EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS DE TRÓPICO ALTO, BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLOGICAS DEL MUNICIPIO DE GUACA SANTANDER (COLOMBIA).

JAIME ALONSO RUIZ CHÍA

JULIÁN SIERRA MÉNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA

IPRED

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

MÁLAGA

2018

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS DE TRÓPICO ALTO, BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLOGICAS DEL MUNICIPIO DE GUACA SANTANDER (COLOMBIA).

JAIME ALONSO RUIZ CHÍA

JULIÁN SIERRA MÉNDEZ

Trabajo de Grado para optar al título de

Zootecnista

Director

JOAQUIN MORENO MORENO

Magister en Ciencias Pecuarias

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA

IPRED

PROGRAMA DE ZOOTECNIA

MÁLAGA

2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado:

A Dios, a mis padres **Fabio Orlando Ruiz Basto y Ana Gertrudis Chía Jaimes** por su apoyo, guía y colaboración. A mis hermanos **José Santos, Luis Francisco, Doris Edilia, Ana Yolanda, Alba Melisa, Betty Cecilia y Wilmer Gerardo** por su apoyo y colaboración, durante mi etapa de formación académica para poder alcanzar con éxito un nuevo objetivo en mi vida.

Con mucho cariño:
JAIME ALONSO RUIZ CHÍA

A Dios quien es mi guía, a mis padres **Ernesto Sierra Durán y María Nelly Méndez Bautista** por darme una vida llega de bendiciones, por el amor y apoyo incondicional que bastó para cumplir una de mis metas más anheladas en el trascurso de mi vida, a mis hermanos **María Tilcia, Raúl, Luis Hernando, Carmen Rosa, Juan Carlos, Leonardo e Iván Darío** quienes son mi ejemplo para seguir edificando un mejor mañana.

Con mucho cariño:
JULIÁN SIERRA MÉNDEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso por darnos la fortaleza necesaria de superar los obstáculos de la vida, por iluminarnos el camino a seguir y nunca dejarnos desfallecer, a nuestros padres y hermanos quienes con su constante respaldo fueron nuestro aliento en los momentos más difíciles del proceso de formación.

Agradecemos también de manera especial a nuestro director de tesis, el doctor Joaquín Moreno quien con sus conocimientos, experiencia y amor por la carrera siempre nos dio guía y aliento para culminar con éxito esta tarea, de igual manera a nuestro codirector el profesor Daniel Eduardo Rodríguez Aguilar, por su paciencia y quien gracias a sus conocimientos contribuyó en el éxito de nuestro proyecto de grado.

A los (as) Zoot. M.Sc. Juan De Jesús Vargas Martínez y Fallon Yamile Riaño Jiménez, por su apoyo, consejos y enseñanzas durante la investigación y en nuestra carrera profesional

Nuestros agradecimientos también van dirigidos de forma especial y respetuosa a la Doctora CLAUDIA YANETH ARIZA NIETO (Zoot. M.Sc. PhD.), por su apoyo incondicional en el trabajo de grado, su experiencia, paciencia y amor por la investigación, y que gracias a su colaboración fue posible desarrollar el presente trabajo.

A la universidad Industrial de Santander sede Málaga, a su personal administrativo, directivo y operativo por ser nuestra alma mater, y finalmente a todos y cada uno de los docentes y amigos que con sus conocimientos, consejos y amistad contribuyeron en nuestra formación profesional.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 23

1. PROBLEMA 25

2. OBJETIVOS 26

2.1 OBJETIVO GENERAL. 26

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 26

3. MARCO REFERENCIAL 27

3.1 ANTECEDENTES 27

3.2 MARCO TEÓRICO 35

3.2.1 Causas que repercuten en la insostenibilidad de los sistemas de producción 35

3.2.2 Consideraciones para una producción agropecuaria sostenible 39

3.2.3 El papel del árbol en la sostenibilidad de un sistema 39

3.2.4 La inclusión de los árboles a sistemas ganaderos de trópico alto 42

3.2.5 Criterios claves a tener en cuenta para la realización de prácticas agroforestales 46

3.2.6 Interacción entre los componentes del sistema silvopastoril 47

3.2.7 Influencia de las condiciones medioambientales en los forrajes 48

3.2.8 Potencial de algunos árboles para la inclusión en sistemas de trópico alto 50

3.2.9 Interacción entre los minerales de una ración 54

3.2.10 Los factores antinutricionales 54

3.3 MARCO CONCEPTUAL 56

3.4 MARCO LEGAL 58

4. DISEÑO METODOLÓGICO 62

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 62

4.2 LOCALIZACIÓN 62

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL 66

4.4 VARIABLES EVALUADAS 66

4.5 MANEJO DEL ESTUDIO 68

4.6 ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL 70

4.7 MANEJO DEL RIEGO 71

4.8 CONTROL DE MALEZAS 71

4.9 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS LLUVIAS Y DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL 71

4.10 MANEJO DE LAS ARBÓREAS 72

4.11 TOMA DE MUESTRAS DEL FORRAJE 72

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 74

5.1 COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES ARBÓREAS 74

5.2 COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA COMESTIBLE 76

5.2.1 Comportamiento de la producción de biomasa comestible en las arbóreas durante el periodo de establecimiento 76

5.2.2 Comportamiento de la producción de biomasa comestible de las especies arbóreas durante el periodo de producción 78

5.2.3 Comportamiento de la producción de biomasa comestible de las especies arbóreas dispersas 85

5.2.4 Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo durante el periodo de establecimiento 88

5.2.5 Comportamiento de la producción de biomasa del kikuyo durante el periodo de producción 89

5.3 COMPORTAMIENTO DE LA PARED CELULAR 91

5.3.1 Comportamiento de la pared celular en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento 91

5.3.2 Comportamiento de la pared celular en las especies arbóreas durante el periodo de producción 93

5.3.3 Comportamiento de la pared celular en las arbóreas dispersas 95

5.3.4 Comportamiento de la pared celular en la especies kikuyo durante el periodo de establecimiento 97

5.3.5 Comportamiento de la pared celular del kikuyo durante el periodo de producción 98

5.4 COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEINA CRUDA 99

5.4.1 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las arbóreas, durante el periodo de establecimiento 99

5.4.2 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las especies arbóreas durante el periodo de producción 101

5.4.3 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las especies arbóreas dispersas 102

5.4.4 Comportamiento de la proteína cruda en el kikuyo durante el periodo de establecimiento 104

5.4.5 Comportamiento de la proteína cruda del kikuyo durante el periodo de producción 105

5.5 COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO ENERGÉTICO 107

5.5.1 Comportamiento de la energía bruta en las especies arbóreas, durante el periodo de establecimiento 107

5.5.2 Comportamiento de la energía bruta de las especies arbóreas durante el periodo de producción 108

5.5.3 Comportamiento de la energía bruta en las especies arbóreas dispersas 110

5.5.4 Comportamiento de la energía bruta en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción 113

5.5.5 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) de las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento y producción 115

5.5.6 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en las especies arbóreas dispersas 117

5.5.7 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) en la gramínea (Kikuyo), durante el periodo de establecimiento y producción 119

5.5.8 Comportamiento de la energía neta para leche (ENL) de las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento 121

5.5.9 Comportamiento de la energía neta para leche de las especies arbóreas durante el periodo de producción 122

5.5.10 Comportamiento de la energía neta para leche en las especies arbóreas dispersas 124

5.5.11 Comportamiento de la energía neta para leche en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción 126

5.6 COMPORTAMIENTO MINERAL. 128

5.6.1 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento 128

5.6.2 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas durante el periodo de producción 129

5.6.3 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas dispersas 131

5.6.4 Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción 133

5.6.5 Comportamiento del fosforo en las arbóreas, durante la etapa de establecimiento y producción 135

5.6.6 Comportamiento del fosforo en las especies arbóreas dispersas: 137

5.6.7 Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción 139

5.6.8 Comportamiento del magnesio en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento, producción y árboles dispersos 142

5.7 COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES 145

5.7.1 Comportamiento de los taninos en las especies arbóreas durante los periodos de establecimiento, producción y árboles dispersos: 145

5.7.2 Comportamiento de los fenoles en las especies arbóreas, durante el periodo de establecimiento, producción y árboles dispersos: 150

5.8 COMPORTAMIENTO DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES (TEMPERATURA Y LLUVIAS) DE INFLUENCIA EN EL ESTUDIO. 153

5.9 ESTIMACION DEL POTENCIAL EN PRODUCCIÓN DE LECHE BOVINOS Y CAPRINOS ALIMENTADOS CON EL SISTEMA SILVOPASTORIL. 156

6. CONCLUSIONES. 159

7. RECOMENDACIONES 161

BIBLIOGRAFÍA 163

ANEXOS 170

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Descripción de las especies arbóreas empleadas en el sistema silvopastoril 52

Cuadro 2. Comportamiento del crecimiento en centímetros de las arbóreas evaluadas, a los 150 días de establecidas. 75

Cuadro 3. Producción de biomasa comestible y no comestible y porcentaje de participación en condición de materia verde y por árbol durante el periodo de establecimiento. 76

Cuadro 4. Producción de biomasa comestible por planta en condición de materia seca de las especies arbóreas en su etapa de establecimiento. 77

Cuadro 5. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y de materia seca en las tres podas realizadas cada 120 días de las especies arbóreas establecidas, estimando su producción en kilogramos 79

Cuadro 6. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y de materia seca en las dos podas realizadas cada 150 días de las especies arbóreas establecidas, estimando su producción en kilogramos 80

Cuadro 7. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y seco de la poda realizada a los 180 días. 81

Cuadro 8. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles, estimadas en kilogramos de forraje verde y de materia seca a partir de podas realizadas cada 120, 150 y 180 días. 83

Cuadro 9. Análisis de varianza para la producción de biomasa comestible en estado seco, de las arbóreas evaluadas y podadas en su etapa de producción, correlacionando especie por edad 85

Cuadro 10. Comportamiento de la producción de biomasa comestible en estado verde y materia seca en podas realizadas cada 120 y 150 días de las especies arbóreas dispersas. 87

Cuadro 11.Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo en la etapa de establecimiento (112) días, asociada a las diferentes especies arbóreas y sin asocio (en cultivo limpio) 89

Cuadro 12. Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo en la etapa de producción en podas realizadas cada 45 y 60 días, asociada a las diferentes especies arbóreas y sin asocio (en cultivo limpio) 90

Cuadro 13. Comportamiento de la producción de biomasa del kikuyo en estado seco por metro cuadrado, con o sin la influencia de las especies arbóreas, durante las etapas de recuperación. 91

Cuadro 14. Comportamiento de la pared celular en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas, durante la etapa de establecimiento. 93

Cuadro 15. Comportamiento de la pared celular en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades (120, 150 y 180 días) 95

Cuadro 16. Comportamiento de la pared celular de la biomasa comestible, con base en la materia seca de las especies arbóreas dispersas evaluadas durante la primera poda (edad desconocida) y cada 120 y 150 días. 96

Cuadro 17. Comportamiento de la pared celular de la gramínea kikuyo durante la etapa de establecimiento (112 días), cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio. 97

Cuadro 18. Comportamiento de la pared celular de la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes (etapa de producción). 99

Cuadro 19. Comportamiento de la proteína cruda en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las especies arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 100

Cuadro 20. Comportamiento de la producción de proteína cruda en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades. 102

Cuadro 21. Comportamiento de la proteína cruda de la biomasa comestible, con base en la materia seca en las arbóreas dispersas, evaluadas a los 120 y 150 días. 104

Cuadro 22. Comportamiento del contenido de proteína cruda en la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio (112 días) 105

Cuadro 23. Comportamiento del contenido de proteína cruda de la gramínea kikuyo, cultivada en asocio con las arbóreas y en cultivo limpio cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes. 107

Cuadro 24. Comportamiento de la energía bruta (EB) en la materia seca de la biomasa comestible de las arbóreas, durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 108

Cuadro 25. Comportamiento de la energía bruta en la materia seca de la biomasa comestible de las arbóreas cosechadas con intervalos de podas cada 120, 150 y 180 días. 110

Cuadro 26. Comportamiento de la energía bruta de las especies arbóreas dispersas evaluadas según frecuencia de corte 112

Cuadro 27.Comportamiento de la energía bruta de la gramínea kikuyo en sus primeros 112 días luego del establecimiento, en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio 113

Cuadro 28. Comportamiento de la energía bruta de la gramínea kikuyo en su etapa de producción, en asocio con las diferentes especies arbóreas y solo según frecuencia de corte 114

Cuadro 29. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 116

Cuadro 30. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas cada 120, 150 y 180 días. 116

Cuadro 31. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en la biomasa comestible, en estado seco de las arbóreas dispersas evaluadas según frecuencia de corte. 118

Cuadro 32. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales de la biomasa comestible en estado seco de la gramínea kikuyo, durante su etapa de establecimiento (112 días) sólo y en asocio con las diferentes especies arbóreas 120

Cuadro 33. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales de la gramínea kikuyo, en su etapa de producción, con intervalos de cortes cada 45 y 60 días, cultivada solo y en asocio con las diferentes especies arbóreas. 120

Cuadro 34. Comportamiento de la energía neta para leche en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 121

Cuadro 35. Comportamiento de la energía neta par aleche en la biomasa comestible de las especies arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades 123

Cuadro 36. Comportamiento de la energía neta para leche de la biomasa comestible con base en la materia seca de las especies arbóreas dispersas. 125

Cuadro 37. Comportamiento de la energía neta para leche de la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento (112 días) cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo 126

Cuadro 38. Comportamiento de la energía neta para leche de la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes. 127

Cuadro 39. Comportamiento de la producción de calcio en la biomasa comestible, de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento 128

Cuadro 40. Comportamiento del calcio en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas, con podas realizadas en diferentes edades durante su vida productiva. 130

Cuadro 41. Comportamiento del calcio en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas, evaluadas según frecuencia de corte. 132

Cuadro 42. Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento, cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio. 134

Cuadro 43. Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, cultivada en asocio con las especies arbóreas y en cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes. 134

Cuadro 44. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento. 135

Cuadro 45. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades. 136

Cuadro 46. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días. 138

Cuadro 47. Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo, durante los primeros 112 días de su establecimiento, cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio. 140

Cuadro 48.Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las especies arbóreas y cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes 141

Cuadro 49. Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 143

Cuadro 50.Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades. 144

Cuadro 51. Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las especies arbóreas dispersas, evaluadas cada 120 y 150 días. 145

Cuadro 52. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 147

Cuadro 53. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades. 148

Cuadro 54. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días. 149

Cuadro 55. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses) 151

Cuadro 56. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible de las especies arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades. 151

Cuadro 57. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las especies arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días. 152

Cuadro 58. Comportamiento de las condiciones medioambientales (temperatura y lluvias) encontradas durante el desarrollo de la investigación. 154

Cuadro 59. Nutrientes empleados para el ejercicio de la estimación del potencial productivo del sistema silvopastoril, para una hembra bovina 157

Cuadro 60. Estimación del potencial productivo de una (UGG), alimentada con kikuyo y tilo en una proporción de 80 y 20% respectivamente. 157

Cuadro 61. Nutrientes empleados para el ejercicio de la estimación del potencial productivo de una hembra caprina 158

Cuadro 62. Estimación del potencial productivo de una hembra caprina alimentada con 30% kikuyo, 10% tilo, 50% acacia y 10%aliso 158

LISTA DE FIGURA

Pág.

Figura 1. Ubicación de la finca Agua Linda y su entorno agroecológico Fj, en la vereda Cámara del municipio de Guaca Santander (Colombia). 63

Figura 2. Forma y tamaño del terreno utilizado para el estudio, la distribución de los árboles, por repetición y por sección 65

Figura 3. Comportamiento de la temperatura durante el desarrollo del estudio 155

Figura 4. Comportamiento de la pluviosidad encontrada durante el desarrollo del estudio 156

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Formato requerido por el laboratorio para el origen de las muestras objeto de análisis 170

Anexo B. Análisis de suelo del área donde se implementó el sistema silvopastoril, antes del establecimiento. 171

Anexo C. Análisis de suelo del área donde se implementó el sistema silvopastoril, después de un año de establecido 172

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS DE TRÓPICO ALTO, BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLOGICAS DEL MUNICIPIO DE GUACA SANTANDER (COLOMBIA).*

AUTORES: JAIME ALONSO RUIZ CHIA y JULIÁN SIERRA MÉNDEZ. **

PALABRAS CLAVES: FORRAJE, ARBÓREAS, BIOMASA, FIBRA, PROTEINA, ENERGIA.

DESCRIPCIÓN:

En el trópico alto colombiano, a 2520 msnm en la finca Agua Linda, vereda Cámara municipio de Guaca (Santander), se evaluó un sistema silvopastoril, con las especies arbóreas: Acacia (*Acacia melanoxylon*), Aliso (*Alnus acuminata*) chicalá (*Tecoma stans*), loqueto (*Escallonia pendula*) y tilo (*Sambucus peruviana*) acompañados de la gramínea kikuyo (*Cenchrus clandestinus)* asociado a las arbóreas y sin la influencia de ellas. Los árboles se establecieron a una distancia de 4,5 metros entre arbol y surcos en un sistema de tres bolillos, en un arreglo completamente al azar en dos secciones con tres repeticiones en cada caso. La etapa de establecimiento de las arbóreas tuvo una duración de 150 días, mientras la gramínea fue de 112 días. A partir de estos periodos de establecimiento, se inició la etapa productiva realizando 3 grupos de muestreo al azar, donde cada grupo tuvo un tiempo de poda especifico de 120, 150 y 180 días respectivamente, mientras la gramínea se podo con intervalos de 45 y 60 días. Las podas realizadas, tanto al establecimiento, como en las frecuencias anunciadas apuntaban a obtener información sobre el aporte de biomasa comestible (hoja más tallo) para todas las especies evaluadas. Encontrando para el estudio producciones de biomasa no tan altas, excepto en las arbóreas dispersas, en cuanto a los contenidos de nutrientes, particularmente, proteína, fibra en detergente neutro, fibra efectiva y energía se consideraron valores elevados. Si se continúa con el sistema silvopastoril, al madurar las arbóreas establecidas y al aumentar la producción de biomasa el aporte total de nutrientes colma las expectativas del estudio. Esta observación conlleva a la continuidad del mismo, dada su importancia para la región y en especial para las zonas de paramo en el trópico alto Colombiano.

---

* Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Zootecnia. Director: Joaquín Moreno Moreno, Médico Veterinario y Zootecnista.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF A SILVOPASTORIL SYSTEM WITH ARBOREAL AND ARBUSTIVE SPECIES OF HIGH TROPICAL, UNDER THE AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF THE MUNICIPALITY OF GUACA SANTANDER (COLOMBIA). *

AUTHORS: JAIME ALONSO RUIZ CHIA and JULIÁN SIERRA MÉNDEZ. **

KEYWORDS: FORAGE, ARBOREOS, BIOMASS, FIBER, PROTEIN, AND ENERGY.

DESCRIPTION:

In the Colombian high tropics, at 2520 masl on the Agua Linda farm, in the town of Guaca municipality (Santander), a silvopastoral system was evaluated, with the tree species Acacia (*Acacia melanoxylon*), Alder (*Alnus acuminata*) chicalá (*Tecoma stans*), loqueto (*Escallonia pendula*) and linden (*Sambucus peruviana*) accompanied by the Kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus*) associated with the trees and without the influence of them. The trees were established at a distance of 4.5 meters between tree and furrows in a system of three bolillos, in a completely random arrangement in two sections with three repetitions in each case. The stage of establishment of the trees lasted 150 days, while the grass was 112 days. From these establishment periods, the productive stage was started by performing 3 groups of random sampling, where each group had a specific pruning time of 120, 150 and 180 days respectively, while the grass was pruned with intervals of 45 and 60 days. The pruning carried out, both at the establishment and at the advertised frequencies, was aimed at obtaining information on the contribution of edible biomass (leaf plus stem) for all the species evaluated. Finding for the study biomass productions not so high, except in the dispersed trees, in terms of nutrient contents, particularly, protein, fiber in neutral detergent, effective fiber and energy were considered high values. If the silvopastoral system is continued, when mature established trees and increasing biomass production the total nutrient contribution fulfills the expectations of the study. This observation leads to its continuity, given its importance for the region and especially for the paramo zones in the Colombian high tropic.

_____

* Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Zootecnia. Director: Joaquín Moreno Moreno, Médico Veterinario y Zootecnista.

INTRODUCCIÓN

Colombia como país tropical y de regiones, su geografía le permite extenderse desde el nivel de mar (cero metros) hasta grandes alturas (más de 4.000 msnm) con diferentes condiciones agroecológicas y medio ambientales que generan una gran diversidad de condiciones y culturas íntimamente ligadas al sector primario y que inciden directamente en su desarrollo social y económico. Su reconocimiento como país de regiones y el nexo intimo con el sector primario señala la gran dependencia que existe entre el desarrollo social y económico de dicho sector, el cual encausa día a día un amplio deterioro en sus condiciones fisicoquímicas y medio ambientales, que ponen en riesgo su sostenibilidad y como consecuencia su impacto negativo sobre la estabilidad social y económica de cada región en particular y del país en lo general.

La academia y concretamente la Universidad Industrial de Santander comprometida con la propensión del mantenimiento y mejoramiento del desarrollo social y económico del país en lo general y de su entorno más cercano en lo particular, a través de su programa de Zootecnia que se desarrolla en la UIS Sede Málaga, enclavada en la subregión "Montaña Santandereana", la cual a la vez hace parte de la inmensa región natural reconocida como "ANDINA", exhibe condiciones naturales a través de una geografía muy quebrada con condiciones medio ambientales también muy diversas, con temperaturas desde 28 y 30 ^{o}C en ciertos lugares hasta condiciones de zonas nivales por encima de los 4000 msnm (Luna et al, 1995)[1], cuyo reconocimiento es suficiente para entender la riqueza de esta subregión y la diversidad de la demanda de alternativas para que su sector primario esté acorde

[1] LUNA, Luz Alba, *et al*. Caracterización biofísica y socioeconómica de la provincia de García Rovira. Málaga, Santander: CORPOICA, 1995. p.1-16

con las exigencias propias de un desarrollo integral tanto en lo social como en lo económico.

En la actualidad el país entero en lo general y el departamento de Santander en lo particular, se debate en un conflicto de enormes implicaciones tanto en lo social como en lo económico y es justamente en estos aspectos en donde la academia y de manera especial aquellas áreas del conocimiento íntimamente ligadas con el sector primario tiene una gran responsabilidad para generar alternativas viables tanto en lo técnico como en lo económico y en lo social que contribuyan si no a resolver al menos a disminuir la gravedad del conflicto en lo social, sobre el uso eficiente del suelo en condiciones no sólo de páramo, sino también en la subregión en condiciones de tránsito de clima frío a páramo y en donde la actividad agropecuaria genera riesgos para la sostenibilidad del agroecosistema y que demanda con urgencia alternativas de solución que garantice su continuidad y con ella el desarrollo tanto en lo social como en lo económico, de la población que lo habita. En Colombia el uso del suelo por encima de los 2500 msnm está restringido a cultivos agrícolas apropiados para estas condiciones, particularmente papa, la cual demanda un alto uso de insumos agrícolas que deterioran las condiciones fisicoquímicas del suelo, aparte del impacto negativo sobre las condiciones medio ambientales. La ganadería es otra de las actividades productivas que se desarrollan en estas regiones y que también requiere de condiciones apropiadas para su manejo y explotación para garantizar la sostenibilidad y eficiencia del agroecosistema, en donde: suelo, planta, animal y hombre puedan convivir en armonía y el bienestar social y económico sea el objetivo fundamental de la actividad que se pretende proponer mediante la implementación de sistemas agroforestales y especialmente silvopastoriles como es el caso de la presente propuesta de investigación.

1. PROBLEMA

La inadecuada utilización de los recursos biofísicos en forma progresiva y por tiempos prolongados ha conducido al deterioro y a un comportamiento deficiente de los sistemas de producción agropecuarios, llevándolos a una condición de insostenibilidad tanto en lo técnico como en lo económico, donde estos factores repercuten en la inestabilidad social de las regiones especialmente en la población que deriva el sustento de dicha actividad poniendo en riesgo la sostenibilidad ambiental y la producción forrajera, por el exceso de la presión que el hombre ejerce sobre los mismos en búsqueda de la obtención de beneficios para su sustento y el de su núcleo familiar, donde la situación de Colombia no es ajena a esta problemática.

Partiendo de la premisa anterior el estudio busca generar una alternativa amigable con el medio ambiente y de valor agregado para la producción animal, donde los sistemas silvopastoriles además de mejorar las condiciones edáficas, son una fuente de alimentación animal por su alta producción de biomasa la cual es aprovechable por rumiantes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Ofrecer alternativas para el mejoramiento de la sostenibilidad y producción animal en el trópico alto Colombiano a 2520 msnm, mediante la implementación y uso de sistemas silvopastoriles apropiados para las condiciones agroecológicas y medioambientales del municipio de Guaca (Santander).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Identificar y establecer especies arbóreas y arbustivas bajo la modalidad de sistemas silvopastoriles apropiadas para las condiciones agroecológicas y medio ambientales del lugar objeto de estudio.

Evaluar la influencia de las condiciones físicas (suelo) y medio ambientales (temperatura ambiental y precipitación pluvial) sobre el comportamiento de las especies vegetales establecidas a través de su capacidad de adaptación, crecimiento, producción de biomasa y de contenido de nutrientes.

Determinar el potencial productivo de las especies estudiadas a partir de su producción de biomasa y contenido de nutrientes en las diferentes condiciones edáficas, fisiológicas y cronológicas contempladas para su estudio y evaluación.

Identificar el potencial productivo en términos de UGG/Ha/año, kg de leche/Ha/año de sistemas silvopastoriles en Guaca Santander bajo las condiciones propias de la zona, determinando el estado óptimo de cosecha de las especies arbóreas y arbustivas para el uso en la alimentación animal como base para sistemas de producción más eficientes en zonas de clima frio y fundamento para investigaciones futuras relacionadas con la agroforestería.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 ANTECEDENTES

El trabajo realizado por Muñoz, Calvache y Yela (2013)[2] titulado: especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño, se desarrolló en 12 municipios del Departamento de Nariño, ubicados en el trópico alto entre los 2600 y 3200 msnm con temperatura promedio de 12° C, caracterizados por presentar sistemas agroforestales tradicionales, donde el objetivo de la investigación fue identificar y describir las principales especies forestales con un potencial para agroforestería así como también conocer la utilización que reciben por parte de los productores de la región y el sistema más apropiado de uso (cerca vivas, dispersos en potrero o bancos de proteína), dicho trabajo se ejecutó bajo una metodología de muestreo teórico propuesto por Glaser y Strauss (1967) la cual consiste en la recolección de datos regidos por los conceptos obtenidos de la teoría y basados en el conocimiento de hacer comparaciones, para el manejo del estudio, los investigadores plantearon diversas etapas como fue: reconocimiento del área de estudio, selección de las fincas participantes, recolección de la información primaria a través de encuestas y entrevistas complementada con información secundaria. Como resultado se obtuvo el registro de 40 especies forestales tanto nativas como exóticas que muestran un potencial importante en agroforestería, de las cuales 21 tiene uso para cercas vivas y/ o sistemas silvopastoriles, ocho (8) para árboles dispersos y 11 para huertos caseros, donde estas especies encontradas poseen la capacidad de fijar nitrógeno al suelo (biofertilizantes), recuperadores de suelo y adicional a esto ser una fuente de forraje para la alimentación animal y de proveer madera o leña para uso interno o comercial. Y como conclusión se determinó que el conocimiento es variado y escasamente desarrollado, existiendo un mayor

[2] MUÑOZ G, Diego Andrés; CALVACHE M, David Andrés; YELA O, José Fernando. Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas. 2013, vol. 29 no 1. p.1-16.

conocimiento de aquellas especies forestales que representan un beneficio económico para el productor.

Calle y Murgueitio (2009)[3], reportan que en Colombia se encuentran dos tipos principales de especies arbóreas de similar genero con potencial para ser incluidos en sistemas amigables al ambiente, dichas especies son el Sauco (*Sambucus nigra)* con características de baja palatabilidad para el ganado, de color verde oscuro cultivada sobre todo en jardines como especie medicinal y ornamental y el Tilo *(Sambucus peruviana)* que es una planta de color verde amarillento muy palatable para el ganado. Durante el proyecto Montaje de modelos de ganadería sostenible basada en sistemas silvopastoriles en seis subregiones lecheras de Colombia cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Fedegán-Fondo Nacional del Ganado, bajo la asesoría del Cipav (Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria), se resumen la experiencia en campo desarrollado en la finca El Porvenir, la cual está ubicada a 2560 msnm en el municipio de Belén, Boyacá, con una extensión de 37.8 has, donde se establecieron por separado setos sencillos y dobles para evaluar el desempeño del tilo (*Sambucus peruviana)* y comparar diversos métodos de propagación. Encontrando en todos los sistemas de siembra, el rebrote y supervivencia fue superior al 80%. Se evaluó el método de siembra más sencilla y económica siendo la siembra directa la de mayor rentabilidad, donde se recomienda establecer 600 metros de barreras vivas de tilo en doble línea/hectárea que equivalen aproximadamente a 960 árboles/ ha, llegando a obtener una producción de forraje de 15,57 toneladas de materia verde de alto valor nutricional ha/año (16% de materia seca y 24,87% de proteína), que equivalen a 2.500 kilogramos de materia seca y casi 400 kilogramos de proteína ha/año, donde el periodo de corte recomendado fue de 6 meses, y este material

[3] CALLE DÍAZ, Zoraida y MURGUEITIO RESTREPO, Enrique. El aliso o cerezo: un gran aliado para la ganadería sostenible en las montañas colombianas. En: Ganadería y ambiente, 2009, vol.2 no.2., p. 2-4.

cosechado fue destinado al consumo animal, cabe mencionar que el sistema productivo de la finca es el levante de novillas lecheras y engorda de machos específicamente de la raza Normando, donde una ventaja de sistema arbóreo es la suplementación reduciendo costos en producción.

Navia y colaboradores (2001)[4] en su trabajo titulado desarrollaron su trabajo de investigación en el CIAB (Centro de investigaciones agropecuarias y biológicas) localizada en la granja Botana en el municipio de Pasto a una altura de 2820 msnm y temperatura promedio de 13° C, donde evaluaron el comportamiento del aliso (*Alnus jorullensis H.B.K*) en las propiedades edáficas en su etapa de establecimiento, bajo un sistema silvopastoril con pasto Kikuyo, para su desarrollo se emplearon 90 alisos de 1 año de edad con alturas de 63,94 cm en promedio, los cuales estaban organizados en 9 parcelas, cabe mencionar que en la siembra se utilizó abono orgánico "lombricompost" a razón de 750 gramos por árbol. Los resultados fueron analizados mediante la toma y análisis físico-químico de muestras de suelo antes y después de transcurrido un año del establecimiento del sistema, con el objetivo de evaluar la influencia del aliso como sistema silvopastoril sobre los macro y micro elementos del suelo, encontrando un cambio ligero en el pH donde el aumento fue de (0.3) unidades, un incremento en los contenidos de materia orgánica de (0,1%) y en los minerales como (Ca, P, Mg, K, Bo, Cu, Zn) , sin embargo los contenidos en hierro y boro disminuyeron, en tanto que el nitrógeno y manganeso no presentaron variaciones después de 1 año de implementado el sistema, situación que beneficia la fertilidad del suelo a largo plazo con este sistema, beneficiando directamente las praderas asociadas a dicho sistema que aprovechan los nutrientes para su crecimiento y desarrollo.

[4] NAVIA E, Jorge Fernando; CRIOLLO, Yali Carli; GARCÍA A, Javier. Comportamiento del *Aliso Alnus jorullensis* H.B.K en su fase de establecimiento en un arreglo silvopastoril en las propiedades del suelo del Altiplano de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas, 2001, vol.18 no.2., p. 134-139.

El trabajo realizado por Silva y colaboradores (2017)[5], titulado: Impacto de *Alnus acuminata Kunth* en los flujos de N_2O y calidad del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinus* hochst. ex chiov como sistema silvopastoril bajo el trópico alto, en una zona de vida bosque seco premontano (Bs-pm), en la vereda de Obonuco, del municipio de Pasto y en una finca ubicada a una altura de 2710 msnm, con temperatura promedio de 12°C y una precipitación anual de 840 mm, evaluaron la influencia de un sistema silvopastoril extensivo, integrado por Alisos (*Alnus acuminata Kunth*) asociado con pasto Kikuyo, los cuales tenían 8 años de establecimiento. Se estudió la influencia del sistema silvopastoril y la fertilización con nitrógeno, sobre la respuesta del Kikuyo, medida por su rendimiento en biomasa en estado verde y materia seca, el contenido de proteína cruda, así como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) mediante el flujo de emisión de N_2O, provenientes de la emisión y descomposición de estiércoles, manejo de residuos y fertilizantes. En el sistema silvopastoril no se aplicó fertilización y sólo se tuvo en cuenta la capacidad del aliso para fijar el nitrógeno atmosférico. La fertilización de la pradera se hizo mediante la aplicación al voleo de urea con 46% de nitrógeno en dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 kg de nitrógeno por hectárea. Se evaluaron tres períodos de corte del pasto kikuyo: a 30, 45 y 60 días entre podas. Para el análisis estadístico se empleó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3x6 en parcelas divididas, donde los resultados arrojaron que el sistema silvopastoril superó a 0 y 50 kg/N/Ha en todas las variables, menos en los flujos de emisiones de N_2O que fue mayor a 0 kg/N/Ha ($P<0.05$) y en forraje verde fue similar a 100 kg/N/Ha ($p>0.05$); 150 y 200 kg/N/ha/año, superó en todas las variables al sistema silvopastoril; adicional se alcanzó mayor forraje verde y materia seca a los 45 días y porcentaje proteína cruda a los 30 días; y finalmente como recomendación se sugiere que el sistema silvopastoril de *A. acuminata* y pasto kikuyo *P. clandestinus* para las zonas ganaderas del trópico alto de Colombia son una

[5] SILVA PARRA, Amanda; GARAY RODRÍGUEZ, Seydyss, GÓMEZ INSUASTI, Arturo S. Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de N_2O y calidad del pasto *Pennisetum clandestinus Hochst*, ex Chiov. En: Revista Colombia forestal, 2017, vol. 21 no.1. p. 1-11.

alternativa de producción importante que minimiza el uso de fertilizantes nitrogenados y las emisiones de GEI a la atmósfera sin alterar la calidad del pasto kikuyo.

