rehabilitación de pastizales degradados y mejoramiento de la sostenibilidad de la ganadería en zonas intervenidas de la Amazonía Ecuatoriana", Estación Experimental Napo-INIAP, Francisco de Orellana-Ecuador.
67. WALKLEY. A., BLACK, C. 1938. An examination of the Degtjareff's method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: pp 29-38.

68. WOOD, Ch. y PORRO, R. 2002. Deforestation and Land Use in the Amazon. Gainesville. University Press of Florida.p 385.

# **ANEXOS**

Anexo 1. Distribución territorial de la R.A.E., por categoría de uso potencial del suelo.

Uso potencial	Hectáreas	% sobre el total
Apto para bosques	6.138.492	52,7
Apto para cultivos sin limitaciones	8.500	0,1
Apto para cultivos con limitaciones	720.097	6,2
Aptitud para pastos	1.301.004	11,2
Otros usos	491.713	4,2
Subtotal (Categorías de uso potencial)	8.659.806	74,4
Área del SNAP, en la RAE	2.984.310	25,6
<b>Total (hectáreas)</b>	<b>11.644.116</b>	<b>100</b>

Fuente: SENPLADES. Plan del buen vivir 2009-2013. Sistema de información territorial, digital espacial del Ecuador.

Anexo 2. Distribución territorial de la R.A.E., por categoría de uso actual del suelo.

Categoría de uso actual	Hectáreas	% sobre el total
Tierras intervenidas y en producción agrícola	887.835	7,6
Pasto natural y cultivado	1.164.512	10
Bosque (con diferentes grados de intervención).	6.127.132	52,6
Otros usos	480.328	4,1
Subtotal (Categorías de uso actual)	8.659.807	74,4
Áreas del SNAP, en la RAE	2.984.310	25,6
<b>Total (hectáreas)</b>	<b>11.644.117</b>	<b>100</b>

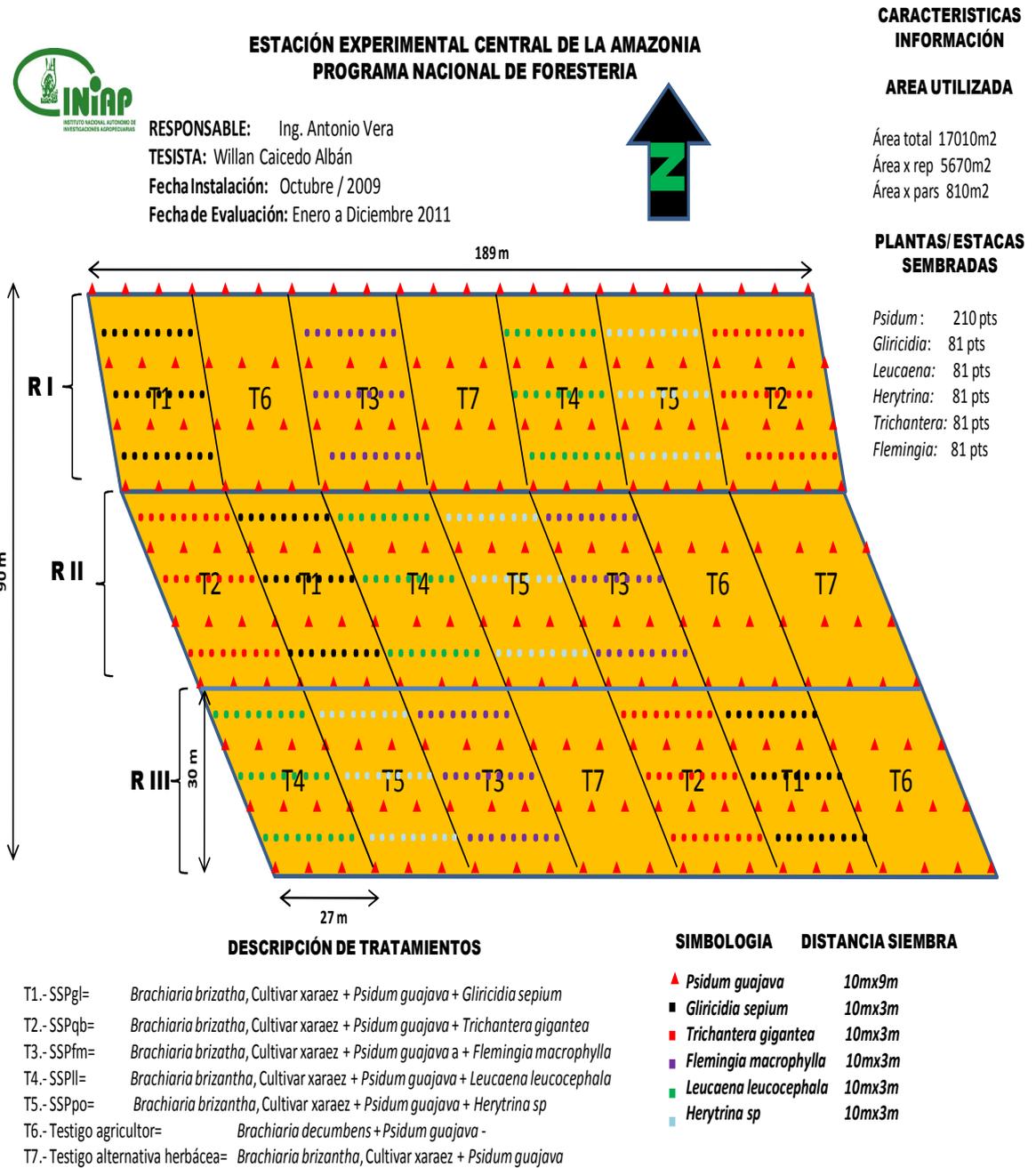
Fuente: SENPLADES. Plan del buen vivir 2009-2013. Sistema de información territorial, digital espacial del Ecuador.

Anexo 3. Conflictos de uso del suelo en la R.A.E., (uso potencial menos uso actual, por categoría).

CONFLICTOS			Uso potencial (ha)	Uso actual (ha)	Diferencia (ha)
Apta para cultivos sin limitaciones	Vs.	Tierras intervenidas y en producción agrícola	8.501	887.836	-879.335
Apta para cultivos con limitaciones	Vs.	Tierras intervenidas y en producción agrícola	720.097	887.836	-167.738
Apta para pastos	Vs.	Pastos cultivados y natural	1.301.004	1.164.512	136.492
Apta para bosques	Vs.	Tierras en bosques	6.138.492	6.127.123	11.360
Otros usos	Vs.	Otros usos	491.713	480.328	11.385

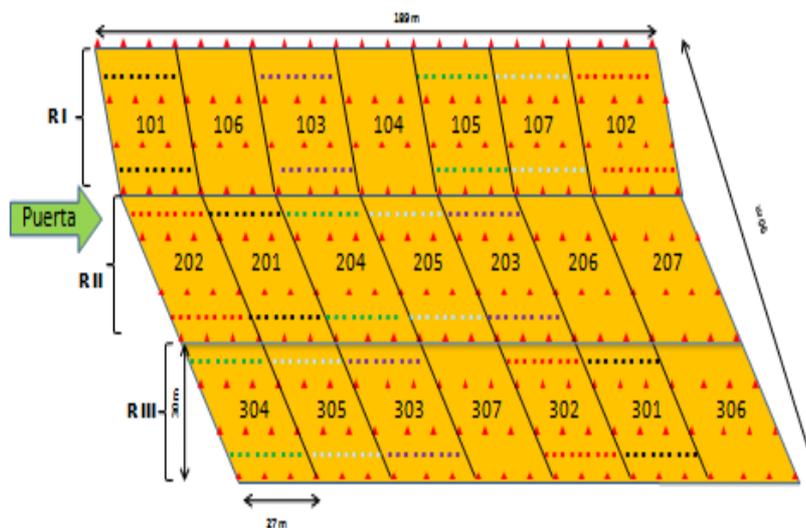
Fuente: Datos de Uso actual y potencial del suelo en la RAE.

