



Alternativa silvopastoril para trópico alto con base en bancos forrajeros con Dalia (*Dahlia Imperialis*) y Sauco (*Sambucus Nigra*) en el páramo de Cruz Verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA.

Maestría en Agroforestería Tropical.

Bogotá D.C., Colombia, 2016.

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA.

Facultad de Ingeniería Agronómica.

Presentado por:

Javier Roberto González Guarín, MV.

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar por el título de ***Magister Scientiae en Agroforestería Tropical.***

Directora:

Dra. Aurora Cuesta Peralta, Bióloga, M Sc.

Bogotá D.C., Colombia, 2016

CONSTANCIA APROBATORIA

El presente documento ha sido debidamente revisado y evaluado de acuerdo a las normas establecidas por la Universidad, para validar el rigor y validez científica de los planteamientos y conclusiones en reflejadas, requisito parcial para optar al título de:

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical



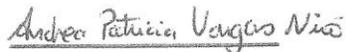
EDGAR MARTÍNEZ GRANJA, Ph.D.

Decano de la Facultad



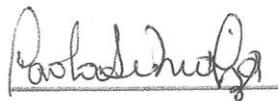
Aurora Cuesta, MSc.

Directora de tesis



Andrea Vargas, Ph.D.

Jurado



Paola Piza, MSc.

Dedicatoria

A mi esposa Lina Vanessa y mi hija Ana María

Ellas son los ángeles que le dan sentido a mi vida y la principal razón de luchar y este trabajo fue posible gracias a su apoyo.

A mis padres Mario y Benilda.

Que durante toda la vida me han instado a estudiar y realmente es el mejor legado que me han dejado. Gracias.

Agradecimientos.

Dr Aurora Cuesta y Margot Arévalo.

Que ayudaron de forma incondicional no solo con los análisis de laboratorio y sus conocimientos, sino con el apoyo de la amistad hasta el final de este trabajo.

A Eduardo, María, Camilo, Sebastián y Vanessa.

Por madrugar a hacer pruebas, mediciones y tomar muestras, por todo el trabajo de campo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma se involucraron en el desarrollo de este trabajo.

A Piedad Zapata

Por su paciencia y apoyo incondicional.

A Andrea Vargas

Por las interminables correcciones que ayudaron inmensamente a la realización de este trabajo.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	MARCO TEORICO.....	3
2.1	ECOSISTEMA DE PÁRAMO.....	3
2.1.1	CLIMA.....	3
2.1.2	EL PARAMO EN COLOMBIA.	4
2.1.3	SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA PRODUCCIÓN DE ALTA MONTAÑA.....	7
	Efectos del sistema silvopastoril sobre el suelo.....	9
2.1.5	AGRICULTURA Y GANADERÍA EN EL PÁRAMO.	11
2.1.6	OFERTA ECOSISTÉMICA DEL PÁRAMO.	12
	Corredor Biológico Chingaza – Sumapaz – Cerros Orientales De Bogotá.	13
2.2	Objetivo General:.....	15
2.3	Objetivos Específicos:.....	15
2.4	Pregunta de investigación.....	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.	16
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	16
3.1.1	ECOSISTEMA DEL PARAMO DE CRUZ VERDE.....	16
3.2	TRATAMIENTOS EVALUADOS.....	18
3.3	EVALUACIÓN DE TASA DE CRECIMIENTO Y REBROTE.....	19
3.3.1	TASA DE CRECIMIENTO Y REBROTE DE LAS PLANTAS:	19
3.3.2	ANÁLISIS DE SUELO.	20
3.4	EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE.	21
3.4.1	DISPONIBILIDAD DE FORRAJE (Kg/ha ⁻¹).	21
3.4.2	ANÁLISIS QUÍMICO DE FORRAJE.	21
3.5	POTENCIAL DE PRODUCCION.....	22
3.6	MÉTODOS ESTADÍSTICOS.....	23

4.	RESULTADOS.....	24
4.1	CRECIMIENTO DE PLANTAS.....	24
4.2	SUELOS.....	26
4.2.1	PRUEBAS FÍSICAS.....	26
4.2.2	PRUEBAS QUÍMICAS.....	28
4.3	PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	35
4.4	ANÁLISIS QUÍMICO DEL FORRAJE.....	37
4.4.1	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	37
5.	DISCUSION.....	48
5.1	CRECIMIENTO DE PLANTAS.....	48
5.2	SUELOS.....	50
5.2.2	MANEJO DE SUELOS.....	51
5.2.3	RECOMENDACIONES ADICIONALES DE MANEJO DEL SUELO.....	53
5.3	PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	55
5.3.1	PRODUCCION DE FORRAJE DE PASTURA.....	56
5.3.2	PRODUCCION DE FORRAJE DE ARBUSTIVAS.....	57
5.4	ANÁLISIS QUÍMICO DEL FORRAJE.....	60
5.4.1	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	60
5.4.2	RECOMENDACIONES DE USO DE FORRAJE DE DALIA (<i>Dahlia imperialis</i>) y SAUCO (<i>Sambucus nigra</i>) EN SISTEMA SILVOPASTORIL DE CORTE DE Y ACARREO.....	73
6.	CÁLCULO DE POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE.....	74
6.1	PRODUCCIÓN DE LECHE.....	74
6.2	ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO.....	88
6.2.1	ESTABLECIMIENTO DE BANCOS FORRAJEROS.....	88
6.3	RECOMENDACIONES FINALES.....	93

7.	CONCLUSIONES.....	95
8.	RECOMENDACIONES.	97
9.	BIBLIOGRAFIA.....	98
9.	ANEXOS.....	112

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Contenido nutricional de dalia (<i>Dahlia imperialis</i>). Fuente. Nutrient Content of Selected indigenous Leafy Vegetables Consumed by the Kekchi People of Alta Verapaz, Guatemala, 1997.	7
Tabla 2. Crecimiento total y promedio de plántulas en vivero a los 60 días de edad.	24
Tabla 3. Crecimiento de plantas antes del corte de uniformidad, 6 meses de edad	24
Tabla 4. Crecimiento de plantas a 20, 60 y 90 d después de corte de uniformidad.	25
Tabla 5. Efecto del tiempo sobre variables físicas estabilidad de partículas > 1 mm (%), estabilidad de partículas < a 1 mm (%).	27
Tabla 6. Efecto del tiempo sobre densidad aparente.	28
Tabla 7. Efecto del tiempo sobre pH del suelo.	29
Tabla 8. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de fósforo (mg/kg^{-1}).	29
Tabla 9. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de azufre en suelo (mg/kg)	30
Tabla 10. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de calcio, magnesio y potasio en suelo (Cmol/kg).	30
Tabla 11. <i>Resumen de las características físicas y químicas del suelo. Características físicas</i>	31
Tabla 12. Producción de forraje ($\text{Kg /forraje verde/ha}$) a 90 y 120 días de rebrote de los tratamientos experimentales.	33
Tabla 13. Porcentaje de materia seca de los tratamientos a los 90 y 120 días de rebrote.	34
Tabla 14. Efecto de la madurez de Dalia (<i>Dahlia imperialis</i>), Sauco (<i>Sambucus nigra</i>) y Pastura en su calidad nutricional.	36
Tabla 15. Efecto de la madurez sobre la producción de proteína. Base seca ($\text{kg/proteína/ha/corte}$).	36

Tabla 16. Concentración de minerales totales. Base seca (%).....	38
Tabla 17. Contenido de macrominerales de forraje. Base seca.....	38
Tabla 18. Contenido de microminerales (ppm) de forraje. Base seca.....	40
Tabla 19. Efecto del tiempo sobre los contenidos de Materia Orgánica (MO), (%).	41
Tabla 20. Efecto del tiempo sobre los contenidos de carbohidratos no estructurales (CNE), (%).	42
Tabla 21. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca a 24 horas de sauco, dalia y pastura (%).	42
Tabla 22. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad <i>in vitro</i> de la proteína cruda a 24 h de sauco, dalia y pastura (%).	43
Tabla 23. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad <i>in vitro</i> de la materia seca a 48 h de sauco, dalia y pastura (%).	43
Tabla 24. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad <i>in vitro</i> de la proteína cruda a 48 h de sauco, dalia y pastura (%).	46
Tabla 25. Fraccionamiento de proteína de <i>Dahlia imperialis</i> y <i>Sambucus nigra</i> (%).....	44
Tabla 26. Fraccionamiento de carbohidratos <i>Dahlia imperialis</i> y <i>Sambucus nigra</i> . (%).....	45
Tabla 27. Producción de forraje (Kg/ha/forraje verde/año) de los tratamientos experimentales.	53
Tabla 28. Comparación de producción de forraje verde, materia seca y proteína cruda de pastura.	54
Tabla 29. Capacidad de producción de forraje verde (kg/ha) para mantener 55 vacas lecheras o novillos de ceba.	
Tabla 30. Contenido de materia seca kg/ha/corte a los 90 y 120 días de rebrote.	56
Tabla 31. Producción de materia seca/ha/año de los tratamientos.	56
Tabla 32. Niveles de proteína total en forraje de Sauco (<i>Sambucus nigra</i>) reportado en diferentes investigaciones.....	58
Tabla 33. Efecto de la madurez sobre la producción de proteína. Base seca (kg/proteína/ha/corte).....	59
Tabla 34. Comparación de contenidos minerales de pastura en la Sabana de Bogotá.....	62
Tabla 35. Proporción (% de PC) de proteína soluble e insoluble de los tratamientos experimentales.	69