Con el propósito de evaluar la calidad nutricional en ensilajes de árboles como fuentes forrajeras alternativas para ganado lechero, Blanco y colaboradores (2005)[6], realizaron una simulación productiva y económica de un hato lechero de la sabana de Bogotá. Donde la información utilizada para el estudio fue la del hato del Centro de investigación de Tibaitata, bajo condiciones de trópico alto a 2547 msnm, a dicha información se aplicó el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) versión 5.0.17 desarrollado por la Universidad de Cornell Fox et al. La base alimenticia del hato fue pastoreo libre de *Pennisetum clandestinus* (Kikuyo) suplementado con seis tipos diferentes de ensilaje a base de follaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* (rebrotes con 3 meses de edad) y *Avena sativa (*cosechada a los 129 días*)*, tratados con ácido fórmico al 85%, extracto enzimático y el producto comercial Kem Lac®. Con el objetivo de valorar las dietas y predecir el desempeño productivo del ganado vacuno a partir del contenido de sus ingredientes bajo unas condiciones medioambientales y productivas determinadas, donde el hato lechero estaba conformado por un lote de vacas de la raza Holstein de 63 meses de edad en el primer tercio de la lactancia con una producción de 18 kg de leche vaca/día, alimentadas en una pradera de pasto kikuyo *(Pennisetum clandestinus)* con 16% de proteína cruda, 55,79% de FDN y 6,15% FDA, para el balance se asumió que el forraje de kikuyo aportaba el 59% de los requerimientos con base en la materia seca y el 41% restante procedía de cada tratamiento. Por lo tanto, en la simulación, los animales debían consumir 8,5 kg Ms/día de kikuyo y 6,0 kg Ms/día de ensilaje. Los animales fueron divididos en 6 lotes homogéneos, cada

[6] BLANCO, Gloria Milena; CHAMORRO, Diego R; ARREAZA, Luis Carlos. Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus peruviana, Acacia decurrens,* y *Avena sativa,* usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). En: Revista Agrosavia, 2005, vol. 6 no. 2., p 1-5.

lote fue evaluado con un tratamiento diferente, donde las dietas de ensilajes tratados con extracto enzimático presentaron el mejor desempeño productivo y económico en la simulación así: (T3) 18 L/ día e ingreso neto diario de $7.216 vaca; (T1) 18 L/ día e ingreso neto diario de $7.623 por vaca; y (T6) 1,8.2 L/día e ingreso neto diario de $ 6.146 por vaca. Cuando se adicionó melaza de caña, la respuesta en T3 fue de 22.9 L/día y $ 9.548 de ingreso neto vaca/día, con una tasa de retomo marginal de 65.5%. Esta respuesta se atribuyó a la mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes y al adecuado sincronismo de éstos en el rumen, que se reflejó en un incremento de la proteína de origen microbial y en un equilibrio adecuado de péptidos ruminales estimados en la simulación.

En la explotación de ganado lechero, la alimentación constituye un factor básico para lograr buenos resultados, donde Jaramillo y Jiménez (2000)[7] afirman que este factor "alimenticio" se ha convertido en una limitante en la productividad del hato, es por ello que plantearon un trabajo de investigación buscando alternativas alimenticias que permitan mantener un desarrollo sostenible, para tal efecto realizaron un estudio donde evaluaban nutricionalmente tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño y eventualmente su potencial toxico, realizando experiencias con animales para conocer la aceptabilidad, su efecto en la producción y composición de la leche y cantidades de inclusión en la dieta, para finalmente definir la utilidad e importancia en campo. El trabajo se desarrolló en el centro de investigación Obonuco, perteneciente a AGROSAVIA, ubicada en el departamento de Nariño a 2120 msnm para el experimento se trabajó con las especies forrajeras Chicalá o Quillotocto *(Tecoma stans)*, Acacia *(Acacia decurrens)* y Tilo *(Sambucus peruviana)*, utilizables en sistema silvopastoril en la alimentación suplementaria de 4 hembras bovinas de

[7] JARAMILLO RIASCOS, Yolanda Marcela y JIMENEZ ARCINIEGAS, Jeny Nury. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Tesis de pregrado. Pasto Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias, 2000, p.73- 89.

raza Holstein mestizo, en estabulación, de una edad promedio de siete años, peso promedio de 543 kg, en la cuarta lactancia, con una producción promedio de 14 litros de leche/animal/día, entre la sesta y séptima semana de producción, con un promedio de lactancia de 3218 litros. Los animales recibieron como alimento base ensilaje de avena con un periodo de acostumbramiento de 15 días, sal a razón de 100 g/animal/día. La evaluación de las tres especies arbóreas (Tilo, Acacia y Quillotocto) se hizo mediante la elaboración de una harina del follaje (hojas y tallos comestibles), la cual se usó como ingrediente de un suplemento elaborado con trigo molido, torta de soya y melaza, con un contenido en proteína aproximado del 16% del cual el 30% lo aportaba el árbol, y un aporte en energía de bruta de 4,4 megacalorias en promedio. Se evaluaron cuatro tratamientos así: (T1): suplemento elaborado con trigo, torta de soya y melaza, (T2): suplemento + harina de Tilo *(Sambucus peruviana)*, (T3): suplemento + harina de Quillotocto *(Tecoma stans).* Tratamiento 4 (T4): suplemento + harina de Acacia *(Acacia decurrens),* el forraje ofrecido a los animales se sometió a análisis bromatológico, realizando análisis proximal de Weende para determinar: materia seca, materia orgánica*,* ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno, el nitrógeno se determinó por medio de Kjeldahl y mediante Van Soest: fibra en detergente neutro y acida, celulosa, hemicelulosa y lignina. Los resultados del trabajo destacan que los arboles forrajeros fueron aceptados adecuadamente con un promedio de consumo de 4.8, 3.6, y 4.1 kg/animal en semi estabulación. El ensilaje de avena tuvo un consumo de 48.7 kg/animal/día, los suplementos fueron consumidos completamente y las harinas no afectaron la palatabilidad de la ración. En cuanto a la producción y composición de la leche se encontró que las dietas no provocaron cambios significativos, y en el análisis económico se determinó que el sauco presento mayor beneficio neto parcial (14.4%), en cambio la acacia presento el menor beneficio (4.9%) inferior al grupo testigo. Sin embargo, el estudio resulto favorable en los rendimientos económicos debido al bajo costo de los nutrientes aportados y que sustituye elementos exógenos al sistema de producción.

Y por último Jiménez y colaboradores (2003)[8], en su estudio titulado establecimiento de sistemas silvopastoriles para clima frio de Santander, los cuales se encuentran ubicados en la zona agroecológica Fj y zona de vida de Bosque húmedo montano bajo (Bh-mb) a 2700 msnm, en los municipio de Málaga y Concepción, , evaluaron un sistema silvopastoril con Acacia *(Acacia decurrens)* y Acacia *(Acacia melanoxylon)*, asociado con pasto nativo de la zona: Kikuyo *(Pennisetum clandestinus)*, falsa poa *(Holcus lanatus)*, trébol blanco *(Trifoliun repens)* y trébol rojo *(Trifolium pratense),* donde el área objeto del estudio evaluada fue de 1,5 hectáreas en cada municipio. Las acacias estaban distribuidas en el sistema en tres densidades de siembra: alta, media y baja (7x7m, 8x8m y 10x10m respectivamente). Se evaluó la influencia del sistema sobre la pradera mixta, medidas mediante la producción de forraje verde (FV) y materia seca (MS), calidad nutricional, así como también se evaluó la producción de leche utilizando ganado doble propósito, mediante un diseño estadístico de bloques completamente al azar con tres repeticiones; cada densidad correspondió a un tratamiento para obtener de esta manera tres tratamientos con tres repeticiones cada uno dispuestos en parcelas y divididas por la especie loqueto *(Escallonia pendula).* Antes de establecer el sistema silvopastoril se realizó un análisis de suelo completo, así como también se hizo un análisis bromatológico a la pradera mixta. De los árboles se midió la altura y el diámetro cada 3 meses hasta alcanzar 2 metros de altura donde se realizó el descope, a partir de este momento se introdujeron los animales al sistema con el objetivo de medir la producción de leche y ganancia de peso, el pastoreo se realizó mediante el sistema de rotación en donde el periodo de ocupación y descanso dependían del desarrollo de la pradera y de las condiciones agroecológicas de cada localidad, Previamente a cada periodo de ocupación se realizaba un aforo para determinar la producción de forraje verde y de materia seca. La producción de leche y ganancia de peso se evaluaron de acuerdo a las condiciones propias de cada

[8] JIMÉNEZ A, Fabián; *et al.* Establecimiento de sistemas silvopastoriles para clima frio de Santander. Bucaramanga: CORPOICA, 2003. p.9:30. ISBN 9789588210506

explotación (cada 8 y 30 días). Se empleó la prueba de Duncan para la comparación de los promedios de la producción de leche, incremento de peso y la producción de forraje. En el análisis de resultados se encontró una ligera reducción en el pH de 0,2 a 0,7 en el caso de Málaga y de 0,2 a 0,9 para Concepción. A demás la materia orgánica (MO) aumentó; en el caso de Málaga paso de baja a media (3,4 a 7,2%), aumento 3,8 unidades la cual se obtuvo en el tratamiento (8x8). Para el caso de Concepción, aunque tuvo un leve aumento, esta sigue siendo baja, pasó de (3,6 a 4,9 %) aumentando 1.3 unidades. La variable estudiada: crecimiento de los árboles, para el caso de Málaga fue de 1.61, 1.78 y 2.04 metros para las diferentes distancias de siembra (10x10, 8x8 y 7x7 metros respectivamente) en un periodo de 2 años, y con diámetros promedio del fuste de (0,93, 0,97 y 1,30 cm). Para el caso de Concepción el crecimiento de la Acacia fue de (2, 2,2 y 2,7 m en dos años) y diámetro promedio del fuste de (3,47, 3,27 y 3,50 cm) en las diferentes densidades de siembra. Se puede observar que el menor crecimiento se obtuvo en el municipio de Málaga respecto a los valores obtenidos en Concepción. Con respecto a la producción de forraje en términos de materia seca (MS) de la pradera mixta después de dos años, se encontró 3.156 y 3.199 kg MS/Ha para Málaga y Concepción. Sin embargo, cuando se realizó el análisis estadístico de los promedios de las diferentes densidades de siembra los cuales son en promedio 2.864 y 3.598 kg MS/ha no hubo diferencias significativas. Por ultimo al estudiar la variable: ganancia de peso, para el caso de Málaga no se observó diferencias estadísticamente significativas en los tres tratamientos, obteniendo una ganancia de peso vivo promedio/día de (0,592, 0,533 y 0,593 kg respectivamente).

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Causas que repercuten en la insostenibilidad de los sistemas de producción: la inadecuada utilización de los recursos biofísicos en forma progresiva y por tiempos prologados es la causa principal de insostenibilidad en los

sistemas de producción agropecuarios; donde la deforestación tiene efectos negativos que repercuten sobre el equilibrio del ecosistema dando lugar a la erosión del suelo (Giraldo, 1998) [9], esta situación no es ajena a la realidad de Colombia donde los modelos tradicionales de ganadería extensiva extraen los pocos recursos presentes en el suelo ocasionando infertilidad en ellos, esta situación conlleva a que se catalogue la actividad ganadera como una de las principales causas del deterioro del ecosistema (Escobar y colaboradores,1999) [10], ya que la sobre carga animal sumada a un sobrepastoreo conllevan a un cambio de las condiciones ambientales disminuyendo el nivel de recursos disponibles para la fauna edáfica, donde la remoción del recurso forrajero ocasiona cambios en la disponibilidad de luz a nivel del suelo afectando directamente su temperatura, dichos cambios de luz y temperatura afectan directamente la regeneración, crecimiento y desarrollo vegetativo de los forrajes (Giller,1984[11] y Giraldo,1998[12]) Autores sustentan que las prácticas inadecuadas del pastoreo aumentan la emisión de gases perjudiciales para el ambiente y la salud humana, esto sumado al consumo de alimentos lignificados, lo que ocasiona una elevada permanencia en el rumen de dichos compuestos, prolongando en el rumen del bovino los tiempos de fermentación junto con la producción de gases perjudiciales, representando el 14,5% de las emisiones totales de gases en la atmosfera, ocasionando el llamado efecto invernadero dando

[9] GIRALDO V, L Alfonso. Potencial de la arbórea guácimo (Guazuma ulmifolia), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, 1998, vol.1 no.1, p 2-10.

[10] ESCOBAR, Carlos; et, al. Opciones silvopastoriles para mejorar la sostenibilidad de la ganadería en el Caquetá. [En línea]. Florencia: AGROSAVIA. 1999. P 2-3. (Recuperado en 12 septiembre 2018.) Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3964/1/20061024163747_Opciones%20silvopastoriles%20sostenibilidad%20ganadera.pdf

[11] GILLET, Michel. Las gramíneas forrajeras. Traducido por: ALZUETA LUSARRETA, Carmen. Modo de acción de los factores del medio. Zaragoza: Editorial Acribia, 1984. p. 2. ISBM 84-200-0525-8.

[12] GIIRALDO V, L Alfonso; Op. Cit. p. 5-10.

como consecuencia el cambio climático (Gerber, y colaboradores 2013 citado por Barahona y colaboradores 2017) [13]

La lluvia ácida: Granados y colaboradores (2010) [14] afirman que el bióxido de azufre SO2 es emitido por la combustión de fósiles, la descomposición e incineración de la materia orgánica, los volcanes y los aerosoles marinos; este gas se oxida fácilmente en la atmosfera y se convierte en SO3, que a su vez reacciona con el agua y da origen al ácido sulfúrico H2SO4, uno de los principales responsables de la lluvia acida. Los ácidos nitrosos son generados por la actividad bacteriana del suelo, donde este gas puede ser transformado en la atmosfera en ácido nítrico HNO3 responsable junto con el ácido sulfúrico de la lluvia acida, cuando estos dos componentes se combinan con vapor de agua, luz solar y oxígeno en la atmosfera, se crea una mezcla diluida que se precipita en la lluvia, nieve, agua nieve, granizo o niebla. Una vez en el suelo, dicha mezcla es arrastrada en forma líquida o en partículas secas hasta lagos, ríos y arroyos de agua dulce y en ocasiones hasta suelo firme, aumentando la acidez del suelo. Al aumentar la acidez, se produce en la planta alteraciones como clorosis lo que genera una disminución de la clorofila afectándose directamente la fotosíntesis; para este fenómeno la planta utiliza el calcio interno como amortiguador natural. Defoliaciones, necrosis, modificación de la actividad enzimática, alteración en el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos, lo cual es consecuencia de las lluvias acidas que generan una reducción en la productividad de los bosques, una disminución de la calidad en las semillas viables, perdida de resistencia a enfermedades; estudios demuestran que de un 20 a un 40% del nitrógeno atmosférico depositado en un bosque es retenido dentro del dosel (Godbold y colaboradores 1988, Citados por Granados y

[13] BARAHONA ROSALES, Rolando; et al. Los sistemas silvopastoriles como eje de las contribuciones Nacionales para la reducción de emisiones de la ganadería en Colombia. En: Cambio climático y ganadería, 2017, vol.1 no. 1., p. 8-9.

[14] GRANADOS SÁNQUEZ, D; LÓPEZ RÍOS, G F; HERNÁNDEZ GARCÍA M A. La lluvia acida y los ecosistemas forestales. En: Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente, 2010, vol. 16 no. 2., 187-206

colaboradores 2010)[15] La lluvia acida lixivia arrastra nutrientes del suelo como magnesio, calcio y potasio, liberando el ion aluminio en el suelo, el cual es toxico para las plantas. Los suelos alcalinos pueden resistir este tipo de lluvias, porque el calcio presente en el suelo neutraliza o tampona los ácidos realizando efecto amortiguador, la resistencia de esta carga es llamada capacidad de intercambio catiónico. Por otro lado la lluvia acida puede inhibir la actividad de los hongos y bacterias del suelo, ocasionando una reducción en la producción de humus, la mineralización y fijación de nutrientes, causando suelos deficientes en nutrientes (Newman 1995, citado por Granados y colaboradores 2010)[16] . En el agua, los iones de sulfato y cloruro reemplazan a los iones de bicarbonato, disminuyendo el pH, algunos iones metálicos en estado soluble aumentan. Cuando el pH de las aguas subterráneas y superficiales de la cuenca hidrográfica circundante es de 5 o inferior, entonces altas concentraciones de iones aluminio son trasportadas hacia los ríos y lagos, este aluminio tiende a precipitar en forma de unos sedimentos oscuros que actúan con agentes floculantes, eliminan partículas en suspensión y aumentan la trasparencia del agua, lo que genera un aumento en la penetración de la luz, estimulando la producción de fitoplancton y el crecimiento de algas. Sin embargo el zooplancton disminuye (Bailey et al 1995, Citados por Granados y colaboradores 2010)[17], Aunque los peces adultos y otras especies pueden soportar altos niveles de acidez, una combinación de acidez con aluminio les puede causar la muerte; concentraciones de 0,1 y 0,3 mg/L de aluminio en el agua, retrasa el crecimiento y el desarrollo gonadal de los peces y aumenta su mortalidad. (Schindler 1988, Citado por Granados y colaboradores 2010)

[15] Ibid. P 3-4
[16] Ibid. P 13-15
[17] Ibid. P 16-18

3.2.2 Consideraciones para una producción agropecuaria sostenible: la actividad agropecuaria a nivel mundial partió del destino del uso de la tierra, donde inicialmente estaba ocupada por bosques, que poco a poco fueron eliminados dando origen a la deforestación para ser estas tierras usadas por la agricultura, sin considerar el impacto de esta sobre el recurso físico conocido como suelo y cuyo deterioro con el tiempo iba a dar paso a nuevos tipos de cultivos agrícolas, terminando finalmente en pasturas las cuales junto con el tipo de animal que las ocupa, terminan siendo las responsables del deterioro de los recursos (suelo y agua) donde poco a poco se añaden otro tipo de perjuicios, como son la pérdida de la capa de ozono, aumento del C y CO_2, del CH_4 y otros gases generando lo que hoy se considera como "calentamiento global" a los cuales se les atribuye la causalidad del deterioro de la salud humana.

Analizando en forma conjunta todo lo expuesto, fácilmente se concluye que la sostenibilidad de la actividad agropecuaria, con o sin razón, afronta serios peligros, muchos de ellos orquestados por ambientalistas que desconocen la realidad del componente biológico, desconociendo el tipo e intensidad con que se utiliza el recurso natural disponible, la tecnología que se está empleando y el balanceo entre los recursos tanto internos como externos de cada sistema de producción.

3.2.3 El papel del árbol en la sostenibilidad de un sistema productivo: la sostenibilidad de un sistema agropecuario implica producir rentablemente teniendo en cuanta la parte ambiental, productiva, económica, social, política y cultural; En este contexto los árboles cumplen un papel determinante en la mitigación de muchos de los factores expuestos con anterioridad los cuales desencadenan procesos que conllevan a la insostenibilidad tanto en lo técnico como en lo económico repercutiendo en la estabilidad social de las regiones especialmente en la población que deriva su sustento de la actividad agropecuaria. Los árboles acumulan carbono en cuatro componentes: biomasa sobre el suelo, hojarasca, sistema radicular y carbono orgánico del suelo; La presencia de estos árboles

contribuye en gran parte a la fijación de CO_2, nitrógeno, minerales, control de la erosión, retención y optimización de humedad en el suelo, creación de microclimas, barrera contra vientos y protección contra las heladas, corredores biológicos, fuente de madera para cercas, leña y generadores de alimento de alto valor nutricional para la alimentación animal (Snowdon y colaboradores, 2001 citado por Andrade e Ibrahim 2003)[18]. La descomposición de la materia orgánica es influenciada en gran medida por el uso del suelo; así por ejemplo aquellos suelos cubiertos por pasturas pierden o liberan un 40% del carbono almacenado cuando en dicho suelo se encontraba protegido por bosque; al contrario, este suelo bajo pasturas tan solo pierde un 20% del carbono almacenado; sin embargo, los cambios de carbono existentes en el suelo tienden a cambiar. Estos indicios del potencial que presentan la mezcla de árboles y pasturas como sistemas silvopastoriles en la inmovilización del carbono en el sistema, donde los sistemas silvopastoriles gozan de mayor productividad primaria neta por su mayor captación de luz, mayor ciclaje de nutrientes y mayor eficiencia en el uso de los recursos biofísicos (Botero, 2002)[19] Es por ello la importancia de estas especies ya que los árboles tienen la capacidad de almacenar una parte del carbono en la biomasa; de esta manera se contribuye a mitigar la liberación de CO2 perjudicial para el ambiente tomando el carbono (C) y liberando oxigeno (López, et al. 1999)[20].

[18] ANDRADE, Hernan J; IBRAHIM, Muhammad. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? .En: groforestería en las Américas, 2003, vol. 10 no. 39., p. 4-5.

[19] BOTERO B, Javier Antonio. Los sistemas silvopastoriles como sumideros de co_2. [en línea] Medellín Antioquia: Agronet. 2002. (Recuperado en 12 septiembre 2018.) Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6693/1/20061127115639_Sistemas%20silvopastoriles%20sumidero%20CO2.pdf

[20] LÓPEZ, Alejandro, et al. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en zona Atlántica de Costa Rica. En: Agroforestería en las Américas. 1999, vol. 6 no. 23 1999. p. 1-3.

Este carbono es utilizado por las plantas para su nutrición, proceso realizado a través de la fotosíntesis donde la planta gracias a los estomas obtiene los rayos solares y el anhídrido carbónico (CO_2) presente en el aire (Salisbury y Ross 1992)[21]

Es importante mencionar que los arboles fijadores de nitrógeno, poseen mecanismos que facilitan la asociación de bacterias del genero Rhizobium, y Frankia, según la especie arbórea; dichas bacterias forman nódulos en las raíces de los árboles, estas bacterias se encuentran en la zona de interacción de las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo como lo es el caso de la microbiota (bacterias, hongos y algas) y una microfauna (protozoos, nematodos, insectos y ácaros). Las bacterias del género Rhizobium se caracterizan por ser móviles en el suelo y atraídas hacia la raíz por compuestos que esta libera, este grupo de bacterias por lo general realizan nódulos en especies leguminosas. De otra parte, se encuentra las bacterias del genero Frankia; estas forman nódulos en raíces de muchas especies de árboles y arbustos, son bacterias filamentosas que viven en simbiosis con plantas Actinoricicas, general mente nodulan los géneros *Alnus*, *Myrca, Casuarina* entre otras. De otra parte, se reconocen dos tipos de nódulos; uno de ellos son los que presenta un crecimiento limitado conocidos como nódulos de crecimiento determinado, los cuales en su estructura externa tienen una apariencia esférica y no presentan células de trasferencia. El otro tipo son los nódulos de crecimiento indeterminado o ilimitado, estos nódulos siempre poseen células meristemáticas en división que le permite crecer y posen células de trasferencia. (Calvo, 2012) [22]

[21] SALISBURY, Frank y ROSS, Cleon. Fisiología vegetal: Bioquímica de las plantas. México: editorial Iberoamérica, 1992. p 219- 238. ISBN 053451620.

[22] CALVO GARCÍA, Sergio. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. [En línea]. Salamanca, España: Universidad de Salamanca. 2011. (Recuperado en 07 julio 2018.) Disponible en https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3761553.pdf.

A su vez se señala del éxito que puede tener la inclusión de árboles leguminosos en la rehabilitación de potreros degradados, podando los mismos y depositando el material en el suelo para que los animales lo consuman parcialmente y el material residual rico en nitrógeno se degrade y de esta manera fertilice las plantas presentes incluyendo las pasturas, de esta manera se logra reducir el uso de fertilizantes químicos los cuales también causan deterioros al ambiente si se utilizan inadecuadamente. (Hernández y Simon,1993)[23], En muchas ocasiones, los árboles actúan como corredores biológicos de especies nativas, protección contra heladas y fuertes vientos que perjudican los pastos, estos generan un filtro de los rayos directos del sol moderando los cambios de temperatura, esto beneficia la retención de agua en la planta y la producción de biomasa y nutrientes; la humedad del aire también puede ser recogida por el follaje del árbol y ser depositada como humedad interna (Altier, et al 1999[24], Beer 2003[25]). El estado de confort de los animales se ve afectado por la variación de la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa, las precipitaciones y la velocidad del viento. Estas variaciones provocan alteraciones en el ritmo de las actividades vitales tales como: la temperatura corporal, la ingestión, la digestión, la respiración, la circulación de la sangre y el estado de las glándulas de secreción interna.

3.2.4 La inclusión de los árboles a sistemas ganaderos de trópico alto: la ganadería es uno de los principales generadores de alimento que garantizan la seguridad alimentaria de un país creciente. Lo que da indicios sobre la importancia, su sostenibilidad y economía del país, lo que ocasiona que los sistemas ganaderos tiendan a crecer desarrollando actividades inadecuadas como los procesos de

[23] HERNÁNDEZ, I. y SIMÓN, L. Los sistemas silvopastoriles: Empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas. En: Pastos y forrajes.1993, vol. 16 no. 2., p. 2-4.

[24] ALTIER, Miguel, *et al.* Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Editorial Nordan, 1999.p.221

[25] BEER, John; et al. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. En: Agroforestería en las Américas. 2003, vol. 10 no 37., p. 3-4.

deforestación, labranza intensa, sobrepastoreo, utilización a destiempo de los forrajes, uso inadecuado de agroquímicos entre otros, con el afán de cubrir la demanda de alimentos (Murgueitio, 2000)[26]; es por ello que los árboles son una clara alternativa para mitigar en gran parte el deterioro de los recursos biofísicos y crear sistemas amigables al ambiente. Existen varias maneras de incluir los árboles a sistemas ganaderos y cada una de ellas contribuye con el aporte en muchos beneficios para hacer sostenibles las producciones; estos pueden ser incluidos como cercas vivas, barreras corta vientos, protección contra heladas, corredores biológicos, bancos de proteína, dispersos en potreros como sistemas silvopastoriles para ramoneo de los animales y sombrío.

Los sistemas silvopastoriles: autores definen los sistemas silvopastoriles, como cualquier situación donde se desarrollan conjuntamente árboles y pastos en un sistema de manejo integral, cuyo objetivo principal es incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo. (Torres, 1983 citado por Hernández, 1993)[27]. A su vez Sánchez 1998[28], lo define como un tipo de agroforestería, que implica la presencia de animales pastando entre o bajo árboles; dichos árboles pueden ser plantados con varios fines como la producción de forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal, provee además sombrío para el animal, conserva la humedad, control de erosión y fertiliza las pasturas gracias a la capacidad fijadora de nitrógeno de algunas especies arbóreas. La selección de los árboles a incluir en este tipo de sistemas se hace teniendo en cuenta los objetivos que se persiguen, en el caso de la producción de forraje se da un manejo adecuado de poda para garantizar el paso

[26] MURGUEITIO, Enrique. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. [En línea]. Bogotá D.C.: CIPAV. 2000. (Recuperado en 02 septiembre 2018.) Disponible en https://es.scribd.com/document/338920503/Sistemas-Agroforestales-para-la-Produccion-Ganadera-en-Colombia-pdf

[27] HERNÁNDEZ y SIMON. Op. cit. p. 2-3.

[28] SÁNCHEZ D, Manuel. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. [En línea]. Bogotá D.C.: FAO. 1998. (Recuperado en 12 junio 2018.) Disponible en http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Sanchez1.htm

de un porcentaje de luz hacia los estratos más bajos y no llegar a perjudicar las especies de tipo rastrero con la sombra. (Ludlow, et al, 1980 citado por Giraldo y Bolívar 1999)[29], Advierten que gran parte de los pastos en el trópico tienen metabolismo tipo C_4 lo cual limita su capacidad para adaptarse y tolerar la sombra, de otra parte existe un alto porcentaje de malezas, las cuales son de tipo C_3, favorecidas por la menor intensidad lumínica (Giraldo, et al, 1995 tomado de Giraldo y Bolívar 1999[30]

López, *et al.* 2017[31] advierten que altas temperaturas y por tiempos prolongados (verano largos) afectan la producción de forraje, tanto en cantidad de biomasa como en la calidad del mismo, de la misma manera también afecta la productividad del ganado dado que consume forraje de baja calidad nutricional; De otra parte el manejo de los arboles introducidos en un sistemas silvopastoriles debe tener cuidado en el momento de realizar la primera cosecha la cual puede ser demorada, para garantizar que los arboles desarrollen bien su sistema radicular y alcancen un grosor adecuado del tallo, para lo cual recomienda hacerla cuando los arboles tengan entre 6 a 8 meses de edad desde su plantación, con una altura ente 1 a 2 metros aproximadamente; esto para las especies de crecimiento rápido. Para las especies de crecimiento lento recomiendan cosecharlas por primera vez de 12 a 15 meses de su plantación. En los sistemas silvopatoriles el objetivo de la poda es reducir la sombra, estimular el rebrote y darle forma a la copa del árbol, además de obtener forraje para la alimentación animal. Sin embargo (Jaramillo y Jiménez 2000[32]) asegura que no se debe podar la totalidad de las ramas y tallos del árbol, es necesario dejar parte del forraje en el árbol para que la fotosíntesis continúe

[29] GIRALDO y BOLÍVAR. Op. Cit. P 9-10.

[30] Ibíd., p. 9-10.

[31] LOPÉZ ORTÍZ, Silvia; *et al*. Manual de árboles que gustan al ganado y benefician al potrero, los árboles, el ganado y mi potrero. Veracruz (Mexico): INECOL, 2017. p 12-13. ISBN 9786077579731.

[32] JARAMILLO y JIMÉNEZ. Op. Cit. p 51-52.

normalmente y evitar su alteración, donde la productividad de los sistemas silvopastoriles está influenciada por muchos indicadores entre los que se encuentra la composición botánica; la poda para el control de la sombra, el buen manejo de la carga animal y la densidad de acuerdo con la disponibilidad del sistema. Si se aplica correctamente estos elementos se logra una mayor persistencia, estabilidad y productividad de las demás especies asociadas al sistema J Alonso 2011[33]

Las cercas vivas: este sistema consiste en implementar árboles, arbustos o la asociación de los dos en líneas dobles o sencillas; Dichas cercas pueden ser implementadas a distancias de siembra de 6 a 8 metros entre plantas; Existen dos tipos de cercas vivas, las simples, aquellas que están compuestas por una o dos especies a diferente alturas y usos, y las compuestas que son aquellas en las cuales se manejan más de dos especies; algunas de las especies que se pueden implementar en este tipo de arreglo se podan a una altura adecuada de tal manera que pueda ser aprovechado el forraje para ser suministrado a los animales, otras especies no se podan, convirtiéndose con el paso de los años en corredores biológicos para especies nativas de la zona aumentando la conectividad en los paisajes agropecuarios, los costos de establecimiento de este tipo de cercas representan el 16% menos del costo por cercas tradicionales Uribe, *et al. 2011*[34]*.* Dado el impacto no solo ecológico, si no también económico derivado de este tipo de cerca y materializado en la reducción en un 54% del uso de postes y disminución de la presión y utilización del bosque, su implementación se ha extendido de forma

[33] ALONSO, J. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. En: Revista cubana de ciencia agrícola. 2011, vol.45 no.2. p. 4-5. ISSN 0034 -7485

[34] URIBE T, Fernando, *et al.* Proyecto Ganaderia sostenible Manual 1: establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles., proyecto ganadería Colombiana sostenible. [en línea].Bogota: FEDEGAN. 2011. (Recuperado en mayo 2018.) Disponible en https://www.cipav.org.co/pdf/1.Establecimiento.y.manejo.de.SSP.pdf

apreciable durante los últimos años, conforme lo anota Holmann *et al,* 1992 citado por Ibrahim, *et al. (*2008*)*[35]

Bancos de proteínas: la importancia de este sistema consiste en utilizar especies con un contenido elevado de proteína, implementados en altas densidades de siembra con el fin de realizar cortes y acarreos para la utilización como complemento alimenticio para los animales. Este sistema puede ser implementado en sitios pequeños de la finca ya que por su alta densidad no requiere grandes espacios, si se maneja correctamente se obtendrá forraje durante todo el año. Los bancos mixtos de forraje incluyen especies con altos contenidos energéticos que pueden representar un 30% del total del área a establecer y especies proteicas en un 70%, a densidades de siembra de hasta 5000 arbustos por hectárea. (Mejía y colaboradores 2013)[36].

3.2.5 Criterios claves a tener en cuenta para la realización de prácticas agroforestales: las prácticas agroforestales deben ser formadas bajo criterios claves que garanticen la funcionalidad y generación de bienes y servicios ambientales, económicos y sociales logrados a través de un diseño, establecimiento y manejo intencional de árboles, cultivos, pasturas y animales combinados intensivamente lo que les permitirá mantener su productividad y funcionalidad protectora e involucrar prácticas de cultivo, fertilización, irrigación, podas y cortes. Todos los componentes que conforman el sistema agroforestal deben estar combinados estructural y funcionalmente en una sola unidad integral de manejo, interactuando para lograr la utilización completa de la capacidad productiva de la

[35] IBRAHIM, Muhammad, *et al*. Sistemas silvopastoriles en América central: Experiencias de CATIE. En:Researchgate. 2008, vol.1 no.1., p.3-18.

[36] MEJÍA PALACIO, Carlos; *et. al*. Bancos mixtos de forraje, una herramienta estratégica para la ganadería sostenible en Colombia. Ganadería Colombiana sostenible. [en línea]. Bogotá: FEDEGAN. p 1-4. [consultado mayo de 2018]. Disponible en: http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/02/9-BANCOS-MIXTOS-DE-FORRAJE.pdf?x67440

tierra utilizando activa y racionalmente los recursos biofísicos para una producción de servicios (José, 2012 citado por Murgueitio, *et al.* 2013)[37].

3.2.6 Interacción entre los componentes del sistema silvopastoril: en un sistema silvopastoril las interacciones de cada uno de sus componentes son de mayor o menor intensidad dependiendo si todos los componentes comparten un mismo espacio, o si por el contrario se encuentra uno de los componentes en un espacio diferente al de los otros, como lo es el caso de los bancos de proteína donde las especies arbóreas se encuentran es un espacio aparte de las pasturas y los animales. Es importante que dichas interacciones entre cada uno de los componentes guarden sinergia para lograr una sinergia del sistema:

Interacción árbol – animal: los arboles interactúan con los animales brindando protección contra las inclemencias del clima (sombrío, lluvias, aire, niebla, rayos solares) además brinda forraje de alto valor nutricional para su alimentación; por su parte los animales le generan al árbol nutrientes en sus excretas necesarios para el crecimiento y desarrollo; pero también pueden ejercen efectos negativos para sus tallos y su desarrollo al rascarse o consumir los rebrotes más tiernos que van apareciendo y compactar el suelo con su pisoteo.

Interacción árbol – suelo: sin duda alguna estos dos componentes comparten en muchas interacciones positivas como la protección brindada por el árbol al suelo contra lluvias, vientos, rayos solares que pueden generar problemas de erosión, también le brinda algunos nutrientes los cuales extrae con sus raíces más profundas depositándolas en la superficie como humus en la cubierta. La caída de hojas sobretodo de aquellas especies leguminosas fertiliza el suelo y crea una capa orgánica rica en minerales y microorganismos benéficos para el suelo. Por su parte

[37] MURGUEITIO R, Enrique; *et.al*. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (sspi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. En: Revista colombiana de ciencias pecuarias.2013, vol.26 no.1., p. 314.

el suelo brinda al árbol soporte para su biomasa al igual que nutrientes y agua para su crecimiento y desarrollo.

Interacción animal – suelo: la presencia de animales ocasiona compactación, procesos erosivos al suelo por su sobrepastoreo, pero esto debido a las actividades inadecuadas de pastoreo establecidas por el hombre (Ojeda 2003)[38]. Al contrario, si se establecen procesos adecuados de pastoreo y una carga animal adecuada, los animales brindan nutrientes al suelo, los cuales fertilizaran las plantas las cuales a su vez protegerán al suelo y brindaran alimento para los animales.