Anexo 4. Croquis del ensayo de siete alternativas silvopastoriles.



Fuente: Archivos del Perfil de ensayos E.E.C.A.

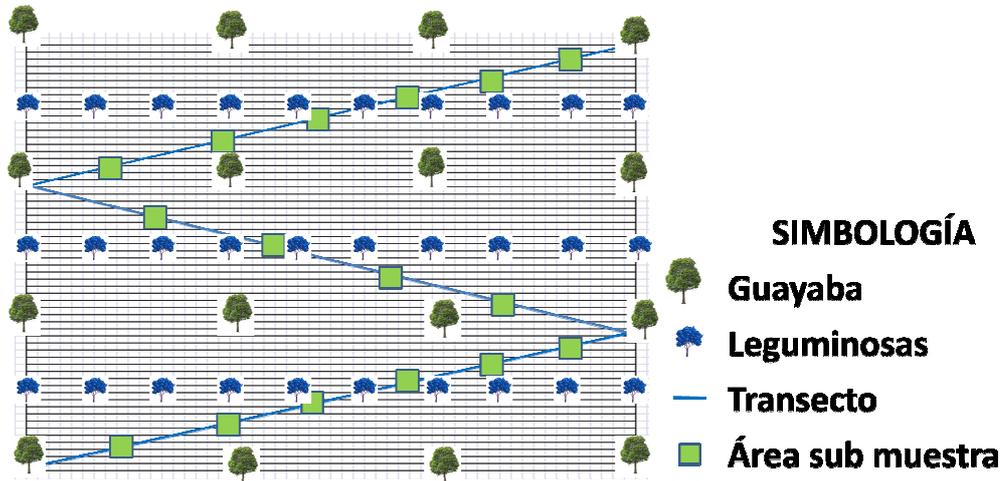
Anexo 5. Diseño de bloques completos al azar (BCA) con siete tratamientos y tres repeticiones y codificación de las unidades experimentales del sistema silvopastoril.



Parcela	Tratamiento	Repetición
101	T1	R I
102	T2	R I
103	T3	R I
104	T4	R I
105	T5	R I
106	T6	R I
107	T7	R I
201	T1	R II
202	T2	R II
203	T3	R II
204	T4	R II
205	T5	R II
206	T6	R II
207	T7	R II
301	T1	R III
302	T2	R III
303	T3	R III
304	T4	R III
305	T5	R III
306	T6	R III
307	T7	R III

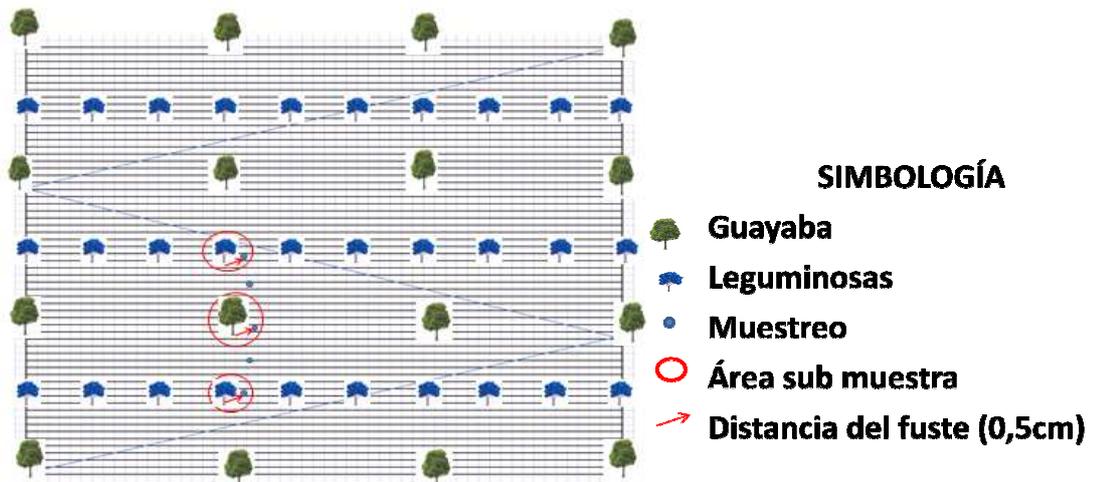
Fuente: Caicedo, W. (2012).

Anexo 6. Diseño de los transectos para el muestreo de compactación, fertilidad y humedad del suelo y además área de muestreo altura, cobertura, relación hojas-tallo, biomasa de la pastura en la unidad experimental.



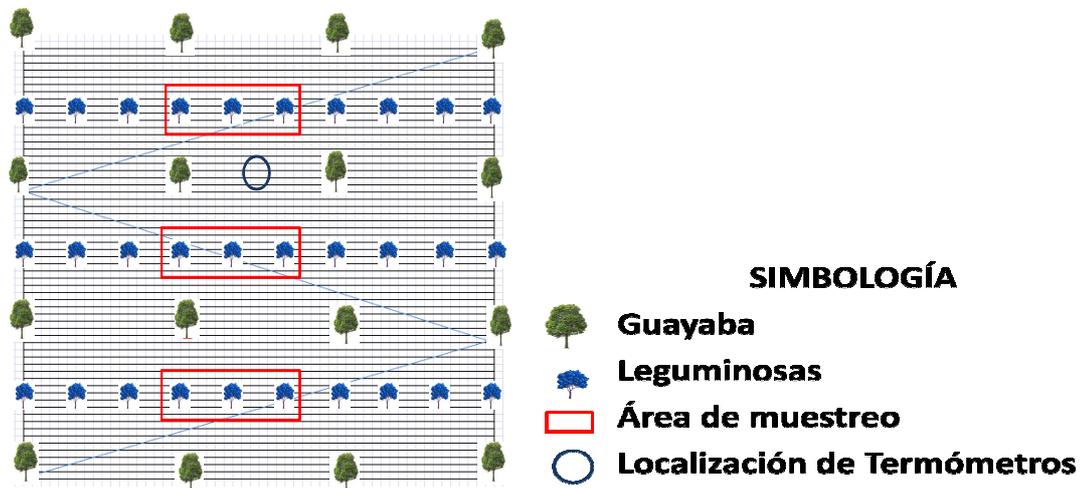
Fuente: Caicedo, W. (2012).

Anexo 7. Sitios de muestreo para las variables de densidad aparente, número y biomasa de lombrices.



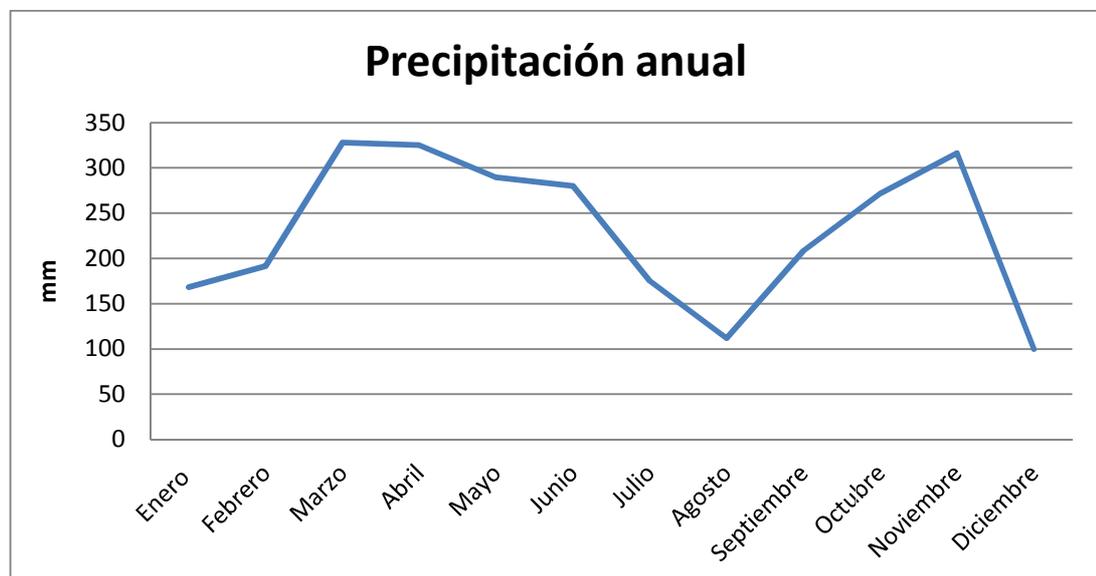
Fuente: Caicedo, W. (2012).