Tabla 36. Capacidad de producción basado en materia seca (kg/ha) para mantener 17 vacas lecheras o 17 novillos de ceba.....	73
Tabla 37. Valores de ED (Mcal/kg MS) y EM (Mcal/kg MS) calculados.....	74
Tabla 38. Balance de dieta para 12 L de producción.....	75
Tabla 39. Consumos de materia seca (% PV y kg) y forraje verde (% PV y kg) del análisis de potencial de producción de leche.....	77
Tabla 40. Potencial de producción de leche de los tratamientos evaluados.....	77
Tabla 41. Potencial de producción de mezcla arbóreas 30% y pastura 70%.	78
Tabla 42. Balance de la mezcla dalia 30% y pastura 70% con suplementación de papa.....	79
Tabla 43. Potencial de ganancia de peso gr/día de los tratamientos evaluados. .	81
Tabla 44. Consumo de materia seca (% PV y kg) de forraje verde (% PV y kg) para animales de engorde.....	82
Tabla 45. Balance de dieta con mezclas 30% arbóreas y 70% pastura.	83
Tabla 46. Balance de dieta mezcla Dalia 30% pastura 70% y suplementación con papa.....	83
Tabla 47. Costos de producir 11547 plántulas de dalia o sauco en invernadero hasta los dos meses de crecimiento.....	86
Tabla 48. Costos de trasplantar 11.547 plántulas de dalia o sauco a campo hasta el primer año.....	87
Tabla 49. Costos de 1 kg de materia seca (MS) para cada uno de los tratamientos.....	88
Tabla 50. Análisis financieros de costos de producción de leche de las dietas. ...	89
Tabla 51. Análisis financieros de costos de ganancia de peso de las dietas.....	90

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Representatividad del Páramo en Colombia	5
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio, Zona de Amortiguamiento Páramo de Cruz Verde	17
Figura 3. Esquema de parcelas experimentales	19
Figura 4. Crecimiento de plantas en vivero	22
Figura 5. Crecimiento de dalias y sauco antes del corte de uniformidad.....	23
Figura 6. Plantas de dalia y sauco de 30 días de rebrote	23
Figura 7. Plantas de dalia y sauco de 35 días de rebrote	24
Figura 8. <i>Dahlia imperialis</i>	35
Figura 9. Decoloración de hojas de dalia en edad temprana de rebrote, 45 días	47
Figura 10. Falta de crecimiento en sauco.....	48
Figura 11. vacas holstein en la zona de estudio (Vereda Belén, Ubaque, Cundinamarca, Colombia) frente a parcela de <i>Dahlia imperialis</i>	85

LISTA DE GRÁFICAS.

Gráfica 1. Efecto del tiempo sobre la densidad aparente (grcm ³).....	26
Gráfica 2. Efecto del tiempo sobre la producción de biomasa de los tratamientos experimentales a los 90 y 120 días de rebrote (kg/forraje verde/ha/corte).....	33
Gráfica 3. Efecto del tiempo en la concentración de materia seca (kg/ha/corte)..	35
Gráfica 4. Efecto del tiempo sobre la concentración de proteína total, base seca, (kg/proteína/ha/corte)	37
Gráfica 5. Efecto del tiempo sobre la concentración de proteína total, base seca, (kg/proteína/ha/año).	37
Gráfica 6. Efecto de la madurez sobre niveles de macrominerales (%).	39
Gráfica 7. Efecto de la madurez sobre niveles de Microminerales (ppm)..	41
Gráfica 8. Efecto de la madurez sobre los niveles de FDN (%)......	45
Gráfica 9. Efecto de la madurez sobre los niveles de FDA (%)......	46
Gráfica 10. Producción de biomasa de los tratamientos experimentales (kg de forraje verde/ha/año).....	53
Gráfica 11. Efecto de la madurez sobre niveles de Ca y P (%)......	64
Gráfica 12. Efecto de la madurez sobre niveles de N y S (%)......	64

Alternativa silvopastoril para trópico alto con base en bancos forrajeros con Dalia (*Dahlia Imperialis*) y Sauco (*Sambucus Nigra*) en el páramo de Cruz Verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

RESUMEN.

El páramo, ecosistema con características únicas cuya mayor representatividad se encuentra en Colombia, ha sido objeto de la presión antrópica especialmente a lo largo del último siglo. El desarrollo de sistemas extensivos de producción lechera y agricultura han causado deforestación y desecamiento de pantanos y humedales; tanto la ganadería como la agricultura requieren del uso de agroquímicos, fertilizantes y fármacos que terminan desechándose en fuentes de agua; a esto se suma el uso de mecanización para la producción y la concentración de ganadería en las zonas potrerizadas. El resultado es evidente: contaminación de aguas superficiales y acuíferos, compactación de suelos, erosión y pérdida irreparable de la fertilidad del suelo y otros servicios ecosistémicos.

En el caso de la producción de ganadería lechera, el círculo vicioso se cierra con las características de los pastos de producción: altos contenidos de pared celular y bajas digestibilidad y energía que sumado a la estacionalidad resulta en bajos potenciales de producción.

Pero hay formas de mantener la producción ganadera sin atender contra la estabilidad del ecosistema, se trata de la implementación de sistemas silvopastoriles que, en lugar de competir con el bosque y el páramo, los alimentan y colaboran con su recuperación, al tiempo que mejoran las condiciones económicas de los productores.

El presente estudio pretendió evaluar los efectos de un sistema silvopastoril adaptado a las condiciones edafoclimáticas del páramo de Cruz Verde; La investigación se efectuó en la zona de alta montaña del Páramo de Cruz Verde, Vereda Belén, Municipio de Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

El objetivo de este experimento fue demostrar la viabilidad de un modelo silvopastoril de producción ganadera para leche y carne económicamente viable, que no compita con el ecosistema de alta montaña y páramo y que sea inocuo para la producción de servicios ecosistémicos (Laverde, 2008)

La propuesta implementada es un sistema silvopastoril para corte y acarreo basado en las especies arbustivas Dalia (*Dahlia imperialis*) y Sauco (*Sambucus nigra*); se establecieron tres parcelas experimentales, con cuatro tratamientos cada una (dalia, sauco, dalia x sauco y pastura) a 2958 msnm, con una precipitación de 1778 mm/año, un rango de temperatura de 10 a 25° C y humedad

relativa entre 84% y 94%. Se midieron variables químicas y físicas de suelo, composición nutricional de forraje mediante la metodología de fraccionamiento de proteínas y carbohidratos CNCPS (Cornell Protein and Carbohydrates System) (Sniffen *et al.*, 1992 y Fox *et al.*, 2003).

Los resultados en **evaluación del crecimiento de plántulas** fue realizada en dos fases: en la primera se determinaron tasas de crecimiento de las arbustivas en vivero y en campo, obteniendo crecimientos del orden de 1,22 vs 0,41 cm/día para Dalia y Sauco respectivamente en vivero. En la segunda fase se evaluaron las características físicas y químicas del suelo, y no se hallaron diferencias significativas en calidad de suelo entre tratamientos.

Los datos de **producción de forraje** arrojan que la pastura presentó la mayor producción (13.380 kg/ha⁻¹ y 12.080 kg/ha⁻¹), en los días 90 y 120 respectivamente (P<0.05). La Dalia obtuvo la mayor cantidad de proteína (24.44% y 23.42%) (P<0.05) a los 90 y 120 días respectivamente; y el Sauco obtuvo la mayor cantidad de carbohidratos no estructurales (33.79% y 33.48). Por otro lado, la Dalia obtuvo los mayores valores de energía metabolizable (2,1 Mcal/kg MS) pero la menor concentración de materia seca (13% a 15%).

El potencial de producción de leche arroja rangos que varían entre 10 L y 30 L, siendo la Dalia el de mayor potencial, y la pastura el de menor potencial; la ganancia de peso que se estimó en 400 gr/día⁻¹, determinó que la Dalia tiene el mejor balance de nutrientes para este propósito. Así mismo, se estimó el costo de sembrar en arreglo tres bolillo con 11.547 plantas/ha en COP\$ 736/planta. El sistema silvopastoril para corte y acarreo de alta montaña basado en la Dalia y el Sauco presenta beneficios productivos al aumentar el potencial de producción para leche y carne al asociarse con pasturas nativas, además, por ser la Dalia una planta nativa de alta montaña es de fácil propagación.

Palabras clave: *Páramo, caracterización social, CNCPS, Cornell Protein and Carbohydrates System, potencial de producción, sistemas silvopastoriles.*

Silvopastoral Alternative To High Tropical Land Based On Fodder Banks With Dahlia (*Dahlia Imperialis*) And Elderberry (*Sambucus Nigra*) In Cruz Verde Paramo, Ubaque, Cundinamarca.

ABSTRACT.

The paramo, ecosystem with unique characteristics which most representativeness is found in Colombia, has been object of anthropic pressure especially in the last century. The development of extensive production systems of milk and agriculture has caused deforestation and desiccation of marshes and wetlands, both livestock and agriculture required the use of agrochemicals, fertilizer and drugs that finally throw out into water sources; in addition to this the use of mechanization and the concentration of livestock in paddocks, the result is evident, deep and shallow waters contamination, compaction of soils, erosion and loss of fertility and others ecosystem services.

In the case of dairy production systems, the vicious circle closed with the nutritional characteristics of grasses using in animal production: high levels of cell wall and low digestibility and energy content, furthermore, the seasonality on its production result in low production potential.

But there are ways to maintain livestock production without attack against the ecosystem stability, it's about the implementation of silvopastoral systems instead of compete with forest and paramo collaborates on its recovery.

The proposal implemented was a silvopastoral system for cut and carry based on the shrub dalia (*Dahlia imperialis*) and elderberry (*Sambucus nigra*), three experimental plots were established, with four treatments each one (dahlia, elderberry, dahlia x elderberry and pasture) to 2958 masl, with a precipitation of 1778 mm/year, range of temperature of 10° C to 25° C and relative humidity between 84 % and 94 %, it was analyzed chemical and physical variables in soil, nutritional composition of forage through CNCPS (Cornell Protein and Carbohydrates System).

The results of **evaluation of plants growth** was made in two phases: in first place it was determined the growth rate of shrub in green house and field, obtaining growths in a range of 1,22 vs 0,41 cm/day to dalia an elderberry respectively in green house. In second place it was evaluated the physical and chemical characteristics of soil and no significant differences in soil quality between treatments was found.

The present study evaluate the effects of silvopastoral system on the physical and chemical characteristics of soil and the quantity and quality of forage to bovines in

milk and meat production, also, determine the perception of the local producers in front of these agroforestry practice and its possible economic effects on the production system. The investigation was made in high mountain zone of Cruz Verde paramo Belén village, Ubaque municipality, Cundinamarca, Colombia localized 4°29'36.61" N and 74° 1'35.27"E.

The object of this experiment is demonstrate the viability of silvopastoral livestock production model for milk and meat, economically viable, that does not compete with the high mountain and paramo ecosystem and safe for the production of ecosystem services.