3.2.7 Influencia de las condiciones medioambientales en los forrajes

Temperatura: cada especie de planta requiere de un rango óptimo de temperatura para desarrollar a cabalidad procesos como el crecimiento y desarrollo que les permiten llegar a las fases de desarrollo, si dicho rango de temperatura decae bruscamente, la planta presenta dificultades para respirar, influenciando su velocidad de crecimiento; bajos niveles de temperatura afectan la germinación de las semillas, la fotosíntesis, la absorción de agua y por ende de nutrientes eséncials para la nutrición de la planta. Por el contrario si los rangos de temperatura aumentan por encima del óptimo, la fotosíntesis decrece, aumenta la traspiración ocasionando altas pérdidas de agua en la planta Gillet 1984[39]

Luz solar: es la fuente primaria de energía, el ambiente luminoso al que están expuestas las plantas, afectan su crecimiento y desarrollo, determinan su morfología foliar y su fisiología. El factor luz tiene efecto tanto negativo como positivo sobre la

[38] OJEDA P, Pedro Antonio; *et, al*. Sistemas silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería. Interacciones del sistema silvopastoril. [En linea]. Santiago de Cali: Pronata, ciat, 2003. p 27-31. ISBN 33 – 5693 – 1. (Recuperado mayo de 2018). Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3911/2/2006102417332_Sistemas%20silvopastoriles%20sustentable%20ganaderia.pdf

[39] GILLET. Op. Cit. p 90-100

fisiología de la planta como inhibir la germinación en algunas especies y activarla en otras; efectos sobre el crecimiento y desarrollo. Las plantas realizan algunas adaptaciones a la luz como aquellas que tiene afinidad por la luz o los rayos directos del sol llamadas (Heliófilas), otras que tienen afinidad por lugares iluminados, pero de forma indirecta llamadas (Fotófilas) y aquellas llamadas (Esciófilas) las cuales tienen afinidad por lugares sombreados. Gillet 1984[40]

Viento: tienen influencia sobre la fisiología de las plantas causando desecación acelerando la pérdida de agua en el suelo y las plantas, enfriamiento, enanismo, ruptura, deformaciones. En las sequias prolongadas las plantas conservan el agua embebida como mecanismo de defensa para equilibrar la absorción y la traspiración, para lograrlo, puede que aumente la absorción o bien puede disminuir la transpiración. Uno de los aspectos quizás más importante de las raíces es la profundidad que estas adquieren ya que le permita a la planta ser más eficiente, sin embargo, esta varía de acuerdo con la especie. La fertilización nitrogenada favorece la absorción y el trasporte del agua. Gillet 1984 [41]

Agua: ejerce un efecto inmediato sobre el crecimiento de las plantas, aunque la utilización del agua en las plantas varía según la especie y el estado vegetativo de la misma, además para una pradera el efecto del agua depende de las condiciones climáticas y de la evapotranspiración de la planta. La producción es directamente proporcional a la evapotranspiración real, hasta que alcanza un tope de máxima evapotranspiración máxima, en este caso la absorción no aumenta más así el suelo este lo suficiente mente húmedo; y el crecimiento es el máximo, es decir el potencial de la planta en las condiciones descritas. De otra parte para demandas diferentes la respuesta a la evapotranspiración obedece a dos leyes:1) la eficiencia del agua es menor cuando la demanda es mayor, 2) la producción potencia es máxima

[40] Ibid; p. 91-93.

[41] Ibíd.; p. 94-95

cuando la demanda es máxima, esto se debe a que también intervienen otros factores como la temperatura, y la radiación, a medida que aumenta la temperatura y la radiación aumenta la demanda de agua, hasta llegar a un tope que ni siquiera con una fuerte irrigación la planta no puede satisfacerla, en este caso la velocidad de crecimiento disminuye y cuando la temperatura es superior a la óptima se acentúa más la disminución del crecimiento. Gillet 1984[42].

3.2.8 Potencial de algunos árboles para la inclusión en sistemas de trópico alto: los sistemas donde se incluyen arboles según (Ibraim 1998 citado por Navas 2010)[43] tiene efectos positivos sobre el consumo voluntario, producción de leche o carne, la reproducción y la sobrevivencia. En este orden de ideas es factible la utilización de árboles a los sistemas ganaderos de trópico alto para mejorar las producciones sin ocasionar daño al ambiente. Las especies forrajeras aportan a los rumiantes nutrientes sobrepasantes por intermedio del follaje y frutos que mejoran directamente el balance nutricional para satisfacer los requerimientos de mantenimiento y producción. (Chamorro 2002 citado por Carvajal 2005)[44]

La diversidad bioquímica en las plantas es grande, según Rosales 1998,[45] existen más de 1200 clases de compuestos químicos del metabolismo secundario de las plantas, estos compuestos tienen funciones de almacenamiento, defensa o reproducción. Los taninos son los compuestos secundarios de los vegetales más

[42] Ibíd., p. 96-100

[43] NAVAS PANADERO, Alexander. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. En: Revista de medicina veterinaria. 2010, vol.19 no.1., p. 5-10

[44] CARVAJAL SALCEDO, Teresa. ll Curso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. Bogotá D.C. U.D.C.A. 2005. p 38.

[45] ROSALES MÉNDEZ, Mauricio. Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998. vol.1 no.1., p. 1-6

comunes; se ha sugerido que, utilizando plantas forrajeras con altos niveles de taninos, mezclados con especies altas en nitrógeno soluble, se mejora el uso de nitrógeno por el rumiante al reducir la degradación de la proteína en el rumen. (Barry y Duncan, 1984 citado por Rosales Méndez1998)[46]. Estos sistemas donde se incluyen árboles a los sistemas de producción son más eficientes respecto al aprovechamiento dado al espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo, esto permite una mayor captación de nutrientes y energía que se reflejan en una mayor producción de biomasa. (Benavides 1983 tomado de Mahecha, et al 1998) [47]

[46] Ibíd.; p. 5-6.

[47] MAHECHA, Liliana, *et al*. Experiencias en un sistema silvopastoril de Leucaena leucocephala - Cynodon plectostachyus- Prosopis juliflora en el Valle del Cauca, Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998. Vol. 1 no1., p 1-6.

Cuadro 1. Descripción de las especies arbóreas empleadas en el sistema silvopastoril

Especie	Descripción y usos
Chicala (*Tecoma stans*)	Especie originaria del sur de Estados Unidos; Se encuentra en Centro y Suramérica, en Colombia se ha observado entre 0 y 2.800 msnm. Puede alcanzar hasta 15 metros de altura, tronco con corteza agrietada que sostiene una copa de forma aparasolada, hojas compuestas, flores en forma de campanas, sus frutos son semejantes a legumbres con varias semillas. Se propaga por semillas y estaca. Las hojas y corteza son utilizadas como diurético y depurativo de la sangre. Especie melífera de floración llamativa, utilizada como cerca viva y el control de la erosión del suelo.
Acacia (*Acacia melanoxylon*)	Australia es su origen; encontrada en Centro y Suramérica. En Colombia se ha visto entre los 2.000 y 2.800 msnm. Alcanza hasta 15 metros de altura, tronco con corteza agrietada, copa de forma ovalada piramidal, flores redondas de color crema, frutos en legumbres con semillas. Su madera es utilizada para postes de cercas, y leña, es una especie fijadora de nitrógeno utilizada en la recuperación de suelos, control de erosión, proporciona sombra, cerca viva y barrera contra el viento.
Aliso (*Alnus acuminata*)	Originario de Centroamérica. En Colombia se ha encontrado entre los 1.700 y 3.000 msnm. Puede alcanzar hasta 20 metros de altura, su corteza es lisa, con copa de forma ovalada, flores de color crema y frutos pardos parecidos a una piña, con varias semillas. Su propagación se realiza por semillas. Su madera es utilizada en ebanistería, sirve para recuperación de suelos y mejoramiento de pasturas, ya que es una especie fijadora de nitrógeno. Es caducifolio
Tilo (*Sambucus peruviana*)	Especie originaria del norte de Suramérica; en Colombia se ha observado entre los 2.000 y 3.000 msnm. Puede alcanzar hasta 4 metros de altura, con un tronco de corteza granulosa de color crema, su copa en forma redondeada, flores blancas agrupadas con frutos rojos redondos compuestos de varias semillas. Se usa como desinflamante, también se emplea como cerca viva, su forraje es utilizado en la alimentación animal
Loqueto (*Escallonia pendula*)	Originaria de la cordillera central y oriental de Colombia, donde se encuentra entre los 2400 a 3100 msnm. Esta especie puede alcanzar una altura hasta de 30 metros, su tronco es redondeado con, copa aparasolada, hojas simples alternas, no presenta flores, en cambio presenta numerosas semillas diminutas de color café en espigas. Se usa como fuente de leña y madera, para sombrío en sistemas silvopastoriles, cercas vivas, protección de fuentes hídricas y control de la erosión.

Fuente: BARTHOLOMAUS, Ángel, *et al*. El manto de la tierra: Flora de los Andes. Tercera edición Alberto de la Rosa C. Colombia ,1998. 293. p. ISBN. 3-88085-427-0.

Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*): en la zona Andina de Colombia bajo alturas superiores a los 2000 msnm se encuentra la lechería especializada, su base alimenticia es el pastoreo con prevalencia de la especie forrajera kikuyo (Cenchrus clandestinus), originaria de África, encontrada en la zona Andina entre los 2000 y 2800 msnm, esta especie no exige fertilización, riego, ni calidad de suelos y se adapta a una gran diversidad de condiciones edáficas, su digestibilidad y valor energético oscilan entre 50 y 72%, estrechamente relacionada con las concentraciones de fibra en detergente neutro (FDN), dichas variación elevada demuestra la sensibilidad de los valores nutricionales a las prácticas de manejo y condiciones ambientales responsables de modificar las concentraciones de FDN en los forrajes. Existen pocos estudios donde se haya medido el potencial de consumo del kikuyo, sin embargo si se basa en los niveles de fibra se podría sugerir que está entre el 2 y el 3% del peso vivo del animal al ser ofrecido a voluntad (sin ningún tipo de restricción); de esta manera, y considerando los valores energéticos y el potencial de consumo de esta especie, se podría sugerir que dependiendo de su calidad, el kikuyo podría soportar producciones de 5 litros de leche vaca/día para calidades muy bajas, hasta valores de 18 litros de leche vaca/día con kikuyo de alta calidad, reflejado en un aceptable contenido proteico; en este caso las concentraciones de proteína del kikuyo varían sensiblemente dependiendo del manejo, la fertilización nitrogenada y la madurez del forraje, se han encontrado valores proteicos que oscilan entre el 12 y el 28%. Por otra parte los minerales encontrados en los forrajes pueden o no satisfacer las necesidades del animal, para el kikuyo los valores encontrados en minerales se reflejan en la siguiente tabla. (Carulla et al 2004)[48]

[48] CARULLA, Juan E., *et al*. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. En: Revista Scielo. 2004, vol.1 no.1, p. 5–9.

3.2.9 Interacción entre los minerales de una ración: la interacción entre los minerales son muy amplia, algunas de ellas son: la relación C:P debe ser mínimo de 1:1, las concentraciones de fosforo no deberían superar las de calcio en la ración. La relación Cu: Mo debe ser mínimo de 4:1 respectivamente. Altas concentraciones de Mo tienden a disminuir la absorción de Cu debido a la formación de complejos insolubles de entre S, Mo y Cu, dichos complejos son conocidos como tiomolibdatos de Cu. La relación N:S debe ser de 10:1 o 11:1, valores más altos pueden provocar deficiencias de S y posible restricción en el crecimiento de los microorganismos del rumen. Carulla et al (2004)[49].

3.2.10 Los factores antinutricionales: existen inquietudes tradicionales referidas al uso de árboles y arbustos en sistemas silvopastoriles que de una u otra manera impiden el desarrollo de este tipo de sistemas; inquietudes como el hecho de que las fracciones de los árboles y arbustos consumible por el animal ya sean hojas, tallos tiernos, semillas o frutos, contiene diversos tipos de metabolitos secundarios, potencialmente tóxicos o benéficos para el animal, dependiendo de su nivel de ingesta. Algunos de ellos contienen compuestos antiprotozoarios y propiedades antimetanogenicas como las saponinas y taninos los cuales disminuyen la producción de metano, reducen los protozoos del rumen y cambian los patrones de fermentación (Galindo 2004 y Lian, *et al.* 2005 citados por J Alonso 2011)[50].

Estos metabolitos son frecuentes en aquellas plantas con altos niveles de nitrógeno como las llamadas leguminosas, las cuales presentan altos contenidos de proteína seleccionadas por el animal para su alimentación. Estos metabolitos se localizan en estructuras como yemas en crecimiento, hojas jóvenes y órganos reproductores, en lo referido a las arbóreas y arbustivas con potencial para ser incluidos en sistemas

[49] Ibíd., p 12

[50] Alonso. Op. Cit. P 6-10

silvopastoriles han sido estudiados los taninos, saponinas, mimosinas, cianógenos y otros. Ojeda y Ríos, (2014)[51]

Algunos de estos compuestos benefician al animal, quizás el de mayor importancia y el más estudiado es el empleo de dichos compuestos como moduladores de la microflora del aparato digestivo ya sea a nivel ruminal o del tracto posterior, en este sentido se ha logrado demostrar la posibilidad de realizar manipulaciones a las poblaciones de microorganismos ruminales con el objetivo de mejorar el patrón de fermentación y el perfil de sus productos finales; Las saponinas ejercen un potente efecto toxico sobre las poblaciones de protozoarios ruminales, algunas bacterias fibrolíticas y hongos creando una (desfaunación); al presentarse una reducción en el número de protozoarios, hay un aumento en la tasa de recambio de la proteína microbial en el rumen y consecuentemente de la retención de nitrógeno, lo que beneficia aquellas dietas bajas en proteína, esta desfaunación también es asociada a una reducción de la presencia de acidosis en dietas con elevados contenidos en cereales. (Wallace, 2004 tomado de Ojeda y Ríos 2014) [52]

Por otro lado, el control de los parásitos gastrointestinales (PGI) tradicionalmente se ha hecho a través de los fármacos, sin embargo el uso inadecuado de estos productos ha ocasionado una resistencia parasitaria a este tipo de productos, dicha resistencia ha sido el punto de partida para desarrollar nuevas estrategias de control para dichos parásitos, estrategias que no impliquen el uso de productos que generen residuos contaminantes perjudiciales para los humanos y el ambiente; una de las estrategias es el uso de forrajes ricos en taninos condensados, los cuales afectan la presencia de parásitos encontrados a nivel intestinal, sin embargo no

[51] OJEDA, Álvaro y RÍOS, Leyla. Beneficios de los compuestos secundarios en la nutrición y sanidad animal. [En línea]. Caracas: Venezuela: Ganadería colombiana sostenible. 2014 p 71- 81. (Recuperado en mayo de 2018). Disponible en: http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2015/04/Memorias-Foro-SSP-Venezuela.pdf?x67440

[52] Ibíd., p 80 - 81

causa ningún efecto sobre los abomasales. (Hoste *et al*, 2008 citado por Ojeda y Ríos 2014) [53]

La formación de complejos entre los taninos y las proteínas se llevan a cabo en pH cercanos a la neutralidad (3,5 – 7,5), llevados a cabo en el rumen, pero una vez llegados estos complejos a nivel de intestino, el cambio de pH y la presencia de agentes químicos pueden causar la disociación de los compuestos haciendo posible el escape de la proteína a la fermentación ruminal y se mejora su aprovechamiento a nivel intestinal, los taninos ya libres de la proteína pueden actuar sobre los parásitos afectándolos negativamente. Martin *et al*, 1985 citado por Ojeda y Ríos 2014) [54]

Aparte de proteger la proteína haciéndola sobrepasante, los taninos causan reducción de los niveles de urea en plasma, de NH_3 ruminal y perdidas urinarias de nitrógeno; esto es asociado a una reducción en la tasa de degradación y desaminación ruminal de la proteína dietaría, unido a un aumento en la tasa de reciclaje del nitrógeno al rumen. También estos compuestos pueden reducir la producción de CH_4 y reducir la excreción fecal de nitrógeno. Reed, 1995 citado por Ojeda y Ríos 2014) [55]

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Desarrollo sostenible: el desarrollo sostenible se entiende como el proceso de transformaciones naturales, económicas, sociales, culturales e institucionales que tienen por objeto asegurar el mejoramiento de las condiciones de vida del ser

[53] Ibíd., p 77 – 78

[54] Ibíd., p 80

[55] Ibíd., p 81

humano y de su producción sin deteriorar el ambiente natural, ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones; el termino sustentable se refiere a una forma de conciliar el crecimiento económico, social, cultural e institucional con el equilibrio del ecosistema. López, López y Ancona 2005[56]

Gases de efecto invernadero: los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos componentes de la atmosfera que absorben y emiten radiación infrarroja, por lo que contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento de la tierra; En la atmosfera de la tierra, los principales (GEI) son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3); Algunos de estos gases se han incrementado por el uso de combustibles fósiles, la deforestación, los sistemas de producción agrícola, el uso de fertilizantes, la degradación del suelo y la fermentación ruminal entre otros. Benavides y León (2007)[57]

Agroforestería: se entiende por agroforestería a todos aquellos sistemas que combinan bajo la modalidad de cultivo a especies arbóreas y arbustivas o herbáceas incluyendo desde la presencia de árboles frutales en combinación con cereales o frutales, hasta sistemas complejos con combinación de varias especies en diferentes estratos. Sánchez (1998)[58]

Silvopastoreo: el silvopastoreo se entiende como un tipo de agorforestería que involucra animales pastando entre o bajo los árboles los cuales pueden ser

[56] LÓPEZ R, Carlos D; LÓPEZ H, Eduardo S; ANCONA P, Ignacio. Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. En: Horizonte sanitario. 2005, vol. 4 no. 2., p. 5.

[57] BENAVIDES B, Henry O; LEÓN A, Gloria E. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Nota técnica del IDEAM. [En línea]. Bogotá D.C.: IDEAM. 2007. (Recuperado en 12 septiembre 2016.) Disponible en http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd

[58] SÁNCHEZ. Op. Cit. p 12

plantados con diferente fin (maderables, forrajeros, protectores del ambiente, frutales) Sánchez 1998 [59]

Plantas C_4: las plantas C_4, son aquellas especies cuyo primer producto fotosintético es un ácido dicarboxílico de cuatro carbonos; estás especies son capaces de utilizar intensidades lumínicas y temperaturas altas. Pero pueden verse afectadas por niveles de sombra lo cual afecta la producción de fibra; pero mejora los niveles de nitrógeno. En este sentido es factible asociar dichas especies con árboles que les brinden sombrío para mejorar sus niveles de proteína Escobar, *et al.* 1999[60]

Setos: se denominan setos aquellos árboles que son sometidos periódicamente a podas; los cuales son sembrados en forma continua a distancias cortas en un área determinada Escobar, *et al.* 1999[61]

3.4 MARCO LEGAL

El ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT), corporaciones (CAS), corporaciones de desarrollo sostenible (CDS), departamentos y distritos o municipios es la jerarquía establecida por el sistema nacional ambiental (SINA) que es el conjunto de normas, orientaciones, actividades, recursos, programas e instituciones que ratifican el inicio de los principios generales ambientales. Este sistema fue creado mediante la ley 99 de 1993.

Los postulados de la convención de Estocolmo de 1972 dieron origen a la legislación ambiental colombiana; dichos postulados fueron acogidos en la ley 23 de 1973 y

[59] Ibíd., P 13.

[60] ESCOBAR. Op. Cit. P 5.

[61] Ibíd., P 5.

posteriormente desarrollados en el código nacional de los recursos naturales y de protección al medio ambiente (decreto ley 2811 de 1974) y el código sanitario nacional (ley 9 de 1979).

El uso, aprovechamiento y protección de los recursos naturales renovables y del ambiente entre otros, fueron reglamentados a partir de estas normas y solo hasta la expedición de la nueva constitución política nacional fue incluida la dimensión ambiental elevándola a la categoría de derecho colectivo.

Autoridades ambientales: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT), Organismo dirigente de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables en Colombia fijando las políticas nacionales, las corporaciones autónomas, Corporaciones públicas administradoras de los recursos naturales renovables velando por el desarrollo sostenible de conformidad con las disposiciones legales del MAVDT. Dichas corporaciones tienen la facultad para otorgar permisos y licencias para el uso o afectación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, también controla el cumplimiento de normas ambientales. Puede ejecutar proyectos de inversión para la protección y restauración ambiental.

Corporaciones de desarrollo sostenible (CDS): realizan actividades de promoción e investigación científica y transferencia de tecnologías, dirigen los procesos de planificación regional de uso del suelo con el fin de mitigar la presión de explotaciones inadecuadas del territorio. Las funciones de cada una de las CDS están definidas en la ley 99 de 1993.

Compendio sobre la legislación nacional del uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y la protección al medio ambiente.

Constitución nacional de Colombia 1991; Más de 30 artículos referidos específicamente a temas ambientales y de conservación de recursos ambientales.

Decreto ley 2811 de 1974 de la presidencia de la república: Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

Ley 79 de 1986: Se provee la conservación del agua y se dictan otras disposiciones.

Ley 9 de 1979: Se dictan las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente.

Ley 99 de 1993: Por medio de esta ley se crea el MAVDT, se establece el SINA y se responsabiliza a cada uno de la tarea de conservar y aprovechar eficientemente los recursos renovables del ambiente.

Ley 373 de 1997: Por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua.

Ley 388 de 1997: Reglamentación del uso del suelo y ordenamiento del territorio municipal.

Ley 1021 de 2006: Ley general forestal.

Decreto 1449 de 1977: Se reglamenta el decreto 2811 del 1974 donde se establece la obligación de los propietarios de predios de conservar la cobertura mínima en las nacientes de agua y orilla de los cauces.

Decreto 1608 de 1978: Por el cual se reglamenta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente y la ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.

Decreto 1594 de 1984 ministerio de agricultura: Regula lo relacionado con el control de los efluentes líquidos de los distintos procesos productivos.

Decreto 1753 de 1994 ministerio del medio ambiente: Reglamenta el proceso de licenciamiento ambiental de proyectos; establece el tipo de proyecto que requiere

de licenciamiento ambiental, las autoridades competentes para otorgarlo, los tipos de estudios que deben adelantarse, los espacios de participación ciudadana en el proceso y los costos asociados al trámite de la licencia.

Decreto 1180 de 2003: Por el cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

Decreto reglamentario 2300 de 2006: se reglamenta parcialmente la ley forestal, se define entre otros aspectos las funciones del MADR en materia de certificados de incentivo forestal.

Decreto 1608 de 1978: Se reglamenta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente y la ley 23 de1973 en materia de fauna silvestre.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Como una contribución al estudio de alternativas productivas y también sostenibles, se desarrolló una investigación con enfoque descriptivo siguiendo las exigencias del método científico para conocer y evaluar el comportamiento del sistema silvopastoril con especies tanto arbóreas como arbustivas para las condiciones propias de la zona en mención, donde dichas especies son: Acacia (*Acacia melanoxylon), el* Aliso (*Alnus acuminata), el* Chicalá (*Tecoma stans),* el Loqueto (*Escallonia pendula*) y el Tilo (*Sanbucus peruviana)*. Se eligió el pasto "Kikuyo" (*Cenchrus clandestinus)* como gramínea, para cultivarlo sólo y asociado con cada una de las especies arbóreas citadas, las cuales fueron elegidas desde el punto de vista de su adaptación, crecimiento, producción de biomasa y aporte de nutrientes en diferentes tiempos de podas: cada 120, 150 y 180 días. Para el caso de la gramínea kikuyo, se estableció y evaluó en su comportamiento y aporte de biomasa, nutrientes solo y bajo la influencia de cada una de las especies arbóreas ya mencionadas y con podas o cortes cada 45 y 60 días.

4.2 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la finca denominada "Agua Linda" (Figura 1) ubicada a 2520 msnm, en la vereda "Cámara" del municipio de Guaca (Santander) en las coordenadas 06º 54´ 17,2" de longitud norte y los 72° 50' 59.3" de latitud oeste con relación al meridiano de Greenwich, dentro de la zona agroecológica identificada como Fj, caracterizada según ICA e IGAC, por estar ubicadas entre los 2000 a 3000 msnm, con temperaturas de 12 a 18 ºC, precipitaciones de 1000 a 4000 mm/año, que corresponden a tierras de cordilleras en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, con relieve desde plano a fuertemente ondulado, con pendientes hasta del 25%, suelos poco evolucionados, bien drenados, de

moderadamente profundos a superficiales, localmente pedregosos y de fertilidad baja, con una zona de vida de Bosque muy húmedo Montano Bajo (Bmh-MB) con áreas aptas para establecer cultivos transitorios de papa, maíz, trigo, cebada y ganadería extensiva con implementación de prácticas de conservación y manejo.

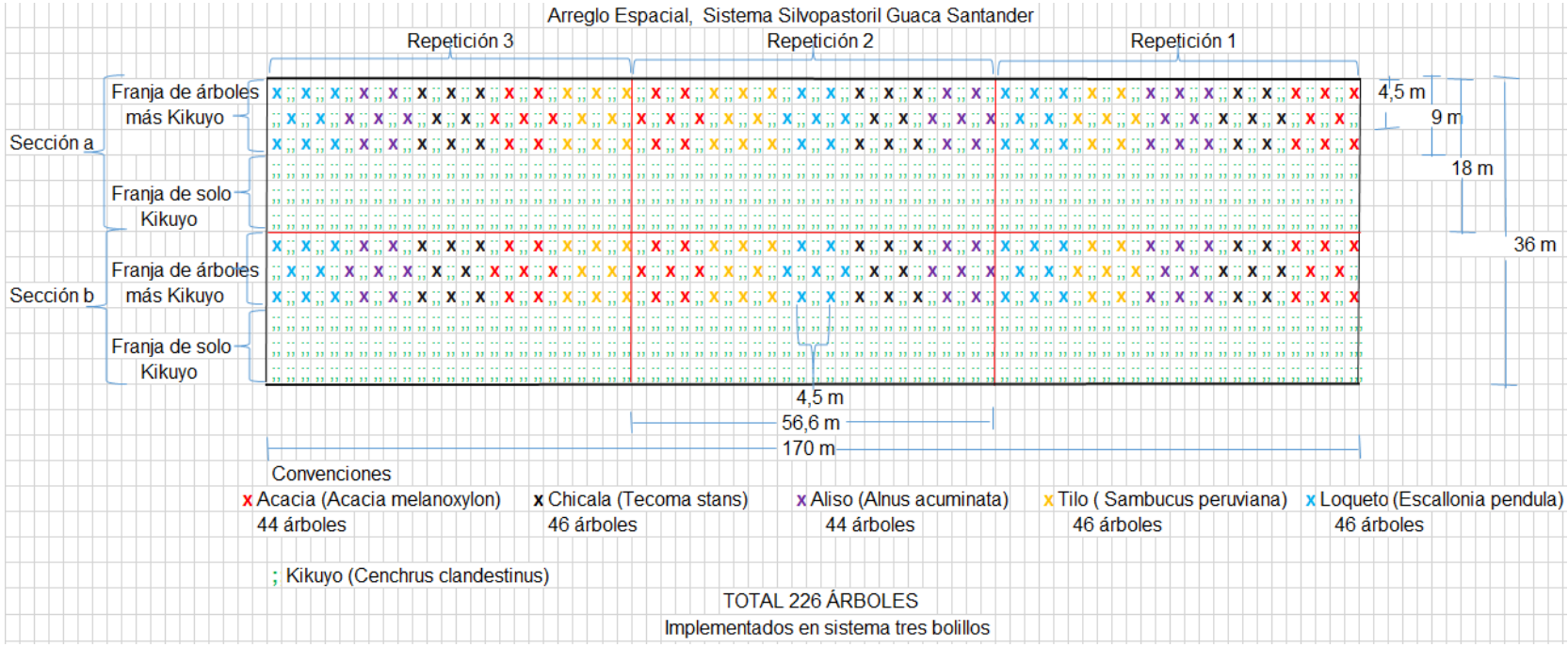
Figura 1. Ubicación de la finca Agua Linda y su entorno agroecológico Fj, en la vereda Cámara del municipio de Guaca Santander (Colombia).

Fuente: GOOGLE EARTH. Imagen satelital del municipio de Guaca. [En línea]. Colombia: Google Earth. 2018. (Recuperado en 10 septiembre 2018.) Disponible en https://www.google.com/maps/@6.8762376,-72.8605959,9874a,35y,90h/data=!3m1!1e3

Para la ejecución del estudio, se seleccionó al azar un terreno de forma rectangular al interior de la finca, con un área de 170 metros de largo por 36 metros de ancho, para una superficie total de 6120 m^2 (Figura 2). La topografía revela una ligera pendiente a lo largo del lote en su costado occidental y primeros 18 m de ancho y que, para efecto de identificación, se le denominó como sección A, mientras que la segunda mitad del lote, a lo largo del costado oriental (también de 18 m de ancho) el cual dispone de una topografía de ondulada a ligeramente plana y que se denominó sección B. Independientemente, cada sección (A y B) dispone de 18 m de ancho por 170 m de largo. El ancho de cada una de las dos secciones (A y B) fue distribuido en dos áreas iguales, de 9 m de ancho cada una y de ellos los

primeros 9 m se utilizaron para el establecimiento de los árboles, los cuales fueron sembrados en un sistema de tres bolillos y con distancias entre uno y otro de 4,5 metros, siendo ocupado el espacio que los separa por la gramínea kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). De esta manera, el número de árboles por especie en cada una de las tres repeticiones, osciló entre 7 a 8 establecidas en tres hileras, y la distribución por especie se hizo completamente al azar. El establecimiento de las cinco especies bajo las condiciones descritas requería para cada repetición un área de 56.6 m de largo en cada una de las dos secciones A y B que se definieron para la realización del estudio. La segunda franja de 9 m de ancha por 170 m de larga en que fue dividida cada sección tanto A como B, se destinó para el establecimiento de la pradera con pasto kikuyo sin influencia de las arbóreas mencionadas (figura 2).

Figura 2. Forma y tamaño del terreno utilizado para el estudio, la distribución de los árboles, por repetición y por sección



4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Dadas las condiciones del terreno seleccionado y el tipo de estudio a realizar, se consideró inicialmente que la topografía y las condiciones físicas químicas del suelo podrían influenciar los resultados a obtener y por ello era pertinente dividir el terreno en las secciones A y B. Sin embargo, una vez conocidos los análisis de suelos y analizados los resultados preliminares, se estimó que los mismos se ajustan a condiciones homogéneas en donde únicamente el establecimiento de las especies arbóreas fueron la fuente de variación. De esta manera, se hicieron tres tipos de análisis de la información. Inicialmente, se realizó la evaluación del comportamiento productivo y composicional de las especies arbóreas al finalizar el periodo de establecimiento (cinco meses) a través de un análisis completo al azar. Posteriormente, se observó el comportamiento productivo y composicional de las arbóreas con diferentes periodos de cosecha (120, 150 y 180 días de rebrote) a través de un análisis completo al azar con medidas repetidas. Finalmente, se evaluó la respuesta productiva y composicional del kikuyo proveniente de un sistema sin árboles y cinco diferentes arreglos arbóreos. Las variables fueron evaluadas utilizando el procedimiento glg de SAS® y las diferencias encontradas fueron sometidas a la prueba de Tukey.

4.4 VARIABLES EVALUADAS

Para determinar el grado de cumplimiento con los objetivos específicos planteados, se evaluaron las siguientes variables:

Comportamiento de cada una de las cinco especies de arbóreas establecidas y medido por la capacidad de adaptación y crecimiento (dado por la altura de la planta y producción de biomasa, expresada por la producción de hoja más tallo tanto comestible como no comestible, cada uno de ellos en su condición de forraje en estado verde y materia seca).

Después de establecidas las especies arbóreas mencionadas, evaluar su comportamiento medido por su capacidad de rebrote y producción de biomasa mediante podas realizadas a la altura de 1.50 m de altura de la planta y repetida cada 120, 150 y 180 días.

Comportamiento de la gramínea, representada por el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) cultivada en forma asociada con cada una de las cinco especies arbóreas así como sola, sin la influencia del árbol. Su comportamiento se evaluó por la producción de biomasa en estado verde y materia seca, así como el aporte de nutrientes. Para establecerlas se utilizó material vegetativo de Kikuyo adquirido localmente. Una vez logrado su pleno establecimiento, se podó con intervalos de 45 y 60 días entre cortes.

Se determinó el aporte de biomasa utilizable en la alimentación del animal, tanto en estado verde como en materia seca, así como el contenido de nutrientes de las especies arbóreas y la gramínea tanto sola como asociadas, por árbol, por Ha y por Ha/año conforme se mencionó anteriormente. Los nutrientes evaluados con especial énfasis, aparte de la biomasa comestible en estado fresco y seco, fueron los contenidos de materia orgánica, particularmente proteína cruda, pared celular, energía (en forma de energía bruta, nutrientes digestibles totales (TDN) y energía neta para leche (ENL), materia inorgánica (calcio, fosforo y magnesio), así como la presencia de algunos factores anti nutricionales (taninos y fenoles).

La identificación del comportamiento ambiental durante el tiempo de duración del estudio, medido por medio de la pluviosidad y de la temperatura y su posible impacto sobre el comportamiento productivo de las especies evaluadas y la sostenibilidad en el mediano y largo plazo del sistema silvopastoril implementado, era de especial interés para el cumplimiento de los objetivos.

Ya determinado el comportamiento del sistema silvopastoril bajo las condiciones físicas y medioambientales anunciadas, con sus aportes, solo resta determinar su

potencial productivo, así como su probable papel en la sostenibilidad integral del sistema productivo como tal.

4.5 MANEJO DEL ESTUDIO

Para el correcto manejo del estudio fue necesario realizar una serie de actividades previas que hacen parte de cada una de las etapas durante las cuales se ejecutó todo el proceso y fue así como en la denominada “etapa de campo” y que comenzó con el reconocimiento del área de influencia de la finca en dónde se realizó el estudio, particularmente en lo referente a las condiciones medioambientales y biofísicas, tipo de flora arbórea, acorde con la existente en la finca “Agua Linda” como fue el caso de la Acacia (*Acacia Melanoxylon*), el Aliso (*Alnus acuminata),*el Chicalá (*Tecoma stans),* el Loqueto (*Escallonia pendula) y* el Tilo (*Sambucus peruviana)* entre otras, las cuales son especies que están presentes en la región y algunas de ellas fueron tomadas como árboles de referencia e identificadas como “árboles dispersos” para efectos de conocer su producción de biomasa y el contenido de nutrientes de su parte comestible a pesar de no disponer de información relacionada con su edad. Esta observación contribuyó a definir el material arbóreo a evaluar y para ello se procedió a su consecución en el vivero ubicado en el municipio de Málaga (Santander) y luego a su establecimiento en el área seleccionada para realizar el estudio, conforme se describió en el numeral 6.1. Para ello, fue indispensable la adecuación del espacio físico, el cual consistió en el retiro del material vegetal presente, constituido por plántulas de desecho de tomate de árbol y de maíz, producto de cosechas anteriores; también se identificó la presencia de helechos, gramíneas y residuos de origen vegetal y abundante piedra que impedía el uso del espacio físico; el retiro del material señalado era indispensable y esta labor se realizó en forma manual. Una vez considerado que el lote estaba en condiciones de ser utilizado, se inició su preparación y para ello se recurrió a la adecuación mediante el uso de la tracción animal e igualmente se tomó muestras de suelo para la identificación de sus condiciones físico químicas. Para

ello se recurrió a un submuestreo de la totalidad del lote, para hacer un “pool” de todas ellas y luego tomar una muestra final, la cual fue enviada al laboratorio de propiedad de Agrosavia para su análisis (Anexo A).