Anexo 8. Área de muestreo en la determinación de biomasa de la leguminosa arbustiva y temperatura ambiental.



Fuente: Caicedo, W. (2012).

Anexo 9. Curva de precipitación anual san Carlos, Orellana.



Fuente: Estación Meteorológica EECA- INIAP

Anexo 10. Textura del suelo en sistemas silvopastoriles San Carlos, Orellana.

TRATAMIENTOS	Clase textura profundidad (0 a 20 cm)	Clase textura profundidad (21 a 40 cm)
SSP Gliricidia	Franco	Arcilloso
SSP Gliricidia	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Gliricidia	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Q. Barriga	Franco-Arcilloso	Arcilloso
SSP Q. Barriga	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Q. Barriga	Franco-Arcilloso	Arcilloso
SSP Flemingia	Franco	Franco
SSP Flemingia	Franco	Franco
SSP Flemingia	Franco	Franco
SSP Leucaena	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Leucaena	Franco	Franco
SSP Leucaena	Franco	Franco
SSP Porotillo	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Porotillo	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Porotillo	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Testigo Agricultor	Franco-Arcilloso	Franco
SSP Testigo Agricultor	Franco-Arcilloso	Franco-Arenoso
SSP Testigo Agricultor	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso-Arenoso
SSP Testigo Mejorado	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
SSP Testigo Mejorado	Franco	Franco-Arcilloso
SSP Testigo Mejorado	Franco	Franco

Fuente: Resultados de Análisis del laboratorio de Suelos y Aguas de EESC. 2010.

Anexo 11. Análisis de la varianza para las variables de características físicas, químicas y biológicas del suelo de siete sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la estación experimental central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.

## 1. Compactación

### a. Compactación inicial (0-20cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Compact.i. 1	21	0,36	0,00	9,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	152,48	8	19,06	0,86	0,5738
TRTs	120,95	6	20,16	0,91	0,5209
BLOQUE	31,52	2	15,76	0,71	0,5113
Error	266,48	12	22,21		
Total	418,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,46738

Error: 22,2063 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
6,00	56,67	3	2,72	A
1,00	54,33	3	2,72	A
2,00	52,00	3	2,72	A
7,00	51,33	3	2,72	A
5,00	50,33	3	2,72	A
3,00	50,33	3	2,72	A
4,00	49,33	3	2,72	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Error: 22,2063 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	53,57	7	1,78	A
1,00	52,00	7	1,78	A
2,00	50,57	7	1,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

### b. Compactación inicial (21-40cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Compact. i. 2	21	0,63	0,38	6,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	351,71	8	43,96	2,55	0,0700
TRTs	173,33	6	28,89	1,68	0,2103
BLOQUE	178,38	2	89,19	5,17	0,0240
Error	206,95	12	17,25		
Total	558,67	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,86832

Error: 17,2460 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
1,00	73,67	3	2,40 A
2,00	70,33	3	2,40 A
6,00	69,67	3	2,40 A
7,00	67,00	3	2,40 A
5,00	67,00	3	2,40 A
3,00	66,33	3	2,40 A
4,00	64,33	3	2,40 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,92219

Error: 17,2460 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	71,43	7	1,57 A
1,00	69,14	7	1,57 A B
2,00	64,43	7	1,57 B

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

### c. Compactación final (0-20cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Compact. F. 1	21	0,08	0,00	12,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,86	8	11,11	0,12	0,9970
TRTs	59,62	6	9,94	0,11	0,9935
BLOQUE	29,24	2	14,62	0,16	0,8527
Error	1086,10	12	90,51		
Total	1174,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=27,18867

Error: 90,5079 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
4,00	76,33	3	5,49 A
1,00	75,67	3	5,49 A
6,00	75,33	3	5,49 A
2,00	74,00	3	5,49 A
7,00	73,00	3	5,49 A
3,00	72,67	3	5,49 A
5,00	71,33	3	5,49 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,56692

Error: 90,5079 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
2,00	75,71	7	3,60 A
3,00	73,29	7	3,60 A
1,00	73,14	7	3,60 A

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

### d. Compactación final (21-40cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Compact. F. 2	21	0,31	0,00	9,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	385,24	8	48,15	0,67	0,7064
TRTs	233,24	6	38,87	0,54	0,7656
BLOQUE	152,00	2	76,00	1,06	0,3756
Error	857,33	12	71,44		
Total	1242,57	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=24,15621

Error: 71,4444 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
3,00	94,00	3	4,88 A
4,00	93,67	3	4,88 A
7,00	89,00	3	4,88 A
1,00	87,67	3	4,88 A
6,00	86,33	3	4,88 A
5,00	85,67	3	4,88 A
2,00	85,67	3	4,88 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,05375

Error: 71,4444 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	92,29	7	3,19 A
2,00	88,57	7	3,19 A
1,00	85,71	7	3,19 A

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

## 2. Densidad aparente

### a. Densidad inicial (0-20cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Da+1	21	0,53	0,22	6,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	8	3,6E-03	1,72	0,1909
TRTs	0,01	6	2,2E-03	1,03	0,4517
BLOQUE	0,02	2	0,01	3,80	0,0528
Error	0,03	12	2,1E-03		
Total	0,05	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13073

Error: 0,0021 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	0,77	3	0,03	A
2,00	0,76	3	0,03	A
6,00	0,75	3	0,03	A
1,00	0,74	3	0,03	A
3,00	0,71	3	0,03	A
4,00	0,71	3	0,03	A
7,00	0,70	3	0,03	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06523  
 Error: 0,0021 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	0,77	7	0,02	A
2,00	0,73	7	0,02	A B
3,00	0,70	7	0,02	B

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

#### b. Densidad inicial (21-40cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Da+2	21	0,59	0,32	2,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	8	6,7E-04	2,18	0,1077
TRTs	0,01	6	8,9E-04	2,90	0,0552
BLOQUE	2,4E-05	2	1,2E-05	0,04	0,9620
Error	3,7E-03	12	3,1E-04		
Total	0,01	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05019  
 Error: 0,0003 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	0,90	3	0,01	A
7,00	0,89	3	0,01	A
4,00	0,88	3	0,01	A
2,00	0,88	3	0,01	A
3,00	0,87	3	0,01	A
6,00	0,86	3	0,01	A
1,00	0,85	3	0,01	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02505  
 Error: 0,0003 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	0,88	7	0,01	A
2,00	0,87	7	0,01	A
1,00	0,87	7	0,01	A

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

#### c. Densidad final (0-20cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Da+1f	21	0,40	0,00	7,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	8	3,8E-03	1,00	0,4854
TRTs	0,01	6	2,5E-03	0,66	0,6867
BLOQUE	0,02	2	0,01	2,02	0,1758
Error	0,05	12	3,8E-03		
Total	0,08	20			

Error: 0,0038 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
2,00	0,84	3	0,04 A
6,00	0,82	3	0,04 A
1,00	0,81	3	0,04 A
5,00	0,80	3	0,04 A
4,00	0,77	3	0,04 A
3,00	0,77	3	0,04 A
7,00	0,76	3	0,04 A

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

Error: 0,0038 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	0,82	7	0,02 A
2,00	0,81	7	0,02 A
3,00	0,76	7	0,02 A

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

#### d. Densidad final (21-40cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Da+2f	21	0,57	0,28	6,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	8	0,01	1,98	0,1373
TRTs	0,03	6	0,01	1,65	0,2162
BLOQUE	0,02	2	0,01	2,98	0,0888
Error	0,04	12	3,4E-03		
Total	0,10	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16694