The results of **evaluation of growing plants**, was made in two phases, first, based in the determination of the rates of growth of the studied bushes in green house and field, obtained growths of 1,22 cm/day vs. 0,41 cm/day for dalia and elderberry respectively in green house. Second phase consisted in the evaluation of the physical and chemical characteristics in the soil, where no significant differences in soil quality between treatments were found.

The data of forage yield that pasture shows greatest production (13.380 kg/ha y 12.080 kg/ha) at 90 and 120 days respectively ($p < 0,05$). Dalia obtained the highest protein concentration (24.44% y 23.42%) ($P < 0.05$) at 90 and 120 days respectively: elderberry obtained the large quantity of non-structural carbohydrates (33.79% y 33.48). On the other hand, dalia has the highest value of metabolizable energy (2,1 Mcal/kg MS) but the lowest dry matter concentration (13% a 15%).

The potential for milk production yield ranging between 10 L y 30 L, being dalia the highest potential and pasture the lowest potential; daily gain was estimated in 400 gr/day, determined dalia has the best nutrient balance to this purpose. Thus, the cost to seed in staggered arrangement for 11.547 plants/ha was estimated in COP\$ 736/plant. Dalia and Elderberry shows productive benefits increasing production potential for milk and meat by associating with native pasture, in addition to this, being dalia a native plant of high mountain zone is easy to spread.

Key words: *Paramo, social caracterización, CNCPS, Cornell Protein and Carbohydrates System, production potential, silvopastoral systems.*

1. INTRODUCCIÓN.

En las regiones tropicales de los países en vías de desarrollo, especialmente las poblaciones rurales más vulnerables, la ganadería como actividad económica está en crisis. Los modelos de producción basados en la potrerización a través de la deforestación y degradación de bosques, el uso intensificado de insumos, agroquímicos y tecnología (maquinaria, tractores, inseminación artificial) (Navas, 2008) hacen de esta actividad uno de los principales agentes de la destrucción de bosques y del cambio climático.

Los sistemas de producción lechera se establecieron en ecosistemas de alta montaña y páramo que, por sus condiciones climáticas y ambientales, permiten la apertura de praderas con predominio de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y falsa poa (*Holcus lanatus*). Estas pasturas se caracterizan por altos niveles de pared celular, bajo nivel de proteína y baja digestibilidad (Chamorro, 2000) que sumado a la estacionalidad de la producción de forraje (FEDEGAN, 2006), crean la necesidad de utilizar suplementos concentrados comerciales. Tales suplementos aportan a la vaca seca o en producción, los nutrientes necesarios para un buen desempeño productivo y reproductivo aumentando los costos de producción (Argüello, 2003).

El presente estudio propone una alternativa silvopastoril de producción animal sostenible en alta montaña, a través de un experimento realizado en la zona de amortiguamiento del Páramo de Cruz Verde, suroriente de Bogotá Distrito Capital, en límites con el municipio de Ubaque, Cundinamarca, donde se practican sistemas productivos mixtos de papa y leche que, tras años de intervención antrópica han causado la pérdida de la función del suelo (Probst, 2008).

Teniendo en cuenta la baja fertilidad de esas tierras (IGAC, 2001), hace necesaria la búsqueda de alternativas de producción sostenible. Los sistemas silvopastoriles basados en especies nativas y/o de buena adaptación, permiten aumentar la producción de forraje disponible para animales, además de promover aumento en el ciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno atmosférico, descompactación de suelos y aumento en la retención de humedad; características importantes en la producción animal (Mahecha *et al.*, 2011).

El establecimiento de sistemas silvopastoriles en alta montaña se proponen como substitutos de los sistemas productivos mixtos (Murgueitio *et al.*, 2010). En este ecosistema se han estudiado especies utilizables en arreglos silvopastoriles como: Acacia negra (*Acacia decurrens*), Chicalá (*Tacoma stans*), Chusque (*Chusquea scadens*) Chilca (*Baccharis latifolia*), Pichuelo (*Senna pistasifolia*) y Colla Blanca

(*Verbesina arborea*) entre otros (Medrano *et al.*, 1999). Estas especies, por sus niveles de nutrientes, tienen la posibilidad de ser utilizados como materias primas para suplementar la alimentación de bovinos, y mediante arreglos silvopastoriles otorgan beneficios a la producción animal y a las características físicas, químicas y biológicas del suelo (González, *et al.*, 2005).

Para llevar a cabo la investigación se estableció un sistema silvopastoril para corte y acarreo basado en dos plantas arbustivas: Sauco, que tiene niveles de proteína del 15 % al 18 %, minerales > 10 % y contenidos celulares de 26.61 % y 38.89 %, (Sánchez *et al.*, 2009); y Dalia, que es consumida en hoja seca por indígenas de Centroamérica según Booth *et al.*, (1991) (Tabla 1).

Estas arbustivas han demostrado buena adaptación a las condiciones locales (Booth *et al.*, 1991), dalia es usada como alimento para conejos por los habitantes de la zona y sauco está ampliamente difundido en la zona de estudio, esta investigación pretende establecer parámetros para su uso en alimentación de rumiantes.

La investigación hizo cuantificaciones de calidad, midiendo variables como energía metabolizable (EM) y disponibilidad de biomasa a través de la cantidad de materia seca (kg/MS/ha), para las arbustivas Dalia, Sauco y pastura nativa de alta montaña, esto, considerando que el valor nutritivo de un forraje depende principalmente de dos factores: composición química y digestibilidad. (Loteró, 1988).

Basados en factores como condiciones edafoclimáticas, adaptación de las arbustivas y contenidos nutricionales se ofrecen recomendaciones de uso de pasturas, suplementación estratégica, manejo del suelo y promoción de sistemas silvopastoriles como alternativa de producción animal en la zona de alta montaña del municipio de Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

2. MARCO TEORICO

2.1 ECOSISTEMA DE PÁRAMO.

2.1.1 CLIMA.

El ecosistema alpino neotropical de páramo cubre las partes altas del norte de los Andes, en términos generales, se encuentran ubicados entre los 11° norte y 8° latitud sur. Los páramos forman un cinturón discontinuo entre la Cordillera de Mérida en Venezuela y la depresión de Huancabamba en el norte del Perú, aunque existen otros complejos de páramo en costa Rica y en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Así mismo, existen ecosistemas de alta montaña parecidos a los páramos en estrechas zonas de Etiopía y entre Uganda y Kenia, Tanzania y Suráfrica (Buytaert, *et al.*, 2006). El área de cobertura del ecosistema de páramo a nivel mundial se calcula entre 35.000 y 77.000 km² (Hofstede, *et al.*, 2003).

El clima de páramo es muy variable, existen precipitaciones desde 700 mm/año a 3000 mm/año (Luteyn, 1992). Generalmente las lluvias se presentan en forma de lloviznas de poca intensidad pero alta frecuencia. Por su posición geográfica el páramo recibe una radiación solar constante durante todo el año, esto resulta en una baja variabilidad estacional de temperatura media del aire; variaciones durante el día de 20 ° C son comunes (Buytaert, *et al.*, 2006).

La variación altitudinal es obviamente el principal factor que afecta la temperatura, según Buytaert, *et al.*, (2006), la temperatura media a 3500 m.s.n.m. es de 7° C, cambiando en promedio 0,5 a 0,6 ° C por cada 100 m. La alta presencia de nubosidad durante días lluviosos decrece la radiación solar, haciendo que la temperatura disminuya en la época de invierno, lo contrario sucede en la época de verano (Buytaert, 2004).

Sobre la Cordillera Oriental, al suroriente de Bogotá, Colombia, se encuentra el complejo de páramo Sumapaz – Cruz Verde, con una extensión de 266.750 ha. Su territorio abarca los departamentos de Cundinamarca, Meta y Huila, por ello es considerado el páramo más grande del mundo (Rojas, 2002).

Su extensión comprende 25 municipios dentro de los cuales se encuentran: Bogotá D.C., Ubaque, Choachí, Une, Gutiérrez, San Luis de Cubarral, La Uribe y Guamal, entre otros. El complejo de Páramo Cruz Verde-Sumapaz se encuentra en un rango desde 3.250 a 4.650 m.s.n.m., lo cual hace que las temperaturas promedio estén en 6,5 ° C, con variaciones que están entre 2° y 18°C (Ospina, 2003).

La extensión de Páramo de Cruz Verde que se encuentra en el municipio de Ubaque es de 1.181 ha, las cuales corresponden al 0,44% de la extensión del complejo Cruz Verde – Sumapaz. Para la región del complejo existen precipitaciones que van desde 682 mm/año en las zonas secas, hasta 3062 mm/año en las zonas húmedas, distribuidas en un régimen monomodal, donde las épocas de mayor pluviosidad son los meses de mayo a julio y octubre a noviembre y la época de bajas precipitaciones son los meses de diciembre a marzo (Morales *et al.*, 2007).

2.1.2 EL PARAMO EN COLOMBIA.

En cuanto a la distribución y representatividad del ecosistema de páramo por departamento, Boyacá se destaca con la mayor extensión del ecosistema en el país, alcanzando un 18.3% del total nacional, en su mayoría correspondiente a páramos húmedos, le siguen en representatividad los departamentos de Cundinamarca (13.3%), Santander (9.4%), Cauca (8.1%), Tolima (7.9%), y Nariño (7.5%). (Figura 1) (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Los suelos de páramo se caracterizan por ser de origen volcánico, ácido y húmedo con pH en rangos de 3,5 y 5,4, de fuerte a muy fuertemente ácidos. También poseen gran cantidad de humus, esta capa orgánica presenta espesores que van desde unos pocos centímetros hasta un metro (Díaz – Granados, 2005).

La descomposición de esta materia orgánica se lleva a cabo a tasas muy bajas por las bajas temperaturas y altas humedades. Adicionalmente, los suelos son porosos con gran capacidad de infiltración de agua y una alta conductividad hidráulica. La retención de agua, la característica más apreciable de los suelos de páramo, es alta, ya que en los primeros 30 cm el agua ocupa el 61,7 % del volumen total del suelo (Díaz – Granados, 2005).