Dado que la topografía visualizaba dos condiciones físicas, una con algún grado de pendiente en el costado occidental y otra casi plana en el costado oriental hizo pensar en dos secciones que podrían ser diferentes en sus condiciones físico químicas que se identificaron como secciones A y B. Para conocerlas se hicieron varios sub muestreos por sección, de manera similar a lo realizado para la primera muestra y del “pool” de cada sección se hizo una muestra final representativa la cual se envió al laboratorio y los resultados reportados se detallan en los anexos B y C, en los cuales se ratifica la acidez del suelo (pH inferior a 6.0), su textura franco arenosa, la baja disponibilidad de materia orgánica (4.93%), alto contenido de fósforo (141.61 ppm), una alta relación de calcio con relación al magnesio (15.8 x 1), condiciones que podrían afectar negativamente el comportamiento de las especies vegetales a establecer y a evaluar.

Aparte de la producción de biomasa determinada por su cantidad en kilogramos de forraje en estado de materia verde y seca producida por árbol y por metro cuadrado de superficie, así como los contenidos de nutrientes en términos de materia orgánica (proteína cruda, pared celular, energía, así como la materia inorgánica (cenizas y minerales), fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el programa SAS para un arreglo completamente aleatorio en las condiciones ya descritas. Cabe resaltar que el muestreo de las arbóreas se planeó para podarlas cada 120, 150 y 180 días y que la cantidad de árboles por especie, dado el sistema de siembra de tres bolillos, daba lugar de 7 a 8 árboles para cada una de las dos secciones (A y B), en cada replicación y para ello se distribuyó la población disponible (7 a 8 árboles por especie en cada repetición y por sección) en un 33 % para cada etapa de frecuencia de podas, realizada cada 120, 150 o 180 días. De igual manera, cada árbol estaba identificado con los números (1, 2 o 3), según correspondiera a la repetición 1, 2 o 3, además del nombre de la especie así: Ac, Al, Ch, Loq y Ti, según

fuera Acacia, Aliso, Chicalá, Loqueto o Tilo en su orden, letras que estaban precedidas por el número del árbol: de 1 a 7 u 8, para los establecidos en la sección A y de 8 a 14 o de 9 a 16 para los de la sección B. Esta identificación se estampaba en una lámina de PVC, la cual se ataba a cada árbol y con ella se identificaba no solo el tipo de árbol y su ubicación, sino cada muestra que se enviaba al laboratorio para efectos de conocer los resultados de cada uno de ellos en particular.

4.6 ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL

Para el establecimiento de los árboles y de la gramínea fue necesario preparar el terreno mediante un sistema de arado con tracción animal. Se hicieron surcos cada 25 cm, en los cuales se depositó en forma continua material vegetativo de pasto kikuyo, el cual debía quedar a una profundidad no mayor de 5 cm y luego se cubría con la misma tierra del surco. Este material se obtuvo en la misma finca. Para la siembra del material arbóreo se requirió 226 árboles, así: 44 acacias, 46 chicalá, 44 alisos, 46 tilos y 46 loquetos en su orden. Para cada árbol se hacía un hoyo de 25 x 25 cm cuidando que cada uno estuviera a una distancia de 4.5 m con relación al otro bajo la forma de tres bolillos y en cada uno de ellos, se colocaba una mezcla de tierra, más aproximadamente 500 g de materia orgánica (pollinaza) y 200 g del fertilizante comercial 10-30-10 y luego si se colocaba el árbol de la especie que le correspondiera, conforme lo señala a figura 2 ya citada. Para la fertilización de la gramínea se utilizó la misma materia orgánica aplicada al voleo y en la proporción de 6 toneladas por Ha. Dos meses después de establecidos tanto el árbol como el pasto kikuyo, se repitió la fertilización con nitrógeno (Nitrón del 26%) aplicando en forma de corona 200 g para cada árbol y al voleo para el pasto kikuyo, en la cantidad de 100 kg de nitrógeno por Ha.

4.7 MANEJO DEL RIEGO

Dependiendo del comportamiento de las lluvias, cuando no las hubo, se regaba artificialmente mediante la utilización de aspersores, los cuales se rotaban cada 3 horas hasta cubrir toda el área del sistema establecido.

4.8 CONTROL DE MALEZAS

Para evitar la competencia por nutrientes entre la pradera y las malezas, se realizó deshierbe manual cuando se requería.

4.9 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS LLUVIAS Y DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL

La medición de cada una de estas dos condiciones se realizó mediante la instalación de un pluviómetro en el área del estudio y su lectura se realizaba diariamente (antes de las 6:00 AM). Una vez hecha la lectura, se anotaba en la tabla de registro diario para su consolidación semanal y mensual. Cumplida esta labor se desocupaba el recipiente que acumulaba el agua y quedaba listo para una nueva recolección y lectura.

El comportamiento de la temperatura ambiental se determinó mediante la instalación de un termómetro de máxima y mínima temperatura cuya lectura se realizaba tres veces al día: entre 6:00 a 7:00 AM, de 12 a 1:00 PM y de 5:00 a 6:00 PM durante todo el tiempo de ejecución del estudio.

4.10 MANEJO DE LAS ARBÓREAS

Una vez plantadas y establecidas las especies arbóreas se realizó seguimiento evaluando su comportamiento por un periodo de 15 meses seguidos, cabe mencionar que fue necesario replantar algunos árboles de loqueto y tilo, donde el propósito del sistema era que estas los arboles alcanzaran una altura de 1.50 metros para ejecutar la primer poda (de descope) del tallo principal, al hacerlo se buscaba evitar el crecimiento vertical y estimular la producción de hojas y tallos bajeros, de fácil manejo y mejor aprovechamiento por parte del animal consumidor.

Podas: cuando los arboles cumplieron 150 días y dado que no habían alcanzado la altura esperada de 1.50 m, se realizó la primer poda, retirando las hojas y tallos de la parte baja de la planta. Cuando cada árbol fue alcanzando la altura de 1,50 m se realizó la poda de descope del tallo principal a esa altura para controlar el crecimiento y estimular la producción de forraje; dichas podas fueron realizadas con una tijera podadora, esto con el fin de estimular el crecimiento del árbol y darle direccionamiento; a partir de ese momento se podo cada uno de los grupos con tiempos de corte de 120, 150 y 180 días respectivamente, para esto se repartió la totalidad de los árboles en tres partes iguales (33%) para cada especie, en cada una de ellas se separaron las hojas de los tallos y los tallos comestibles de los no comestibles, y se pesaba el total del forraje: las hojas, los tallos comestibles y los tallos no comestibles, utilizando para ello un balanza de reloj con capacidad para pesar desde gramos hasta 5 kg. Con respecto a la gramínea (kikuyo) este se podo en su totalidad con intervalos de 45 y 60 días.

4.11 TOMA DE MUESTRAS DEL FORRAJE

En cada una de las podas se tomaba dos muestra de forraje por árbol, una de hojas y otra de tallo comestible de 100g. En el caso del kikuyo se tomaban muestras asociadas a cada una de las arbóreas establecidas y del kikuyo solo; estas eran empacadas en sobres de manila, pesadas en una gramera, selladas e identificadas.

Secado de las muestras: se realizó en los hornos del laboratorio de química en la Universidad Industrial de Santander sede Málaga y en los laboratorios de la granja del SENA; las muestras se secaron a temperatura de 65^{o}C hasta cuando dejaban de perder peso. Una vez llegaban a esta condición, se estimaba la humedad y la materia seca de cada muestra.

Molida de las muestras: ya seca la muestra, se trituraba en un molino manual, luego se guardaban en pequeños sobres de manila, se pesaban, identificaban y se enviaban al laboratorio de nutrición animal de Agrosavia, para el análisis bromatológico junto con los correspondientes formatos (anexo A) exigidos por el laboratorio.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de los resultados de campo del sistema silvopastoril, complementados con los de laboratorio, requiere de un orden metodológico, el cual comenzó con el establecimiento del material vegetal a evaluar, observación de la capacidad de adaptación, la viabilidad de la planta, el grado de crecimiento, en concordancia con la edad de establecimiento y rendimiento de la biomasa de las partes más importantes de la planta particularmente la comestible, continuando luego con el comportamiento productivo de las partes de mayor importancia, guardando concordancia entre el aporte de la biomasa producida y a la vez utilizable, así como el contenido de nutrientes y el papel de estos en la utilización efectiva por parte del animal en cualquier sistema de producción a estudiar.

Concretamente y para el caso del estudio de la referencia, se partió de un proceso de reconocimiento general de la región objetivo, evaluación básica de la población arbórea disponible y que fue la base para la inclusión de algunas de ellas en el estudio a realizar, seguido por la adecuación del área requerida para el establecimiento del sistema silvopastoril, el cual comenzó el 20 de septiembre de 2016 con la siembra de las arbóreas, siguiendo estrictamente la programación prevista para el manejo de la investigación. A partir de la fecha de inicio anunciada, y posterior a la siembra de las arbóreas y la gramínea, se implementaron las prácticas de manejo del riego cuando fue necesario y de fertilización previstas por el análisis de suelos. Durante el período de establecimiento, sólo fue necesario resembrar dos plántulas de loqueto y una de tilo, condición que señala una buena adaptación de ellas a las condiciones locales.

5.1 COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES ARBÓREAS

Finalizado el período de cinco meses considerado suficiente para el pleno establecimiento de todo el material a estudiar, se tomó la altura en cm de las

arbóreas y los resultados promedio obtenidos por planta y por especie, se visualizan en el cuadro 1, de donde se deduce que el mayor crecimiento lo presentó la acacia con 123,07 cm (p< 0.0001), crecimiento similar al reportado por Jiménez et al (2003)[62] para la misma especie bajo condiciones de clima frío en Málaga (Santander), siguiéndole el tilo, aliso y chicalá con crecimientos similares entre sí, mientras que el menor crecimiento lo presentó el loqueto con 52,8 cm, especie considerada por López et al 2017 como de crecimiento lento. El crecimiento obtenido por las arbóreas a los 150 días de establecidas fue inferior al esperado (1.50 m de altura), rendimiento atribuible a las condiciones medio ambientales propias del páramo aparte de las aportadas por el suelo (físico químicas), crecimiento que no permitió realizar la poda del tallo principal y que indujo a retirar las hojas y tallos alrededor del tallo principal determinar a esta edad, la biomasa disponible a partir de las hojas y pequeños tallos que al retirarlos, no interferían el crecimiento del tallo principal.

Se estima que la primera poda de la arbórea realizada al cumplir cinco meses de establecidas, además de suministrar información relacionada con los aportes de biomasa útil y de contenido de nutrientes, para la alimentación de los herbívoros, estimula su propio desarrollo.

Cuadro 2. Comportamiento del crecimiento en centímetros de las arbóreas evaluadas, a los 150 días de establecidas.

ESPECIE ARBÓREA A EVALUAR							
VARIABLE	**ACACIA**	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**	**SEE**	***P<**
UNIDAD DE MEDIDA	ALTURA(CM)						
ALTURA	123,1 a	87,6 bc	84,4 c	52,8 d	104,4 b	2	<0,0001
*Resultados con diferente letra, difieren significativamente (p < 0.0001); CM: Centímetros							

[62] JIMÉNEZ, et al. Óp. cit.p.9

Esta condición se repitió hasta cuando las plántulas alcanzaron la altura esperada de 1.50 metros, obtenida entre los seis a ocho meses de plantadas, cuando el grosor del tallo y desarrollo del sistema radicular permite la poda del tallo principal y garantiza el correcto aprovechamiento de la planta sin que se afecte su capacidad productiva, conforme lo afirma López et al (2017)[63], investigadores que la vez sugieren para las plantas de crecimiento lento realizar la primera cosecha cuando hayan alcanzado de 12 a 15 meses de edad.

5.2 COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA COMESTIBLE

5.2.1 Comportamiento de la producción de biomasa comestible en las arbóreas durante el periodo de establecimiento: para evaluar en forma adecuada los resultados de una poda, se requirió separar cada una de las partes productivas de la planta, en especial lo pertinente a hojas y tallos tanto el comestible como el no comestible, con el propósito de conocer los aportes en peso, de biomasa en estado fresco y seco, de cada una de las partes ya mencionadas, así como el contenido de nutrientes de sus diferentes partes.

Cuadro 3. Producción de biomasa comestible y no comestible y porcentaje de participación en condición de materia verde y por árbol durante el periodo de establecimiento.

UNIDAD A EVALUAR POR ÁRBOL	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
UNIDAD DE MEDIDA	FV/g	%	FV/g	%	FV/g	%	FV/g	%	FV/g	%
HOJAS	15,7	79,4	18,2	76,9	20,7	77,4	20,8	76	13,7	70,74
TALLO COMEST	2,57	13	2,95	12,5	5,67	21,3	5,71	21	5,67	29,26
Σ PARTES COMEST	18,3	92,4	21,2	89,3	26,3	98,7	26,5	97	19,4	100
TALLO NO COMEST	51	7,63	2,53	10,7	0,36	1,35	0,82	3	0	0
TOTAL, PLANTA	19,8	100	23,7	100	26,7	100	27,3	100	19,4	100.00

*FV/g: Forraje en estado verde, en gramos por planta; % porcentaje; Σ: Sumatoria; COMEST: Comestible.

[63] LÓPEZ, et al. p.13.

Es interesante observar en el cuadro 3, como en la primera poda de las arbóreas a los 150 días de establecidas, es escasa en la cantidad de biomasa producida por árbol, pero es a la vez interesante anotar, cómo el loqueto, especie que durante el mismo período fue el de menor crecimiento en altura, sobrepasa a las demás en la cantidad de biomasa producida por árbol (27,32 gramos en estado verde), como también es relevante el hecho que más del 90% de la biomasa producida por todas las especies evaluadas, durante la etapa de establecimiento sea ciento por ciento de material comestible.

El escaso rendimiento durante este período es entendible, dado que el estado adulto de la planta y en consecuencia su plena producción va a ser diferente entre especies y lamentablemente la duración del estudio no permite evaluar esa condición, pero se espera que la información que se alcance a tomar permita visualizar y anticipar a futuro su comportamiento cómo planta adulta. El rendimiento de la biomasa producida por partes, particularmente en lo referente a las partes utilizables de la planta: hoja y tallo comestible en condiciones de materia seca y el análisis de varianza aplicado a estos resultados no rebelan diferencias significativas entre las partes (cuadro 4)

Cuadro 4. Producción de biomasa comestible por planta en condición de materia seca de las especies arbóreas en su etapa de establecimiento.

ESPECIE ARBÓREA A EVALUAR							
VARIABLE A EVALUAR	**ACACIA**	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**	**SEE**	**P<**
UNDAD DE MEDIDA	**PESO ESTADO SECO (gramos /planta)**						
BIOMASA COMESTIBLE	6,49 ab	5,56 ab	7,83 a	6,99 ab	3,92 b	0,4	0,05

En los resultados sobresale la producción de biomasa comestible durante la etapa de establecimiento de la arbórea chicalá, sin embargo, entre su rendimiento y los de los de acacia, aliso y loqueto no hubo diferencia significativa.

5.2.2 Comportamiento de la producción de biomasa comestible de las especies arbóreas durante el periodo de producción: una vez cumplido el periodo de establecimiento de las arbóreas e iniciada la etapa productiva, se realizaron podas cada 120, 150 y 180 días, para un total en un año de observaciones de tres podas cada 120 días, 2,4 cuando la frecuencia de corte fue de 150 y dos para cada 180 días, pero dadas las condiciones de la logística del estudio, para la poda cada 180 días, sólo se alcanzó a realizar una durante la duración del estudio. López et al, 2017 sugieren que a partir de la primera poda la frecuencia de las demás, puede ser de 3 a 4 meses dependiendo de las condiciones climáticas de la zona. El cuadro 5, visualiza el comportamiento de la producción de biomasa en las tres podas realizadas cada 120 días a partir de la poda de formación. La producción de biomasa registra en promedio los Kg de forraje en estado fresco o verde y materia seca por árbol en una poda, también por Ha con una población proyectada de 494 árboles por hectárea, con las distancias de siembra utilizada y por año con un total de tres podas año. Fue de interés particular la producción de biomasa comestible en estado seco por árbol, por Ha/poda y por Ha/año. La misma información reportan los (cuadros 6 y 7) para los cortes que se realizan cada 150 y 180 días respectivamente, teniendo en cuenta que, para la producción de biomasa, por Ha año se hizo sobre la base de 2,4 cortes en el año para la frecuencia de 150 días y de dos para la frecuencia de 180 días.

Cuadro 5. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y de materia seca en las tres podas realizadas cada 120 días de las especies arbóreas establecidas, estimando su producción en kilogramos

ESPECIE ARBÓREA	NÚMERO DE PODA	HOJA			TALLO COMESTIBLE			Kg/ÁRBOL	*Kg/Ha/Poda	**Kg/Ha/Año
		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA				
			%	Kg		%	Kg			
ACACIA	1	0,38	50,65	0,192	0,071	52,65	0,0374	0,2294	113,32	339,96
	2	0,32	51,26	0,164	0,0584	55,24	0,0323	0,1963	96,97	290,91
	3	0,274	50,8	0,139	0,0754	52,87	0,0399	0,1789	88,38	265,14
ALISO	1	0,148	45,02	0,067	0,033	57,19	0,0189	0,0859	42,43	127,29
	2	0,2114	48,71	0,103	0,0534	56,99	0,0304	0,1334	65,9	197,7
	3	0,276	46,81	0,129	0,065	42,49	0,0276	0,1566	77,36	232,08
CHICALÁ	1	0,185	43,68	0,081	0,098	38,34	0,0376	0,119	58,79	176,37
	2	0,2424	39,63	0,096	0,1478	31,38	0,0464	0,142	70,15	210,45
	3	0,1382	44,32	0,061	0,094	49,65	0,0467	0,108	53,35	160,05
LOQUETO	1	0,067	43,63	0,029	0,034	48,72	0,0166	0,0456	22,53	67,59
	2	0,11	34,58	0,038	0,058	33,27	0,0193	0,0573	28,31	84,93
	3	0,103	43,6	0,045	0,045	46,13	0,0208	0,0658	32,51	97,53
TILO	1	0,1	38,74	0,039	0,0456	48,23	0,022	0,061	30,13	90,39
	2	0,197	31,3	0,062	0,084	36,23	0,0304	0,092	45,45	136,35
	3	0,271	41,1	0,111	0,099	37,85	0,0375	0,148	73,11	219,33

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 cortes en el año; Kg: Kilogramos; %: Porcentaje; Ha: Hectárea.

Cuadro 6. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y de materia seca en las dos podas realizadas cada 150 días de las especies arbóreas establecidas, estimando su producción en kilogramos

ESPECIE ARBÓREA	NÚMERO DE PODA	PRODUCCIÓN DE BIOMASA COMESTIBLE SEGÚN LAS PARTES DE LA PLANTA.						MATERIAL COMESTIBLE (HOJA + TALLO) CON BASE EN MATERIA SECA		
		HOJA			TALLO COMESTIBLE					
		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA		Kg/Árbol	*Kg/Ha/Poda	**Kg/Ha/Año
			%	Kg		%	Kg			
ACACIA	1	0,447	27,05	0,121	0,0447	36,77	0,0164	0,14	69,16	165,98
	2	0,322	25,07	0,081	0,045	31,6	0,0142	0,1	49,4	118,56
ALISO	1	0,1855	28,98	0,054	0,04	36,71	0,0147	0,06	29,64	71,14
	2	0,556	26,69	0,148	0,0688	32,5	0,0224	0,17	83,98	201,55
CHICALÁ	1	0,1937	16,49	0,0319	0,0504	12,14	0,0061	0,03	14,82	35,57
	2	0,2137	12,29	0,0263	0,0406	10,12	0,0041	0,03	14,82	35,57
LOQUETO	1	0,138	20,04	0,028	0,0301	19,89	0,006	0,03	14,82	35,57
	2	0,135	16,23	0,022	0,0315	21,7	0,0068	0,02	9,88	23,71
TILO	1	0,132	15,55	0,019	0,0346	12,04	0,0042	0,02	9,88	23,71
	2	0,17	13,64	0,023	-0,9483	11,1 7	0,0058	0,02	9,88	23,71

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; Kg: Kilogramos; %: Porcentaje; Ha: Hectárea.

Cuadro 7. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles en estado verde y seco de la poda realizada a los 180 días.

ESPECIE ARBÓREA	NÚMERO DE PODA	PRODUCCIÓN DE BIOMASA COMESTIBLE SEGÚN LAS PARTES DE LA PLANTA.						MATERIAL COMESTIBLE (HOJA + TALLO) CON BASE EN MATERIA SECA		
		HOJA POR ÁRBOL			TALLO COMESTIBLE					
		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA		FORRAJE VERDE (Kg)	MATERIA SECA		Kg/Árbol	*Kg/Ha/Poda	**Kg/Ha/Año
			%	Kg		%	Kg			
ACACIA	**1**	0,246	35,6	0,088	0,042	37,32	0,0157	0,1037	51,23	102,46
ALISO	**1**	0,55	37,17	0,204	0,136	34,08	0,0463	0,2503	123,65	247,3
CHICALÁ	**1**	0,272	20,41	0,056	0,111	20,41	0,023	0,079	39,03	78,06
LOQUETO	**1**	0,411	27,71	0,114	0,11	19,42	0,0214	0,1354	66,89	133,78
TILO	**1**	0,334	20,97	0,07	0,107	15,29	0,0164	0,09	44,46	88,92

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2 cortes en el año; Kg: Kilogramos; %: Porcentaje; Ha: Hectárea.

El cuadro 8 resume el promedio de la producción de biomasa para las cinco especies de arbóreas evaluadas con podas cada 120, 150 y 180 días. En dicho resumen es importante tener en cuenta que si bien es cierto se consolida la producción anual de las arbóreas estudiadas, los resultados corresponden al primer año productivo de la arbórea, después de su establecimiento, siendo plantas muy jóvenes cuyos rendimientos no son comparables con los de una arbórea en plena madurez, como es el caso de las identificadas en el estudio como plantas dispersas, momento éste que puede diferir entre especies y estar afectada por las condiciones físicas y medio ambientales en donde se le implemente. Sobresale en esta información, el rendimiento de biomasa comestible anual por Ha de la especie acacia, cuando se le realizan tres podas en el año, superando a las demás. Igualmente contrasta el anterior rendimiento con el loqueto, el cual fue el de menor crecimiento durante el establecimiento, condición que permite considerarlo como una especie de lento crecimiento y lenta recuperación después de una poda, comportamiento similar con el aliso, el cual registra su mayor rendimiento de biomasa cuando la poda se realiza cada 180 días.

Cuadro 8. Comportamiento de la producción de biomasa de las partes comestibles, estimadas en kilogramos de forraje verde y de materia seca a partir de podas realizadas cada 120, 150 y 180 días.

ESPECIE ARBÓREA	DÍAS ENTRE PODAS	HOJA			TALLO COMESTIBLE			Kg/ÁRBOL	*Kg/Ha	**Kg/Ha/AÑO
		ESTADO VERDE POR ARBOL (Kg)	MATERIA SECA		ESTADO VERDE POR ÁRBOL (Kg)	MATERIA SECA				
			%	Kg		%	Kg			
ACACIA	120	0,32086	47,98	0,15396	0,06793	50,566	0,03435	0,18831	93,02514	279,075
	150	0,38949	26,062	0,10151	0,04493	34,186	0,01536	0,12716	62,81704	150,761
	180	0,24228	38,951	0,09437	0,04091	37,888	0,0155	0,10976	54,22144	108,443
ALISO	120	0,21459	46,358	0,09948	0,05167	46,352	0,02395	0,12359	61,05346	183,16
	150	0,37365	27,801	0,10388	0,05401	34,605	0,01869	0,12995	64,1953	154,069
	180	0,54927	40,435	0,2221	0,13554	37,03	0,05019	0,27382	135,267	270,534
CHICALÁ	120	0,18744	31,423	0,0589	0,11306	36,45	0,04121	0,10665	52,6851	158,055
	150	0,20391	14,394	0,02935	0,04087	11,133	0,00455	0,04697	23,20318	55,688
	180	0,29002	21,267	0,06168	0,10884	21,215	0,02309	0,09261	45,74934	91,499
LOQUETO	120	0,09273	35,741	0,03311	0,04523	37,261	0,01711	0,05011	24,69711	74,091
	150	0,13569	18,137	0,02461	0,03088	20,79	0,00642	0,03378	16,68732	40,05
	180	0,40635	26,999	0,10971	0,10824	27,411	0,02967	0,14156	69,93064	139,861
TILO	120	0,18671	35,295	0,0659	0,07513	35,512	0,02668	0,09442	46,64348	139,93
	150	0,15513	11,59	0,01798	0,04487	12,258	0,0055	0,02714	13,40716	32,177
	180	0,33179	19,458	0,06456	0,10657	19,264	0,02053	0,08807	43,50658	87,013

*Estimado con base en una población de 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3, 2,4 y 2 podas por año, según se realice cada 120, 150 o 180 días respectivamente; Kg: Kilogramos; %:porcentaje;

El análisis de varianza para la producción de biomasa en kilogramos de materia seca comestible, por árbol, obtenida con podas realizadas cada 120, 150 y 180 días para las cinco arbóreas, revela (cuadro 9) que el rendimiento de biomasa en las acacias con intervalo entre podas cada 120 y 150 días supera significativamente ($p < 0.0001$) a las demás, mientras que cuando dicho intervalo se prolonga a 180 días, el rendimiento favorece ($P < 0.0001$) a los alisos y que para el caso del estudio permite clasificarlo como planta de lenta recuperación.

En la producción de biomasa arrojada por algunas especies se debe tener en cuenta las perdidas por la caída de sus hojas, sobre todo en especies caducifolias como parece ser el caso del Aliso, aun cuando también puede ser ocasionada por los vientos o lluvias torrenciales; dicho forraje caído de estas arbóreas puede no ser aprovechado por el animal para su alimentación, pero si para fertilizar mejorando su fertilidad como es expresado por Hernández y Simón (1993)[64] quienes señalan del éxito que puede tener las hojas de aquellas especies arbóreas leguminosas y no leguminosas sobre la fertilidad y recuperación de suelos degradados.

[64] HERNÁNDEZ y SIMON. Óp. Cit. p.4

Cuadro 9. Análisis de varianza para la producción de biomasa comestible en estado seco, de las arbóreas evaluadas y podadas en su etapa de producción, correlacionando especie por edad

DÍAS ENTRE PODAS	PARTE DE LA PLANTA	ACACIA	ALISO	CHICALÁ	LOQUETO	TILO	SEE	*P<
		KILOGRAMOS DE MATERIA SECA POR PLANTA						
120	HOJA	0,1539	0,0994	0,0589	0,0331	0,0659	-------	-------
	TALLO COMESTIBLE	0,0343	0,0239	0,04123	0,0171	0,0266	-------	-------
	HOJA + TALLO COMESTIBLE	**0,188 a**	**0,124 ab**	**0,107 b**	**0,050 b**	**0,094 b**	**3,43**	**<0,0001**
150	HOJA	0,1015	0,1038	0,0293	0,0246	0,0179	-------	--------
	TALLO COMESTIBLE	0,0153	0,0186	0,0045	0,0064	0,0055	-------	--------
	HOJA + TALLO COMESTIBLE	**0,127 a**	**0,130 ab**	**0,047 b**	**0,034 b**	**0,027 b**	**3,43**	**<0,0001**
180	HOJA	0,0943	0,2221	0,0616	0,1097	0,0645	-------	--------
	TALLO COMESTIBLE	0,0155	0,0501	0,023	0,0296	0,0205	-------	---------
	HOJA + TALLO COMESTIBLE	**0,110 b**	**0, 274[a]**	**0,093 b**	**0,142 b**	**0,088 b**	**3,43**	**<0,0001**
*Resultados con diferente letra, difieren estadísticamente P<0,0001								

5.2.3 Comportamiento de la producción de biomasa comestible de las especies arbóreas dispersas: en forma simultánea con la evaluación de la producción de biomasa de las plantas establecidas para el estudio, se hizo también la de las arbóreas maduras e identificadas como árboles dispersos, los cuales fueron sometidos a manejo similar y podas con intervalos de 120 y 150 días, resultados que se visualizan en el cuadro 9, en donde sobresalen los rendimientos de biomasa comestible en estado de materia seca por hectárea y por año, con relación a los mismos resultados obtenidos con las plantas establecidas para el estudio de la referencia. Sobresale el comportamiento de la producción de biomasa de las acacias por Ha/año, la cual supera ampliamente a las demás arbóreas, aparte de ser una especie ampliamente reconocida por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico para ser utilizado por las gramíneas que conjuntamente se pueden desarrollar al lado de la leguminosa, aumentando la sostenibilidad del sistema productivo.

Aparte de las diferencias encontradas y apreciadas en los cuadros 8 y 10, que como era de esperarse, favorecen notablemente a las arbóreas dispersas, es interesante resaltar que en la especie Aliso, a una diferencia de 120 días entre podas no fue suficiente para la aparición de sus nuevos rebrotes, debido al retiro de su totalidad de hojas y tallos durante la poda, situación que alteró los procesos fotosintéticos ocasionando un retraso marcado de 30 días para la aparición de los nuevos rebrotes, tal y como es advertido por Jaramillo y Jiménez (2000)[65] quienes aseguran que no se debe podar la totalidad de las ramas y tallos del árbol, es necesario dejar parte del forraje en el árbol para que la fotosíntesis continúe normalmente y evitar su alteración. Sin embargo, la usencia de rebrotes, a una edad de120 días por parte del aliso, lo paga con creces su rendimiento cuando la siguiente poda se realizó a los 150 días de descanso.

Las condiciones medioambientales son de importancia para la realización a cabalidad de los procesos desarrollados en la planta, como la fotosíntesis y absorción de agua, procesos que repercuten en la producción y composición de la biomasa de las especies. Estas condiciones fueron para el caso muy variadas, donde se resaltan periodos de sequias que perjudicaron la producción de biomasa de las arbóreas y gramíneas, con variaciones que al parecer intervinieron con mayor énfasis durante la poda a 150 días, donde la producción decreció un poco, pero a la siguiente poda, cuando las lluvias aparecieron, la producción de biomasa y contenido de nutrientes volvió a subir.

[65] JARAMILLO y JIMÉNEZ. Op.cit, p.73-89

Cuadro 10. Comportamiento de la producción de biomasa comestible en estado verde y materia seca en podas realizadas cada 120 y 150 días de las especies arbóreas dispersas.

ESPECIE ARBÓREA	DÍAS ENTRE PODAS	MATERIAL COMESTIBLE									TALLO NO COMESTIBLE FV Kg/ÁRBOL
		POR ÁRBOL						ESTIMATIVO EN PESO SECO			
		HOJA			TALLO COMESTIBLE			Kg/ÁRBOL	*Kg/Ha	**Kg/Ha/AÑO	
		Kg (FV)	MS (%)	Kg (MS)	Kg(FV)	MS (%)	Kg (MS)				
ACACIA	120	5,35	39,5	2,11	1,5	34,6	0,519	2,629	1298,73	3896,178	1,2
	150	6,098	50	3,049	2,6	49,45	1,286	4,335	2141,49	5139,576	1
ALISO	***120	--------	---------	---------	---------	-------	---------	----------	----------	----------	----------
	150	1,348	49,39	0,665	0,9	42,04	0,378	1,043	515,242	1236,5808	0,35
CHICALÁ	120	2,05	21,7	0,444	0,95	17,5	0,166	0,61	301,34	904,02	0,5
	150	4,498	42,69	1,92	1,66	64,9	1,077	3	1482	3556,8	2,14
LOQUETO	120	2,1	20,5	0,43	1,75	10,5	0,184	0,614	303,316	909,948	0,2
	150	0,798	60,86	0,485	0,5	26	0,13	0,615	303,81	729,144	0,3
TILO	120	1,7	19,5	0,33	0,75	15	0,11	0,44	217,36	652,08	0,6
	150	0,998	29,88	0,298	0,25	31	0,077	0,375	185,25	444,6	0,1

*Estimado con base en una población de 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 podas por año, según se realice cada 120 y 150 días respectivamente; ***La especie aliso de las arbóreas dispersas, 120 días después de la podad no mostró aún rebrotes. Kg: Kilogramos; %:porcentaje;

5.2.4 Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo durante el periodo de establecimiento: continuando con el análisis de los resultados obtenidos en la implementación del sistema silvopastoril, es necesario revisar lo ocurrido con la gramínea, representada por el *Cenchrus Clandestinus*, especie forrajera de amplia utilización en el clima frío de la geografía colombiana, aun cuando su comportamiento por encima de los 2500 msnm enfrenta algunas dificultades, ocasionadas ante todo por la presentación de heladas que la afectan con severidad. Cabe aclarar que esta gramínea se estableció en forma simultánea y asociada con las especies arbóreas, así como también en cultivo limpio y que para las dos condiciones se utilizó material vegetal obtenido en las fincas vecinas, hecho que de alguna manera garantiza su adaptabilidad.

Su período de establecimiento tuvo una duración de 112 días, momento éste en el que se le realizó en forma manual la primera poda, la cual además de obtener material inicial para evaluar su comportamiento, arrojó información relacionada con los aportes de biomasa y de nutrientes, estimulando a la vez nuevos rebrotes y en forma simultánea su afianzamiento a futuro como cultivo en plena producción; la elevada producción de biomasa adquirida con esta primera poda fue además de gran ayuda para la fertilización y mejora del suelo tal y como es descrito por Navia et al (2001)[66].

Los resultados obtenidos en esta primera poda y considerada como la etapa de establecimiento, se reflejan en el cuadro 10, con rendimiento similar para las dos formas de establecimiento: asociado con arbóreas y en cultivo limpio, de 1.8 Kg de forraje verde por M^2, equivalente a 18 toneladas de forraje verde por hectárea y por corte o poda. El hecho de no reflejar influencia alguna de las arbóreas establecidas, particularmente de las leguminosas sobre la producción de biomasa de la gramínea Kikuyo, deja en evidencia que tales especies, son aún muy jóvenes para cumplir

[66] NAVIA, *et al*. Op. Cit,p.136-139

con su papel de fijar el nitrógeno atmosférico e influenciar las condiciones de su entorno más cercano.

Cuadro 11.Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo en la etapa de establecimiento (112) días, asociada a las diferentes especies arbóreas y sin asocio (en cultivo limpio)

VARIABLE A EVALUAR	ACACIA	ALISO	CHICALA	LOQUETO	TILO	SIN INFLUENCIA (CULTIVO LIMPIO)
FORRAJE VERDE En Kg/M^2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
MATERIA SECA En %.	16,21	17,5	16,66	15,92	16,6	15,53
MATERIA SECA En Kg /M^2	0,291	0,315	0,299	0,286	0,3	0,279
MATERIA SECA En Kg//Ha/Poda.	2910	3150	2990	2860	2980	2790
MATERIASECA En Kg/Ha/Año.	9312	10.080	9568	9152	9536	8928
%: Porcentaje; Kg: Kilogramos; Ha: Hectárea; M2: Metro cuadrado.						