Error: 0,0034 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
1,00	0,98	3	0,03 A
2,00	0,97	3	0,03 A
7,00	0,91	3	0,03 A
5,00	0,91	3	0,03 A
4,00	0,89	3	0,03 A
6,00	0,89	3	0,03 A
3,00	0,86	3	0,03 A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08330  
 Error: 0,0034 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	0,96	7	0,02 A
2,00	0,90	7	0,02 A
3,00	0,89	7	0,02 A

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

### 3. Fertilidad

#### a. Nitrógeno total inicial (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p1 Ntot i	21	0,36	0,00	21,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	8	0,01	0,83	0,5953
TRTs	0,05	6	0,01	0,88	0,5354
BLOQUE	0,01	2	0,01	0,66	0,5360
Error	0,12	12	0,01		
Total	0,19	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28919  
 Error: 0,0102 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
5,00	0,55	3	0,06 A
6,00	0,50	3	0,06 A
3,00	0,49	3	0,06 A
4,00	0,45	3	0,06 A
1,00	0,42	3	0,06 A
7,00	0,41	3	0,06 A
2,00	0,41	3	0,06 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14430  
 Error: 0,0102 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	0,48	7	0,04 A
2,00	0,48	7	0,04 A
1,00	0,43	7	0,04 A

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

#### b. Nitrógeno total inicial (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2 Ntot i	21	0,56	0,26	17,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	8	4,2E-03	1,89	0,1549
TRTs	0,02	6	4,0E-03	1,82	0,1786
BLOQUE	0,01	2	4,7E-03	2,10	0,1648
Error	0,03	12	2,2E-03		
Total	0,06	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13470

Error: 0,0022 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
7,00	0,33	3	0,03 A
4,00	0,31	3	0,03 A
6,00	0,28	3	0,03 A
3,00	0,26	3	0,03 A
2,00	0,25	3	0,03 A
1,00	0,23	3	0,03 A
5,00	0,23	3	0,03 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06721

Error: 0,0022 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
2,00	0,30	7	0,02 A
3,00	0,27	7	0,02 A
1,00	0,25	7	0,02 A

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

c. Nitrógeno total final (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p1 Ntot f	21	0,66	0,43	20,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,19	8	0,02	2,87	0,0490
TRTs	0,06	6	0,01	1,29	0,3305
BLOQUE	0,12	2	0,06	7,59	0,0074
Error	0,10	12	0,01		
Total	0,28	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25713

Error: 0,0081 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
7,00	0,50	3	0,05 A
4,00	0,50	3	0,05 A
5,00	0,43	3	0,05 A
3,00	0,43	3	0,05 A
2,00	0,40	3	0,05 A
1,00	0,40	3	0,05 A
6,00	0,33	3	0,05 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12831  
 Error: 0,0081 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
3,00	0,51	7	0,03	A	
2,00	0,44	7	0,03	A	B
1,00	0,33	7	0,03		B

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

#### d. Nitrógeno total final (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2 Ntot f	21	0,80	0,66	20,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,19	8	0,02	5,85	0,0034
TRTs	0,09	6	0,02	3,76	0,0242
BLOQUE	0,10	2	0,05	12,12	0,0013
Error	0,05	12	4,0E-03		
Total	0,24	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18182  
 Error: 0,0040 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
3,00	0,40	3	0,04	A	
7,00	0,37	3	0,04	A	B
5,00	0,33	3	0,04	A	B
4,00	0,33	3	0,04	A	B
6,00	0,30	3	0,04	A	B
2,00	0,23	3	0,04	A	B
1,00	0,20	3	0,04		B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09073  
 Error: 0,0040 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
2,00	0,37	7	0,02	A	
3,00	0,34	7	0,02	A	
1,00	0,21	7	0,02		B

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

#### e. Fósforo inicial (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p1+ P i	21	0,37	0,00	28,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	182,67	8	22,83	0,87	0,5683
TRTs	180,29	6	30,05	1,14	0,3970
BLOQUE	2,38	2	1,19	0,05	0,9560
Error	316,29	12	26,36		
Total	498,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,67215  
 Error: 26,3571 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
1,00	24,00	3	2,96 A
5,00	19,00	3	2,96 A
4,00	18,33	3	2,96 A
2,00	17,33	3	2,96 A
6,00	17,00	3	2,96 A
3,00	16,33	3	2,96 A
7,00	13,67	3	2,96 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,32128  
 Error: 26,3571 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	18,43	7	1,94 A
2,00	17,71	7	1,94 A
1,00	17,71	7	1,94 A

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

#### f. Fósforo total inicial (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+ P i	21	0,41	0,02	21,43

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	130,00	8	16,25	1,06	0,4486
TRTs	66,29	6	11,05	0,72	0,6420
BLOQUE	63,71	2	31,86	2,07	0,1684
Error	184,29	12	15,36		
Total	314,29	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,19953  
 Error: 15,3571 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
1,00	22,00	3	2,26 A
5,00	19,00	3	2,26 A
6,00	19,00	3	2,26 A
4,00	17,67	3	2,26 A
7,00	17,00	3	2,26 A
2,00	16,67	3	2,26 A
3,00	16,67	3	2,26 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,58847  
 Error: 15,3571 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	20,71	7	1,48 A
2,00	17,43	7	1,48 A
3,00	16,71	7	1,48 A

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

g. Fósforo final (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pl+ P f	21	0,38	0,00	26,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	107,35	8	13,42	0,92	0,5317
TRTs	101,03	6	16,84	1,16	0,3895
BLOQUE	6,33	2	3,16	0,22	0,8079
Error	174,76	12	14,56		
Total	282,11	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,90624

Error: 14,5633 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
1,00	18,67	3	2,20	A
4,00	14,67	3	2,20	A
3,00	14,67	3	2,20	A
6,00	14,33	3	2,20	A
5,00	13,33	3	2,20	A
7,00	13,33	3	2,20	A
2,00	10,77	3	2,20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,44212

Error: 14,5633 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	14,86	7	1,44	A
1,00	14,37	7	1,44	A
2,00	13,53	7	1,44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

h. Fósforo final (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+ P f	21	0,30	0,00	21,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	41,14	8	5,14	0,64	0,7348
TRTs	13,88	6	2,31	0,29	0,9324
BLOQUE	27,26	2	13,63	1,69	0,2263
Error	97,02	12	8,08		
Total	138,15	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,12595

Error: 8,0846 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	14,00	3	1,64	A
4,00	13,67	3	1,64	A
6,00	13,33	3	1,64	A
1,00	13,33	3	1,64	A
3,00	12,67	3	1,64	A
2,00	12,00	3	1,64	A
7,00	11,63	3	1,64	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,05478  
 Error: 8,0846 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	14,14	7	1,07 A
3,00	13,29	7	1,07 A
2,00	11,41	7	1,07 A

f. Potasio inicial (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pl+K i	21	0,46	0,10	17,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,14	8	0,02	1,27	0,3398
TRTs	0,09	6	0,01	1,10	0,4179
BLOQUE	0,05	2	0,02	1,81	0,2057
Error	0,16	12	0,01		
Total	0,30	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,33317  
 Error: 0,0136 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
4,00	0,79	3	0,07 A
3,00	0,70	3	0,07 A
1,00	0,66	3	0,07 A
5,00	0,66	3	0,07 A
7,00	0,63	3	0,07 A
2,00	0,62	3	0,07 A
6,00	0,57	3	0,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16625  
 Error: 0,0136 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	0,72	7	0,04 A
2,00	0,65	7	0,04 A
1,00	0,61	7	0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

g. Potasio inicial (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+K i	21	0,28	0,00	27,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	8	0,02	0,57	0,7839
TRTs	0,08	6	0,01	0,48	0,8104
BLOQUE	0,05	2	0,02	0,84	0,4567
Error	0,32	12	0,03		
Total	0,45	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46908  
 Error: 0,0269 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
3,00	0,66	3	0,09 A
1,00	0,65	3	0,09 A
5,00	0,63	3	0,09 A
4,00	0,61	3	0,09 A
7,00	0,59	3	0,09 A
2,00	0,55	3	0,09 A
6,00	0,47	3	0,09 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23407  
 Error: 0,0269 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	0,65	7	0,06 A
2,00	0,59	7	0,06 A
1,00	0,54	7	0,06 A