Según Daza *et al.*, (2014), la función ecológica de los suelos de páramo es de gran importancia para la regulación de los flujos de agua, debido a su capacidad de retener grandes volúmenes del líquido y controlar su flujo a través de las cuencas hidrográficas. A medida que las condiciones de los suelos originales son cambiadas hacia actividades agropecuarias, sus características físicas, biológicas y microbiológicas se ven afectadas notablemente, especialmente las relacionadas con procesos de captura, retención y almacenamiento de agua (Flores *et al.*, 2006)

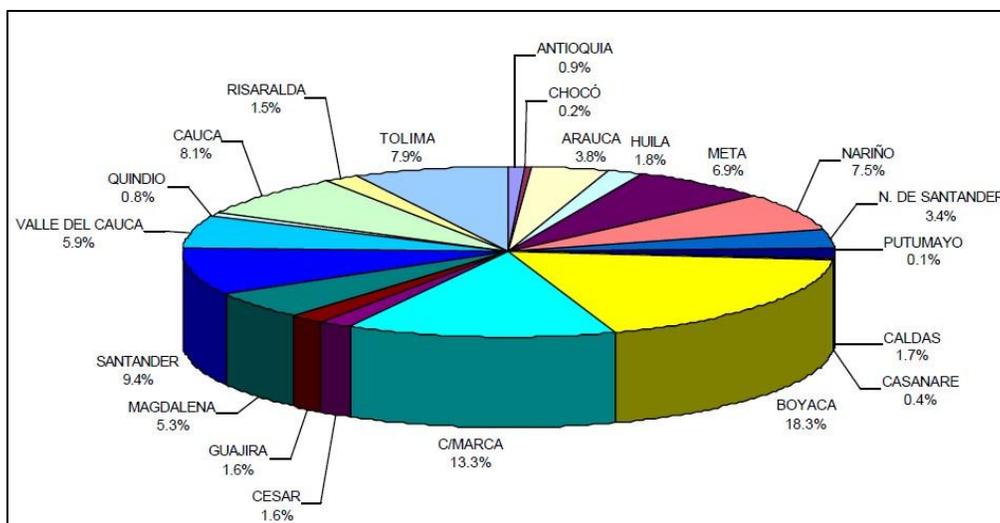


Figura 1. Representatividad del Páramo en Colombia.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, (2002).

2.1.3 SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA PRODUCCIÓN DE ALTA MONTAÑA.

La producción de bovinos ocupa más de 27 % del paisaje en Latinoamérica y continúa expandiéndose. Esta actividad se encuentra profundamente arraigada a la cultura y economía de la región y necesita transformaciones para convertirla en una actividad más eficiente y ambientalmente amigable.

Los sistemas silvopastoriles son una forma de manejo del suelo que involucra árboles para la rehabilitación de la producción ganadera y la conservación de la biodiversidad. (Murgueitio, 2010; Mahecha *et al.*, 2011). Estos sistemas silvopastoriles mejoran la porosidad del suelo por medio de las raíces que llegan a las capas más profundas y mejoran la fertilidad al fijar nitrógeno. También son un mecanismo de adaptación al cambio climático por medio de los servicios ambientales tales como fijación de carbono y retención de agua (Murgueitio, 2010).

La investigación sobre desarrollo de sistemas silvopastoriles en el trópico alto es muy limitada en nuestro país, si bien existen varias especies identificadas como promisorias (Aguilar *et al.*, 2015), se requiere implementar estrategias de investigación integrales que contemple desde la caracterización de sistemas silvopastoriles regionales, identificación de especies multipropósito, evaluaciones nutricionales, hasta el conocimiento de interacciones entre los componentes suelo – pradera – árbol – animal, aportando al desarrollo de sistemas sostenibles de producción en economía y ecología de las diferentes regiones (Chamorro, 2000).

En ecosistemas de alta montaña se han hecho avances importantes en la identificación de plantas con potencial para usar en sistemas silvopastoriles (Mahecha *et al.*, 2011), desde arbustivas como el sauco (*Sambucus nigra*) o chusque (*Chusquea scadens*) (González *et al.*, 2005), hasta arbóreas como la acacia (*Acacia decurrens*), arboloco (*Montanoa cuadrangularis*) y aliso (*alnus acuminata*), unas con capacidad de fijación de nitrógeno y otras con buena capacidad de producción de forraje comestible para bovinos en producción (Apraez *et al.*, 2012).

Se han realizado estudios de la *Acacia decurrens*, donde se ha encontrado que esta especie puede tener potencial para el desarrollo de Sistemas silvopastoriles en clima frío, debido a su buena adaptación, así, presenta 97% de supervivencia después de 5 meses de trasplante, posee un acelerado crecimiento, 3.2 m de altura promedio a los 14 meses de edad posee una producción de materia seca fina (MSF) o fracción comestible por los animales entre 784 y 2.223 g/árbol para cortes a 12 y 24 meses de edad, respectivamente a una altura de 1m, además de su alta producción de biomasa comestible de alta calidad (Giraldo, 1998).

De otro lado, la acacia negra, una de las arbóreas más usadas en sistemas silvopastoriles de clima frío además de fijar nitrógeno, produce buena cantidad y calidad de forraje, reportando niveles de proteína cruda de 17,59 %, FDN de 39,99 % y humedad del 46 % (González, *et al.*, 2005).

En las zonas de páramo existe gran cantidad de plantas con potencial para producción de forraje, así, la gramínea de crecimiento acelerado, la cual además, de producir forraje de alta calidad y cantidad, sirve como indicador del estado de intervención de zonas de páramo, es el chusque (*Chusquea scadens*) que presenta niveles de proteína cruda a 60, 90 y 120 días de corte de 13,47 %, 16,92 % y 13,50 % respectivamente, niveles de FDN de 55,07 %, 57,27 % y 67,96 % respectivamente (González, *et al.*, 2005).

De las arbustivas a estudiar existe buena cantidad de información sobre el sauco (*Sambucus nigra*) (Chamorro *et al.*, 2000, Mahecha *et al.*, 2011) arbustiva de amplio uso en sistemas silvopastoriles de clima frío y con características productivas como: 86,7 % del follaje recolectado a los 75 días es apto para consumo de animales y de esta fracción el 77,5 % está compuesto por hojas, tallos y peciolos, material de alta degradabilidad a nivel ruminal, además el contenido proteico de las hojas 18,7 % y su alto contenido de minerales > 10 %, así como niveles de contenido celular de 26,61 % a 38, 84 % (Sánchez, *et al.*, 2009).

Dalia es una especie muy utilizada como planta ornamental en estados Unidos, Europa y Japón y como alimento para humanos por algunas tribus indígenas de Centroamérica (Tabla 1) (Booth, *et al.*, 1991; Lara *et al.*, 2014).

El género *Dahlia* está conformado por 35 especies silvestres, endémicas de México, de las cuales solo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada: *D coccinea*, *D pinnata*, *D merckii* y *D imperialis* (Jiménez, 2015).

La dalia posee hojas de forma triangular, de margen denticulado y una nerviación unifoliada. El color del follaje es verde pálido, careciendo de un brillo especial. Es una planta que se puede encontrar con diferentes tamaños desde la altura de 30 cm hasta más de 1,2 m; además desarrolla una ramificación desordenada, solamente dirigida por los rayos solares, pero densa, con un gran número de hojas (Jiménez, 2015).

La siembra de dalia, con fines ornamentales, se siembra en recipientes, bajo la sombra y con buena humedad, la germinación se presenta a los 8 a 10 días, aunque puede prolongarse hasta los 21 días. Una vez las pequeñas plantas alcanzan 5 a 7 cm se trasplantan a viveros transitorios, hasta que desarrollen cuatro hojas, se trasplantan nuevamente, de donde pasarán a campo definitivo cuando alcanzan 20 a 22 cm (Jiménez, 2015).

La dalia es una planta rústica en cuanto a suelos, aunque prefiere los suelos francos, con perfecto drenaje y con pH entre 6 y 8, además que posea elevado contenido de materia orgánica y nutrientes. Prefiere temperaturas que oscilen entre 18° y 23° C, humedades relativas de 75 % a 78 %, alta precipitación de 11 a 13 horas y poca acción eólica (Jiménez, 2105).

Tabla 1. Contenido nutricional de dalia (*Dahlia imperialis*).

Nombre botánico	Preparación	Número de muestras	Humedad %		Grasa	Fibra	Proteína %	Carbohidratos
			Fresca	residual				
<i>Dahlia imperialis</i> Roehl	Cruda	3	89.40	0.50	0.70	1.10	3.90	3.60
	SD		2.90	0.30	0.30	0.20	1.20	1.30
	Cocinada	2	87.80	0.60	1.00	1.60	4.90	3.60
	SD		3.90	0.10	0.10	0.60	1.00	2.00

Fuente. Booth *et al.*, 1991.

2.1.4 SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SUELO.

Las poblaciones humana y ganadera están en aumento, esto sumado a que los sistemas de producción agropecuaria son dependientes de la disponibilidad de

recursos naturales genera una alta presión por la limitada oferta de estos en sistemas de cultivo. La fertilidad de los suelos es el principal servicio ecosistémico en el que se basan los sistemas de producción agropecuario, la intensificación de la agricultura resulta en depleción de la fertilidad a través de sobreutilización (Shibu, 2009).

Los sistemas de uso del suelo comprometen árbol, cultivos y pasturas y su importante papel en el mejoramiento de características del suelo tales como fertilidad, mejoramiento del ciclaje de nutrientes, mantenimiento de humedad, hábitat de micro y meso fauna, obtención de nutrientes de los horizontes profundos y mantenimiento de la estabilidad estructural evitando la erosión (Sarvade *et al.*, 2014; Mahecha *et al.*, 2011).

La agroforestería tiene un gran potencial en la restauración y mantenimiento de la fertilidad del suelo y el aumento de la producción agropecuaria. Especies perennes y arbustivas son un importante componente de los sistemas agroforestales, así, las especies perennes reducen la pérdida de nutrientes de sistemas productivos a través de un eficiente reciclaje de nutrientes mediante la descomposición del “colchón” de hojas, biomasa muerta de raíces y fijación de nitrógeno (Sarvade *et al.*, 2014; Navas, 2008).

- **Descomposición de biomasa sobre y bajo el suelo:** las hojas caídas de los árboles tienen una gran cantidad de nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, esto actúa como uno de los principales componentes de los sistemas agroforestales. La producción de cama en sistemas agroforestales depende del árbol sembrado y de factores como clima, tipo de suelo, topografía y factores bióticos así como de la fenología de la planta (Sarvade *et al.*, 2014).