5.2.5 Comportamiento de la producción de biomasa del kikuyo durante el periodo de producción: superada la etapa de establecimiento e iniciada la de producción, se fijaron dos períodos de recuperación post corte con 45 y 60 días, intervalos que dieron lugar a ocho y seis cortes por año en su respectivo orden. Los resultados obtenidos en la producción de biomasa en sus diferentes estados de materia verde y seca por m^2 por hectárea/poda y por hectárea/año, se visualizan en forma consolidada en el cuadro 12.

Hay que tener en cuenta que en dicho consolidado al igual que en el de las arbóreas sólo corresponde a los resultados obtenidos durante el primer año productivo de dicha especie y los rendimientos pueden variar en la medida que aumenta la edad de la forrajera, sin embargo, se debe resaltar la buena producción de biomasa por

parte del Kikuyo con 60 días de recuperación post corte, dado que con 15 días de más con relación a la poda de 45 días, le permitió superar en 0,8 kg/M^2 la biomasa obtenida en la poda anterior, tiempo a tener en cuenta para una utilización eficiente y de máximo aprovechamiento en términos de cantidad.

No obstante, con esta afirmación, es interesante tener en cuenta el análisis de dichos resultados mediante el análisis de varianza (Cuadro 13), el cual no detecta diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos de biomasa en las diferentes especies, cuando la poda se realiza a la misma edad. No obstante la diferencia en producción de biomasa entre 45 y 60 días para cada especie si refleja una diferencia significativa ($p < 0.0001$) la cual se debe interpretar ante todo después de un análisis económico antes que técnico.

Cuadro 12. Comportamiento de la producción de biomasa de la gramínea kikuyo en la etapa de producción en podas realizadas cada 45 y 60 días, asociada a las diferentes especies arbóreas y sin asocio (en cultivo limpio)

VARIABLE A EVALUAR	BIOMASA DE KIKUYO ASOCIADO CON DIFERENTES ESPECIES DE ARBÓREAS.										CULTIVO LIMPIO (Sin Arbóreas)	
	ACACIA		ALISO		CHICALA		LOQUETO.		TILO			
TIEMPO ENTRE PODAS (Días)	45	60	45	60	45	60	45	60	45	60	45	60
FORRAJE VERDE en Kg/M^2.	1,3	2,1	1,3	2,1	1,3	2,1	1,3	2,1	1,3	2,1	1,3	2,1
MATERIA SECA EN %.	20	19,52	19,05	19,05	19,85	18,66	19,38	18,57	21,71	19,02	21,53	18,57
MATERIA SECA EN Kg/ /M^2	0,26	O,41	O,25	0,4	0,26	0,4	0,25	0,39	0,28	0,4	0,28	0,39
MATERIA SECA en Kg/ Ha/Poda.	2600	4100	2500	4000	2600	4000	2500	3900	2800	4000	2800	3900
*MATERIA SECA en Kg/Ha/Año.	20800	24600	20000	24000	20800	24000	20000	23400	22400	24000	22400	23400

*Estimado con base en 8 y 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 o 60 días respectivamente; %: Porcentaje; Kg: Kilogramos; Ha: Hectárea; M2: Metro cuadrado.

Cuadro 13. Comportamiento de la producción de biomasa del kikuyo en estado seco por metro cuadrado, con o sin la influencia de las especies arbóreas, durante las etapas de recuperación.

PODAS DÍAS	VARIABLE A EVALUAR	BIOMASA DE KIKUYO INFLUENCIADA POR DIFERENTES ARBÓREAS					KIKUYO EN CULTIVO LIMPIO	SEE	P<
		ACACIA	ALISO	CHICALA	LOQUETO	TILO			
45	FORRAJE SECO Kg/M^2	0,26 a	0,24 b	0,26 a	0,25 a	0,28 a	0,28 a	0,003	0,45
60	FORRAJE SECO Kg/M^2	0,41 a	0,40 a	0,39 a	0,39 a	0,39 a	0,39 a	0,003	0,45
*Kg: Kilogramos; m^2: Metro cuadrado.									

5.3 COMPORTAMIENTO DE LA PARED CELULAR

5.3.1 Comportamiento de la pared celular en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento: la interacción entre el sistema silvopastoril (árbol, gramínea y animal), es fundamental en un sistema de producción animal en donde el suelo y las condiciones agroecológicas no son las más apropiadas para una producción agrícola, con capacidad de generar comida para la población humana. En otras palabras, la interacción árbol y gramínea posibilitan la utilización de tierras y condiciones medioambientales en la producción de fuentes de proteína y de energía especialmente para la alimentación humana, en consecuencia este sistema permite recuperar y hacer productivos suelos y condiciones agroecológicas que en otras circunstancias probablemente no tendrían ninguna importancia.

Conocida la producción de biomasa en el estudio realizado, en donde la interacción de cinco arbóreas apropiadas para ser incluidas en sistemas silvopastoriles en climas fríos (por encima de los 2500 msnm) y la gramínea kikuyo, como fuente importante en la alimentación animal, ya que de su cantidad y calidad depende en mucho la capacidad de atender las necesidades del animal, promoviendo el desarrollo de los pre-estómagos y una adecuada funcionalidad de los mismos y garantizando la producción de biomasa capaz de trasformar las condiciones agroecológicas disponibles, para la producción de energía, proteína y otros

nutrientes que por medio del animal, se convierten en nutrientes de alto valor biológico.

La gran variedad de especies empleadas en el estudio, representadas por leguminosas y gramíneas también beneficia la alimentación del animal, debido a que la cantidad de nutrientes que un rumiante extrae de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos en el mismo día; de ahí se deriva el termino ecología nutricional para referirse al esfuerzo de proporcionar al animal forraje en varios estratos, lo que por ende permite variar su alimentación con el objetivo de extraer de él la mayor cantidad de nutrientes necesarios por el animal para su mantenimiento y producción como lo sugiere Sánchez (1998)[67].

Es importante conocer ahora los diferentes nutrientes presentes en la biomasa, así como la calidad de estos reflejada en su posible utilización. La fibra a través de sus constituyentes provee ácidos grasos volátiles, carbohidratos tanto solubles como estructurales, lípidos ante todo insaturados, minerales y con frecuencia algunos factores considerados anti nutricionales, pero que también cumplen papeles de importancia.

Si se analiza el comportamiento de la pared celular (FDN) de la biomasa obtenida en las especies arbóreas, durante la etapa de establecimiento a los cinco meses de edad, se observa (cuadro 14) que los contenidos oscilaron entre 31,15% y 39,24% para el caso del tilo y el chicalá, siendo estos los dos extremos de interés y que de antemano hacen pensar que no constituyen ninguna amenaza para el consumo y posible utilización digestiva por parte de las especies rumiantes, dado que sus contenidos de pared celular están por debajo del 40%; adicionalmente y a partir de los datos del laboratorio, se encuentra que la hemicelulosa osciló entre un 8,13% para el tilo y un 15,06% para el chicalá, siendo también los dos extremos de interés

[67] SANCHEZ. Op. Cit. p. 2

en esta condición, mientras que la celulosa osciló entre un 25,16% para el aliso y 18,05% para el caso del loqueto, la cual representó un 64,5% para el caso del aliso, y un 52,03% para el caso del loqueto, siendo estos los principales proveedores de carbohidratos utilizables como fuente energética en el rumen del animal; la utilización de estos dos componentes importantes en el aporte de energía, en mucho esta derivada de los contenidos de lignina, los cuales oscilaron entre un 1,60% para el tilo y un 3,13% para la acacia, siendo en consecuencia el de menor y mayor contenido para este elemento y que permite anticipar que no constituyen ningún obstáculo para la correcta utilización de la fibra.

Cuadro 14. Comportamiento de la pared celular en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas, durante la etapa de establecimiento.

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA	ALISO	CHICALÁ	LOQUETO	TILO	SEE	P<
FDN EN % DE MSC	36,79 ab	39,01 a	39,24 a	34,69 b	31,15 c	0,3	0,0001.
FDA EN % DE MSC	18,10 a	13,85 b	17,76 a	16,64 a	9,73 c	0,21	0,0001
HEMICELULOSA EN % DE MSC	14,97 a	11,55 b	15,06 a	14,45 a	8,13 c	0,18	0,0001
CELULOSA EN % DE MSC	18,69 c	25,16 a	21,49 b	18,05 c	21,42 b	0,19	0,0001
LIGNINA EN % DE MSC	3,13 a	2,30 c	2,69 b	2,19 c	1,60 d	0,04	0,0001

*FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente acido; MSC: Materia seca comestible; %: Porcentaje.

5.3.2 Comportamiento de la pared celular en las especies arbóreas durante el periodo de producción: al analizar ahora el comportamiento de las especies arbóreas durante su etapa productiva, con podas cada 120,150 y 180 días (cuadro 15), se encontró que: la pared celular (FDN) producida a una edad de rebrotes de 120 días, sigue siendo menor para el caso del tilo, con un 30,92% y la de mayor contenido fue la acacia con un 39,53%, por su parte los contenidos de hemicelulosa oscilaron entre un 15,97% para el caso del loqueto y 24,61% para el aliso,

representando el 48% y el 62,07% respectivamente con relación a la pared celular. Los contenidos de celulosa más bajos fueron para la especie tilo, con un 10,82% lo cual representa el 35% de la pared celular, mientras que en el chicalá la celulosa fue del 15,33% representando el 42%; al igual que en el caso anterior (durante el establecimiento), la pared celular no representa ningún inconveniente para la utilización de la fibra, situación que se fortalece con los contenidos de lignina, los cuales están entre un 1,84% a un 3 ,97% de la pared celular.

Para el caso de las podas en las arbóreas cada 150 días, sigue siendo interesante el menor comportamiento de la pared celular en el tilo con un 27,79%, mientras que el mayor porcentaje estuvo ahora representado por el aliso con un 40,02%; Por su parte la hemicelulosa fue de 25,07% para el aliso, mientras que el menor contenido lo registró el chicalá con un15,89%; La celulosa por su parte osciló entre 7,85% para el tilo y 16,02% para la acacia; los contenidos de lignina fueron bajos para el tilo con una proporción del 1,50%, mientras los más elevados fueron para la acacia con un 3,54%.

Finalmente y para completar este ciclo, la poda a 180 días de intervalo, reveló el menor contenido de pared celular en el tilo, con un 31,6%, mientras el mayor fue el de las acacias con un 44,82%, volviendo a presentarse la misma situación descrita para el comportamiento a los 120 días, por su parte los contenidos de hemicelulosa fueron de 19,22% para el loqueto y de 26,76% para el aliso, mientras que en el caso de la lignina, sigue siendo el tilo el de menor contenido, con un 1,82% y la acacia la de mayor contenido con 4,26%, condiciones que permiten reiterar que el contenido en lignina no ejercerá ningún efecto negativo en el consumo de estos forrajes por parte del rumiante.

Cuadro 15. Comportamiento de la pared celular en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades (120, 150 y 180 días)

120 DÍAS ENTRE PODAS:							
UNIDAD A EVALUAR	**ACACIA**	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**	**SEE**	**P<**
FDN EN % DE MSC	39,53 c	39,25 c	36,58 bc	32,29 ab	30,92 a	0,21	1E-04
FDA EN % DE MSC	19,00 b	14,65 a	17,85 b	16,82 b	12,66 a	0,14	1E-04
HEMICELULOSA EN % DE MSC	20,53 b	24,61 c	18,73 b	15,47 a	18,26 b	0,11	1E-04
CELULOSA EN % DE MSC	15,03 b	12,29 ab	15,33 b	14,15 b	10,82 a	0,11	1E-04
LIGNINA EN % DE MSC	3,97 c	2,36 ab	2,52 ab	2,69 b	1,84 a	0,03	1E-04
150 DÍAS ENTRE PODAS:							
	ACACIA	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**	**SEE**	**P<**
FDN EN % DE MSC	37,05 bc	40,02 c	29,17 ab	33,22 b	27,79 a	0,21	1E-04
FDA EN % DE MSC	19,57 c	14,94 b	13,28 b	16,39 bc	9,35 a	0,14	1E-04
HEMICELULOSA EN % DE MSC	17,48 ab	25,07 c	15,89 a	16,84 ab	18,43 b	0,11	1E-04
CELULOSA EN % DE MSC	16,02 c	12,59 bc	11,15 b	14,18 c	7,85 a	0,11	1E-04
LIGNINA EN % DE MSC	3,55 c	2,35 b	2,13 ab	2,21 ab	1,50 a	0,03	1E-04
180 DÍAS ENTRE PODAS:							
	ACACIA	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**	**SEE**	**P<**
FDN EN % DE MSC	44,82 c	44,65 c	37,45 b	35,40 b	31,6 a	0,21	1E-04
FDA EN % DE MSC	23,54 c	17,88 b	17,33 b	15,96 b	10,18 a	0,14	1E-04
HEMICELULOSA EN % DE MSC	21,28 b	26,77 c	20,12 a	19,22 a	21,43 b	0,11	1E-04
CELULOSA EN % DE MSC	19,28 c	14,86 b	14,18 b	13,88 b	8,37 a	0,11	1E-04
LIGNINA EN % DE MSC	4,26 c	3,02 b	3,15 b	2,08 a	1,82 a	0,03	1E-04

FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente acido; MSC: Materia seca comestible; %: Porcentaje.

5.3.3 Comportamiento de la pared celular en las arbóreas dispersas: en el caso de las arbóreas dispersas cuadro 16, los resultados revelaron que al realizarse la primera poda, considerada como poda de formación a una edad desconocida, el tilo sigue siendo el que tuvo menor contenido de pared celular (39,47%) contra 52,17% en el caso de la acacia; por su parte los contenidos de hemicelulosa cuando se efectuaron cortes cada 120 días fueron más bajos en la especie loqueto con un 19,09% y más altos para la especie acacia con 36,27%, contenidos que

definitivamente no repercuten negativamente en el consumo y aprovechamiento de la fibra y que van en aumento cuando el rebrote envejece.

Significan estas consideraciones relacionadas con los contenidos o aportes de fibra en las especies arbóreas, que el aporte de fibra efectiva es realmente alta y por tanto es una herramienta de suma importancia para el ganadero, a efectos de una mayor utilización de este tipo de alimentos, para la alimentación animal especialmente del rumiante.

Cuadro 16. Comportamiento de la pared celular de la biomasa comestible, con base en la materia seca de las especies arbóreas dispersas evaluadas durante la primera poda (edad desconocida) y cada 120 y 150 días.

PRIMERA PODA (PODA DE FORMACIÓN), EDAD DESCONOCIDA					
UNIDAD A EVALUAR	**ESPECIE A EVALUAR**				
	ACACIA	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**
FDN EN % DE MSC	52,17	49,64	42,89	43,03	39,47
FDA EN % DE MSC	15,6	16,22	23,48	16,28	15,27
HEMICELULOSA EN % DE MSC	36,57	33,43	19,42	26,75	24,2
CELULOSA EN % DE MSC	12,58	13,82	19,48	13,33	13,3
LIGNINA EN % DE MSC	3,01	2,4	4	2,95	1,96
	120 DÍAS ENTRE PODAS				
UNIDAD A EVALUAR	**ESPECIE A EVALUAR**				
	ACACIA	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**
FDN EN % DE MSC	46,72	----------	44,52	39,66	37,45
FDA EN % DE MSC	10,42	----------	24,48	20,57	16,34
HEMICELULOSA EN % DE MSC	36,27	----------	19,63	19,09	21,11
CELULOSA EN % DE MSC	8,16	----------	21,22	17,44	14,2
LIGNINA EN % DE MSC	2,29	----------	3,68	3,13	2,14
	150 DÍAS ENTRE PODAS				
UNIDAD A EVALUAR	**ESPECIE A EVALUAR**				
	ACACIA	**ALISO**	**CHICALÁ**	**LOQUETO**	**TILO**
FDN EN % DE MSC	38,69	39,88	44,64	31,4	37,44
FDA EN % DE MSC	22,5	19,77	26,94	18,33	16,88
HEMICELULOSA EN % DE MSC	16,14	20,1	17,7	13,07	20,55
CELULOSA EN % DE MSC	18,77	16,23	23,37	14,96	14,47
LIGNINA EN % DE MSC	3,73	3,54	3,57	3,38	2,41

*FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente acido; MSC: Materia seca comestible; %: Porcentaje.

5.3.4 Comportamiento de la pared celular en la especies kikuyo durante el periodo de establecimiento: pasando a evaluar el comportamiento de la pared celular en la gramínea Kikuyo, influenciada por las arbóreas durante su etapa de establecimiento a los 112 días (cuadro 17), se observó que el menor contenido de pared celular se encontró en la gramínea cultivada bajo la influencia del tilo, con 50,63%, mientras que el influenciado por la acacia fue de 54,61%, siendo este el más alto, contenidos ambos que en cierta forma no tienen explicación con el obtenido con el kikuyo en cultivo limpio, el cual fue de 53,54%; por su parte los contenidos de hemicelulosa fueron de 25,06% para el kikuyo asociado con el aliso y de 26,71% para el que estaba bajo la influencia de la acacia, mientras que el arrojado en cultivo limpio obtuvo un porcentaje de 26,35%.

Si se asume, que bajo estas condiciones la especie arbórea no generó ningún efecto tanto positivo como negativo sobre el comportamiento de la gramínea, se puede concluir que la gramínea es una planta de envejecimiento temprano y que es necesario utilizarla en rebrotes de menor edad.

Cuadro 17. Comportamiento de la pared celular de la gramínea kikuyo durante la etapa de establecimiento (112 días), cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio.

UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE ARBÓREA DE INFLUENCIA A EVALUAR					CULTIVO LIMPIO
	ACACIA	ALISO	CHICALÁ	LOQUETO	TILO	
FDN EN % DE MSC	54,61	53,55	54,5	52,76	50,63	53,74
FDA EN % DE MSC	27,9	27,95	28,04	27,24	28,16	27,39
HEMICELULOSA EN % DE MSC	26,71	25,06	26,46	25,52	25,47	26,35
CELULOSA EN % DE MSC	24,61	24,79	24,82	24,29	25	24,36
LIGNINA EN % DE MSC	3,29	3,16	3,22	2,95	3,16	3,03

FDN: Fibra en detergente neutro; FDA: Fibra en detergente acido; MSC: Materia seca comestible; %: Porcentaje.

5.3.5 Comportamiento de la pared celular del kikuyo durante el periodo de producción: esta situación se corrobora con los resultados plasmados en el cuadro 18, en donde fue analizado el comportamiento de las podas a 45 y 60 días de rebrote; a los 45 días el rebrote, bajo la influencia del tilo reveló un 56,04% de pared celular, versus un 55,21% bajo la influencia de la acacia, mientras que en cultivo limpio, el kikuyo obtuvo una pared celular de 56,01%. Por su parte a los 60 días, esta gramínea en asocio con el tilo reveló un 56,61% de pared celular y 28,41% de hemicelulosa; por otra parte el asociado con acacia estuvo en un 56,67% de pared celular y 28,41% de hemicelulosa, mientras en el cultivo limpio fue de 56,71% para la pared celular y de 28,23% con relación a la hemicelulosa. Estos comentarios corroboran lo dicho anteriormente, en el sentido de que la gramínea kikuyo envejece en un tiempo menor comparado con el de las arbóreas y que por tanto este tipo de gramíneas, se debe aprovechar a los 45 días para hacer un correcto uso de la fibra efectiva como fue corroborado por Silva et al (2017)[68], quienes bajo condiciones propias de clima frio, a una altura de 2710 msnm, en la vereda Obonuco municipio de Pasto, encontraron los mejores resultados en cuanto a producción de forraje verde y materia seca en el kikuyo cosechado a una edad entre cortes de 45 días.

[68] SILVA *et al.* Op. Cit. p.11

Cuadro 18. Comportamiento de la pared celular de la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes (etapa de producción).

45 DÍAS ENTRE CORTES								
	ESPECIE ARBÓREA DE INFLUENCIA A EVALUAR							
UNIDAD A EVALUAR	ACACIA	ALISO	CHICALÁ	LOQUETO	TILO	CULTIVO LIMPIO	SEE	P<
FDN EN % DE MSC	55,21 a	55,26 a	56,15 a	55,46 a	56,04 a	56,01 a	0,161	0,967
FDA EN % DE MSC	26,92 a	27,30 a	27,58 a	27,23 a	27,39 a	27,98 a	0,063	0,731
HEMICELULOSA EN % DE MSC	28,29	27,96	28,57	28,23	28,65	28,03	-------	-------
CELULOSA EN % DE MSC	22,88 a	22,93 a	23,36 a	22,96 a	22,70 a	23,79 a	0,083	0,39
LIGNINA EN % DE MSC	4,21 a	4,36 a	4,22 a	4,27 a	4,69 a	4,19 a	0,059	0,732
60 DÍAS ENTRE CORTES								
	ESPECIE ARBÓREA DE INFLUENCIA A EVALUAR							
	ACACIA	ALISO	CHICALÁ	LOQUETO	TILO	CULTIVO LIMPIO	SEE	P<
FDN EN % DE MSC	56,67 a	55,96 a	56,25 a	55,99 a	56,61 a	56,71 a	0,161	0,967
FDA EN % DE MSC	28,26 a	27,98 a	27,93 a	28,39 a	28,20 a	28,48 a	0,063	0,731
HEMICELULOSA EN % DE MSC	28,41	27,98	28,32	27,06	28,41	28,23	---------	------
CELULOSA EN % DE MSC	23,77 a	23,79 a	22,80 a	23,99 a	23,71 a	23,87 a	0,083	0,39
LIGNINA EN % DE MSC	4,54 a	4,18 a	4,47 a	4,38 a	4,48 a	4,56 a	0,059	0,732

5.4 COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEINA CRUDA

5.4.1 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las arbóreas, durante el periodo de establecimiento: es común observar, que cuando se hace referencia a especies forrajeras, lo que usualmente se averigua en primera instancia es el contenido proteico del material de interés. Para este caso en particular, se observó que los contenidos de proteína, durante el periodo vegetativo fueron altos, alcanzando los mayores contenidos cuando se acerca la etapa de la floración, para

descender luego y continuar con la época de maduración y envejecimiento de la planta.

Cuando se trata de conocer los aportes proteicos de las especies arbóreas, llama la atención la capacidad de las arbóreas, para fijar el nitrógeno e incorporarlo al suelo, para beneficio de las especies que crecen bajo su influencia; esta condición es la que ha incrementado el interés por las especies arbóreas consideradas como leguminosas y de alguna manera este aspecto motivo la inclusión de ellas en el estudio de la referencia y aun cuando el aliso no es una especie leguminosa se le reconoce su capacidad para fijar el nitrógeno e incorporarlo a aquellas especies que crecen bajo su influencia.

Concretamente y para el caso del estudio realizado, se evaluó el aporte de la proteína cruda de las especies a que ya se ha hecho referencia durante su etapa de establecimiento, encontrando que los valores oscilaron entre 11,62% para el caso del loqueto y de 17,52% para el caso del tilo, sin que ninguna de las dos especies hagan parte de las identificadas como leguminosa, mientras que especies realmente leguminosas como acacia y chicalá mostraron contenidos del 17,00 y 13,92%, mientras que el aliso reveló contenidos de 15,06% (ver cuadro 19).

Cuadro 19. Comportamiento de la proteína cruda en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las especies arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
PC EN % DE MSC	17,00 a		15,06 b		13,97 b		11,62 c		17,58 a		0,18	0,0001
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	-----	-----
PC: EN Kg DE MSC/Árbol	0,006	0,001	0,005	0,0007	0,008	0,001	0,007	0,0008	0,004	0,0007	------	------
*PC: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,494	2,47	0,345	3,95	0,494	3,458	0,4	2	0,345	------	------
**PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año.	7,11	1,18	5,93	0,83	9,48	1,18	8,3	0,96	4,8	0,83	------	------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; PC: Proteína cruda; %: porcentaje; MSC: materia seca comestible; Ha: Hectárea; MS(Kg) Materia seca en kilogramos PC(Kg) Proteína cruda en kilogramos.

5.4.2 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las especies arbóreas durante el periodo de producción: en su etapa de producción (más de 150 días de establecidos), cuadro 20, se observó que a los 120 días el valor máximo en cuanto a proteína sigue siendo para el tilo con un 21,49%, contenido similar al reportado por Chamorro et al (2008), mientras que el menor fue nuevamente para el loqueto y el chicalá con un 14,62 y 15,03% respectivamente, contenido similar al reportado por Jaramillo y Jiménez (2000), quienes encontraron una proteína cruda en el chicalá de 13,10% cuando se implementó bajo condiciones de clima frio en la vereda Obonuco del municipio de Pasto. Como era de esperarse, cuando el intervalo entre podas fue de 150 días, los contenidos proteicos disminuyeron en un 30% para el caso de las dos especies, mientras que en el caso de la acacia, su disminución fue del 24% y del 20% para el aliso. Si se comparan estos resultados con los obtenidos en la poda de los 180 días, se observa, que el tilo tuvo un pequeño incremento, en su contenido proteico equivalente al 5,8% con relación a la poda de los 150 días, mientras que por su parte, la acacia, el aliso y el loqueto se mantuvieron estables, mientras que en el chicalá se observó un pequeño repunte. Dichas variaciones en el contenido proteico, así como para los demás nutrientes se debieron a las variaciones marcadas de temperatura y lluvia, presentándose una sequía marcada en la fecha en que desarrollaron los rebrotes de 150 días, como se expresó con anterioridad. Efectuado el análisis de varianza para dicho comportamiento, se observa que hubo una alta correlación en el comportamiento del contenido proteico, cuando se analiza la especie por la edad de la poda. Con diferencias estadísticamente significativas $P<0,0001$ entre las especies tilo, loqueto y chicalá en las diferentes edades entre cortes, las demás edades presentaron proporciones similares entre sí. Al evaluar la producción estimada de proteína cruda de las arbóreas, durante su etapa de producción a una edad de rebrotes de 120 días, se resalta el rendimiento de la mayoría de las especies, con énfasis en la acacia y el aliso, con quienes se obtuvieron 49,16 y 34,08 kilogramos de proteína por hectárea al año respectivamente.

Cuadro 20. Comportamiento de la producción de proteína cruda en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	PC EN % DE MSC	17,46 bc		17,98 b		15,03 cd		14,72 d		21,49 a		0,11	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	------	----
	PC: EN Kg DE MSC/Árbol	0,19	0,033	0,13	0,023	0,107	0,016	0,05	0,007	0,094	0,02	------	----
	*PC: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	16,38	64,22	11,36	52,86	7,94	24,7	3,45	46,44	9,88	------	----
	**PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	281,58	49,16	192,66	34,08	158,58	23,82	74,1	10,35	139,3	29,64	------	----
150	PC EN % DE MSC	13,27 a		14,48 a		10,55 b		10,16 b		15,14 a		0,11	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	-----	-----
	PC: EN Kg DE MSC/Árbol	0,127	0,017	0,13	0,019	0,047	0,005	0,034	0,003	0,027	0,004	----	---
	PC: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	8,33	64,22	9,38	23,21	2,47	16,8	1,48	13,33	2	------	-----
	PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	150,58	20,16	154,13	22,52	55,72	5,92	40,32	3,5	32	4,8	-----	-----
180	PC EN % DE MSC	13,25 ab		15,09 ab		13,83 ab		10,04 c		16,39 a		0,11	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	-----	-----
	PC: EN Kg DE MSC/Árbol	0,11	0,014	0,274	0,041	0,093	0,013	0,142	0,014	0,088	0,014	----	---
	PC: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	7	135,3	20,25	45,94	6,42	70,15	6,91	43,47	7	------	-----
	PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	108,68	14	270,6	40,51	91,88	12,84	140,3	13,82	86,94	14	-----	-----

5.4.3 Comportamiento del contenido de proteína cruda en las especies arbóreas dispersas: en contraste con los contenidos reportados en el (cuadro 20), se encontró cuadro 21 ,que los contenidos proteicos en las arbóreas dispersas y podadas en plena madurez (más de 5 años), y evaluados dichos contenidos logrados en la primera poda (considerada como poda de formación), la cual se efectuó a una edad incierta, se observó el mayor aporte en proteína para la especie acacia, con un 18.46%, seguida por el aliso con un 15,38%; pero estos mismos árboles analizados a 120 días después de esas primera poda, revelaron contenidos proteicos de 16,18% para el chicalá, siendo el de mayor valor, seguido por el tilo, con 15,32% y vale la pena advertir que en el aliso no hubo rebrotes que permitieran

determinar su contenido, cosa que no ocurrió un mes más tarde (150 días pos poda), cuando su contenido fue de 16,74%, mientras que para el chicalá aumentó en una unidad porcentual de 16 a 17% y en la acacia su incremento, con relación a la poda de 120 días fue de 4,29 unidades porcentuales.

Para efectos de una estimación real del potencial productivo que se puede llegar a obtener con la inclusión de especies arbóreas en los sistemas de producción animal, cuando las arbóreas empleadas estén planamente maduras y su producción de forraje comestible este al máximo, se compararon las especies en edad joven versus las planamente maduras (cuadros 20 y 21), donde se tiene que con el empleo de la especie acacia, implementada bajo las condiciones donde se desarrolló el estudio, con un número de árboles por hectárea de 494 y cosechada con intervalos entre podas de 120 días, se logró una producción promedio de 500 kilogramos de proteína cruda por hectárea al año.

Cuadro 21. Comportamiento de la proteína cruda de la biomasa comestible, con base en la materia seca en las arbóreas dispersas, evaluadas a los 120 y 150 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
EDAD INCIERTA	PC EN % DE MSC	18,46		15,38		13,34		14,35		13	
120	PC EN % DE MSC	12,82		----------		16,18		13,78		15,38	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)
	PC: EN Kg DE MSC/Árbol	2,63	0,34	-------	--------	0,61	0,09	0,61	0,08	0,44	0,07
	*PC: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	166,5	------	--------	301,3	44,46	301,3	39,52	217,3	34,6
	**PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	3897,6	499,5	------	--------	903,9	133,3	903,9	94,8	651,9	103,8
150	PC EN % DE MSC	17,11		16,74		17,36		13,88		15,34	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)
	PC: EN Kg DE MSC/Árbol	4,33	0,74	1,04	0,174	3	0,52	0,62	0,08	0,4	0,06
	PC: EN Kg DE MSC/Ha	2139	365,5	513,76	85,9	1482	256,8	306,2	39,52	197,6	29,64
	PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	5133,6	877,2	1233	206,1	3556,8	616,3	734,8	94,8	474,2	71,13

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120 y 150 días respectivamente; PC: Proteína cruda; %: porcentaje; MSC: materia seca comestible; Ha: Hectárea; MS (Kg) Materia seca en kilogramos PC(Kg) Proteína cruda en kilogramos

5.4.4 Comportamiento de la proteína cruda en el kikuyo durante el periodo de establecimiento: cuando fue analizado el comportamiento proteico de la gramínea kikuyo, durante su establecimiento (112 días), cuadro 22, se encontró que los contenidos oscilaron entre 16,63% bajo la influencia de la acacia y de 21,08% bajo la influencia del loqueto, mientras que cuando se analizó la muestra obtenida bajo condiciones de un cultivo de kikuyo solo, esta fue de 19,88%, resultados todos considerados relativamente altos y que permiten observar esta gramínea como una alternativa promisoria para su cultivo y utilización, por encima de los 2500 msnm, alcanzando producciones estimadas de proteína cruda por hectárea año alrededor de los 1500 a 1900 kilogramos de proteína cruda por hectárea al año.

Cuadro 22. Comportamiento del contenido de proteína cruda en la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio (112 días)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO.	
PC: EN % DE MSC	16,63		20,49		19,71		21,08		20,23		19.88	
UNIDAD DE MEDIDA	MS(Kg)	PC(kg)	MS(Kg)	PC(Kg)	MS(Kg)	PC(Kg)	MS(Kg)	PC(Kg)	MS(Kg)	PC(Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)
PC: EN Kg DE MSC/ M^1	0,291	0,048	0,315	0,06	0,299	0,06	0,286	0,06	0,298	0,06	0,279	0,05
PC: EN Kg DE MSC/Ha	2910	480	3150	600	2990	600	2860	600	2980	600	2790	500
PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	9312	1536	10080	1920	9568	1920	9152	1920	9536	1920	8928	1600

*PC: Proteína cruda; %: porcentaje; MSC: materia seca comestible; Ha: Hectárea; MS (Kg) Materia seca en kilogramos PC(Kg) Proteína cruda en kilogramos.

5.4.5 Comportamiento de la proteína cruda del kikuyo durante el periodo de producción: cuando se revisó lo que ocurrió con el comportamiento, con intervalos entre 45 y 60 días, cuadro 23, se observó que a los 45 días, los contenidos proteicos oscilaron para el kikuyo bajo la influencia de todas las especies entre un 17,34 hasta un 18,38%, sin que se reflejaran diferencias estadísticamente significativas entre las especies de influencia para el kikuyo; sin embargo es interesante concluir, que si bien es cierto que el análisis de varianza no reveló diferencia alguna entre las especies arbóreas de influencia para la gramínea, esta expresó un cierto incremento en el contenidos proteico bajo la influencia de aquellas especies fijadoras de nitrógeno como el aliso, donde el kikuyo obtuvo un porcentaje de proteína de 18,08%, proporción mayor a la encontrada por Silva et al (2017), bajo las condiciones de trópico alto en el municipio de Pasto, quienes encontraron en el Kikuyo una proteína de 12,34% bajo la influencia del aliso como arbórea de interacción.

Comparado el anterior comportamiento con el observado en la poda a 60 días, se notó una disminución que era obvia, que para el caso del kikuyo en cultivo limpio fue del 5%, mientras que cuando estuvo bajo la influencia de la acacia su perdida

en el contenido proteico, con relación a la poda de 45 días fue de 9 unidades porcentuales.

Al estimar la producción de proteína cruda, con base en la materia seca comestible del kikuyo a edades de aprovechamiento de 45 días se lograron producciones que oscilaron entre 3.200 a 4.000 kilogramos por hectárea año; Sin embargo dichas producciones son alteradas por el efecto de las condiciones climáticas (temperatura y lluvias) que intervinieron durante estas etapas, las cuales fueron muy variadas, dejando al descubierto la diversidad climática que afectan el crecimiento, producción y composición de la biomasa de los forrajes tanto arbóreos como de porte bajo, como lo señalan López *et al* (2017), los cuales advierten que altas temperaturas y por tiempos prolongados (veranos largos) afectan la producción de forraje, tanto en cantidad de biomasa como en la calidad del mismo.