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

#### h. Potasio final (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pl+K f	21	0,42	0,04	26,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	8	0,05	1,09	0,4299
TRTs	0,24	6	0,04	0,86	0,5502
BLOQUE	0,16	2	0,08	1,79	0,2090
Error	0,55	12	0,05		
Total	0,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61157  
 Error: 0,0458 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
4,00	1,00	3	0,12 A
3,00	0,90	3	0,12 A
5,00	0,83	3	0,12 A
7,00	0,77	3	0,12 A
1,00	0,73	3	0,12 A
2,00	0,73	3	0,12 A
6,00	0,67	3	0,12 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30517  
 Error: 0,0458 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	0,93	7	0,08 A
2,00	0,76	7	0,08 A
1,00	0,73	7	0,08 A

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

i. Potasio final (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+K f	21	0,31	0,00	27,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	8	0,02	0,68	0,7049
TRTs	0,09	6	0,02	0,68	0,6671
BLOQUE	0,03	2	0,01	0,65	0,5371
Error	0,27	12	0,02		
Total	0,39	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,42906

Error: 0,0225 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
5,00	0,63	3	0,09 A
4,00	0,63	3	0,09 A
3,00	0,57	3	0,09 A
7,00	0,57	3	0,09 A
1,00	0,50	3	0,09 A
6,00	0,47	3	0,09 A
2,00	0,47	3	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21410

Error: 0,0225 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	0,60	7	0,06 A
3,00	0,53	7	0,06 A
2,00	0,51	7	0,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

j. Materia orgánica inicial (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p1+M.O. i	21	0,66	0,44	8,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78,84	8	9,86	2,97	0,0439
TRTs	17,75	6	2,96	0,89	0,5309
BLOQUE	61,09	2	30,54	9,20	0,0038
Error	39,84	12	3,32		
Total	118,68	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,20713

Error: 3,3198 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
3,00	22,20	3	1,05 A
7,00	22,10	3	1,05 A
5,00	21,67	3	1,05 A
4,00	21,20	3	1,05 A
2,00	21,07	3	1,05 A
6,00	20,83	3	1,05 A
1,00	19,27	3	1,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,59831  
 Error: 3,3198 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	23,46	7	0,69	A
2,00	20,77	7	0,69	B
1,00	19,34	7	0,69	B

#### k. Materia orgánica inicial (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+M.O. i	21	0,25	0,00	12,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,88	8	3,23	0,50	0,8325
TRTs	10,04	6	1,67	0,26	0,9454
BLOQUE	15,84	2	7,92	1,23	0,3266
Error	77,23	12	6,44		
Total	103,11	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,25022  
 Error: 6,4360 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
2,00	21,50	3	1,46	A
7,00	20,30	3	1,46	A
3,00	20,07	3	1,46	A
6,00	20,03	3	1,46	A
4,00	19,93	3	1,46	A
5,00	19,53	3	1,46	A
1,00	19,10	3	1,46	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,61780  
 Error: 6,4360 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	21,21	7	0,96	A
1,00	19,87	7	0,96	A
2,00	19,11	7	0,96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

#### l. Materia orgánica final (0-20 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p1+M.O. f	21	0,44	0,06	19,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,70	8	1,84	1,16	0,3939
TRTs	8,60	6	1,43	0,91	0,5221
BLOQUE	6,09	2	3,05	1,92	0,1885
Error	19,00	12	1,58		
Total	33,70	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,59618  
 Error: 1,5834 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
3,00	7,53	3	0,73	A
7,00	7,20	3	0,73	A
4,00	6,83	3	0,73	A
5,00	6,63	3	0,73	A
6,00	6,60	3	0,73	A
1,00	5,93	3	0,73	A
2,00	5,53	3	0,73	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,79446  
 Error: 1,5834 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	7,30	7	0,48	A
2,00	6,54	7	0,48	A
1,00	5,99	7	0,48	A

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

#### m. Materia orgánica final (21-40 cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
p2+M.O. f	21	0,61	0,35	22,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,86	8	1,23	2,33	0,0906
TRTs	5,30	6	0,88	1,67	0,2121
BLOQUE	4,56	2	2,28	4,31	0,0389
Error	6,35	12	0,53		
Total	16,21	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,07948  
 Error: 0,5294 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
3,00	4,40	3	0,42	A
6,00	3,33	3	0,42	A
7,00	3,20	3	0,42	A
4,00	3,17	3	0,42	A
5,00	3,10	3	0,42	A
1,00	2,80	3	0,42	A
2,00	2,80	3	0,42	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,03764  
 Error: 0,5294 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
3,00	3,89	7	0,28	A	
2,00	3,11	7	0,28	A	B
1,00	2,77	7	0,28		B

#### n. Relación C/N inicial 0-20 cm

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Relación C/N 1	21	0.39	0.00	19.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	235.57	8	29.45	0.98	0.4959
TRTs	217.41	6	36.23	1.20	0.3681
Bloque	18.16	2	9.08	0.30	0.7450
Error	361.23	12	30.10		
Total	596.79	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=15.67990

Error: 30.1021 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
2.00	32.10	3	3.17 A
7.00	31.10	3	3.17 A
4.00	29.17	3	3.17 A
1.00	26.70	3	3.17 A
3.00	26.43	3	3.17 A
6.00	24.03	3	3.17 A
5.00	22.83	3	3.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.82414

Error: 30.1021 gl: 12

Bloque	Medias	n	E.E.
3.00	28.79	7	2.07 A
1.00	26.97	7	2.07 A
2.00	26.69	7	2.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

#### o. Relación C/N final 0-20 cm

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Relación C/N 2	21	0.58	0.30	32.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1775.64	8	221.96	2.05	0.1262
TRTs	638.57	6	106.43	0.98	0.4769
Bloque	1137.07	2	568.54	5.26	0.0229
Error	1297.48	12	108.12		
Total	3073.12	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=29.71698

Error: 108.1235 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
6.00	44.40	3	6.00 A
1.00	32.17	3	6.00 A
2.00	31.77	3	6.00 A
7.00	29.53	3	6.00 A
5.00	29.47	3	6.00 A
3.00	28.87	3	6.00 A
4.00	25.90	3	6.00 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=14.82852

Error: 108.1235 gl: 12

Bloque	Medias	n	E.E.		
1.00	41.23	7	3.93	A	
2.00	30.66	7	3.93	A	B
3.00	23.30	7	3.93		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

#### 4. Tasa de absorción de los nutrientes

##### a. Nitrógeno absorbido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N	21	0.81	0.69	8.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22984.18	8	2873.02	6.45	0.0022
TRTs	22731.76	6	3788.63	8.50	0.0009
BLOQUE	252.42	2	126.21	0.28	0.7583
Error	5348.63	12	445.72		
Total	28332.80	20			

Error: 445.7189 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
3.00	294.10	3	12.19	A	
4.00	273.67	3	12.19	A	B
5.00	270.33	3	12.19	A	B
7.00	267.20	3	12.19	A	B
2.00	253.57	3	12.19	A	B
1.00	232.70	3	12.19		B C
6.00	185.53	3	12.19		C

Error: 445.7189 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1.00	257.83	7	7.98	A
2.00	254.40	7	7.98	A
3.00	249.39	7	7.98	A

##### b. Fósforo absorbido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P	21	0.90	0.84	8.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	966.18	8	120.77	14.06	0.0001
TRTs	962.19	6	160.37	18.67	<0.0001
BLOQUE	3.99	2	1.99	0.23	0.7963
Error	103.09	12	8.59		
Total	1069.27	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.37655

Error: 8.5910 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
3.00	41.80	3	1.69	A	
5.00	39.87	3	1.69	A	B
4.00	39.03	3	1.69	A	B
1.00	35.13	3	1.69	A	B
7.00	32.73	3	1.69		B
2.00	32.67	3	1.69		B
6.00	19.97	3	1.69		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.17983

Error: 8.5910 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1.00	34.94	7	1.11	A
2.00	34.54	7	1.11	A
3.00	33.89	7	1.11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