Las especies deciduas contribuyen con mayor cantidad de hojas, ramas y flores que las especies perennes. Después de la formación de la cama, la tasa de descomposición es un factor importante para mantener la fertilidad del suelo, la descomposición y mineralización de la materia orgánica es mediada por la fauna del suelo. La descomposición de la cama es regulada por las interacciones entre la calidad de la cama, descomponedores y el ambiente físico (Sarvade *et al.*, 2014).

La diversidad floral de los sistemas agroforestales crea las condiciones adecuadas para los microorganismos del suelo, los cuales juegan un papel importante en la degradación y mineralización de la materia orgánica. Las propiedades químicas de la cama, contenidos de nitrógeno, relación C:N, contenido de P, relación C:P y contenido de lignina afectan la tasa de

descomposición; alta relación C:N o C:P hacen la descomposición lenta, mientras que altos contenidos de N o P aceleran la descomposición, la cama de árboles fijadores de N se descompone más rápido que la biomasa de árboles no fijadores de N (Sarvade *et al.*, 2014).

- **Adición de nutrientes a través de biomasa de raíces:** La liberación de nutrientes de la biomasa de raíces finas es otra forma importante de mejorar la salud nutricional del suelo, esto mejora la cantidad de carbón orgánico (Sarvade, 2014; Mahecha *et al.*, 2011).
- **Fijación biológica de nitrógeno:** el aumento de uso de fertilizantes nitrogenados en agricultura intensiva disminuye la eficiencia de uso y causa problemas ambientales. La fijación biológica de nitrógeno atmosférico tiene un potencial de ciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales y juega un papel importante en la solución del problema ambiental. Existen más de 650 especies conocidas de árboles que son fijadores de nitrógeno (Sarvade, 2014).
- **Bombeo de nutrientes:** el sistema radicular de los árboles está involucrado con algunos efectos favorables sobre los suelos como es el enriquecimiento de carbono a través de renovación de raíces, interceptación de nutrientes de lixiviación o de mejoramiento de las condiciones físicas de capas de suelo compactado. Generalmente se asume que los árboles tienen raíces profundas y dispersas y son capaces de tomar nutrientes y agua de las capas más profundas del suelo, comúnmente donde las raíces de las herbáceas no llegan (Sarvade, 2014).
- **Control de erosión:** la pérdida de productividad del suelo y la escases de alimentos son los impactos inmediatos de la degradación del suelo. Este proceso no solo afecta al suelo, también ocasiona pérdida de biodiversidad y de recursos naturales. Los sistemas agroforestales reducen en un 20% la pérdida de N a través de la reducción entre 1% y 10% de erosión del suelo (Udawatta, 2002; Mahecha *et al.*, 2011).

Efectos del sistema silvopastoril sobre el suelo.

El mantenimiento y mejoramiento de la calidad del suelo es la base para la sostenibilidad ambiental, dicha calidad se define como la capacidad del suelo para funcionar y se evalúa midiendo las propiedades edáficas (físicas, químicas y biológicas) (Vallejo, 2013).

La ganadería en Colombia se ha desarrollado de forma extensiva, destinándose grandes terrenos con bajas inversiones y pobre productividad, además con

manejos de praderas inadecuados, causando impactos ambientales considerables, lo que ha ocasionado desbalance socioeconómico (Vallejo, 2013).

Los sistemas agroforestales (SAF) aparecen como una opción de recuperación del suelo degradado, además de otorgar otros servicios ecosistémicos como manejo de recursos fitogenéticos, manejo integrado de plagas y enfermedades, gestión eficiente del agua, captación de carbono, efecto del follaje de diferentes especies sobre las bacteria metanogénicas en rumiantes, esto significa que a nivel de finca se hagan combinaciones de árboles con fines de producción de biomasa para alimentar animales o con propósitos energéticos (producción de leña o biocombustibles), siendo esto un reto para la seguridad alimentaria y diversidad en la producción (Milera, 2013; Navas, 2008).

De otro lado, los sistemas ganaderos tradicionales se caracterizan por alto uso de mano de obra, baja cobertura vegetal, establecimiento de gramíneas en monocultivo, uso de agroquímicos y alta mecanización, esto conlleva a que las características físicas y químicas del suelo se vean afectadas, conllevando a la disminución de la capacidad de funcionamiento del suelo (Vallejo, 2013).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una alternativa ecológica del manejo del suelo porque aportan materia orgánica, generan menos labor con maquinaria y al haber cobertura vegetal permanente mejora la fertilidad del suelo por mayor retención de agua y mejor ciclaje de nutrientes; al combinar intencionalmente una cobertura de árboles o arbustos con gramíneas o leguminosas (clásicas de sistemas ganaderos) y la presencia de animales pastoreando se van a generar interacciones ecológicas y económicas que se van a reflejar en estabilidad de la producción y sostenibilidad ambiental y social (Vallejo, 2013; Boval *et al.*, 2015).

Así mismo, Cuartas *et al.*, (2014), señala que los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) se están convirtiendo en una opción tecnológica de implementación progresiva en la ganadería colombiana porque pueden reducir la estacionalidad de la producción animal y vegetal; por lo tanto, pueden mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a ellos (Cuartas *et al.*, 2013).

En los últimos años se ha avanzado en el conocimiento sobre los atributos nutricionales y productivos de estos sistemas, sin embargo, últimamente empieza a tener importancia el enfoque de la agricultura baja en carbono que busca principalmente adelantar programas de desarrollo donde se ejecuten paralelamente actividades orientadas a la adaptación y mitigación del cambio climático (Cuartas *et al.*, 2014; Boval *et al.*, 2015).

2.1.5 AGRICULTURA Y GANADERÍA EN EL PÁRAMO.

La ganadería es una actividad económica que representa el 3,6% del PIB nacional, aporta más riqueza que la porcicultura, avicultura o el sector cafetero (FEDEGAN, 2006), adicionalmente según Ministerio de Agricultura, (2010) a través de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) la ganadería tiene la mayor población animal en el Colombia con 27.753.990 de cabezas, valor muy superior a cualquier otra de las especies analizadas en la encuesta.

Por otro lado, según IGAC, (2001), el uso del suelo para ganadería por vocación del suelo es de 14.223.000 ha y se están usando 27.831.248 ha, esto significa ampliación de la frontera pecuaria a base de deforestación para establecer pasturas, generando impactos ambientales negativos al ocupar tierras que no tienen vocación ganadera como las tierras de alta montaña.

Los impactos que genera la ganadería sobre el ecosistema de páramo, teniendo en cuenta que este ecosistema evolucionó sin la presencia de animales del tamaño de las vacas, es la compactación de suelos y la contaminación de aguas superficiales y profundas por la materia fecal y orina de los animales. Por otro lado la deforestación de los páramos deja el suelo descubierto haciéndolo susceptible a los rayos solares y a la desecación permitiendo la desertificación (Serrano, 2008).

En cuanto a los efectos de la ganadería Estupiñán *et al.*, (2009) determina que en suelos bajo ganadería semi intensiva, la densidad aparente aumentó, disminuyendo los poros conductores de agua generando compactación a través de los horizontes del suelo afectando la infiltración.

Por otro lado Crespo *et al.*, (2014), en un análisis comparativo de estudios hidrológicos en páramos del Ecuador revela que el pastoreo extensivo afecta la escorrentía superficial pero no afecta la respuesta hidrológica de las cuencas, esto asociado a que las cargas animales son bajas, característica de las ganaderías de los páramos.

Por esta misma línea, en material suplementario del Banco Mundial sobre la agricultura en Colombia (World Bank, 2014), establecen que la región andina se caracteriza por agricultura de subsistencia basada en ganadería, así mismo según IDEAM, (2010) referencia tasas de deforestación de 147.946 ha/año para 2011 y 2012, donde los principales promotores de esta deforestación son la expansión de la ganadería y los frentes de colonización de cultivos ilícitos, tala y minería ilícitas.

Respecto al cultivo de papa según World Bank, (2014) establece que es un cultivo predominantemente de pequeños productores y es esencial para la seguridad

alimentaria, además, representa el 32% de los cultivos transitorios. Existen casi 90.000 productores de papa que generan 20 millones de trabajos por año.

Según Daza *et al.*, (2014) los suelos dedicados a usos diferentes al nativo muestran reducción en su capacidad de almacenamiento de agua, esto es una reducción en el agua infiltrada en el perfil del suelo por compactación que generan las labores de cultivo.

2.1.6 OFERTA ECOSISTÉMICA DEL PÁRAMO.

En Colombia, además de existir páramo en las tres cordilleras, existe en la Sierra Nevada de Santa Marta, la mayor representatividad de páramo la tiene el departamento de Boyacá. Colombia posee 34 páramos que cuentan con 1.934.395 ha, de las cuales solo el 36,7% pertenecen al Sistema de Parques Nacionales, el otro 63,3% se encuentra en grado de vulnerabilidad por su uso productivo (Ortiz *et al.*, 2009).

La alta producción de agua de los páramos se debe principalmente a la alta precipitación distribuida en el tiempo de forma uniforme, por otro lado las propiedades de los suelos, topografía y vegetación influyen en la regulación hidrológica cuando el agua se mueve dentro del suelo (Crespo *et al.*, 2014).

El movimiento de agua en las cuencas altoandinas se caracteriza por flujo lateral superficial (en el sentido de la pendiente) a través de la matriz del suelo, donde sus características juegan un papel muy importante. Los flujos laterales de agua dependen de la intensidad de las lluvias, a menor intensidad se genera un flujo lateral, pero a medida que las lluvias se intensifican, al agua penetra la capa orgánica del suelo y el flujo depende de la saturación del suelo (Crespo *et al.*, 2014).

Es bien conocido que el ecosistema de páramo es frágil, con flora y faunas endémicas y clima y características geográficas únicas, de hecho Colombia posee el 64% de este ecosistema a nivel mundial y el páramo más grande del mundo: Páramo de Sumapaz. Por condiciones económicas como ampliación de la frontera agrícola y social como desplazamiento por conflicto armado y cercanía a Bogotá, el páramo ha sido colonizado durante los últimos 40 años para establecer sistemas productivos de papa y ganadería extensiva y semi extensiva, basados en la deforestación y secado de humedales y pantanos (Ospina, 2003).