Cuadro 23. Comportamiento del contenido de proteína cruda de la gramínea kikuyo, cultivada en asocio con las arbóreas y en cultivo limpio cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO.		SEE	P<
45	PC EN% DE MSC	18,38 a		18,08 a		17,60 a		18,38 a		17,34 a		17.85 a		0,188	0,992
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	---	---
	PC: EN Kg DE MSC/M[1]	0,26	0,05	0,24	0,04	0,26	0,05	0,25	0,05	0,28	0,05	0,28	0,05	---	----
	PC: EN Kg DE MSC/Ha	2600	500	2400	400	2600	500	2500	500	2800	500	2800	500	----	------
	*PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	20800	4000	19200	3200	20800	4000	20000	4000	22400	4000	22400	4000	-----	------
60	PC EN % DE MSC	16,74 a		17,63 a		17,20 a		17,41 a		16,94 a		16,91 a		0,188	0,992
	UNIDAD DE MEDIDA	MS (Kg)	PC (kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC (Kg)	MS (Kg)	PC(Kg)		PC(Kg)	MS(Kg)	PC(Kg)	---	---
	PC: EN Kg DE MSC/M[1]	0,41	0,07	0,4	0,07	0,39	0,07	0,39	0,07	0,39	0,07	0,39	0,06	------	-------
	PC: EN Kg DE MSC/Ha	4100	700	4000	700	3900	700	3900	700	3900	700	3900	600	------	-------
	PC: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	24600	4200	24000	4200	23400	4200	23400	4200	23400	4200	23400	3600	-----	------

*Estimado con base en 8 y 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 y 60 días respectivamente; PC: Proteína cruda; %: porcentaje; MSC: materia seca comestible; Ha: Hectárea; MS(Kg) Materia seca en kilogramos PC(Kg) Proteína cruda en kilogramos.

5.5 COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO ENERGÉTICO

5.5.1 Comportamiento de la energía bruta en las especies arbóreas, durante el periodo de establecimiento: conocida la producción de la biomasa comestible, de las diferentes especies arbóreas y gramíneas que hicieron parte del estudio, es importante identificar el valor energético de cada uno de ellos, recordando que en el caso de los vegetales, el mayor valor energético es generado por la degradación y utilización de la fibra. En consecuencia los diferentes componentes de la pared celular, particularmente la celulosa y la hemicelulosa, juegan un papel importante y para efectos del estudio se estima de importancia la referencia que se haga al contenido de energía bruta (EB), energía digestible (ED), nutrientes digestibles totales (TDN) y energía neta para leche (ENL).

Los aportes de energía bruta de la materia seca comestible, aportada por las hojas y el tallo comestible de las especies arbóreas durante su periodo de establecimiento (primeros150 días) se detallan en megacalorias por kilogramo de materia seca en el cuadro 24, en donde se observan valores de 3,55 para el caso del tilo, a 3,87 megacalorias de energía bruta para el caso de la acacia, existiendo una diferencia significativa entre la acacia y el tilo, pero aparentemente iguales entre la acacia, aliso, chicalá y loqueto.

Cuadro 24. Comportamiento de la energía bruta (EB) en la materia seca de la biomasa comestible de las arbóreas, durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
EB EN Mcal/ Kg DE MSC	3,87 a		3,67 ab		3,79 ab		3,75 ab		3,55 b		0,03	0,0153
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	-----	------
EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,023	0,005	0,0034	0,008	0,03	0,007	0,026	0,004	0,014	-------	--------
*EB: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	11,36	2,47	1,68	3,95	14,82	3,458	12,84	2	6,92	------	--------
**EB: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	7,11	27,26	5,93	4,03	9,48	35,57	8,3	30,82	4,8	16,61	------	------

5.5.2 Comportamiento de la energía bruta de las especies arbóreas durante el periodo de producción: los aportes de energía bruta, contenida en la biomasa comestible de las arbóreas a las que se ha hecho referencia, durante el periodo productivo, se reflejan en el cuadro número 25, en donde a los 120 días después de la poda, los aportes energéticos oscilaron entre 3,84 y 4,29 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca para las especies chicalá y acacia en su orden respectivo, energía menor a la reportada por Jaramillo y Jiménez (2000), quienes en condiciones de trópico de altura en la vereda Obonuco del municipio de Pasto a 2700 msnm encontraron por cada kilogramo de materia seca comestible de la especie chicalá, un contenido energético de 4,55 megacalorias.

Los mismos contenidos a los 150 días, oscilaron entre 3,51 a 3,95 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca para las especies tilo y acacia respectivamente, revelando que para el caso en mención, en la medida que la planta envejece, disminuye su valor energético y se comparan estos resultados, con los obtenidos a edades entre podas de 180 días, donde se encontró que el menor contenido lo aportó el chicalá con 3,59 Mcal de EB por Kg de Msc, mientras que el mayor fue reportado por la acacia con 4,29 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca comestible. Este comportamiento a 180 días difiere con el que se venía observando a 150 y 120 días de intervalo.

Cuadro 25. Comportamiento de la energía bruta en la materia seca de la biomasa comestible de las arbóreas cosechadas con intervalos de podas cada 120, 150 y 180 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,29 a		4,22 ab		3,84 b		4,07 ab		4,09 ab		0,017	0,0012
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,81	0,13	0,55	0,107	0,41	0,05	0,2	0,094	0,38	--------	----------
	*EB: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	400,14	64,22	271,7	52,86	202,54	24,7	98,8	46,44	187,72	--------	----------
	**EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	1200,4	192,66	815,1	158,58	607,62	74,1	296,4	139,3	563,16	--------	----------
150	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	3,75 ab		3,95 a		3,69 c		3,70 ab		3,51 ab		0,017	0,0012
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)		EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,48	0,13	0,51	0,047	0,17	0,034	0,13	0,027	0,094	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	237,12	64,22	251,9	23,21	83,98	16,8	64,2	13,33	46,44	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	569,1	154,13	604,7	55,72	201,5	40,32	154,1	32	111,46	--------	---------
180	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,18 a		4,16 a		3,69 b		3,98 ab		3,89 ab		0,017	0,0012
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,11	0,46	0,274	1,14	0,093	0,34	0,142	0,56	0,088	0,34	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	227,2	135,3	563,2	45,94	167,9	70,15	276,64	43,47	167,96	--------	----------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	454,5	270,6	1126,4	91,88	335,9	140,3	553,28	86,94	335,92	--------	---------

5.5.3 Comportamiento de la energía bruta en las especies arbóreas dispersas: el comportamiento del valor energético (EB) de las especies arbóreas calificadas como dispersa y que se trataba de árboles con aproximadamente más de 5 años de establecidas, que fueron podadas por primera vez, cuyas muestras fueron analizadas para determinar el aportes de nutrientes, los cuales se observan en el cuadro 26, donde se registró un mayor contenido en energía bruta para la especie acacia, con 4,19 megacalorias por kilogramo de materia seca comestible, al contrario, el menor contenido lo obtuvo el loqueto con 3,98 megacalorias.

Al evaluar el comportamiento a los 120 y 150 días después de esta primera poda, se encontró que: a los 120 días, el menor aporte de energía bruta lo hizo el loqueto con 3,98 megacalorias de energía bruta, contra 4,22 megacalorias aportadas por la acacia y valga aclarar que a esta edad entre podas, el aliso no se había recuperado y por tanto no se conoció su comportamiento, situación que fue superada cuando el tiempo de rebrote se prolongó a 150 días, momento para el cual la especie aliso reportó 4,14 megacalorias, mientras el tilo y el loqueto aportaron cada uno de ellos 4 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca comestible y siendo de nuevo la acacia con 4, 20 megacalorias la que mayor contenido energético registro.

En conclusión la energía bruta de las especies arbóreas empleadas en el sistema silvopastoril, desarrolladas bajo las condiciones medioambientales que caracterizan la zona fría (2520 msnm) del municipio de Guaca Santander, no presentó variaciones significativas en rebrotes a edades de 120 y 150 días, manteniéndose entre 4 y 4,2 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca comestible.

Al realizar la estimación de la producción de energía bruta por hectárea año, con el fin de dar a conocer el potencial productivo que se puede llegar a obtener con este tipo de sistemas, se encontraron producciones que resaltan a la especie tilo, la cual alcanzó 16.450 megacalorias a una edad de rebrote de 120 días y 21.566 cuando se cosecho cada 150 días.

Cuadro 26. Comportamiento de la energía bruta de las especies arbóreas dispersas evaluadas según frecuencia de corte

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
EDAD INCIERTA	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,19		4,18		4,06		3,98		4,01	
120	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,22		----------		4,07		3,98		4,00	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS (Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)
	EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	11,10	--------	---------	0,61	2,48	0,61	2,43	0,44	1,76
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	5483,4	--------	---------	301,3	1225,1	301,3	1200,4	217,3	869,44
	EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	16450,2	--------	---------	903,9	3675,4	903,9	3601,3	651,9	2608,3
150	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,2		4,14		4,08		4,00		4,00	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)
	EB: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	18,19	1,04	4,30	3,00	12,24	0,62	2,48	0,40	1,6
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	8985,86	513,76	2124,2	1482	6,046,6	306,2	1225,1	197,6	790,4
	EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	21566,06	1233,0	5098,1	3556,8	14511	734,8	2940,3	474,2	1896,96

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120 y 150 días; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; EB (Mc): Energía bruta en Megacalorias; EB: Energía bruta; MS: Materia seca.**

5.5.4 Comportamiento de la energía bruta en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción: por su parte la gramínea representada por el pasto kikuyo, cosechada a una edad de 112 días (etapa de establecimiento), reveló contenidos de 4,18 a 4,19 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca comestible, tanto en la sembrada asociada con las arbóreas como en las establecidas en cultivo limpio (sin asocio alguno) cuadro 27.

El comportamiento de esta gramínea en las podas realizadas a 45 y 60 días, después de superado su establecimiento osciló entre 4,13 a 4,14 megacalorias por kilogramo de materia seca comestible, mientras que con intervalos de 60 días no hubo ninguna diferencia significativa que pudiera dar indicios sobre la influencia de las especies arbóreas sobre la composición energética del kikuyo, con contenidos entre 4,12 a 4,15 megacalorias de energía bruta por kilogramo de materia seca comestible ver cuadro 28. Vale la pena aclarar la importancia de evaluar dichos contenidos a una edad más avanzadas de las arbóreas, cunado su influencia sobre el kikuyo sea más marcada.

Cuadro 27.Comportamiento de la energía bruta de la gramínea kikuyo en sus primeros 112 días luego del establecimiento, en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio

EB EN Mcal/ Kg DE MSC	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO	
	4,19		4,18		4,18		4,19		4,19		4,19	
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)	MS (Kg)	EB (Mc)
EB: EN Kg DE MSC/ M[1]	0,291	1,219	0,315	1,3167	0,29	1,212	0,28	1,173	0,29	1,215	0,27	1,131
EB: EN Kg DE MSC/Ha	2910	12190	3150	13167	2990	12122	2860	11732	2980	12151	2790	11313
*EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	9312	36570	10080	39501	9568	36366	9152	35192	9536	36453	8928	33939
*Estimado con base en 3,2 cortes en el año; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; EB (Mc): Energía bruta en Megacalorias; EB: Energía bruta; MS: Materia seca.												

Cuadro 28. Comportamiento de la energía bruta de la gramínea kikuyo en su etapa de producción, en asocio con las diferentes especies arbóreas y solo según frecuencia de corte

DÍAS ENTRE PODA	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR													
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO		SEE	P<
45	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,14 a		4,14 a		4,13 a		4,13 a		4,13 a		4,13 a		0,003	0,868
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	------	------
	EB: EN Kg DE MSC/ M²	0,26	1,076	0,24	0,993	0,26	1,073	0,25	1,03	0,28	1,15	0,28	1,15	------	-------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	2600	10764	2400	9936	2600	10738	2500	10325	2800	11564	2800	11564	------	------
	EB: EN Kg DE MSC/Ha/AÑO	20800	86112	19200	79488	20800	85904	20000	82600	22400	92512	22400	92512	------	-------
60	EB EN Mcal/ Kg DE MSC	4,13 a		4,15 a		4,14 a		4,14 a		4,14 a		4,12 a		0,003	0,868
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	MS(Kg)	EB(Mc)	------	-------
	EB: EN Kg DE MSC/Árbol	0,41	1,693	0,40	1,66	0,39	1,61	0,39	1,61	0,39	1,61	0,39	1,6		
	EB: EN Kg DE MSC/Ha	4100	16933	4000	16600	3900	16146	3900	16146	3900	16146	3900	16068	-----	-----
	*EB: EN Kg DE MSC/Ha/Año	24600	101598	24000	99600	23400	96876	23400	96876	23400	96876	23400	96408	------	-------

*Estimado con base en 8 y 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 o 60 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; EB (Mc): Energía bruta en Megacalorias; EB: Energía bruta; MS: Materia seca.

5.5.5 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) de las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento y producción: los nutrientes digestibles totales (TDN), son otra forma de evaluar los valores energéticos de las especies estudiadas, para el caso de las arbóreas evaluadas al establecimiento cuadro 29, se encontraron contenidos que oscilaron entre un 56,21% para el aliso, hasta 62,64% para el tilo, siendo este valor significativamente diferente (P<0,0004) con relación a las demás especies arbóreas, demostrando de alguna manera las bondades del tilo en ese momento (cinco meses de establecido).

Después de realizada la poda de establecimiento, se encontró cuadro 30, que a los 120 días, los aportes de TDN oscilaron entre 56,89% para el chicalá y 65,45% para el tilo, señalando con esto valores superiores a los obtenidos durante la etapa de establecimiento. Cuando la poda se realizó a los 150 días, estos valores decrecieron, para el caso del tilo, que había sido el superior, su contenido decreció en un 15,3% y el del aliso quien había sido la otra especie con un buen contenido, decreció en un 15%; cuando el intervalo de poda fue de 180 días, el tilo volvió a repuntar con relación al de los 150 días y se incrementó en un 6,20%, mientras las demás especies estuvieron por encima del 55% en sus contenidos de TDN.

Según lo expuesto con anterioridad, se concluye que los nutrientes digestibles totales, contenidos en la biomasa comestible de las especies arbóreas objeto del estudio, varían con la edad del rebrote, presentando una disminución a medida que el rebrote envejece, junto con la digestibilidad de la planta, advirtiendo con esto, que a una edad de rebrotes de 120 días es el mejor momento en que las arbóreas, bajo unas condiciones medioambientales, de terreno y manejo similares a la zona donde fueron establecidas, expresan los más altos contenidos en nutrientes digestibles totales (TDN) con relación a las demás edades de 150 y 180 días. Condición que se debe tener en cuenta a la hora de elegir el momento óptimo de cosecha, y alcanzar los mejores rendimientos energéticos de dichas arbóreas equilibrados con el grado de consumo y digestibilidad de la biomasa comestible.

Cuadro 29. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
TDN EN % DE MSC	58,27 b		56,21 b		57,83 b		56,36 b		62,64 a		0.42	0,0004
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	----------	----------
TDN: EN Kg DE MSC/ ÁRBOL	0,006	0,003	0,005	0,003	0,008	0,005	0,007	0,004	0,004	0,002	----------	----------
*TDN: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	1,48	2,47	1,48	3,95	2,28	3,458	1,98	2	1	----------	----------
**TDN: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	7,11	3,55	5,93	3,55	9,48	5,48	8,3	4,75	4,8	2,4	----------	----------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea;**Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; TDN (Kg): Nutrientes digestibles totales en kilogramos; TDN: Nutrientes digestibles totales.

Cuadro 30. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas cada 120, 150 y 180 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	TDN EN % DE MSC	61,68 abc		63,26 ab		56,89 c		60,35 bc		65,45 a		0,261	0,0146
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	------	---------
	TDN: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,12	0,13	0,08	0,107	0,06	0,050	0,03	0,094	0,06	------	--------
	*TDN: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	59,24	64,22	39,52	52,86	29,64	24,7	14,82	46,44	29,64	-------	------
	**TDN:EN Kg DE MSC/Ha/ Año	281,58	177,84	192,66	118,56	158,58	88,92	74,1	44,46	139,3	88,92	------	--------
150	TDN EN % DE MSC	52,44 a		57,58 a		44,43 b		52,62 a		55,44 a		0,261	0,0146
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	------	-------
	TDN: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,06	0,130	0,07	0,047	0,02	0,034	0,02	0,027	0,01	-------	--------
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	29,64	64,22	34,58	23,21	9,88	16,8	9,88	13,33	4,94	------	--------
	TDN EN % DE MSC/Ha/Año	150,8	51,13	154,13	82,99	55,72	23,71	40,32	23,71	32,00	11,86	------	-------
180	TDN EN % DE MSC	57,70 ab		59,95 ab		54,88 b		56,25 ab		61,62 a		0,261	0,0146
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS (Kg)	TDN(Kg)	------	-----
	TDN: EN Kg DE MSC/ ÁRBOL	0,110	0,06	0,274	0,16	0,093	0,05	0,142	0,08	0,088	0,05	-----	------
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	29,64	135,3	79,04	45,94	24,7	70,15	39,52	43,47	24,7	------	-------
	TDN:EN Kg DE MSC/Ha/ AÑO	108,68	59,28	270,6	158,0	91,88	49,4	140,3	79,0	86,94	49,4	------	------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea;**Estimado con base en 3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 y180 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; TDN (Kg): Nutrientes digestibles totales en kilogramos; TDN: Nutrientes digestibles totales

.

5.5.6 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en las especies arbóreas dispersas: con relación a los contenidos de nutrientes digestibles totales incluidos en la biomasa comestible de las arbóreas dispersas cuadro 31 cuando se podaron en estado maduro y por primera vez, estos fueron mayores en aquellas especies fijadoras de nitrógeno, como la acacia y el aliso, con proporciones de 60,40 y 60,95 unidades porcentuales respectivamente. Las demás especies oscilaron entre 57,34 y 60,17%.

Después de realizada la poda anterior, que bien podría llamarse de formación en estado adulto, posterior a la anterior es decir a los 120 días, los valores oscilaron en 51,58% para el caso del loqueto y 60,91% para la acacia y el tilo en su orden, advirtiendo que al aliso no se le pudo realizar la muestra, por no tener rebrotes a esta edad; Mientras que a 150 días, los aportes de TDN oscilaron entre 58,83% para el chicalá y 60,63% para el tilo, llamando la atención el aporte del aliso de 61,38% contrastando con lo ocurrido en la poda de 120 días en donde no hubo rebrotes, demostrando con ello que se trata de una planta de lenta recuperación posterior a la poda.

Al estimar la producción de nutrientes digestibles totales por hectárea año, se encontró que a una edad en plana madurez, se alcanzan producciones interesantes de nutrientes, sin embargo hay que tener muy en cuenta el tiempo indicado para realizar la cosecha de estas arbóreas, donde se tenga el mejor equilibrio entre la producción de biomasa comestible, su digestibilidad y el más alto rango en contenido de nutrientes.

Cuadro 31. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales en la biomasa comestible, en estado seco de las arbóreas dispersas evaluadas según frecuencia de corte.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
*EDAD INCIERTA	TDN EN % DE MSC	63,40		60,95		57,34		60,17		59,48	
120	TDN EN % DE MSC	60,74		----------		59,01		58,51		60,91	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)
	TDN: EN KG DE MSC/ Árbol	2,63	1,6	--------	---------	0,61	0,3	0,61	0,3	0,44	0,3
	*TDN: EN KG DE MSC/Ha	1299,2	790,4	--------	---------	301,3	148,2	301,3	148,2	217,3	148,2
	**TDN: EN KG DE MSC/HA/ Año	3897,6	2371,	--------	---------	903,9	444,4	903,9	444,6	651,9	444,6
150	TDN EN % DE MSC	60,40		61,38		58,83		59,23		60,73	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)
	TDN: EN KG DE MSC/ Árbol	4,33	2,6	1,04	0,6	3,00	1,7	0,62	0,4	0,40	0,2
	TDN: EN KG DE MSC/Ha	2139,0	1284,4	513,76	296,4	1482	839,8	306,2	197,6	197,6	98,8
	TDN: EN KG DE MSC/HA/ Año	5133,6	3082,5	1233,0	711,3	3556,8	2015,5	734,8	474,2	474,2	237,1

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea;**Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; TDN (Kg): Nutrientes digestibles totales en kilogramos; TDN: Nutrientes digestibles totales.

5.5.7 Comportamiento de los nutrientes digestibles totales (TDN) en la gramínea (Kikuyo), durante el periodo de establecimiento y producción: con relación a los aportes de TDN de la gramínea kikuyo, durante la etapa de establecimiento cuadro 32, sus contenidos oscilaron entre 60,69 y 61,95% sin que se revelaran en dichos rendimientos influencia alguna de parte de la arbórea, dado que el cultivo del kikuyo sin influencia de las arbóreas fue de 61,02%. Posteriores a esta poda y llevada a las condiciones de una etapa de producción cuadro 33, la poda a 45 días reveló contenidos de 59,35% para el kikuyo solo y de 60,05% cuando se estableció con la acacia; por su parte la poda hecha a los 60 días reveló algunos cambios decrecientes en su comportamiento y fue así como el kikuyo sin ninguna influencia, su aporte en TDN disminuyó en 1,6%, mientras que el cosechado bajo la influencia de la acacia, disminuyó en un 2,7%. Lo anterior conduce a pensar que el valor energético del kikuyo como gramínea a los 45 días de rebrote, es similar a los reportados por las arbóreas y se convierte en una importante alternativa para su utilización en la alimentación de herbívoros y particularmente de rumiantes.

Al hacer la estimación de la producción del kikuyo a una edad entre cortes cada 120 días, en cuanto a nutrientes digestibles totales, se encontraron producciones que oscilaron entre 8.000 y 16.000 kilogramos de TDN por hectárea al año; concluyendo que el mejor momento para el aprovechamiento del kikuyo bajo las condiciones medioambiental propias de la zona en mención, es a 45 días o menos como fue advertido con anterioridad, pues si bien es claro que a una edad de 60 días, la producción de biomasa es más alta, los contenidos nutricionales para el caso de la energía y otros nutrientes descritos con anterioridad disminuyen, junto con su digestibilidad.

Cuadro 32. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales de la biomasa comestible en estado seco de la gramínea kikuyo, durante su etapa de establecimiento (112 días) sólo y en asocio con las diferentes especies arbóreas

UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE ARBOREA DE INFLUENCIA A EVALUAR											
	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO	
TDN EN % DE MSC	60,69		61,31		60,71		61,95		61.06		61.02	
UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(kg)	MS(kg)	TDN(kg)	MS(kg)	TDN(Kg)	Ms(Kg)	TDN(Kg)	Ms(Kg)	TDN(Kg)
TDN: EN Kg DE MSC/M²	0,291	0,18	0,315	0,19	0,29	0,18	0,28	0,17	0,29	0,18	0,27	0,16
TDN: EN Kg DE MSC/Ha	2910	1800	3150	1900	2990	1800	2860	1700	2980	1800	2790	1600
*TDN: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	9312	5400	10080	5700	9568	5400	9152	5100	9536	5400	8928	4800

*Estimado con base en 3,2 cortes en el año; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; TDN (Kg): Nutrientes digestibles totales en kilogramos; TDN: Nutrientes digestibles totales.

Cuadro 33. Comportamiento de los nutrientes digestibles totales de la gramínea kikuyo, en su etapa de producción, con intervalos de cortes cada 45 y 60 días, cultivada solo y en asocio con las diferentes especies arbóreas.

DÍAS ENTRE PODA	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR													
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO		ESS	P<
45	TDN EN % DE MSC	60,05 a		59,72 a		59,28 a		59,75 a		59,15 a		59,35 a		0,145	0,988
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	------	-------
	TDN: EN Kg DE MSC/M²	0,26	0,15	0,24	0,1	0,26	0,1	0,25	0,1	0,28	0,2	0,28	0,2	-------	-----
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha	2600	1500	2400	1000	2600	10000	2500	1000	2800	2000	2800	2000	-------	-------
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	20800	12000	19200	8000	20800	8000	20000	8000	22400	16000	22400	16000	------	-------
60	TDN EN % DE MSC	58,45 a		59,19 a		58,88 a		58,90 a		58,90 a		58,51 a		0,145	0,988
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	MS(Kg)	TDN(Kg)	-------	--------
	TDN: EN Kg DE MSC/M²	0,41	0,2	0,40	0,2	0,39	0,2	0,39	0,2	0,39	0,2	0,39	0,2	-----	------
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha	4100	2000	4000	2000	3900	2000	3900	2000	3900	2000	3900	2000	------	------
	TDN: EN Kg DE MSC/Ha/ Año	24600	12000	24000	12000	23400	12000	23400	12000	23400	12000	23400	12000	------	-------

*Estimado con base en 8 y 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 o 60 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; TDN (Kg): Nutrientes digestibles totales en kilogramos; TDN: Nutrientes digestibles totales

.

5.5.8 Comportamiento de la energía neta para leche (ENL) de las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento: para concluir con el análisis energético de la biomasa comestible, con base en la materia seca de las especies arbóreas y gramíneas que integraron el sistema silvopastoril en estudio, se consideraron los aportes de energía neta para leche (ENL) en megacalorias por kilogramo de materia seca comestible de las cinco arbóreas utilizadas, ver cuadro 34, se encontró que dichos valores oscilaron entre 1,27 para el aliso y 1,42 megacalorias para el tillo con una diferencia altamente significativa P<0,0003 con relación a los aportes de las otras cuatro arbóreas, las cuales fueron estadísticamente igual en cuanto a contenido de dicha energía. Es interesante el hecho que especies como chicalá y loqueto, las cuales no ha sido explorado su potencial productivo como especies promisorias para la inclusión en sistemas silvopastoriles de trópico alto, son una buena fuente en nutrientes esenciales para la alimentación animal como lo es la energía, que para el caso fue de 1,30 y 1,27 megacalorias de energía neta para la producción de leche respectivamente, llegando al caso de igualar y hasta superar la producción obtenida por el aliso. Interés que mejora cuando se estudia a fondo las bondades que trae consigo la inclusión de árboles nativos de la zona, en sistemas de producción de ganadería.

Cuadro 34. Comportamiento de la energía neta para leche en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,32 b		1,27 b		1,30 b		1,27 b		1,42 a		0,01	0,0003
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	ENL(Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	-----	-------
ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,007	0,005	0,006	0,008	0,01	0,007	0,008	0,004	0,005		
*ENL: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	3,91	2,47	3,13	3,95	5,13	3,458	4,39	2	2,8		
**ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	7,11	9,38	5,93	7,52	9,48	12,3	8,3	10,53	4,8	6,73		

***Estimado con bese en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; ENL(Mc): Energía neta para leche en megacalorias.**

5.5.9 Comportamiento de la energía neta para leche de las especies arbóreas durante el periodo de producción: en su etapa productiva cuadro 35, con sus respectivas podas, la energía neta para leche osciló entre 1,29 megacalorias por kilogramo de materia seca y 1,49 megacalorias para el tilo, siendo estos los dos extremos, pero sin que existieran diferencias significativas entre las mimas. Además de destacar los contenidos obtenidos con el tilo, los cuales superaron a las demás especies, también hay que hacer mención a los contenidos arrojados por el chicalá, que fueron en poco iguales al de la especie acacia.

Por su parte cuando los días entre podas fueron de 150, si se notó una disminución en sus aportes energéticos, y fue así como el tilo quien había reportado 1,49 a los 120 días, su valor decreció en un 15,15% para la poda a los 150 días, revelando 1,26 megacalorias. Mientras el aliso disminuyó en un 9,1% y la acacia lo hizo en un 15,1%. Finalmente, cuando el intervalo entre podas se extendió a 180 días, tales valores subieron en 0,05 unidades en caso del aliso y la acacia en 0,11 unidades con relación a la poda de 150 días. Dichas variaciones presentadas durante la edad de rebrotes de 150días, obedecen a las condiciones medioambientales propias de la zona.

Como conclusión se tiene que la energía neta para leche en las arbóreas presenta una pequeña disminución con forme disminuye la edad del rebrote, pasando de 1,39 a los 120 días a 1,29 megacalorias a los 180 días para el caso de la acacia, lo que es apenas obvio que el mejor momento de aprovechamiento es a 120 días después que se realiza la poda, momento este en que se logra el mejor nivel energético con respecto a las demás podas.

Cuadro 35. Comportamiento de la energía neta par aleche en la biomasa comestible de las especies arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,39 ab		1,43 a		1,29 b		1,36 ab		1,49 a		0,006	0,0160
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	---------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,26	0,13	0,18	0,107	0,138	0,050	0,06	0,094	0,140	-------	-------
	*ENL: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	130,4	64,22	91,83	52,86	68,18	24,7	33,59	46,44	69,18	-------	-------
	**ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	391,39	192,66	275,50	158,58	204,54	74,1	100,77	139,3	207,56	--------	--------
150	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,18 a		1,30 a		1,00 b		1,18 a		1,26 a		0,006	0,0160
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	-------	--------
	ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,14	0,130	0,169	0,047	0,047	0,034	0,040	0,027	0,03	-------	--------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	74,03	64,22	83,486	23,21	23,21	16,8	19,81	13,33	16,80	-------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	177,67	154,13	200,36	55,72	55,72	40,32	47,56	32,00	44,33	------	-------
180	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,29 ab		1,35 ab		1,24 b		1,26 ab		1,40 a		0,006	0,0160
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	---------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,14	0,274	0,369	0,093	0,11	0,142	0,178	0,088	0,123	-------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	70,09	135,3	182,73	45,94	56,96	70,15	88,38	43,47	60,86	-------	--------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	140,19	270,6	365,46	91,88	113,93	140,3	176,77	86,94	121,72	--------	------

***Estimado con bese en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 o 180 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; ENL (Mc): Energía neta para leche en megacalorias.**

5.5.10 Comportamiento de la energía neta para leche en las especies arbóreas dispersas: el valor energético de las arbóreas dispersas cuadro 36, de interés para la estimación del potencial productivo, por ser especies en su plena madurez, osciló para la poda inicial, denominada para el caso como poda de formación entre 1,29 y 1,44 megacalorias para las especies chicalá y acacia respectivamente. sin embargo a partir de la poda de formación de las arbóreas dispersas, se observó que a los 120 días de la poda inicial, los valores de energía neta para leche oscilaron entre 1,32 Mcal de ENL y 1,38 Mcal para el tilo y la acacia que fueron los dos valores más altos, haciendo claridad lo ocurrido con el aliso (no hubo rebrotes para su análisis a 120 días de corte) por su parte la poda realizad a los 150 días reveló contenidos de 1,32 Mcal por kilogramo de materia seca comestible en el chicalá a 1,38 Mcal para el tilo, aliso y acacia respectivamente, demostrando con ello que la inclusión de arbóreas en estado de madurez pueden ser de interés en un proceso de aporte de forraje comestible y nutrientes para la alimentación animal, alcanzando producciones entre 900 a 5000 megacalorias por hectárea año, cuando se cosechan las arbóreas a una edad entre podas de 120 días.

Cuadro 36. Comportamiento de la energía neta para leche de la biomasa comestible con base en la materia seca de las especies arbóreas dispersas.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
*EDAD INCIERTA	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,44		1,38		1,29		1,36		1,34	
120	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,38		----------		1,33		1,32		1,38	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)
	ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	3,62	--------	---------	0,61	0,81	0,61	0,80	0,44	0,60
	*ENL: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	1792,92	--------	---------	301,3	400,78	301,3	397,76	217,3	294,95
	**ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	5378,77	--------	---------	903,9	1202,34	903,9	1193,30	651,9	899,87
150	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,38		1,38		1,32		1,33		1,38	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)
	ENL: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	5,97	1,04	1,43	3,00	3,96	0,62	0,82	0,40	0,55
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	2851,84	513,76	706,42	1482	1956,24	306,2	407,35	197,6	272,68
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	7084,43	1233,0	1695,40	3556,8	4694,97	734,8	977,64	474,2	654,45

***Estimado con bese en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año según se realicen cada 120 o 150 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; ENL (Mc): Energía neta para leche en megacalorias.**

5.5.11 Comportamiento de la energía neta para leche en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción: finalmente en la evaluación del kikuyo considerado como especie de interés particular en las producciones ganaderas desarrolladas en clima frio de la geografía Colombiana; A los 112 días de establecido (cuadro 37) y considerando que a partir de ese momento puede iniciar su etapa productiva, los valores de energía neta para leche (cuadro 38) oscilaron entre 1,37 en el caso del influenciado por la acacia y chicalá y 1,40 para el influenciado por el loqueto, mientras que cuando se cultivó solo, su valor energético para leche fue de 1,38 Mcal. Posteriormente el comportamiento de la gramínea, en la poda a 45 y 60 días (cuadro 38), mostró definitivamente que después de los 45 días de recuperación, la planta envejece y pierde el valor energético, fue así como el kikuyo en cultivo limpio reportó a los 45 días 1,34 Mcal con una disminución del 1,50% y en el caso del kikuyo influenciado por el tilo, disminuyó un 1%; corroborando que a 45 días de rebrote, la gramínea kikuyo bajo las condiciones propias de la zona empleada para el desarrollo del estudio expreso su mejor contenido energético, con una estimación promedio por hectárea al año de 28.145 megacalorias de energía neta para leche.

Cuadro 37. Comportamiento de la energía neta para leche de la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento (112 días) cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO	
ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,37		1,38		1,37		1,4		1,38		1,38	
UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)	MS (Kg)	ENL (Mc)
ENL: EN Kg DE MSC/M[1]	0,291	0,39	0,315	0,43	0,29	0,39	0,28	0,392	0,29	0,4002	0,27	0,3726
ENL: EN Kg DE MSC/Ha	2910	3986	3150	4347	2990	3973	2860	3920	2980	40002	2790	3726
*ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	9312	11958	10080	13041	9568	11919	9152	11760	9536	12006	8928	11178

Cuadro 38. Comportamiento de la energía neta para leche de la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes.

DÍAS ENTRE PODA	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR												SEE	P<
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO			
45	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,36 a		1,35 a		1,34 a		1,35 a		1,33 a		1,34 a		0,004	0,986
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	-----	------
	ENL: EN Kg DE MSC/M²	0,26	0,3536	0,24	0,324	0,26	0,3484	0,25	0,3375	0,28	0,3724	0,28	0,375	-------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha	2600	3536	2400	3240	2600	3484	2500	3375	2800	3724	2800	3750	------	------
	*ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	20800	28288	19200	25920	20800	27872	20000	27000	22400	29792	22400	30000	-------	--------
60	ENL EN Mcal/ Kg DE MSC	1,32 a		1,33 a		1,33 a		1,33 a		1,32 a		1,32 a		0,004	0,986
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	MS(Kg)	ENL(Mc)	------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/M²	0,41	0,5412	0,40	0,532	0,39	0,5187	0,39	0,5187	0,39	0,5148	0,39	0,514	-------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha	4100	5412	4000	5320	3900	5187	3900	5187	3900	5148	3900	5140	-------	-------
	ENL: EN Kg DE MSC/Ha/Año	24600	32472	24000	31920	23400	31122	23400	31122	23400	30888	23400	30840	-----	-----

***Estimado con bese en 8 y 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 o 60 días respectivamente; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; ENL (Mc): Energía neta para leche en megacalorias.**

5.6 COMPORTAMIENTO MINERAL.

5.6.1 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento: para efectos de un análisis apropiado sobre el comportamiento de los minerales en las especies forrajeras que intervinieron en el proceso, se tuvo en cuenta aquellos minerales de mayor impacto en la vida productiva del animal, condición que redujo a tres minerales la evaluación siendo ellos: el calcio, fosforo y magnesio. La información de los contenidos de calcio en la materia seca comestible de las arbóreas durante el periodo de establecimiento se expresan en el cuadro 39, donde se revelaron contenidos que oscilaron entre 0,73% para la acacia y 1,12% para el tilo, siendo los contenidos de calcio en el tilo y en el chicalá significativamente diferentes (P<0,0001) con relación a los encontrados en el loqueto, el aliso y la acacia. Es interesante observar como durante la etapa de establecimiento, el calcio fue menor en aquellas especies fijadoras de nitrógeno, las cuales sobresalieron en la producción de biomasa y otros nutrientes, en cambio aquellas especies que no fueron relevantes en la producción de biomasa, proteína y energía, lo son en la producción de calcio como el chicalá y el loqueto con 1,08 y 1,00%; situación que hay que tener en cuanta al momento de querer utilizar el forraje de este tipo de especies en la dieta del animal como complemento mineral.