### c. Potasio absorbido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
K	21	0.91	0.84	7.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	107330.93	8	13416.37	14.42	<0.0001
TRTs	106619.43	6	17769.90	19.10	<0.0001
BLOQUE	711.50	2	355.75	0.38	0.6903
Error	11164.71	12	930.39		
Total	118495.64	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=87.17215

Error: 930.3928 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
3.00	442.13	3	17.61	A	
4.00	441.93	3	17.61	A	
5.00	425.87	3	17.61	A	
7.00	413.53	3	17.61	A	
2.00	392.10	3	17.61	A	B
1.00	319.40	3	17.61		B C
6.00	235.73	3	17.61		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=43.49817

Error: 930.3928 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1.00	388.96	7	11.53	A
2.00	380.89	7	11.53	A
3.00	374.74	7	11.53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

d. Calcio absorbido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ca	21	0.93	0.88	9.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	716.33	8	89.54	19.35	<0.0001
TRTs	715.74	6	119.29	25.78	<0.0001
BLOQUE	0.59	2	0.29	0.06	0.9386
Error	55.52	12	4.63		
Total	771.85	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.14743

Error: 4.6270 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
2.00	30.10	3	1.24	A	
3.00	26.70	3	1.24	A	B
1.00	23.83	3	1.24		B
4.00	23.13	3	1.24		B
5.00	21.83	3	1.24		B
7.00	20.57	3	1.24		B
6.00	9.97	3	1.24		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.06752

Error: 4.6270 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3.00	22.46	7	0.81	A
1.00	22.39	7	0.81	A
2.00	22.07	7	0.81	A

e. Azufre absorbido

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
S	21	0.71	0.52	8.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	68.77	8	8.60	3.66	0.0215
TRTs	67.98	6	11.33	4.83	0.0099
BLOQUE	0.80	2	0.40	0.17	0.8457
Error	28.15	12	2.35		
Total	96.92	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.37713

Error: 2.3458 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
7.00	18.97	3	0.88	A	
4.00	18.60	3	0.88	A	
3.00	18.53	3	0.88	A	
2.00	18.23	3	0.88	A	
5.00	17.37	3	0.88	A	B
1.00	17.30	3	0.88	A	B
6.00	13.30	3	0.88		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.18415

Error: 2.3458 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1.00	17.69	7	0.58 A
2.00	17.51	7	0.58 A
3.00	17.21	7	0.58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

## 5. Número y biomasa de lombrices

### a. Número de lombrices época de máxima precipitación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TE1 N° lomb	21	0,63	0,38	81,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	138,95	8	17,37	2,52	0,0727
TRTs	137,14	6	22,86	3,31	0,0368
BLOQUE	1,81	2	0,90	0,13	0,8784
Error	82,86	12	6,90		
Total	221,81	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,50964

Error: 6,9048 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
2,00	8,00	3	1,52 A
7,00	6,00	3	1,52 A
6,00	3,00	3	1,52 A
3,00	2,67	3	1,52 A
4,00	1,00	3	1,52 A
5,00	1,00	3	1,52 A
1,00	1,00	3	1,52 A

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

Error: 6,9048 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
2,00	3,57	7	0,99 A
3,00	3,29	7	0,99 A
1,00	2,86	7	0,99 A

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

### d. Biomasa de lombrices época de máxima precipitación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TE1 Peso (g)	21	0,63	0,38	70,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,43	8	6,43	2,50	0,0740
TRTs	50,29	6	8,38	3,26	0,0387
BLOQUE	1,14	2	0,57	0,22	0,8040
Error	30,86	12	2,57		
Total	82,29	20			

Error: 2,5714 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
7,00	4,67	3	0,93	A
2,00	4,67	3	0,93	A
6,00	2,00	3	0,93	A
3,00	1,67	3	0,93	A
1,00	1,00	3	0,93	A
5,00	1,00	3	0,93	A
4,00	1,00	3	0,93	A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,28678

Error: 2,5714 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	2,57	7	0,61	A
3,00	2,29	7	0,61	A
1,00	2,00	7	0,61	A

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

### c. Número de lombrices época de menor precipitación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TE2 N° lomb	21	0,50	0,17	90,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	114,57	8	14,32	1,50	0,2539
TRTs	109,14	6	18,19	1,91	0,1610
BLOQUE	5,43	2	2,71	0,28	0,7575
Error	114,57	12	9,55		
Total	229,14	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,83064

Error: 9,5476 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
2,00	8,00	3	1,78	A
5,00	5,00	3	1,78	A
7,00	3,67	3	1,78	A
4,00	2,67	3	1,78	A
3,00	2,67	3	1,78	A
1,00	1,00	3	1,78	A
6,00	1,00	3	1,78	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,40641

Error: 9,5476 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	4,14	7	1,17	A
3,00	3,14	7	1,17	A
2,00	3,00	7	1,17	A

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

### d. Biomasa de lombrices época de menor precipitación

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TE2 Peso (g)	21	0,47	0,11	88,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54,57	8	6,82	1,31	0,3255
TRTs	51,14	6	8,52	1,63	0,2206
BLOQUE	3,43	2	1,71	0,33	0,7261
Error	62,57	12	5,21		
Total	117,14	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,52592

Error: 5,2143 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
2,00	5,67	3	1,32 A
5,00	3,67	3	1,32 A
7,00	3,00	3	1,32 A
4,00	2,00	3	1,32 A
3,00	1,67	3	1,32 A
1,00	1,00	3	1,32 A
6,00	1,00	3	1,32 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,25638

Error: 5,2143 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	3,14	7	0,86 A
3,00	2,29	7	0,86 A
2,00	2,29	7	0,86 A

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

Anexo 12. Análisis de la varianza para variables de evaluación del desempeño de los componentes: herbáceo, leñoso forrajero y animal de los sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.

1. Variabes en las pasturas

a. Altura de la pastura 15 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pro. Alt.	15	21	0,78	0,63 3,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	115,52	8	14,44	5,18	0,0057
TRTs	114,29	6	19,05	6,84	0,0024
BLOQUE	1,24	2	0,62	0,22	0,8040
Error	33,43	12	2,79		
Total	148,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,76994

Error: 2,7857 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
7,00	57,33	3	0,96	A
5,00	57,00	3	0,96	A
3,00	56,67	3	0,96	A
4,00	56,33	3	0,96	A
2,00	55,33	3	0,96	A
1,00	55,00	3	0,96	A
6,00	50,00	3	0,96	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,38016

Error: 2,7857 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	55,71	7	0,63	A
1,00	55,29	7	0,63	A
3,00	55,14	7	0,63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

b. Altura de la pastura 30 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pro. Alt.	30	21	0,57	0,29 4,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	193,62	8	24,20	2,00	0,1349
TRTs	184,95	6	30,83	2,55	0,0794
BLOQUE	8,67	2	4,33	0,36	0,7064
Error	145,33	12	12,11		
Total	338,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,94573

Error: 12,1111 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	73,00	3	2,01	A
7,00	73,00	3	2,01	A
3,00	72,67	3	2,01	A
4,00	72,00	3	2,01	A
1,00	71,67	3	2,01	A
2,00	70,33	3	2,01	A
6,00	64,00	3	2,01	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,96283

Error: 12,1111 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	71,86	7	1,32	A
2,00	70,57	7	1,32	A
1,00	70,43	7	1,32	A

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

### c. Cobertura de la pastura 15 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pro. Cob. 15	21	0,49	0,15	2,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	41,62	8	5,20	1,43	0,2775
TRTs	31,24	6	5,21	1,43	0,2803
BLOQUE	10,38	2	5,19	1,43	0,2778
Error	43,62	12	3,63		
Total	85,24	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,44869

Error: 3,6349 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
6,00	67,00	3	1,10	A
7,00	65,00	3	1,10	A
4,00	64,67	3	1,10	A
3,00	64,67	3	1,10	A
5,00	64,00	3	1,10	A
2,00	63,33	3	1,10	A
1,00	63,00	3	1,10	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,71885