Los ecosistemas de páramo tienen como función la regulación, captación y recarga de acuíferos para abastecer los acueductos de más del 90% de la población del país, esto es especialmente importante en el caso de ciudades como Bogotá, donde el alcance del acueducto es del 98,5%, en una población de más

de 8 millones de habitantes, es una oferta hídrica considerable: 25 m³/s o 150 l/hab/día (Cárdenas, 2012).

Otro servicio ecosistémico prestado por los páramos es el secuestro de carbono, ya que por las bajas temperaturas a través del año, la descomposición de la materia orgánica es lenta, hace que los almacenamientos de carbono sean altos (Daza *et al.*, 2014).

El avance de actividades antrópicas sobre este ecosistema mediante el establecimiento de sistemas productivos, ha hecho que el suministro y conservación de servicios ecosistémicos ofrecidos por el páramo se vean afectados en forma considerable, principalmente por cambios en la cobertura boscosa y en las propiedades físicas y químicas del suelo, ocasionando cambios en los flujos y calidad de agua, pérdida de biodiversidad, erosión acelerada del suelo y daño a cuencas hidrográficas (Daza *et al.*, 2014).

Corredor Biológico Chingaza – Sumapaz – Cerros Orientales De Bogotá.

En el año 2007 nació la iniciativa de la implementación de proyectos de Mecanismo de desarrollo Limpio (MDL), liderado por Conservación Internacional (CI), para la zona norandina, donde se evaluó un sector de 149 mil ha situadas entre los parques de Chingaza, Sumapaz y la zona de Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá, concluyéndose que cerca de 41 mil ha (27,5% de la zona estudiada) eran elegibles para proyectos forestales bajo el MDL.

Por otra parte la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, desarrolló un estudio de factibilidad para implementar el MDL, con el fin de dar protección al recurso hídrico, así, se conformó el Corredor Biológico de Áreas Estratégicas para la Conservación del Recurso Hídrico que Abastece a Bogotá, conectando a su vez los Parques Nacionales Naturales Chingaza y Sumapaz y la Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá, el establecimiento de este corredor se pretende contribuir a la protección de áreas de importancia estratégica para el abastecimiento de agua de los habitantes de la región – capital (Sguerra, 2011).

En el corredor se encuentran 14 cuencas hidrográficas, estratégicas para el abastecimiento hídrico de la capital y los municipios aledaños. Por la extensión del área se escogieron 19 municipios y el Distrito capital, donde confluye una compleja institucionalidad ambiental y territorial. Dentro de estos municipios seleccionados se encuentra Ubaque con las siguientes características:

- Ubaque
 - o Superficie: 12.032 ha.
 - o Autoridad ambiental: Corporiniquía.

Las aguas que nacen en el Páramo de Cruz Verde (Ubaque) desembocan el Río Guatiquía y pertenecen a la cuenca del Orinoco y dentro de la zonificación del corredor pertenece al sector Cerros – Río Blanco, sector 5.

El Páramo de Cruz Verde tiene valor relevante en la regulación del recurso hídrico de los municipios de Chipaque y Ubaque. Una parte del Páramo de Cruz Verde está contenida dentro de la Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá. Por los altos niveles de transformación de los municipios mencionados, el Páramo de Cruz Verde es la principal y prácticamente única fuente hídrica, no obstante su importancia, algunos sectores evidencian procesos de degradación debido a la presión ganadera y el turismo no controlado (Sguerra, 2011).

La principal recomendación del estudio del Corredor Biológico para el Páramo de Cruz Verde es que la zona es ideal para recuperar la conectividad, distribuyéndose como una franja en dirección sur – norte contigua a la zona de Reserva Forestal Bosque oriental de Bogotá, es decir uso sostenible con énfasis en preservación. Adicionalmente se proponen arreglos para la restauración y preservación del corredor así:

- Áreas de nacimientos de aguas y rondas de corrientes que han perdido sus coberturas naturales.
- Áreas de nacimientos y rondas de corrientes localizadas en la franja del bosque alto andino y el subpáramo.
- Áreas afectadas con procesos erosivos.
- Sectores con potencial para la conectividad.

Para estos escenarios se plantean los siguientes tratamientos de restauración:

- Revegetalización.
- Sistemas silvopastoriles: Cercas vivas y barreras cortavientos.
Bancos forrajeros.
Asociación de árboles dispersos.
Asociación de árboles en franjas.
- Sistemas agroforestales: Combinación de árboles y cultivos.
- Restitución de coberturas naturales (Sguerra *et al.*, 2011).

Así, la propuesta de sistemas silvopastoriles basados en arbustivas dalia y sauco es una alternativa para producción de carne y leche o diferentes especies animales y conservación de la zona de alta montaña del Páramo de Cruz Verde en el municipio de Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

Dalia imperialis es una planta de amplio reconocimiento a nivel mundial por su valor ornamental por parte de floricultores (Jiménez, 2015), existiendo algunos

reportes de su uso en alimentación humana (Booth *et al.*, 1991), pero escasos o inexistentes de su uso en alimentación animal, así el aporte de este estudio va desde reconocer la dalia como un potencial forraje para animales hasta hacer al análisis químico – nutricional e iniciar con una aproximación a su uso en animales mediante la predicción de la respuesta animal, así la propuesta se convierte en un importante aporte a la agroforestería y la producción animal de ecosistemas de alta montaña.

Dalia es una planta nativa del ecosistema de alta montaña desde México hasta Colombia (Booth *et al.*, 1991), es importante identificarla y determinar las mejores condiciones de clima y suelo para su crecimiento, establecimiento y usos de forma ornamental y en este caso establecer los mejores arreglos agroforestales para su uso y explotación, con este estudio se inicia esa labor determinando algunas variables a tener en cuenta al momento de usar esta arbustiva en sistemas silvopastoriles.

Arbóreas como el sauco han sido ampliamente estudiadas para su uso en nutrición animal, esta arbustiva se ha utilizado para reemplazar el aporte de proteína proveniente de concentrados (Carvajal *et al.*, 2012), hasta hacer parte integral de dietas de animales en producción de leche en zonas como Sabana de Bogotá (Sánchez *et al.*, 2009).

El uso de dalia como elemento para el diseño de sistemas silvopastoriles hasta ahora se está documentando, es el caso Ayala *et al.*,(2015), de la Universidad de La Salle, quienes midieron la aceptación de dalia, sauco y acacia en novillas holstein en crecimiento o Carreño *et al.*, (2014), en la Universidad de Nariño, mediante el establecimiento de parcelas con diferentes morfotipos de dalia y a diferentes distancias de siembra midieron crecimiento, adaptación y contenidos nutricionales a distintos momentos de corte.

2.2 Objetivo General:

Evaluar un sistema silvopastoril como alternativa forrajera para trópico alto con Dalia (*Dahlia imperialis*) y Sauco (*Sambucus nigra*) en el Páramo de Cruz Verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia.

2.3 Objetivos Específicos:

1. Calcular el potencial de producción de carne y leche basado en la producción y calidad de forraje.
2. Evaluar la relación costo/beneficio del arreglo silvopastoril frente a un sistema de producción tradicional de trópico alto.
3. Evaluar el efecto del arreglo silvopastoril sobre las condiciones del suelo mediante el análisis de indicadores físicos y químicos.

2.4 Pregunta de investigación.

¿Cuál es el efecto del establecimiento de un sistema silvopastoril basado en las arbustivas dalia y sauco sobre características físicas y químicas del suelo y sobre el desempeño productivo y financiero de ganado de leche y carne en un ecosistema de alta montaña, en el Páramo de Cruz verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia?

Hipótesis:

H₀: La implementación de **dalia** no afecta la calidad física y química del suelo y no aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

La implementación de **sauco** no afecta la calidad física y química del suelo y no aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

La implementación de **dalia y sauco** no afecta la calidad física y química del suelo y no aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

H₁: La implementación de **dalia** afecta la calidad física y química del suelo y aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

La implementación de **sauco** afecta la calidad física y química del suelo y aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

La implementación de **dalia y sauco** afecta la calidad física y química del suelo y aumenta cantidad y calidad de forraje disponible para animales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1.1 ECOSISTEMA DEL PÁRAMO DE CRUZ VERDE.

El Páramo de Cruz Verde pertenece al corredor de páramos de la cordillera oriental: Guerrero, Chingaza y Sumapaz, este corredor pertenece al subsistema climático Andino Atlántico, característico de la Cordillera Oriental, donde la humedad recibida de la Orinoquia y Amazonia es transportada y transformada en precipitación orográfica (figura 3) (Sguerra *et al.*, 2011)

La extensión del Páramo de Cruz Verde que se encuentra en el municipio de Ubaque es de 1181 ha, las cuales corresponden al 0,44% de la extensión del complejo Cruz Verde – Sumapaz (Morales *et al.*, 2007).



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio, zona de amortiguamiento Páramo de Cruz Verde.

Fuente: Morales *et al.*, (2007).

Características de la zona de estudio. El área de estudio se ubica en la zona de Amortiguamiento del Páramo de Cruz Verde a $4^{\circ}29'36.61''$ N y $74^{\circ}1'35.27''$ O. Esta zona se encuentra en la parte alta de los municipios de Ubaque y Chipaque (Cundinamarca) en las Veredas Belén y Cerezos Grande a una altura de 2958 m.s.n.m., con una precipitación de 1778 mm/año distribuidos en un régimen monomodal, donde las épocas de mayor pluviosidad son los meses de mayo a julio y octubre a noviembre y la época seca son los meses de diciembre a marzo. La temperatura oscila entre 10° y 25° C y la humedad relativa se encuentra entre 84% y 94%.

La ubicación de las parcelas experimentales se hizo en la finca El Cardonal que posee un área de 100 ha, de las cuales 48 se encuentran en bosque nativo y 52 en pasturas, finca dedicada a la producción de ganado de leche por 35 años y donde se mantuvieron cultivos de papa por 15 años y hace más de 10 años finalizó esta actividad. La zona donde se realizó el estudio es tradicionalmente productora de papa en 70% y ganadería en 30% (Alcaldía de Ubaque, 2011), dista

del municipio de Chipaque 13,5 km, 23 km del casco urbano del municipio de Ubaque y 13 km del suroriente de Bogotá

El municipio de Ubaque posee 21 veredas y una extensión de 104,96 km² con una población total de 7411 habitantes distribuidos por veredas de la siguiente forma.