Cuadro 39. Comportamiento de la producción de calcio en la biomasa comestible, de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
CALCIO EN % DE MSC	0,73 c		0,77 c		1,08 a		1,00 b		1,12 a			
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	----	-----
Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,000043	0,005	0,000038	0,008	0,000082	0,007	0,00007	0,004	0,000044	-----	-----
*Ca: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,021	2,47	0,018	3,95	0,042	3,458	0,034	2	0,021	-----	-----
**Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	7,11	0,05	5,93	0,043	9,48	0,1	8,3	0,08	4,8	0,05	-----	-----

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Ca(Kg): Calcio en Kilogramos; Ca: calcio

5.6.2 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas durante el periodo de producción: al revisar el contenido en la etapa productiva de las mismas especies y con diferencias entre podas de 120, 150 y 180 días, se observó (cuadro 40), que los contenidos de calcio, a una edad de rebrote de 120 días oscilaron entre 0,55% para el caso del loqueto, hasta 0,84 para el caso de la acacia, sin que con el análisis de varianza para dichos resultados se encontraran diferencias significativas $P<0,0001$ entre estos dos extremos. Cuando el intervalo entre podas, fue de 150 días, los contenidos oscilaron entre 0,66% para el caso de la acacia, hasta 0,77% para el caso del loqueto y el chicalá, al igual que en el caso anterior, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas. A los 180 días, posteriores a la poda, se observa que los contenidos de calcio continúan acumulándose, y los valores detectados oscilan entre 0,80% para el caso de la acacia y 0,96% para el tilo; lo que deduce un pequeño aumento del calcio cuando la edad del rebrote envejece.

A pesar que los contenidos de calcio, como de los demás nutrientes pueden variar, conforme sea el comportamiento de las condiciones medioambiental y de la fertilidad del suelo, hay que resaltar el potencial de especies como chicalá, las cuales a pesar de estar en condiciones similares a las demás, el contenido de calcio y sus variaciones fueron menores, inclusive igualando y hasta superando aquellas especies que desde un principio mostraron su potencial.

Cuadro 40. Comportamiento del calcio en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas, con podas realizadas en diferentes edades durante su vida productiva.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR										SEE	P<
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO			
120	CALCIO EN% DE MSC	0,72 b		0,74 ab		0,84 a		0,55 ab		0,82 ab		0,05	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	----	-----
	Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,0013	0,13	0,0096	0,107	0,00089	0,050	0,00027	0,094	0,0008	-----	----
	*Ca: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	0,64	64,22	0,474	52,86	0,44	24,7	0,133	46,44	0,38	------	------
	**Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	1,92	192,66	1,42	158,58	1,32	74,1	0,399	139,3	1,14	------	------
150	CALCIO EN% DE MSC	0,66 a		0,74 a		0,77 a		0,77 b		0,76 a		0,05	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	-----	------
	Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,00083	0,130	0,00096	0,047	0,00036	0,034	0,00026	0,027	0,0002	----	------
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	0,410	64,22	0,47	23,21	0,17	16,8	0,13	13,33	0,09	------	-------
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	0,98	154,13	1,12	55,72	0,408	40,32	0,312	32,00	0,216	-----	------
180	CALCIO EN%	0,80 c		0,86 abc		0,96 ab		0,81 c		0,96 ab		0,05	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	----	------
	Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,00088	0,274	0,0023	0,093	0,00089	0,142	0,0011	0,088	0,0008	------	------
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	0,434	135,3	1,13	45,94	0,44	70,15	0,54	43,47	0,414	-----	------
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	0,868	270,6	2,26	91,88	0,88	140,3	1,08	86,94	0,828	----	------

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 y 180 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Ca (Kg): Calcio en Kilogramos; Ca: calcio.**

5.6.3 Comportamiento del calcio en las especies arbóreas dispersas: los comportamientos detectados permiten inferir, que en la medida que la planta madura en edad posteriormente a su corte, acumula más contenido de calcio en sus tejidos, comportamiento corroborado al evaluar las arbóreas dispersas después de efectuada la poda denominada de formación (cuadro 41). Donde el análisis de laboratorio reportó contenidos en calcio que oscilaron entre 1,17% para el chicalá y 0,86% para el tilo en muestras tomadas a los arboles dispersos a una edad incierta; estas especies arrojaron contenidos de calcio un poco menores a los reportados por Jaramillo y Jiménez (2000), quienes en condiciones de clima frio en la vereda Obonuco del municipio de Pasto, encontraron contenidos en calcio de 0,91 y 1,7% para las especies tilo y chicalá respectivamente.

A los 120 días posteriores a dicha poda, los contenidos de calcio oscilaron entre valores de 0,66% para las acacias, 0,83 para el chicalá y 0,81% para el loqueto y el tilo, contenidos que continuaron en incremento en la poda realizada a los 150 días, donde alcanzaron producciones entre 0,74% para la acacia y 0,93% para el loqueto, confirmando lo asegurado anteriormente en el sentido que dichos contenidos se acentúan con la madurez de le la planta. Con respecto a la estimación de la producción de calcio por hectárea al año, se concluye que la mejor edad de cosecha si se quiere obtener el máximo contenido de calcio en las especies arbóreas en estudio, es a una edad entre cortes de 150 días en estado adulto de la planta, contrario a otros nutrientes como la proteína, que se expresó mejor a edad de rebrotes jóvenes; cuando se realizaron cortes cada 150 días en especies arbóreas plenamente maduras, se alcanzó producciones que oscilaron entre 4,15 y 37,92 kilogramos de calcio por hectárea año; siendo dicha producción muy variada como lo fue para los demás nutrientes, debido a que cada especie arbórea empleada en particular presentó producciones diferentes en cuanto a biomasa comestible, la cual fue empleada para la estimación de la producción de nutrientes.

Cuadro 41. Comportamiento del calcio en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas, evaluadas según frecuencia de corte.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
EDAD INCIERTA	CALCIO EN% DE MSC	1,01		0,89		1,17		0,98		0,86	
120	CALCIO EN% DE MSC	0,66		----------		0,83		0,81		0,81	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)
	Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	0,017	--------	---------	0,61	0,0050	0,61	0,0049	0,44	0,0035
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	8,4	--------	---------	301,3	2,47	301,3	2,42	217,3	1,73
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	25,2	--------	---------	903,9	7,41	903,9	7,26	651,9	5,19
150	CALCIO EN% DE MSC	0,74		0,84		0,87		0,93		0,89	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)	MS (Kg)	Ca(Kg)
	Ca: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	0,032	1,04	0,0087	3,00	0,03	0,62	0,0057	0,40	0,0035
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	15,80	513,76	4,29	1482	14,82	306,2	2,81	197,6	1,73
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	37,92	1233,0	10,29	3556,8	35,57	734,8	6,74	474,2	4,15

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120 y 150 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Ca (Kg): Calcio en Kilogramos; Ca: calcio.**

5.6.4 Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción: con relación al comportamiento de este mineral, en el kikuyo durante las diferentes etapas de su vida productiva, se observó (cuadro 42) que a los 112 días de establecido, los contenidos oscilaron entre 0,49% en el caso del kikuyo, establecido bajo la influencia de la acacia y 0,52% para el establecido bajo la influencia del loqueto, pero posteriormente, en las evaluaciones realizadas al kikuyo podado a los 45 y 60 días de intervalos entre podas se observó cuadro 43 que para 45 días, los contenidos oscilan entre 0,45% en el caso del kikuyo influenciado por el chicalá y 0,47% en las demás condiciones. Mientras que a los 60 días, estas condiciones parecen no mostrar variaciones en sus contenidos, ya que estuvieron entre 0,44 y 0,45% reflejándose una mayor estabilidad en este tipo de gramínea con relación a las arbóreas. Los contenidos en calcio obtenidos por el kikuyo están dentro de los rangos establecidos por Carulla et al (2004) quien estableció para esta gramínea rangos en calcio de 0,25 a 0,66%.

Es interesante el hecho que las especies arbóreas, desarrolladas bajo las condiciones medioambientales propias de clima frio en la vereda cámara del municipio de Guaca (Santander) presentaran mayores contenidos en calcio con relación a la gramínea kikuyo (*Cenchrus clandestinus),* comportamiento a favor de las arbóreas.

Cuadro 42. Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, durante la etapa de su establecimiento, cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio.

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO	
Ca EN % DE MSC	0,49		0,51		0,51		0,52		0,5		0,49	
UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)
Ca: EN Kg DE MSC/M[1]	0,291	0,0014	0,315	0,0016	0,29	0,0014	0,28	0,0014	0,29	0,0014	0,27	0,0013
Ca: EN Kg DE MSC/Ha	2910	14	3150	16	2990	14	2860	14	2980	14	2790	13
*Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	9312	42	10080	48	9568	42	9152	42	9536	42	8928	39
*Estimado con base en 3,2 cortes en el año; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Ca (Kg): Calcio en Kilogramos; Ca: calcio												

Cuadro 43. Comportamiento del calcio en la gramínea kikuyo, cultivada en asocio con las especies arbóreas y en cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR													
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO		SEE	P<
45	CALCIO EN% DE MSC.	0,47 a		0,47 a		0,45 a		0,47 a		0,47 a		0,46 a		0,002	0,985
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	------	-----
	Ca: EN Kg DE MSC/M²	0,26	0,0012	0,24	0,0011	0,26	0,0012	0,25	0,0012	0,28	0,0013	0,28	0,0013	------	-----
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	2600	12	2400	11	2600	12	2500	12	2800	13	2800	13	-------	------
	*Ca: EN Kg DE MSC/Ha/Año	20800	96	19200	88	20800	96	20000	96	22400	104	22400	104	------	-------
60	CALCIO EN% DE MSC.	0,44 a		0,45 a		0,44 a		0,45 a		0,44 a		0,44 a		0,002	0,985
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	MS(Kg)	Ca(Kg)	------	------
	Ca: EN Kg DE MSC/M²	0,41	0,0018	0,40	0,0018	0,39	0,0017	0,39	0,0017	0,39	0,0017	0,39	0,0017	-------	------
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha	4100	18	4000	18	3900	17	3900	17	3900	17	3900	17	-----	-----
	Ca: EN Kg DE MSC/Ha/AÑO	24600	108	24000	108	23400	102	23400	102	23400	102	23400	102	----	------
*Estimado con base en 8 o 6 cortes en el año, según se realicen cada 45 o 60 días; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Ca (Kg): Calcio en Kilogramos; Ca: calcio															

5.6.5 Comportamiento del fosforo en las arbóreas, durante la etapa de establecimiento y producción: el comportamiento del fosforo en la materia seca comestible producida por las arbóreas evaluadas al culminar su etapa de establecimiento, se observa en el cuadro 44; Donde dichos contenidos oscilaron entre 0,14% para el caso de la acacia hasta 0,28% para el caso del aliso, siendo este contenido superior a todos los demás y al análisis de varianza la diferencia obtenida con relación a los otros fue significativa (P<0,0001).

Cuando se analizó dicho comportamiento en su etapa productiva y con podas a 120, 150 y 180 días se observa cuadro 45 que en el caso de intervalos de 120 días los contenidos fueron entre 0,10% para la acacia a 0,26% para el aliso, valores que son inferiores a los reflejados con las mismas especies a la edad de establecimiento. Al comparar este comportamiento, con lo ocurrido a 150 días de recuperación, se observa que hay un ligero incremento y cuyos valores oscilaron entre 0,11% para el caso de la acacia hasta 0,5% para el caso del aliso, situación que continua incrementándose cuando el mencionado intervalo es de 180 días, donde el contenido en la acacia fue de 0,12% mientras que en el aliso de 0,30%.

Cuadro 44. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento.

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
FOSFORO EN % DE MSC	0,14 d		0,28 a		0,23 b		0,16 c		0,25 b		0	0,0001
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	------	--------
P: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,000008	0,005	0,000014	0,008	0,000018	0,007	0,000011	0,004	0,00001	------	------
*P: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,0041	2,47	0,0069	3,95	0,0089	3,458	0,0054	2	0,0049	------	-------
**P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	7,11	0,0098	5,93	0,016	9,48	0,021	8,3	0,012	4,8	0,011	-------	-------
*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; P (Kg): Fosforo en Kilogramos; P: fosforo												

Cuadro 45. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	FOSFORO EN % DE MSC	0,10 c		0,26 a		0,23 a		0,17 b		0,22 a		0,002	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	------	-----
	P: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,00019	0,13	0,00034	0,107	0,00025	0,050	0,000085	0,094	0,00021	------	-------
	*P: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	0,093	64,22	0,17	52,86	0,123	24,7	0,042	46,44	0,104	------	---------
	**P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	0,279	192,66	0,51	158,58	0,369	74,1	0,126	139,3	0,312	-----	----------
150	FOSFORO EN % DE MSC	0,11 c		0,25 a		0,17 bc		0,13 c		0,19 b		0,002	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	-------	--------
	P: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,00014	0,130	0,00032	0,047	0,00008	0,034	0,000044	0,027	0,000051	------	-------
	P: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	0,069	64,22	0,158	23,21	0,04	16,8	0,022	13,33	0,025	-------	---------
	P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	0,165	154,13	0,38	55,72	0,096	40,32	0,053	32,00	0,06	------	---------
180	FOSFORO EN % DE MSC	0,12 c		0,30 a		0,24 b		0,11 c		0,23 b		0,002	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	-----	--------
	P: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,00013	0,274	0,00082	0,093	0,00022	0,142	0,00015	0,088	0,00020	-------	------
	P: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	0,064	135,3	0,405	45,94	0,108	70,15	0,074	43,47	0,099	------	--------
	P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	0,128	270,6	0,81	91,88	0,216	140,3	0,148	86,94	0,198	------	--------

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3, 2,4 y 3 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 o 180 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; P (Kg): Fosforo en Kilogramos; P: fosforo.**

5.6.6 Comportamiento del fosforo en las especies arbóreas dispersas: el fosforo en las dispersa y evaluadas en su condición de adultas se observó que para la poda de formación los contenidos del fosforo oscilaron entre 0,23 a 0,35% para el caso de las especies tilo y acacia respectivamente (cuadro 46). Pero después de obtenidos estos valores y se volvieron a podar las mismas especies con diferencias entre podas de 120 y 150 días, se encontró que dichos contenidos oscilan entre 0,13% para la acacia y 0,31% para el chicalá, mientras que a los 150 días los valores oscilaron entre 0,14% para la acacia y 0,28% para el chicalá, siendo interesante anotar que en el caso del aliso, del cual nos hubo reporte a los 120 días por no expresar rebrotes, en el caso de los 150 días, su contenido fue de 0,27%.

Se concluye entonces que los contenidos de fosforo son muy variados, aumentando en algunas especies conforme aumenta la edad de sus rebrotes y disminuyendo en otras, situación que se reflejó al estimar la producción por hectárea al año, con producciones entre 1,63 a 5,04 kilogramos de fosforo.

Cuadro 46. Comportamiento del fosforo en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
*EDAD INCIERTA	FOSFORO EN % DE MSC	0,35		0,31		0,28		0,23		0,23	
120	FOSFORO EN % DE MSC	0,13		----------		0,31		0,25		0,26	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)
	P: EN Kg DE MSC/ árbol	2,63	0,0034	--------	---------	0,61	0,0019	0,61	0,0015	0,44	0,0011
	*P: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	1,68	--------	---------	301,3	0,94	301,3	0,74	217,3	0,54
	**P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	5,04	--------	---------	903,9	2,82	903,9	2,22	651,9	1,62
150	FOSFORO EN % DE MSC	0,14		0,27		0,28		0,15		0,27	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)	MS (Kg)	P(Kg)
	P: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	0,0060	1,04	0,0028	3,00	0,0084	0,62	0,00093	0,40	0,0011
	P: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	2,96	513,76	1,38	1482	4,15	306,2	0,46	197,6	0,54
	P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	7,104	1233,0	3,31	3556,8	9,99	734,8	1,104	474,2	1,30

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120 o 150 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; P (Kg): Fosforo en Kilogramos; P: fosforo.

5.6.7 Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo, durante el periodo de establecimiento y producción: con relación al comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo durante la etapa de establecimiento se observa cuadro 47 que sus contenidos oscilaron entre 0,37 y 0,39%, valores que se consideran estables y también superiores con relación al de las arbóreas.

El comportamiento de este mineral en podas con diferencias de 45 y 60 días en el kikuyo cultivado bajo la influencia de las arbóreas se observa en el cuadro 48 que oscilaron entre 0,39 % a 0,41% y cuando se cultivó sin ninguna influencia por parte de las arbóreas su contenido fue de 0,40%, valores estos que decrecieron ligeramente cuando la poda se realizó con 60 días de recuperación y sus contenidos disminuyeron ente 0,1 a 0,3 unidades porcentuales, contrastando lo ocurrido con el calcio que se aumenta ligeramente cuando el rebrote envejece.

La producción anual por hectárea del fosforo obtenido por le kikuyo, no fue tan variada como si lo fue en las arbóreas, debido a que como ha sido advertido con anterioridad, las especies arbóreas no influenciaron la producción de biomasa del kikuyo ni tampoco sus contenidos en nutrientes, por lo cual el aforo realizado al kikuyo fue casi similar en todos los caso, lo que reflejo que las estimaciones realizadas de nutrientes con base a dicha biomasa no presentaran variaciones significativas, oscilando para el caso de la producción de fosforo por parte del kikuyo entre 120 a 80 kilogramos.

En la gramínea kikuyo, los contenido de calcio fueron mayores que los de fosforo, situación que debe ser tomada muy en cuenta a la hora de emplear dicho forraje en la alimentación animal, guardando las relaciones mínimo de 1 a 1, según lo advierten Carulla et al (2011) quienes expresan que la relación calcio (Ca) fosforo (P), debe ser mínimo 1 a 1, advirtiendo que las concentraciones de fosforo no deben superar las de calcio.

Cuadro 47. Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo, durante los primeros 112 días de su establecimiento, cultivada en asocio con las diferentes especies arbóreas y en cultivo limpio.

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO	
FOSFORO: EN % DE MSC	0,38		0,39		0,38		0,38		0,38		0,37	
UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)
P: EN Kg DE MSC/M[1]	0,291	0,0011	0,315	0,0012	0,29	0,0011	0,28	0,001	0,29	0,001	0,27	0,0009
P: EN Kg DE MSC/Ha	2910	11	3150	12	2990	11	2860	10	2980	11	2790	9,9
P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	9312	33	10080	36	9568	33	9152	30	9536	33	8928	29,7

Cuadro 48.Comportamiento del fosforo en la gramínea kikuyo cultivada en asocio con las especies arbóreas y cultivo limpio, cosechada con intervalos de 45 y 60 días entre cortes

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR													
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		C. LIMPIO		SEE	P<
45	FOSFORO: EN % DE M SC	0,40 a		0,41 a		0,39 a		0,41 a		0,39 a		0,40 a		0,002	0,918
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	------	-------
	P: EN Kg DE MSC/M²	0,26	0,0010	0,24	0,0015	0,26	0,0010	0,25	0,0010	0,28	0,0011	0,28	0,0011	-------	-------
	P: EN Kg DE MSC/Ha	2600	10	2400	15	2600	10	2500	10	2800	11	2800	11	-------	-------
	**P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	20800	80	19200	120	20800	80	20000	80	22400	88	22400	88	-------	--------
60	FOSFORO: EN % DE M SC	0,37 a		0,38 a		0,38 a		0,38 a		0,38 a		0,37 a		0,002	0,918
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	MS(Kg)	P(Kg)	------	-------
	P: EN Kg DE MSC/M²	0,41	0,0015	0,40	0,0010	0,39	0,0015	0,39	0,0015	0,39	0,0015	0,39	0,0014	------	-------
	P: EN Kg DE MSC/Ha	4100	15	4000	10	3900	15	3900	15	3900	15	3900	14	------	------
	P: EN Kg DE MSC/Ha/Año	24600	90	24000	60	23400	90	23400	90	23400	90	23400	84	-------	--------

***Estimado con base en 8 o 6 cortes en el año; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; P (Kg): Fosforo en Kilogramos; P: fosforo.**

5.6.8 Comportamiento del magnesio en las especies arbóreas durante el periodo de establecimiento, producción y árboles dispersos: con relación al comportamiento del magnesio, en la materia seca comestible de las arbóreas, durante su etapa de establecimiento, se encontró cuadro 49 que dicho mineral osciló entre 0,18% para las acacia a 0,34% para el tilo, siendo este último contenido superior P<0,0001 con relación a los contenidos en las demás especies.

Cuando se observaron los contenidos en magnesio durante la etapa productiva, con podas con diferencias de 120 ,150 y 180 días, se observó (cuadro 50) que los contenidos del magnesio oscilaron entre 0,15% para el caso de la acacia a 0,27% para el caso del loqueto. Contenidos estos que a los 150 días permanecieron relativamente estables, revelando la misma proporción para la acacia y 1 unida porcentual inferior en el loqueto a 120 días. En el caso de la poda realizada a los 180 días se encontró que dichos contenidos en la acacia tienden a acumularse y se incrementaron en un 0,04% unidades porcentuales mientras que en le chicalá y tilo se incrementaron en 0,04 unidades porcentuales.

Evaluado los anteriores contenidos del mineral magnesio, en las arbóreas dispersas en su poda de formación a edad adulta y posteriores observaciones con 120 y 150 días de intervalos, en el cuadro 51 se observa que en la poda de formación dichos contenidos oscilaron entre 0,21 y 0,38%, mientras que a los 120 días posteriores a dicha poda, los contenidos de magnesio oscilaron entre 0,21% para la acacia y 0,29% para el loqueto, contenidos que observaron ligeros incrementos a los 150 días con 0,03% en el caso de la acacia y 0,01% en el caso del loqueto y tilo. Las estimaciones de magnesio por hectárea al año de las especies en su plena madurez cosechadas cada 120 días estuvieron por el orden de los 3 kilogramos en promedio.

Cuadro 49. Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
Magnesio EN % DE MSC	0,18 d		0,27 c		0,26 c		0,29 b		0,34 a		0	0,0001
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Mg(Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS(Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS(Kg)	Mg (Kg)	------	-----
Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,000011	0,005	0,000013	0,008	0,000021	0,007	0,00002	0,004	0,000014	-----	-------
*Mg: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,0054	2,47	0,0064	3,95	0,01	3,458	0,0098	2	0,0069	-----	-------
**Mg: EN Kg DE MSC/Ha/Año	7,11	0,013	5,93	0,015	9,48	0,024	8,3	0,023	4,8	0,016	------	-------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Mg (Kg): Magnesio en Kilogramos; Mg: Magnesio

.

Cuadro 50.Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR										SEE	P<
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO			
120	Magnesio EN % DE MSC	0,15 c		0,25 ab		0,23 b		0,27 a		0,26 a		0,001	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	--------	--------
	Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,00028	0,13	0,00032	0,107	0,00024	0,050	0,00013	0,094	0,00024	------	------
	*Mg: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	0,0138	64,22	0,158	52,86	0,118	24,7	0,064	46,44	0,118	-------	-------
	**Mg: EN Kg DE MSC/Ha/AÑO	281,58	0,414	192,66	0,474	158,58	0,354	74,1	0,192	139,3	0,354	------	--------
150	Magnesio EN % DE MSC	0,15 c		0,26 a		0,19 b		0,26 a		0,24 a		0,001	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS (Kg)	Mg(Kg)	MS(Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	-------	---------
	Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,00019	0,130	0,00034	0,047	0,000089	0,034	0,000088	0,027	0,00006	-------	--------
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	0,093	64,22	0,167	23,21	0,044	16,8	0,043	13,33	0,030	-------	-------
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha/año	150,58	0,22	154,13	0,400	55,72	4,106	40,32	0,103	32,00	0,072	-------	--------
180	Magnesio EN % DE MSC	0,19 c		0,29 a		0,24 b		0,27 a		0,30 bc		0,001	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg(Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS(Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	------	--------
	Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,00021	0,274	0,00079	0,093	0,00022	0,142	0,00038	0,088	0,00026	------	-------
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	0,103	135,3	0,390	45,94	0,108	70,15	0,187	43,47	0,0128	------	-----
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	0,206	270,6	0,78	91,88	0,216	140,3	0,374	86,94	0,256	-----	--------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 o 180 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Mg (Kg): Magnesio en Kilogramos; Mg: Magnesio

Cuadro 51. Comportamiento del magnesio en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las especies arbóreas dispersas, evaluadas cada 120 y 150 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
INCIERTA	Magnesio EN % DE MSC	0,28		0,29		0,31		0,31		0,28	
120	Magnesio EN % DE MSC	0,21		----------		0,25		0,29		0,26	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)
	Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	0,0055	--------	---------	0,61	0,0015	0,61	0,0017	0,44	0,0011
	*Mg: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	2,71	--------	---------	301,3	0,741	301,3	0,84	217,3	0,54
	**Mg: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	8,13	--------	---------	903,9	2,22	903,9	2,52	651,9	1,62
150	Magnesio EN % DE MSC	0,23		0,26		0,24		0,3		0,27	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)	MS (Kg)	Mg (Kg)
	Mg: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	0,0099	1,04	0,0027	3	0,0072	0,62	0,0018	0,4	0,0011
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha	2139	4,89	513,76	1,33	1482	3,55	306,2	0,89	197,6	0,54
	Mg: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	11,73	1233	3,19	3556,8	8,52	734,8	2,14	474,2	1,29

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; **Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 días respectivamente; MS (Kg) Materia seca en kilogramos; Mg (Kg): Magnesio en Kilogramos; Mg: Magnesio.

5.7 COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES

5.7.1 Comportamiento de los taninos en las especies arbóreas durante los periodos de establecimiento, producción y árboles dispersos: con relación al contenido de factores antinutricionales presentes en las arbóreas objeto del estudio, se detectó la presencia de taninos y fenoles, elementos que de alguna u otra manera pueden influenciar el grado de aprovechamiento de algunos nutrientes, como es el caso de la proteína.

Con relación a los taninos en las especies arbóreas establecidas y evaluadas a los cinco meses de edad, se soportaron valores de 2,06% para el caso del tilo y de 3,22% para el caso del loqueto, siendo estos los dos valores extremos (Cuadro 52).

En podas posteriores (cuadro 53), efectuadas a los 120, 150 y 180 días, los mencionados contenidos oscilaron entre 2,62% en el caso del chicalá a 4,55% en el caso del loqueto, mientras que cuando la poda se realizó con 150 días de diferencia, los valores oscilaron entre 1,95% para el chicalá y 4,08% para el loqueto, valores que curiosamente fueron inferiores a los reportados a los 120 días por las mismas especies, disminuyendo en 0,67 unidades para el caso del chicalá y en 0,47% para el loqueto, comportamiento que continuo reduciendo a los 180 días en su contenido para el caso del chicalá a los 180 días, mientras que en el loqueto incremento con un porcentaje de 0,67%.

Es interesante como los taninos fueron más frecuentes en aquellas especies denominadas leguminosas como la acacia, lo que corrobora lo expuesto por Ojeda y Ríos (2014) advirtiendo que los metabolitos secundarios como taninos, saponinas, mimosinas, cianógenos y otros están frecuentes en aquellas plantas con altos niveles de nitrógeno como las llamadas leguminosas, plantas que utilizadas para la alimentación animal pueden sobresalir en el aprovechamiento del nitrógeno por el rumiante, debido a que los taninos pueden reducir la degradación de la proteína a nivel ruminal, haciéndola sobrepasante como lo advierte Rosales (1998), el cual sugiere que utilizando plantas forrajeras con altos niveles de taninos mezclados con especies altas en nitrógeno soluble se mejora el uso de nitrógeno por el rumiante al reducir la degradación de la proteína en el rumen.

En las arbóreas dispersa y podadas en estado adulto, a una edad indeterminada en el cuadro 54 se encontraron valores que oscilaron entre 3,73 y 1,73. Mientras que estos mismos especies arbóreas evaluadas con intervalos de 120 y 150 días después de la primera poda, observaron valores que están entre 5,61 y 580 para el caso de la acacia a esas dos edades, y de 1,61 a 2,36% para el caso del chicalá y de 2,14 y 3,87% para el loqueto.

Si bien es cierto que los taninos pueden presentar una pequeña disminución con forme avanza la edad del rebrote, su comportamiento es más variado una vez está

el árbol en su plena madurez, con tendencias a aumentar con forme aumenta el rebrote, como se observó con el análisis de las especies dispersa cuadro 54.

Cuadro 52. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
TANINOS EN % DE MSC	2,99 a		2,31 b		1,77 b		3,22 a		2,06 b		0,07	0,0001
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	------	--------
T: EN Kg DE MSC/ ÁRBOL	0,006	0,00018	0,005	0,00011	0,008	0,00014	0,007	0,002	0,004	0,000082	------	---------
*T: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,089	2,47	0,054	3,95	0,07	3,458	0,108	2	0,04	------	---------
**T: EN Kg DE MSC/Ha/AÑO	7,11	0,21	5,93	0,13	9,48	0,17	8,3	0,26	4,8	0,096	------	-------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS(Kg): Materia seca en kilogramos; T(Kg): Taninos en kilogramos; T: Taninos.

Cuadro 53. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible de las arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	TANINOS EN % DE MSC	4,35 ab		3,86 b		2,62 c		4,55 a		3,43 b		0,027	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	-------	------
	T: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,0082	0,13	0,0050	0,107	0,0028	0,050	0,0023	0,094	0,0032	------	-------
	*T: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	4,05	64,22	2,47	52,86	1,38	24,7	1,14	46,44	1,58	-----	-------
	**T: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	12,15	192,66	7,41	158,58	4,14	74,1	3,42	139,3	4,74	-------	-------
150	TANINOS EN % DE MSC	3,85 ab		3,41 b		1,95 d		4,08 a		2,60 c		0,027	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	-----	------
	T: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,0049	0,130	0,0044	0,047	0,00091	0,034	0,0014	0,027	0,00070	------	-------
	T: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	2,42	64,22	2,17	23,21	0,45	16,8	0,69	13,33	0,34	-------	--------
	T: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	5,81	154,13	5,21	55,72	1,08	40,32	1,66	32,00	0,82	-------	-------
180	TANINOS EN % DE MSC	3,61 b		2,65 c		1,85 d		4,75 a		2,55 c		0,027	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	MS(Kg)	T (Kg)	------	------
	T: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,0039	0,274	0,0073	0,093	0,0017	0,142	0,0067	0,088	0,0022	-------	-------
	T: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	1,92	135,3	3,60	45,94	0,84	70,15	3,31	43,47	1,08	------	------
	T: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	3,84	270,6	7,2	91,88	1,68	140,3	6,62	86,94	2,16	------	--------

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en 3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realice cada 120, 150 o 180 días; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; T(Kg): Taninos en kilogramos; T: Taninos.**

Cuadro 54. Comportamiento de los taninos en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
*EDAD INCIERTA	TANINOS EN % DE MSC	3,78		2,41		1,73		2,47		2,06	
120	TANINOS EN % DE MSC	5,61		----------		1,61		2,14		2,49	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)
	T: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	0,15	--------	---------	0,61	0,0098	0,61	0,013	0,44	0,011
	*T: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	74,1	--------	---------	301,3	4,84	301,3	6,42	217,3	5,43
	**T: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	222,3	--------	---------	903,9	14,52	903,9	19,26	651,9	13,03
150	TANINOS EN % DE MSC	5,80		2,74		2,36		3,87		2,43	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)	MS (Kg)	T (Kg)
	T: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	0,25	1,04	0,028	3,00	0,071	0,62	0,024	0,40	0,0097
	T: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	124,06	513,76	13,83	1482	35,07	306,2	11,86	197,6	4,79
	T: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	297,7	1233,0	33,19	3556,8	84,17	734,8	28,46	474,2	11,49

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realice cada 120 o 150 días; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; T (Kg): Taninos en kilogramos; T: Taninos.**

5.7.2 Comportamiento de los fenoles en las especies arbóreas, durante el periodo de establecimiento, producción y árboles dispersos: con relación al comportamiento de los fenoles, durante la etapa de establecimiento, se observa que estos estuvieron entre 1,94% para el caso del chicalá y 3,42% para el caso del loqueto cuadro 55. Valores estos que cambiaron cuando se analizaron a los 120, 150 y 180 días de intervalo en las podas subsiguientes cuadro 56, oscilando entre 2,92% a 5,10% para el chicalá y loqueto respectivamente para las podas a 120 días y entre 2,16 a 4,55% a los 150 días para las mismas especies, valores que disminuyeron a la poda de 180 días, oscilando entre 2,03 a 3,87% en el caso del chicalá y la acacia y que curiosamente se mantuvieron por encima de las 5 unidades porcentuales para el caso del loqueto.

Finalmente el comportamiento de los fenoles en las arbóreas dispersa cuadro 57, evaluadas a la primera poda (poda de formación), se encontraron entre 1,87 y 4,34% para las especies chicalá y acacia respectivamente. Mientras que estas mismas especies revelaron en la poda de 120 días valores de 1,79% para el chicalá y de 6,08% para las acacias. En la poda a 150 días, los contenidos oscilaron entre 2,61% para el tilo y 6,71% para las acacias, especie esta última que siempre reveló los más altos contenidos, corroborando lo afirmado por Ojeda y Ríos (2014), al referirse a las especies leguminosas como aquellas en donde se presentan los mayores contenidos de factores antinutricionales.

Cuadro 55. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible, con base en la materia seca de las arbóreas evaluadas durante la etapa de establecimiento (primeros cinco meses)

UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
	ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
FENOLES EN % DE MSC	3,21 a		2,50 b		1,94 b		3,42 a		2,18 b		0,07	0,0001
UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	--------	--------
F: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,006	0,0002	0,005	0,00012	0,008	0,00015	0,007	0,00024	0,004	0,00009	----------	----------
*F: EN Kg DE MSC/Ha	2,96	0,093	2,47	0,059	3,95	0,07	3,458	0,12	2	0,043	--------	--------
**F:EN Kg DE MSC/Ha/Año	7,11	0,22	5,93	0,14	9,48	0,168	8,3	0,28	4,8	0,10	--------	--------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en 2,4 cortes en el año; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; F (Kg): Fenoles en kilogramos; F: Fenoles.