Error: 3,6349 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	65,43	7	0,72	A
2,00	64,43	7	0,72	A
1,00	63,71	7	0,72	A

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

d. Cobertura de la pastura 30 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pro. Cob. 30	21	0,32	0,00	4,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83,24	8	10,40	0,70	0,6852
TRTs 54,29	6	9,05	0,61	0,7179	
BLOQUE	28,95	2	14,48	0,98	0,4043
Error	177,71	12	14,81		
Total	260,95	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,99804

Error: 14,8095 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
4,00	87,00	3	2,22	A
3,00	87,00	3	2,22	A
7,00	86,67	3	2,22	A
5,00	86,00	3	2,22	A
6,00	84,67	3	2,22	A
2,00	83,67	3	2,22	A
1,00	82,67	3	2,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,48793

Error: 14,8095 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	86,71	7	1,45	A
2,00	85,57	7	1,45	A
1,00	83,86	7	1,45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

e. Relación h/t de la pastura 30 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R h/t Pro.	21	0,88	0,81	4,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	8	0,02	11,50	0,0001
TRTs 0,13	6	0,02	13,94	0,0001	
BLOQUE	0,01	2	0,01	4,19	0,0417
Error	0,02	12	1,6E-03		
Total	0,17	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11454

Error: 0,0016 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	0,92	3	0,02	A
7,00	0,91	3	0,02	A
3,00	0,91	3	0,02	A
4,00	0,89	3	0,02	A
2,00	0,88	3	0,02	A
1,00	0,86	3	0,02	A
6,00	0,67	3	0,02	B

Error: 0,0016 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	0,88	7	0,02	A
3,00	0,88	7	0,02	A
1,00	0,83	7	0,02	A

f. Rendimiento (M.S.) de la pastura 30 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria	21	0,73	0,55	8,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,99	8	6,50	4,09	0,0144
TRTs	51,33	6	8,56	5,39	0,0065
BLOQUE	0,66	2	0,33	0,21	0,8156
Error	19,05	12	1,59		
Total	71,04	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,60102

Error: 1,5877 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.		
7,00	15,83	3	0,73	A	
4,00	15,77	3	0,73	A	
5,00	15,64	3	0,73	A	
3,00	15,41	3	0,73	A	
1,00	14,26	3	0,73	A	B
2,00	14,22	3	0,73	A	B
6,00	11,10	3	0,73		B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,79688

Error: 1,5877 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	14,79	7	0,48	A
2,00	14,66	7	0,48	A
3,00	14,37	7	0,48	A

e. Valor nutritivo de la pastura

(1) Cenizas en las pasturas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cez	21	0,80	0,67	3,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,12	8	1,51	6,10	0,0029
TRTs	11,62	6	1,94	7,80	0,0014
BLOQUE	0,50	2	0,25	1,00	0,3971
Error	2,98	12	0,25		
Total	15,10	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,42377

Error: 0,2482 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
4,00	13,39	3	0,29	A
5,00	12,84	3	0,29	A
1,00	12,83	3	0,29	A
7,00	12,78	3	0,29	A
2,00	12,59	3	0,29	A
3,00	12,45	3	0,29	A
6,00	10,83	3	0,29	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,71045

Error: 0,2482 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	12,64	7	0,19	A
2,00	12,63	7	0,19	A
1,00	12,31	7	0,19	A

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

## (2) Extracto etéreo en las pasturas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EE	21	0,72	0,54	7,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	8	0,05	3,90	0,0171
TRTs	0,30	6	0,05	3,90	0,0214
BLOQUE	0,10	2	0,05	3,90	0,0495
Error	0,15	12	0,01		
Total	0,56	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32386

Error: 0,0128 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
7,00	1,74	3	0,07	A
4,00	1,73	3	0,07	A
3,00	1,69	3	0,07	A
5,00	1,56	3	0,07	A
2,00	1,50	3	0,07	A
1,00	1,50	3	0,07	A
6,00	1,42	3	0,07	A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16161

Error: 0,0128 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	1,67	7	0,04	A
2,00	1,60	7	0,04	A
1,00	1,50	7	0,04	B

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

### (3) Proteína cruda en las pasturas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PR	21	0,26	0,00	12,85

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,74	8	0,97	0,52	0,8187
TRTs	5,41	6	0,90	0,49	0,8062
BLOQUE	2,33	2	1,16	0,63	0,5506
Error	22,23	12	1,85		
Total	29,97	20			

Error: 1,8528 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
3,00	11,51	3	0,79 A
2,00	10,89	3	0,79 A
5,00	10,68	3	0,79 A
7,00	10,55	3	0,79 A
6,00	10,45	3	0,79 A
4,00	10,36	3	0,79 A
1,00	9,71	3	0,79 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,94111

Error: 1,8528 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	10,86	7	0,51 A
2,00	10,80	7	0,51 A
1,00	10,12	7	0,51 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

### (4) Fibra cruda en las pasturas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FIBRA	21	0,47	0,12	3,58

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,30	8	1,79	1,33	0,3158
TRTs	8,34	6	1,39	1,04	0,4493
BLOQUE	5,96	2	2,98	2,22	0,1512
Error	16,11	12	1,34		
Total	30,40	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,31085

Error: 1,3421 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
1,00	33,54	3	0,67 A
6,00	32,95	3	0,67 A
2,00	32,37	3	0,67 A
7,00	32,35	3	0,67 A
3,00	32,14	3	0,67 A
4,00	31,83	3	0,67 A
5,00	31,51	3	0,67 A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65208

Error: 1,3421 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	33,12	7	0,44	A
3,00	32,17	7	0,44	A
2,00	31,86	7	0,44	A

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

## (5) Materia seca en las pasturas

Nueva tabla: 12/10/2012 - 9:38:36 PM

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS (%)	21	0.87	0.78	4.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.1E-03	8	5.2E-04	9.74	0.0003
BLOQUE	3.0E-04	2	1.5E-04	2.78	0.1021
TRTs	3.8E-03	6	6.4E-04	12.06	0.0002
Error	6.4E-04	12	5.3E-05		
Total	4.8E-03	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01040

Error: 0.0001 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2.00	0.18	7	2.8E-03	A
1.00	0.18	7	2.8E-03	A
3.00	0.18	7	2.8E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02084

Error: 0.0001 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
6.00	0.21	3	4.2E-03	A
1.00	0.18	3	4.2E-03	B
5.00	0.18	3	4.2E-03	B
7.00	0.18	3	4.2E-03	B
4.00	0.18	3	4.2E-03	B
2.00	0.17	3	4.2E-03	B
3.00	0.17	3	4.2E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

## 2. Variables en las leñosas forrajeras

a. Rendimiento (M.S.) de la leñosa 30 días de edad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sumatoria lñ	15	0,91	0,83	17,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	6	0,02	12,76	0,0010
TRTs	0,12	4	0,03	18,99	0,0004
BLOQUE	9,6E-04	2	4,8E-04	0,29	0,7552
Error	0,01	8	1,6E-03		
Total	0,14	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11440

Error: 0,0016 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.	
4,00	0,32	3	0,02	A
1,00	0,30	3	0,02	A
3,00	0,29	3	0,02	A
2,00	0,17	3	0,02	B
5,00	0,08	3	0,02	B

Error: 0,0016 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	0,24	5	0,02	A
1,00	0,24	5	0,02	A
3,00	0,22	5	0,02	A

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

b. Materia seca en las leñosas forrajeras

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS Leñosa	15	0.99	0.99	3.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	6	0.01	194.89	<0.0001
TRTs	0.05	4	0.01	292.25	<0.0001
BLOQUE	1.3E-05	2	6.7E-06	0.17	0.8493
Error	3.2E-04	8	4.0E-05		
Total	0.05	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01784

Error: 0.0000 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.	
3.00	0.26	3	3.7E-03	A
4.00	0.23	3	3.7E-03	B
1.00	0.16	3	3.7E-03	C
5.00	0.13	3	3.7E-03	D
2.00	0.11	3	3.7E-03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01143