Adicionalmente tiene una distribución de tierras por piso térmico así:

- a. Páramo: 2500 ha.
- b. Frío: 7200 ha⁻¹.
- c. Templado: 1700 ha (Plan de Desarrollo Municipal, Ubaque, Cundinamarca, 2008 – 2011) (Alcaldía de Ubaque, 2011).

3.2 TRATAMIENTOS EVALUADOS.

Para esta evaluación se establecieron 3 bloques experimentales de las arbustivas dalia y sauco, cada bloque con cuatro tratamientos y un área de 250 m² (25 m x 10 m), resultando en un total de 750 m², se sembraron 36 árboles por tratamiento de arbustivas, para un total de 324 árboles, los cuales son 162 plantas de Sauco y 162 de Dalia (figura 4) las distancias de siembra y el tamaño de los bloques y distribución de los tratamientos sigue metodología planteada por la RIEPT, (Toledo, 1982). El tipo de suelo para los 3 bloques fueron iguales: pasturas nativas en las cuales se sembró papa durante 10 años y 10 años más usados en ganadería extensiva.

Se sembraron los bloques experimentales, se permitió el crecimiento de las arbustivas durante 6 meses, para permitir el establecimiento de raíces y la producción de forraje hasta que alcanzaran un tamaño uniforme para cada una de las dos especies, se hizo un corte de uniformidad, a partir de este momento se tomaron muestras cada 90 y 120 días para evaluar calidad y cantidad de forraje y se tomaron muestras de suelo a 0, 6 y 12 meses para evaluar variables físicas y químicas en suelo, siguiendo el gradiente de fertilidad y humedad.

Los tratamientos evaluados fueron:

- a) **Tratamiento testigo:** pastura abierta compuesta por: kikuyo (*Penisetum clandestinum*), Falsa poa (*Holcus Lanatus*), trébol blanco y rojo (*Trofilium repens* y *Trifolium pratense*), rabo de mula (*Sporobolus bogotensis*), pasto comunista (*Poligonum segetum*) y lengua de vaca (*Rumex crispus*), parcela sin árboles.
- b) **Tratamiento 1:** parcela con Dalia sembradas a un (1) m de distancia en “tres bolillo”.
- c) **Tratamiento 2:** parcela con Sauco sembradas a un (1) m de distancia en “tres bolillo”.

d) **Tratamiento 3:** parcela con Dalia y Sauco sembradas a un (1) m de distancia en “tres bolillo”, en una relación de 50 % cada una.

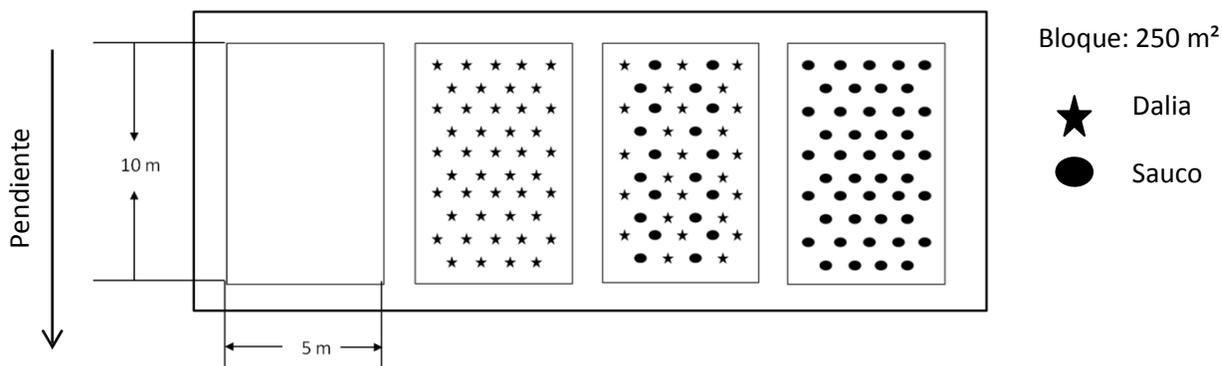


Figura 3. Esquema de bloques experimentales.

Estas parcelas fueron sembradas con plántulas germinadas en vivero, por medio de siembra de estaca en un sustrato de tierra 70%, cascarilla de arroz 20%, arena 5%, cal 2,5% y gallinaza 2,5%, esta mezcla se utilizó a razón de 2 kg por árbol, se pasaron a campo a los dos meses de edad (Instituto Humboldt, 2008; Producción de sustratos para vivero, 2002))

Durante el periodo de investigación las parcelas de arbustivas se fertilizaron cada 50 días con una mezcla de cal:gallinaza 2:1, de esta mezcla se adicionaba 150 gr/planta, después de un desyerbe y aporque (Instituto Humboldt, 2008).

3.3 EVALUACIÓN DE TASA DE CRECIMIENTO Y REBROTE.

La metodología que se utilizó para cuantificar la producción estacional y calidad del forraje de Dalia y Sauco fue la planteada por la RIEPT, (Toledo, 1982).

Las variables respuesta para la evaluación agronómica fueron:

3.3.1 TASA DE CRECIMIENTO Y REBROTE DE LAS PLANTAS:

- a. **En vivero:** tiempo de rebrote (días a la aparición de la primera yema), el cual se estableció por observación directa y tasa de crecimiento cm/día durante 2 meses la cual se obtuvo midiendo 10 plántulas de cada especie escogidas al azar cada 15 días.
- b. **En campo:** crecimiento después del corte, que fue realizado cada 15 días midiendo 10 plantas al azar en cada tratamiento y en cada bloque, siguiendo el gradiente de fertilidad y humedad.

3.3.2 ANÁLISIS DE SUELO.

La metodología para el análisis de calidad es la propuesta por USDA, en Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo, (1999).

- **CALIDAD DEL SUELO.**

Para todos los tratamientos se hicieron mediciones a 0, 6 y 12 meses, se tomaron muestras de suelo de cada tratamiento y se llevaron al laboratorio de Suelos de Corpoica, Tibaitatá, para los análisis se utilizó la siguiente metodología:

- ✓ **Análisis físico:** se determinaron los sitios de muestreo (una muestra por cada tiempo) de acuerdo al gradiente de fertilidad y humedad, se realizó una calicata a una profundidad de aproximadamente 30 cm, se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 15 cm, donde se introdujo, con martillo, un tubo de PVC de 10 cm de longitud, hasta que entró todo en el suelo, se retiró y se pusieron tapones en cada uno de sus extremos, se rotuló con el número de bloque y tratamiento (USDA, 1999).

Las metodologías utilizadas para la determinación de las variables físicas del suelo fueron:

- **Densidad aparente:** anillo de volumen conocido (Buckman y Brady, 1970)
 - **Textura:** Bouyoucos (Dewis y Freitas, 1970)
 - **Estabilidad estructural:** Yoder. (Kemper y Rosenau, 1986)
- ✓ **Análisis químico:** en la misma calicata realizada para la muestra de análisis físico, con una pala, se rasparon las paredes y con un machete, se cortó la muestra que correspondía a los 15 cm de profundidad, se empacó en una bolsa de color negro y se rotuló con número de bloque y tratamiento (USDA, 1999).

Las metodologías utilizadas para la determinación de las variables químicas del suelo fueron:

- **pH:** potenciómetro, relación suelo agua 1:2,5.
- **Minerales:**
 - **Fósforo:** Bray II.
 - **Potasio:** método acetato de amonio 1 N pH 7
 - **Calcio:** método acetato de amonio 1 N pH 7
 - **Magnesio:** método acetato de amonio 1 N pH 7
 - **Azufre:** NTC 5404.

Laboratorio de Suelos, CORPOICA, Tibaitatá.

3.4 EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE.

La metodología que se utilizó para cuantificar la producción estacional y calidad del forraje de Dalia y Sauco fue la planteada por la RIEPT, (Toledo, 1982)

Para medir la cantidad y calidad de forraje en los tratamientos de arbustivas se tomó el forraje de 5 árboles escogidos al azar siguiendo el gradiente de fertilidad y humedad, a los días 90 y 120, se pesó en cada tratamiento y se promedió la cantidad de forraje producido, se tomó una muestra representativa (1 kg a 2 kg) se envolvió en papel periódico, para mantener la humedad, se empacó en bolsas, se rotuló con información de especie, bloque y fecha y se llevó a laboratorio. En pastura se midió cantidad de forraje por medio de un cuadro de 25 cm², se tomaron 5 cuadros en cada tratamiento, a los días 90 y 120, siguiendo gradiente de fertilidad y humedad, se multiplicó por 16 la cantidad de forraje obtenido en cada cuadro para convertirlo en kg/m², se empacó en periódico y bolsas, se rotuló con nombre de tratamiento, bloque y fecha para ser transportado al laboratorio.

3.4.1 DISPONIBILIDAD DE FORRAJE (Kg/ha).

La cantidad de forraje se estableció en kg/ha⁻¹, Para determinar la cantidad de árboles por ha se aplicó la fórmula para la siembra de árboles en arreglo tres bolillo (Fonseca y García, 2007).

$$\text{Cantidad de árboles/ha} = \frac{10000}{1} * 1,1547$$

Donde 10000 es el área a sembrar.

1 distancia entre árboles.

1.1547 constante.

3.4.2 ANÁLISIS QUÍMICO DE FORRAJE.

Las variables de respuesta medidas fueron:

- a) Materia seca, proteína total, cenizas, extracto etéreo: según metodología AOAC, (2005).
- b) Degradabilidad de la materia seca según metodología de Tilley y Terry, 1963.
- c) Fraccionamiento de proteína y carbohidratos: método in vitro adoptado por el modelo CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) según Sniffen *et al.*, (1992) y Fox *et al.*, (2003).
- d) **Minerales:** el contenido de minerales fueron analizados en el Laboratorio de Nutrición de CORPOICA, Tibaitatá mediante las siguientes metodologías:

Para fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, manganeso y zinc se utilizó la metodología de digestión cerrada nítrico peróxido: agua (5:12) espectrofotometría de absorción atómica, para nitrógeno se utilizó EPA 3513 modificado y para boro se utilizó la metodología NTC 5404 modificado.