Cuadro 56. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible de las especies arbóreas evaluadas con podas realizadas en diferentes edades.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR											
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO		SEE	P<
120	FENOLES EN % DE MSC	4,78 a		4,22 b		2,92 d		5,10 a		3,76 c		0,029	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	-------	----------
	F: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,19	0,0090	0,13	0,0054	0,107	0,0031	0,050	0,0025	0,094	0,0035	-------	-------
	F: EN Kg DE MSC/Ha	93,86	4,44	64,22	2,67	52,86	1,53	24,7	1,23	46,44	1,73	-------	----------
	F: EN Kg DE MSC/Ha/Año	281,58	13,32	192,66	8,01	158,58	4,59	74,1	3,69	139,3	5,19	-------	--------
150	FENOLES EN % DE MSC	4,18 ab		3,69 b		2,16 d		4,55 a		2,74 da		0,029	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F (Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	--------	--------
	F: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,127	0,0053	0,130	0,0048	0,047	0,0010	0,034	0,0015	0,027	0,00073	------	--------
	F: EN Kg DE MSC/Ha	62,74	2,62	64,22	2,37	23,21	0,49	16,8	0,74	13,33	0,36	-------	------
	F: EN Kg DE MSC/Ha/Año	150,58	6,29	154,13	5,68	55,72	1,17	40,32	1,78	32,00	0,86	--------	-------
180	FENOLES EN % DE MSC	3,87 b		2,89 c		2,03 d		5,24 a		2,65 cd		0,029	0,0001
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	MS(Kg)	F(Kg)	-------	--------
	F: EN Kg DE MSC/ Árbol	0,110	0,0042	0,274	0,0079	0,093	0,0018	0,142	0,0074	0,088	0,0023	------	--------
	F: EN Kg DE MSC/Ha	54,34	2,07	135,3	3,90	45,94	0,89	70,15	3,65	43,47	1,14	-------	--------
	F: EN Kg DE MSC/Ha/Año	108,68	4,14	270,6	7,8	91,88	1,78	140,3	7,3	86,94	2,28	-------	-------

*Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en3, 2,4 y 2 cortes en el año, según se realicen cada 120, 150 o 180 días respectivamente ; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; F (Kg): Fenoles en kilogramos; F: Fenoles.

Cuadro 57. Comportamiento de los fenoles en la biomasa comestible, con base en la materia seca disponible de las especies arbóreas dispersas evaluadas cada 120 y 150 días.

DÍAS ENTRE PODAS	UNIDAD A EVALUAR	ESPECIE A EVALUAR									
		ACACIA		ALISO		CHICALÁ		LOQUETO		TILO	
EDAD INCIERTA	FENOLES EN % DE MSC	4,34		2,58		1,87		2,27		2,14	
120	FENOLES EN % DE MSC	6,08		----------		1,81		2,37		2,64	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)
	F: EN Kg DE MSC/ Árbol	2,63	0,16	----------	---------	0,61	0,011	0,61	0,014	0,44	0,011
	*F: EN Kg DE MSC/Ha	1299,2	79,04	--------	---------	301,3	5,434	301,3	6,91	217,3	5,43
	**F: EN Kg DE MSC/Ha/Año	3897,6	237,12	--------	---------	903,9	16,30	903,9	20,73	651,9	16,29
150	FENOLES EN % DE MSC	6,71		3,00		2,65		4,39		2,61	
	UNIDAD DE MEDIDA:	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)	MS (Kg)	F (Kg)
	F: EN Kg DE MSC/ Árbol	4,33	0,29	1,04	0,031	3,00	0,079	0,62	0,027	0,40	0,010
	F: EN Kg DE MSC/Ha	2139,0	143,26	513,76	15,314	1482	39,02	306,2	13,33	197,6	4,94
	F: EN Kg DE MSC/Ha/Año	5133,6	343,824	1233,0	36,75	3556,8	93,66	734,8	31,99	474,2	11,85

***Estimado con base en 494 árboles por hectárea; ** Estimado con base en 3 y 2,4 cortes en el año, según se realicen cada 120 o 150 días; MS (Kg): Materia seca en kilogramos; F (Kg): Fenoles en kilogramos; F: Fenoles.**

5.8 COMPORTAMIENTO DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES (TEMPERATURA Y LLUVIAS) DE INFLUENCIA EN EL ESTUDIO.

Para el estudio del sistema silvopastoril se tuvo en cuenta el comportamiento de las condiciones medioambientales (temperatura y precipitación) (ver cuadro 58), como factores claves en los procesos fisiológicos de la planta. Según Gillet 1984, cada especie vegetal tiene un rango óptimo de temperatura, en el cual realiza a cabalidad los procesos fotosintéticos, si dicha temperatura decrece bruscamente se afecta la respiración de la planta influenciando la velocidad de crecimiento, la fotosíntesis, la absorción de agua y por ende de nutrientes esenciales para la nutrición de la planta presentes en el suelo, nutrientes que de alguna u otra manera se reflejan en la biomasa comestible de cada planta**.**

El cuadro 58 contiene la información registrada del comportamiento de la temperatura y las lluvias que influenciaron en el crecimiento y desarrollo de la especies arbóreas y gramíneas que integraron el sistema silvopastoril implementado en condiciones de trópico alto del municipio de Guaca Santander. En general la temperatura oscilo entre 11,21 hasta 23,89 °C, con un promedio diario de 17,52 °C, con niveles bajos en los meses de enero y noviembre de 2017.

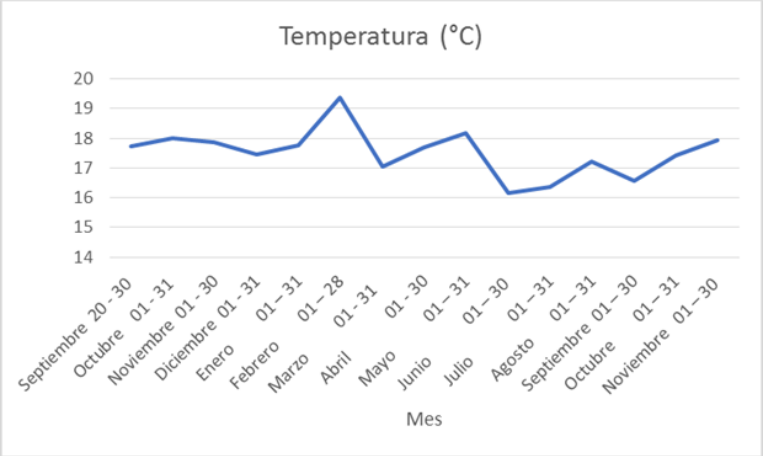
Por otra parte durante el desarrollo del trabajo investigativo precipitó un total de 1669,15 mm, con épocas de sequias entre los meses de enero, febrero, agosto, octubre y noviembre de 2017.

Cuadro 58. Comportamiento de las condiciones medioambientales (temperatura y lluvias) encontradas durante el desarrollo de la investigación.

Año	Mes/días	Promedio de Temperatura (°C)			Pluviometría (mm)	
		Mínima	Máxima	Promedio Día	Sumatoria mes	Promedio día
2016	Septiembre 20 – 30	11,19	24,30	17,74	89,05	8,09
2016	Octubre 01 – 31	11,23	24,82	18,02	222,6	7,18
2016	Noviembre 01 – 30	11,6	24,13	17,86	120,5	4,02
2016	Diciembre 01 – 31	10,56	24,37	17,46	115	3,71
2017	Enero 01 – 31	9,12	26,45	17,78	30	0,97
2017	Febrero 01 – 28	11,78	26,98	19,38	2,5	0,089
2017	Marzo 01 – 31	10,95	23,16	17,05	160	5,161
2017	Abril 01 – 30	11,48	23,95	17,71	96	3,2
2017	Mayo 01 – 31	14,86	21,51	18,18	174,5	5,81
2017	Junio 01 – 30	11,5	21,83	16,16	137	4,56
2017	Julio 01 – 31	11,46	21,27	16,36	171	5,51
2017	Agosto 01 – 31	11,53	22,91	17,22	80	2,58
2017	Septiembre 01 – 30	11,16	21,96	16,56	155	5,16
2017	Octubre 01 – 31	10,59	24,25	17,42	86	2,77
2017	Noviembre 01 – 30	9,28	26,57	17,92	30	0,97
Promedio día		**11,21**	**23,89**	**17,52**		**3,,98**
Sumatoria					**1669,15**	
°C: Grados Centígrados; mm: milímetros;						

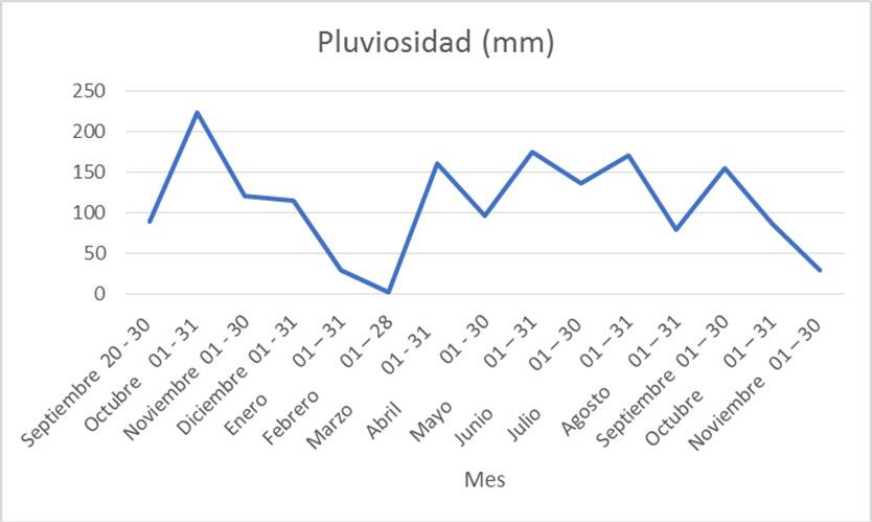
En la temperatura figura 3, podemos observar que el comportamiento de dicha variable fue muy variable, con una tendencia en general a descender, presentando picos de elevada temperatura en los meses de febrero de 2016, abril y mayo del mismo año; en los meses iniciales a la investigación la temperatura se mantuvo estable y a partir del mes de febrero del 2017 esta se presentó con variaciones, variaciones que afectan la producción y composición del forraje arbóreo y el de la gramínea.

Figura 3. Comportamiento de la temperatura durante el desarrollo del estudio



Con respecto a la pluviosidad (figura 4), está fue muy variada, presentando un alto pico de precipitación en el mes de octubre de 2016, y a partir de este momento inicio a descender hasta el mes de febrero donde nuevamente se presentaron las lluvias constantes hasta el mes de septiembre para nuevamente descender bruscamente. En general tanto la temperatura como las lluvias fueron muy variadas, presentando picos elevados en diferentes meses lo que afecta las producción de forraje y la composición del mismo, como es advertido por López, *et al.* (2017) los cuales advierten que altas temperaturas y por tiempos prolongados (veranos largos) afectan la producción de forraje, tanto en cantidad de biomasa como en la calidad del mismo.

Figura 4. Comportamiento de la pluviosidad encontrada durante el desarrollo del estudio



5.9 ESTIMACION DEL POTENCIAL EN PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINOS Y CAPRINOS ALIMENTADOS CON EL SISTEMA SILVOPASTORIL.

Se estimó el potencial productivo del sistema silvopastoril con base en los aportes de la biomasa comestible de la materia seca del Tilo con podas cada 120 días, más la biomasa de la gramínea kikuyo cosechada a los 45 días. En donde se estimó la producción de una hembra bobina en lactancia de 400 kilogramos de poso vivo equivalente a una unidad gran ganado (UGG), la dieta estaba conformada por 80% de kikuyo y un 20 % de tilo, con base a un consumo del 2,6 % con relación al peso vivo lo que equivale a 10,4 kg de materia seca por día, los contenidos nutricionales del kikuyo y del tilo, y la estimación del potencial productivo de una UG en lactancia. (ver cuadros 59 y 60)

Cuadro 59. Nutrientes empleados para el ejercicio de la estimación del potencial productivo del sistema silvopastoril, para una hembra bovina

Especie	Nutrientes.					
	MS	PC	TDN	ENL	Ca	P
	%	%	%	Mcal	%	%
kikuyo	20	18,38	60	1,37	0,47	0,4
Tilo	36	21,49	65,45	1,49	0,82	0,22

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; TDN: Nutrientes digestibles totales; ENL: Energía neta para leche; Ca: Calcio; P: Fosforo; %: porcentaje; Mcal: Megacalorias

Cuadro 60. Estimación del potencial productivo de una (UGG), alimentada con kikuyo y tilo en una proporción de 80 y 20% respectivamente.

DESCRIPCIÓN	NUTRIENTES					
	PC	TDN	ENL	ED	Ca	P
	g	Kg	Mcal	Mcal	g	g
Aporte del kikuyo:(8,32 Kg de MSC)	1529	4,992	11,398	22,009	39,1	33,2
Aporte del Tilo: (2,08 Kg de MSC)	446	1,361	3,099	6,009	17	4,576
Aporte de la dieta (Sumatoria)	**1975**	**6,353**	**14,497**	**28,018**	**56,1**	**37,776**
***Requerimientos para mantenimiento.**	**318**	**3,13**	**7,16**	**13,8**	**16**	**11**
Excedentes para producción	1657	3,223	7,337	14,218	40,1	26,776
***Requerimientos/ Kg/leche con: 4%Grasa.**	**90**	**0,322**	**0,74**	**1,42**	**3,21**	**1,98**
Kilogramos de leche producida por día.	**18,411**	**10,009**	**9,915**	**10,013**	**12,492**	**13,523**

MSC: Materia seca Comestible; PC: Proteína cruda; TDN: Nutrientes digestibles totales; ENL: Energía neta para leche; Ca: Calcio; P: Fosforo; g: gramos; Kg: Kilogramos; Mcal: Megacalorias.

Fuente: SHIMADA, Armando. Nutrición animal. México: Trillas, 2005. 388p. ISBN 978-968-2465635

Se debe adicionar 5,983 Mcal ENL, 17,68 gramos de Ca y 9 gramos de P, para balancear con la proteína aportada de la dieta y producir los 18, 4 kilogramos de leche diarios.

La estimacion para una cabra de raza Saanen de 50 kilogramos de peso, en alta actividad, pastoreo extensivo o montañoso, vegetación escasa y primera parte de la preñez. Un consumo de materia seca de 7% de su peso vivo; 3,5 kilogramos de

materia seca, con una relación de 30% kikuyo, 10% tilo, 50%acacia y 10% aliso. (Cuadro 61 y 62)

Cuadro 61. Nutrientes empleados para el ejercicio de la estimación del potencial productivo de una hembra caprina

Especie	Nutrientes.					
	MS	PC	TDN	ENL	Ca	P
	%	%	%	Mcal	%	%
Kikuyo	20	18,38	60	1,37	0,47	0,4
Tilo	36	16	65,45	1,49	0,82	0,22
Acacia	48	17,46	61,68	1,39	0,72	0,10
Aliso	46,35	17,98	63,26	1,43	0,74	0,26

*MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; TDN: Nutrientes digestibles totales; ENL: Energía neta para leche; Ca: Calcio; P: Fosforo; %: porcentaje; Mcal: Megacalorias.

Cuadro 62. Estimación del potencial productivo de una hembra caprina alimentada con 30% kikuyo, 10% tilo, 50% acacia y 10%aliso

DESCRIPCIÓN	NUTRIENTES					
	PC	TDN	ENL	ED	Ca	P
	G	g	Mcal	Mcal	g	g
Aporte del kikuyo:(1,08 Kg de MSC)	198,5	648	1,48	2,86	5,076	4,32
Aporte del Tilo: (0,35 Kg de MSC)	56	229	0,52	1,00	2,87	0,77
Aporte de la Acacia: (1,75 Kg de MSC)	305,55	1079	2,43	4,75	12,6	1,75
Aporte del Aliso: (0,35 Kg de MSC)	62,93	221,41	0,50	0,97	2,59	0,91
Aporte de la dieta (Sumatoria)	**623**	**2177**	**4,93**	**9,58**	**23,13**	**7,75**
***Requerimientos para mantenimiento**	**128**	**-------**	**-------**	**4,10**	**5**	**3,5**
Excedentes para producción	495	--------	-------	5,48	18,13	4,25
*Requerimientos/ Kg/leche con: 4%Grasa.	**72**	**------**	**-------**	**1,53**	**3**	**2,1**
Kilogramos de leche producida por día.	**6,87**	**----------**	**----------**	**3,6**	**6,04**	**2**

MSC: Materia seca Comestible; PC: Proteína cruda; TDN: Nutrientes digestibles totales; ENL: Energía neta para leche; Ca: Calcio; P: Fosforo; g: gramos; Kg: Kilogramos; Mcal: Megacalorias

Fuente: SHIMADA, Armando. Nutrición animal. México: Trillas, 2005. 388p. ISBN 978-968-2465635

6. CONCLUSIONES.

La implementación del sistema silvopastoril bajo las condiciones planteadas y en una zona de transición de clima frío a páramo, generó expectativas entre los productores locales dada la posibilidad de realizar a futuro actividades agropecuarias sustentables, en una zona en donde la legislación actual no lo permite.

La nueva visión de la finca, generada por la asociación de la arbórea y la gramínea permite prever un potencial productivo no esperado antes para la actividad pecuaria, aplicable para la agrícola, a pesar de lo incipiente, dio lugar a cambios de actitud positivos tanto de los propietarios de la finca como de los productores y vecinos, acostumbrados a ver el progresivo deterioro de las condiciones físicas de la finca en un estado de post cosecha.

La buena sinergia entre la gramínea y la arbórea generó expectativas no previstas para el potencial productivo de nuevas praderas, sin pensar aún en la posibilidad de uso del forraje arbóreo en la alimentación animal

Los bajos rendimientos en la producción de biomasa comestible por parte de las arbóreas evaluadas, dada su temprana edad y las condiciones medio ambientales, a más de 2500 msnm en las que debían realizar sus actividades fisiológicas, eran previsibles, en especial las de fotosíntesis para una mayor eficiencia productiva y en particular para producir biomasa.

Los elevados rendimientos en biomasa comestible de las denominadas arbóreas “dispersas” del entorno, permiten prever a futuro comportamiento similar o quizá

superior, según el manejo que se dé a las recién establecidas, colmando las expectativas de la anterior conclusión.

El establecimiento del pastizal con la utilización del Kikuyo “Cenchrus clandestinus” generó enormes expectativas no sólo por su buena adaptación, sino por su buen rendimiento en producción de biomasa (más de 2,0 kg/m2 de forraje en estado verde superando casi en un 100% los pastizales con la misma gramínea en la región.

Los aportes de nutrientes por parte de la biomasa comestible, en especial la proteína y la fibra tanto la efectiva como la total (FDN) y por ende los aportes energéticos ya sea como EB, ED, TDN o ENL, son promisorios para su utilización en sistemas de producción con animales herbívoros ya sea en carne o leche como lo demuestra el ejercicio sobre su potencial productivo.

Esta expectativa positiva e interesante, se debe fortalecer con programas de extensión para capacitar a los productores y difundir las bondades del sistema, sobre todo en su impacto sobre la sostenibilidad del sistema finca y sus efectos positivos sobre el suelo, medio ambiente y producción tanto agrícola como pecuario.

7. RECOMENDACIONES

Uno de los principales inconvenientes que se presentan con los sistemas silvopastoriles es la competencia por luz, agua y nutrientes que intervienen en el sistema, por tal razón se hace necesario un manejo correcto de las distancias de siembra y tamaño de la copa de las arbóreas, buscando minimizar dicha competencia y aumentar las sinergias entre ellas.

Para seleccionar las especies arbóreas a utilizar, se debe tomar como referente las dispersas existentes en el entorno y en lo posible determinar la aceptación por los animales, su producción de biomasa, capacidad de recuperación después de la poda y en lo posible sus efectos positivos sobre las condiciones físico químicas del suelo.

Teniendo en cuenta la baja producción de biomasa por las arbóreas evaluadas en el estudio atribuida a la temprana edad en que se le hicieron las podas, se sugiere continuar con ellas realizándolas cada 120 a 150 días, según la especie, hasta alcanzar su plena madurez y que la evaluación permita conocer el verdadero potencial de la planta desarrollada.

Al momento de realizar las podas de aprovechamiento de las arbóreas, se recomienda dejar un porcentaje de hojas y tallos en la planta con lo que se busca alterar al mínimo los procesos de fotosíntesis y de esta manera estimular la aparición de los nuevos rebrotes.

Para la realización de las podas tanto en las arbóreas como en las gramíneas, además del conocimiento del comportamiento fisiológico de la especie, se debe tener en cuenta las condiciones medioambientales del momento, dado que ellas son

determinantes en el comportamiento de la planta y en el uso que se pueda y se requiera dar a la planta en el momento

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, J. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. En: Revista cubana de ciencia agrícola. 2011, vol.45 no.2. 5 p. ISSN 0034 -7485

ALTIER, Miguel, *et al.* Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Editorial Nordan, 1999.221p.

ANDRADE, Hernan J; IBRAHIM, Muhammad. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? .En: groforestería en las Américas, 2003, vol. 10 no. 39., 5p.

BARAHONA ROSALES, Rolando; et al. Los sistemas silvopastoriles como eje de las contribuciones Nacionales para la reducción de emisiones de la ganadería en Colombia. En: Cambio climático y ganadería, 2017, vol.1 no. 1., 9p.

BARTHOLOMAUS, Ángel, *et al*. El manto de la tierra: Flora de los Andes. Tercera edición Alberto de la Rosa C. Colombia ,1998. 293.p. ISBN. 3-88085-427-0.

BEER, John; et al. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. En: Agroforestería en las Américas. 2003, vol. 10 no 37., 4p.

BENAVIDES B, Henry O; LEÓN A, Gloria E. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Nota técnica del IDEAM. [En línea]. Bogotá D.C.: IDEAM. 2007. (Recuperado en 12 septiembre 2016.) Disponible en http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd

BLANCO, Gloria Milena; CHAMORRO, Diego R; ARREAZA, Luis Carlos. Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus peruviana, Acacia decurrens,* y *Avena sativa,* usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). En: Revista Agrosavia, 2005, vol. 6 no. 2., 12p.

BOTERO B, Javier Antonio. Los sistemas silvopastoriles como sumideros de co^2. [En línea] Medellín Antioquia: Agronet. 2002. (Recuperado en 12 septiembre 2018.) Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6693/1/20061127115639_Sistemas%20silvopastoriles%20sumidero%20CO2.pdf

CALLE DÍAZ, Zoraida y MURGUEITIO RESTREPO, Enrique. El aliso o cerezo: un gran aliado para la ganadería sostenible en las montañas colombianas. En: Ganadería y ambiente, 2009, vol.2 no.2., p. 64.

CALVO GARCÍA, Sergio. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. [En línea]. Salamanca, España: Universidad de Salamanca. 2011. (Recuperado en 07 julio 2018.) Disponible en https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3761553.pdf

CARULLA, Juan E., *et al*. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. En: Revista Scielo. 2004, vol.1 no.1, 9p.

ESCOBAR, Carlos; et, al. Opciones silvopastoriles para mejorar la sostenibilidad de la ganadería en el Caquetá. [En línea]. Florencia: AGROSAVIA. 1999. 18p. (Recuperado en 12 septiembre 2018.) Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3964/1/20061024163747_Opciones%20silvopastoriles%20sostenibilidad%20ganadera.pdf

GILLET, Michel. Las gramíneas forrajeras. Traducido por: ALZUETA LUSARRETA, Carmen. Modo de acción de los factores del medio. Zaragoza: Editorial Acribia, 1984. 112 p. ISBM 84-200-0525-8.

GIRALDO V, L Alfonso. Potencial de la arbórea guácimo (Guazuma ulmifolia), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, 1998, vol.1 no.1, 10 p.

GOOGLE EARTH. Imagen satelital del municipio de Guaca. [En línea]. Colombia: Google Earth. 2018. (Recuperado en 10 septiembre 2018.) Disponible en https://www.google.com/maps/@6.8762376,-72.8605959,9874a,35y,90h/data=!3m1!1e3

GRANADOS SÁNQUEZ, D; LÓPEZ RÍOS, G F; HERNÁNDEZ GARCÍA M A. La lluvia acida y los ecosistemas forestales. En: Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente, 2010, vol. 16 no. 2., 206 p.

HERNÁNDEZ, I. y SIMÓN, L. Los sistemas silvopastoriles: Empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas. En: Pastos y forrajes.1993, vol. 16 no. 2., 5p.

IBRAHIM, Muhammad, *et al*. Sistemas silvopastoriles en América central: Experiencias de CATIE. En:Researchgate. 2008, vol.1 no.1., 18 p.

JARAMILLO RIASCOS, Yolanda Marcela y JIMENEZ ARCINIEGAS, Jeny Nury. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Tesis de pregrado. Pasto Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias, 2000, 89p.

JIMÉNEZ A, Fabián; *et al.* Establecimiento de sistemas silvopastoriles para clima frio de Santander. Bucaramanga: CORPOICA, 2003. 30 p. ISBN 9789588210506

LÓPEZ, Alejandro, et al. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en zona Atlántica de Costa Rica. En: Agroforestería en las Américas. 1999, vol. 6 no. 23 1999. 15p.

LOPÉZ ORTÍZ, Silvia; *et al*. Manual de árboles que gustan al ganado y benefician al potrero, los árboles, el ganado y mi potrero. Veracruz (Mexico): INECOL, 2017. 13 p. ISBN 9786077579731.

LÓPEZ R, Carlos D; LÓPEZ H, Eduardo S; ANCONA P, Ignacio. Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. En: Horizonte sanitario. 2005, vol. 4 no. 2., 5p.

LUNA, Luz Alba, *et al*. Caracterización biofísica y socioeconómica de la provincia de García Rovira. Málaga, Santander: CORPOICA, 1995. 95p.

MAHECHA, Liliana, *et al*. Experiencias en un sistema silvopastoril de Leucaena leucocephala - Cynodon plectostachyus- Prosopis juliflora en el Valle del Cauca, Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998. Vol. 1 no1., 6p.

MEJÍA PALACIO, Carlos; *et. al*. Bancos mixtos de forraje, una herramienta estratégica para la ganadería sostenible en Colombia. Ganadería Colombiana sostenible. [en línea]. Bogotá: FEDEGAN. 9 p. [consultado mayo de 2018]. Disponible en: http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2017/02/9-BANCOS-MIXTOS-DE-FORRAJE.pdf?x67440

MUÑOZ G, Diego Andrés; CALVACHE M, David Andrés; YELA O, José Fernando. Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas. 2013, vol. 29 no 1.,16p.

MURGUEITIO, Enrique. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. [En línea]. Bogotá D.C.: CIPAV. 2000. (Recuperado en 02 septiembre 2018.) Disponible en https://es.scribd.com/document/338920503/Sistemas-Agroforestales-para-la-Produccion-Ganadera-en-Colombia-pdf

MURGUEITIO R, Enrique; *et.al*. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (sspi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. En: Revista colombiana de ciencias pecuarias.2013, vol.26 no.1., 316 p.

NAVAS PANADERO, Alexander. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. En: Revista de medicina veterinaria. 2010, vol.19 no.1., 10 p.

NAVIA E, Jorge Fernando; CRIOLLO, Yali Carli; GARCÍA A, Javier. Comportamiento del *Aliso Alnus jorullensis* H.B.K en su fase de establecimiento en un arreglo silvopastoril en las propiedades del suelo del Altiplano de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas, 2001, vol.18 no.2., 139p.

OJEDA, Álvaro y RÍOS, Leyla. Beneficios de los compuestos secundarios en la nutrición y sanidad animal. [En línea]. Caracas: Venezuela: ganadería colombiana sostenible. 2014 85p. (Recuperado en mayo de 2018). Disponible en: http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2015/04/Memorias-Foro-SSP-Venezuela.pdf?x67440

OJEDA P, Pedro Antonio; *et, al*. Sistemas silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería. Interacciones del sistema silvopastoril. [En linea]. Santiago de Cali: Pronata, ciat, 2003. 68 p. ISBN 33 – 5693 – 1. (Recuperado mayo de 2018). Disponible en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3911/2/2006102417332_Sistemas%20silvopastoriles%20sustentable%20ganaderia.pdf

ROSALES MÉNDEZ, Mauricio. Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998. vol.1 no.1., p. 1-6

SALISBURY, Frank y ROSS, Cleon. Fisiología vegetal: Bioquímica de las plantas. México: editorial Iberoamérica, 1992. 238p. ISBN 053451620.

SÁNCHEZ D, Manuel. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. [En línea]. Bogotá D.C.:

FAO. 1998. (Recuperado en 12 junio 2018.) Disponible en http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Sanchez1.htm

SHIMADA, Armando. Nutrición animal. México: Trillas, 2005. 388p. ISBN 978-968-2465635

SILVA PARRA, Amanda; GARAY RODRÍGUEZ, Seydyss, GÓMEZ INSUASTI, Arturo S. Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de N_2O y calidad del pasto *Pennisetum clandestinus Hochst*, ex Chiov. En: Revista Colombia forestal, 2017, vol. 21 no.1.,11p.

URIBE T, Fernando, *et al.* Proyecto Ganaderia sostenible Manual 1: establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles., proyecto ganadería Colombiana sostenible. [en línea].Bogota: FEDEGAN. 2011. (Recuperado en mayo 2018.) Disponible en https://www.cipav.org.co/pdf/1.Establecimiento.y.manejo.de.SSP.pdf

ANEXOS

Anexo A. Formato requerido por el laboratorio para el origen de las muestras objeto de análisis

INFORMACIÓN DE ORIGEN DE MUESTRAS					
Solicitante/correo electronico :			CI.		
Proyecto:					
Fecha entrada al laboratorio:		m.s.n.m.:		Georreferenciación:	
Departamento:		Municipio:		Vereda:	
Finca:		Propietario:			
Época de recolección (sequia/lluvia/transición lluvia sequia/transición sequia lluvia):					
Fecha de recolección:					
Hora del día:					
CODIGO DE LABORATORIO:					
CODIGO DEL USUARIO:					
Nombre común:					
Nombre científico:					
Variedad:					
Topografía (plana,ondulada,pendiente):					
Materia seca en campo (%):					
Presentación (fresca/ensilaje/henolaje/):					
Parte de la planta (grano/flor):					
Altura planta al corte (cm) :					
Edad del corte (pastoreo/ poda) días:					
Tiempo de almacenaje (ensilaje/ henolaje)					
Textura del suelo (arenoso/arcilloso):					
Fertilización (tipo, producto, dosis, frecuencia)					
Aforo: (kg FV/m2):					
Observaciones:					
Análisis solicitado:					
Cantidad de muestra (g):					

Anexo B. Análisis de suelo del área donde se implementó el sistema silvopastoril, antes del establecimiento.

Determinación analítica.	Unidad.	Método.	Valor.	Interpretación.
pH	Unidades de pH	Vc_R_004 versión 2	6,05	Ligeramente acido
Conductividad eléctrica	ds/m	NTC5596:2008	0,24	No salino
Materia orgánica (MO)	%	Walkey & Black	4,93	**Bajo**
Fósforo disponible(P) Bray II	Mg/kg	NTC5350:2005	141,61	**ALTO**
Azufre disponible (S)	Mg/kg	Fosfato monobásico de calcio	10,78	**MEDIO**
Acidez intercambiable (Al+H)	$Cmol_{(+)}$/kg	Kcl	0,00	
Aluminio intercambiable(Al)	$Cmol_{(+)}$/kg	Kcl	0,00	
Calcio intercambiable (ca)	$Cmol_{(+)}$/kg	NTC5349:2008	8,96	**ALTO**
Magnesio intercambiable (Mg)	$cmol_{(+)}$/kg	NTC5349:2008	0,57	**BAJO**
Potasio intercambiable (k)	$Cmol_{(+)}$/kg	NTC5349:2008	0,23	**MEDIO**
Sodio intercambiable (Na)	$cmol_{(+)}$/kg	NTC5349:2008	<0,10	**BAJO**
Capacidad de intercambio catiónico (CLCE)	$cmol_{(+)}$/kg	Suma de cationes	9,85	**BOJO**
Hierro disponible (Fe) Olsen	Mg/kg	NTC5526:2007	205.79	**ALTO**
Manganeso disponible(Mn) Olsen	Mg/kg	NTC5526:2007	1,65	**BAJO**
Zinc disponible (Zn) Olsen	Mg/kg	NTC5526:2007	1,52	**MEDIO**
Cobre disponible (Cu) Olsen	Mg/kg	NTC5526:2007	1,01	**MEDO**
Boro disponible (B)	Mg/kg	Fosfato monobásico de calcio,	0,78	**ALTO**

SATURACIÓN DE BASES.	Saturación de calcio	91% alto
	Saturación de magnesio	6% Bajo
	Saturación de potasio	2% Medio
	Saturación de sodio	10% normal.
	Saturación de aluminio.	0%
RELACIONES IÓNICAS.	Relación Ca/Mg	15,8
	Relación (Ca+Mg)/K	41,7
	Relación Mg/K	2,5
	Relación Ca/	2295

Diagnóstico de los resultados del análisis de suelo.

Suelo con reacción ligeramente acido. Materia orgánica con porcentaje bajo, indicando limitada disponibilidad del nitrógeno, de acuerdo con ello, se considera pertinente suministrar este. El azufre se encuentra en cantidades medias, por lo anterior, se sugiere aportarlo al suelo. El nivel de calcio es alto, por lo cual, requiere adiciones moderadas del mismo. Las bases de cambio Magnesio y Potasio presentan niveles edáficos bajos y medios, por lo tanto, se aconseja añadir cada uno de ellos. Los micro elementos Manganeso y Zinc están en concentraciones nativas bajas y medias, por ende se recomienda agregarlos al suelo. Se considera oportuno aportar materia orgánica.

Anexo C. Análisis de suelo del área donde se implementó el sistema silvopastoril, después de un año de establecido

Determinación analítica.	Unidad de medida	Valor	Interpretación
pH	Unidades de pH	5.5	Ligeramente asido
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0,15	ideal
Contenido de C.	%	3,14	medio
Fósforo disponible(P)	Ppm	442	alto
Azufre disponible (S)	Ppm	9,5	adecuados
Acidez intercambiable	$Cmol_{(+)}/kg$	---	-----
Aluminio intercambiable(Al)	$Cmol_{(+)}/kg$	-------	------
Calcio intercambiable (ca)	Meq/100g suelo	10,2	Adecuados
Magnesio intercambiable (Mg)	Meq/100g suelo	0,87	Bajo
Potasio intercambiable (k)	Meq/100g suelo	0,56	----------
Sodio intercambiable (Na)	$cmol_{(+)}/kg$	0,08	Bajo
Capacidad de intercambio catiónico (CLCE)	$cmol_{(+)}/kg$	-----	---------
Hierro disponible (Fe)	Ppm	------	----------
Manganeso disponible(Mn)	Ppm	-------	----------
Zinc disponible (Zn)	Ppm	------	----------
Cobre disponible (Cu)	Ppm	------	----------
Boro disponible (B)	Ppm	------	----------
ANÁLISIS DE RESULTADOS: ligeramente acido pH 5.5No óptimo. Contenidos medios en materia orgánica y nitrógeno. Niveles bajos en magnesio. Niveles altos en Fosforo. Calcio, Azufre y Potasio. Adecuados en sodio. Conductividad eléctrica (CE) Ideal. Relación calcio: Magnesio Desbalanceada. Textura del suelo: (Franco - Arenoso). Adecuado para el cultivo de pasto.			