Error: 0.0000 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3.00	0.18	5	2.8E-03	A
2.00	0.18	5	2.8E-03	A
1.00	0.18	5	2.8E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )

c. Proteína en las leñosas forrajeras

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PR Lñ 15	0,87	0,77	7,40	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	161,06	6	26,84	8,82	0,0036
TRTs	148,53	4	37,13	12,19	0,0017
BLOQUE	12,53	2	6,27	2,06	0,1901
Error	24,36	8	3,05		
Total	185,42	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,92255

Error: 3,0451 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.		
1,00	27,18	3	1,01	A	
4,00	27,14	3	1,01	A	
5,00	23,05	3	1,01	A	B
2,00	21,24	3	1,01		B
3,00	19,32	3	1,01		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,15356

Error: 3,0451 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	24,75	5	0,78	A
3,00	23,48	5	0,78	A
2,00	22,52	5	0,78	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

d. Fibra en las leñosas forrajeras

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
FIBRA Lñ	15	0,93	0,88	9,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	481,75	6	80,29	18,53	0,0003
TRTs	478,36	4	119,59	27,60	0,0001
BLOQUE	3,39	2	1,69	0,39	0,6888
Error	34,66	8	4,33		
Total	516,40	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,87148

Error: 4,3322 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.		
3,00	30,94	3	1,20	A	
5,00	22,86	3	1,20		B
1,00	20,50	3	1,20		B
4,00	17,27	3	1,20		B C
2,00	14,42	3	1,20		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,76148  
 Error: 4,3322 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	21,86	5	0,93	A
2,00	20,94	5	0,93	A
1,00	20,79	5	0,93	A

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

#### e. Cenizas en las leñosas forrajeras

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CezLñ 15	0,99	0,99	6,55	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	666,53	6	111,09	201,84	<0,0001
TRTs	665,59	4	166,40	302,33	<0,0001
BLOQUE	0,94	2	0,47	0,86	0,4598
Error	4,40	8	0,55		
Total	670,93	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,09278  
 Error: 0,5504 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.	
2,00	24,21	3	0,43	A
1,00	10,05	3	0,43	B
5,00	9,37	3	0,43	B C
4,00	7,86	3	0,43	C
3,00	5,12	3	0,43	D

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,34071  
 Error: 0,5504 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	11,64	5	0,33	A
1,00	11,29	5	0,33	A
3,00	11,03	5	0,33	A

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

#### f. Extracto etéreo en las leñosas forrajeras

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EE Lñ 15	0,94	0,90	14,36	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,92	6	2,49	22,07	0,0001
TRTs	14,83	4	3,71	32,90	0,0001
BLOQUE	0,09	2	0,05	0,42	0,6729
Error	0,90	8	0,11		
Total	15,83	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,94700

Error: 0,1127 gl: 8

TRTs	Medias	n	E.E.	
5,00	3,75	3	0,19	A
1,00	2,78	3	0,19	B
4,00	2,75	3	0,19	B
3,00	1,21	3	0,19	C
2,00	1,20	3	0,19	C

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,60668

Error: 0,1127 gl: 8

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	2,42	5	0,15	A
1,00	2,36	5	0,15	A
3,00	2,23	5	0,15	A

### 3. Ganancias de peso en el componente animal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GP kg/día	21	0,97	0,95	2,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	8	0,02	51,93	<0,0001
TRTs	0,15	6	0,02	68,59	<0,0001
BLOQUE	1,4E-03	2	6,9E-04	1,95	0,1854
Error	4,2E-03	12	3,5E-04		
Total	0,15	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05365

Error: 0,0004 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
3,00	0,74	3	0,01	A
5,00	0,72	3	0,01	A B
1,00	0,70	3	0,01	A B
2,00	0,69	3	0,01	A B
7,00	0,68	3	0,01	B
4,00	0,68	3	0,01	B
6,00	0,47	3	0,01	C

Anexo 13. Análisis de la varianza para variables de evaluación de los beneficios no tangibles, en sistemas silvopastoriles, al primer año de evaluación en la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP. San Carlos, Orellana.

1. Temperatura ambiental

a. época de máxima precipitación (10 am)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
T+1	21	0,85	0,74	0,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,06	8	0,13	8,25	0,0007
TRTs	0,07	6	0,01	0,69	0,6601
BLOQUE	0,99	2	0,50	30,93	<0,0001
Error	0,19	12	0,02		
Total	1,25	20			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,36245

Error: 0,0161 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
1,00	28,47	3	0,07	A
6,00	28,46	3	0,07	A
2,00	28,46	3	0,07	A
7,00	28,43	3	0,07	A
3,00	28,40	3	0,07	A
4,00	28,34	3	0,07	A
5,00	28,32	3	0,07	A

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

Error: 0,0161 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	28,65	7	0,05	A
2,00	28,46	7	0,05	B
1,00	28,12	7	0,05	C

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

b. época de máxima precipitación (14 pm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
T+2	21	0,46	0,10	0,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	8	0,03	1,27	0,3421
TRTs	0,07	6	0,01	0,56	0,7550
BLOQUE	0,13	2	0,07	3,40	0,0675
Error	0,24	12	0,02		
Total	0,44	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40124

Error: 0,0197 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
5,00	30,41	3	0,08 A
7,00	30,41	3	0,08 A
3,00	30,40	3	0,08 A
6,00	30,40	3	0,08 A
1,00	30,32	3	0,08 A
2,00	30,31	3	0,08 A
4,00	30,26	3	0,08 A

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20022

Error: 0,0197 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
2,00	30,46	7	0,05 A
3,00	30,36	7	0,05 A
1,00	30,26	7	0,05 A

## c. época de menor precipitación (10 am)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
T-1	21	0,92	0,87	0,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,15	8	0,14	18,15	<0,0001
TRTs	0,01	6	1,5E-03	0,19	0,9745
BLOQUE	1,14	2	0,57	72,02	<0,0001
Error	0,10	12	0,01		
Total	1,25	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25479

Error: 0,0079 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.
7,00	28,88	3	0,05 A
4,00	28,88	3	0,05 A
1,00	28,88	3	0,05 A
2,00	28,87	3	0,05 A
3,00	28,86	3	0,05 A
6,00	28,84	3	0,05 A
5,00	28,83	3	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p&lt;= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12714

Error: 0,0079 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	29,19	7	0,03 A
1,00	28,76	7	0,03 B
2,00	28,64	7	0,03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p&lt;= 0,05)

d. época de menor precipitación (14 pm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
T-2	21	0,42	0,03	0,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,23	8	0,03	1,07	0,4438
TRTs	0,02	6	2,8E-03	0,11	0,9939
BLOQUE	0,21	2	0,10	3,95	0,0482
Error	0,32	12	0,03		
Total	0,54	20			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46499

Error: 0,0265 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
7,00	33,08	3	0,09	A
1,00	33,06	3	0,09	A
6,00	33,06	3	0,09	A
3,00	33,04	3	0,09	A
2,00	33,01	3	0,09	A
4,00	33,01	3	0,09	A
5,00	33,00	3	0,09	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23202

Error: 0,0265 gl: 12

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	33,15	7	0,06	A
3,00	33,05	7	0,06	A B
1,00	32,91	7	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

## 2. Secuestro de carbono en el suelo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Carbono total en el	21	0.58	0.31	8.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21378.14	8	2672.27	2.11	0.1174
TRTs	19861.10	6	3310.18	2.62	0.0737
Bloque	1517.04	2	758.52	0.60	0.5648
Error	15185.14	12	1265.43		
Total	36563.28	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=101.66309

Error: 1265.4280 gl: 12

TRTs	Medias	n	E.E.	
6.00	450.73	3	20.54	A
7.00	427.17	3	20.54	A
5.00	401.60	3	20.54	A
2.00	388.40	3	20.54	A
4.00	388.27	3	20.54	A
3.00	364.20	3	20.54	A
1.00	357.30	3	20.54	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=50.72902

Error: 1265.4280 gl: 12

Bloque	Medias	n	E.E.
2.00	404.09	7	13.45 A
1.00	401.46	7	13.45 A
3.00	384.89	7	13.45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes( $p \leq 0.05$ )