3.5 POTENCIAL DE PRODUCCION.

- **Producción de leche.**

Para el cálculo del potencial de producción de leche de los tratamientos evaluados se utilizó la metodología establecida por Méndez *et al.*, (2013), mediante el uso de tablas de requerimientos nutricionales para bovinos de leche (NRC, 2001), utilizando variables del análisis bromatológico de forrajes: proteína cruda (PC), Energía metabolizable (EM), calcio (Ca) y fósforo (P).

Para este análisis se estableció el consumo de materia seca (CMS) en 14,07 kg/animal/día, aplicando la fórmula de NRC, 2001 para vacas lecheras (NRC, 2001):

$$CMS \left(\frac{kg}{MS} \right) = \left(\left((PV^{0.75}) * 0,0968 \right) + (0.372 * LCG) - 0.293 \right) * lag$$

Donde PV es peso vivo.

LCG es leche corregida a grasa 4%.

$$LCG 4\% = (0.4 * kg \text{ de leche}) + (15 * kg \text{ grasa})$$

El bajo consumo al comienzo de la lactancia se ajusta utilizando la variable *lag*.

$$Lag = e^{(-0.192*(SEL+3.67))}$$

Donde SEL es semana de lactancia.

- **Energía de los forrajes.**

Para calcular los valores de EM de los forrajes evaluados se aplicaron las siguientes fórmulas (Laredo y Cuesta, 1988):

$$ED = DIVMS - 12.9 * 0.03581$$

Donde ED es Energía Digestible.

Con los valores de ED se calculó la EM mediante la siguiente fórmula (NRC, 2001):

$$EM = (ED * 1.01) - 0.45$$

- **Producción de carne.**

Para el cálculo del potencial de producción de carne de los tratamientos evaluados se utilizó la metodología establecida por Méndez *et al.*, 2013, mediante el uso de tablas de requerimientos nutricionales para bovinos de leche (animales en crecimiento), utilizando variables del análisis bromatológico de forrajes: proteína cruda (PC), Energía metabolizable (EM), calcio (Ca) y fósforo (P).

3.6 METODOS ESTADISTICOS.

Para el análisis estadístico del experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones, teniendo en cuenta el gradiente de humedad y fertilidad, es decir los bloques experimentales fueron dispuestos de forma vertical de acuerdo a la pendiente (figura 3), los muestreos fueron realizados, escogiendo al azar las zonas altas y bajas para análisis de suelo y zonas alta, media y baja para análisis de forraje de cada parcela, bloqueando así el gradiente de fertilidad y humedad.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : es la variable respuesta.

μ : es la media general.

β_i : es el efecto de i - esimo bloque.

τ_j : es el efecto de j – esimo tratamiento.

ϵ_{ij} : es el error experimental.

Para análisis de los datos de calidad y cantidad de forraje se realizó análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey para comparación de medias.

Para el análisis de datos de características físicas y químicas de suelo se realizó un análisis de covarianza.

Los datos fueron procesados en el software infostat, 2014.

4. RESULTADOS.

4.1 CRECIMIENTO DE PLANTAS

- **EN VIVERO**

Los primeros rebrotes aparecieron a los 21 días de edad, el crecimiento de cada una de las especies utilizadas se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Crecimiento total y promedio de plántulas en vivero a los 60 días de edad.

	Dalia	Sauco
Promedio de crecimiento (cm)	68,44	27,78
Crecimiento/día (cm/día)	1,22	0,41



Figura 4. Crecimiento de plantas en vivero.

- **EN CAMPO.**

Tabla 3. Crecimiento de plantas antes del corte de uniformidad, 6 meses de edad.

	Dalias	Saucos
Crecimiento (cm/día)	1,88	1,11



Figura 5. Crecimiento de dalias y saucos antes de corte de uniformidad.

Tabla 4. Crecimiento de plantas a 20, 60 y 90 días después de corte de uniformidad.

	Dalia Crecimiento/día	Sauco Crecimiento/día (cm/día)
Crecimiento 20 días	5	3.33
Crecimiento 60 días	0.35	0.32
Crecimiento 90 días	0.23	0.23



Figura 6. Plantas de dalia y sauco de 30 días de rebrote.



Figura 7. Planta de Sauco de 35 días de rebrote.

4.2 SUELOS.

4.2.1 PRUEBAS FÍSICAS

- **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL (MAYOR A 1mm):**

Según los resultados del análisis se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la etapa inicial ($P < 0.05$). En los muestreos posteriores no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo se observa una tendencia para la mayoría de los tratamientos de aumento en el porcentaje de agregados del suelo de tamaño mayor a 1 mm principalmente en la parcela dalia x sauco (tabla 5). A los 0 meses, el tratamiento que presentó mayor porcentaje de agregados del suelo mayores a 1 mm fue dalia con 68,5%, mientras que a los 6 meses fue sauco con 84,6% y a los 12 meses también fue sauco con 72,4%.

- **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL (MENOR A 1 mm):**

Según los resultados del análisis se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la etapa inicial ($P < 0.05$). En los muestreos posteriores no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo a lo largo del tiempo se halló una tendencia de disminución en el porcentaje de agregados de tamaño menor a 1 mm principalmente en el tratamiento de dalia a los 6 meses y en el tratamiento sauco comparados el tiempo inicial y el final (tabla 5). A los 0 meses, el tratamiento que presentó menor porcentaje de agregados del suelo

menores a 1 mm fue dalia con 31,4%, mientras que a los 6 meses fue sauco con 15,3% y a los 12 meses también fue sauco con 33,3%.

Tabla 5. Efecto del tiempo sobre estabilidad estructural.

Tiempo de muestreo (meses)	Estabilidad de agregados > 1 mm (%)			Estabilidad de agregados < 1 mm (%)		
	0	6	12	0	6	12
	Dalia	68,5 ^A	84 ^A	66,6 ^A	31,4 ^B	15,6 ^A
Saucu	58,2 ^{AB}	84,6 ^A	72,4 ^A	41,7 ^A	15,3 ^A	27,5 ^A
Dalia x sauco	57,4 ^B	80,3 ^A	69,3 ^A	42,5 ^A	19,6 ^A	30,6 ^A
Pastura	63,3 ^B	82,6 ^A	71,3 ^A	36,6 ^{AB}	17,6 ^A	28,6 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05)

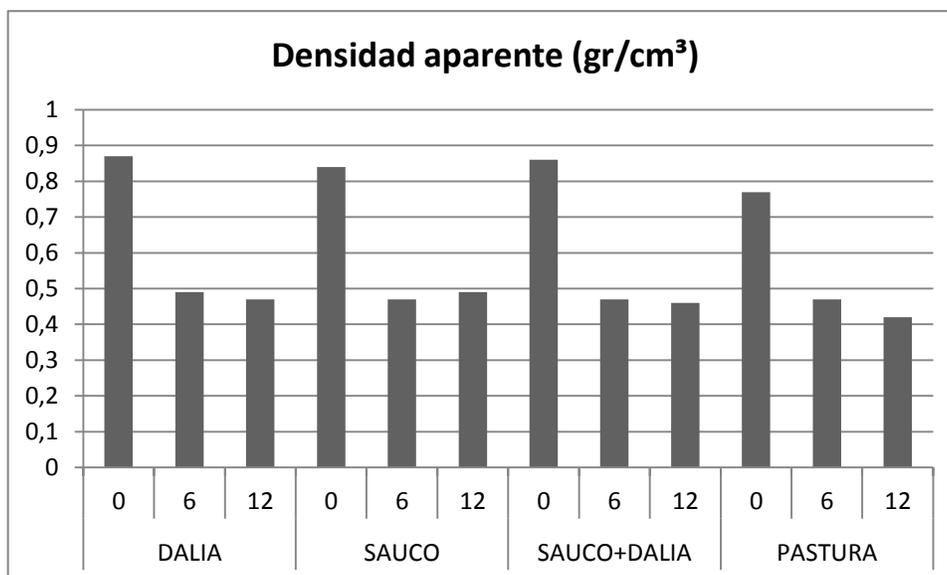
• **DENSIDAD APARENTE.**

Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos en la etapa inicial ($p < 0,05$). En los muestreos posteriores no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo se observa una clara tendencia a disminuir los valores de densidad aparente a los 6 y 12 meses para todos los tratamientos (gráfica 1 y tabla 6). A los 0 y 6 meses, el suelo con mayor densidad aparente correspondió a dalia con valores de 0,87 gr/cm³ y 0,49 gr/cm³ respectivamente, mientras que a los 12 meses la mayor densidad fue registrada en sauco con 0,49 gr/cm³, no obstante se observa una disminución de la densidad del suelo a los 6 meses para todos los tratamientos la cual tiende a estabilizarse con el tiempo.

Tabla 6. Efecto del tiempo sobre la densidad aparente.

Tiempo de muestreo (meses)	Densidad aparente (gr/cm ³)		
	0	6	12
DALIA	0,87 ^A	0,49 ^C	0,47 ^C
SAUCO	0,84 ^{AB}	0,47 ^C	0,49 ^C
DALIA X SAUCO	0,86 ^A	0,47 ^C	0,46 ^C
PASTURA	0,77 ^B	0,47 ^C	0,42 ^C

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05)



Gráfica 1. Efecto del tiempo sobre la densidad aparente (gr/cm³).

4.2.2 PRUEBAS QUÍMICAS.

- pH:**

Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), con una variación de 5.02 a 5.52, siendo pastura el tratamiento que presentó el pH inicial más bajo, pero con la mayor variación en el tiempo (5.02 vs 5.19). En el tratamiento Dalia también hubo un aumento de pH (5.37 vs 5.42), a diferencia de los tratamientos de sauco (5.52 vs 5.37) y dalia x sauco (5.42 vs 5.35) donde el pH disminuyó (tabla7).

Tabla 7. Efecto del tiempo sobre pH del suelo.

Tiempo de muestreo (meses)	pH		
	0	6	12
DALIA	5,37 ^{AB}	5,30 ^{AB}	5,42 ^{AB}
SAUCO	5,52 ^A	5,21 ^{AB}	5,37 ^{AB}
DALIA X SAUCO	5,42 ^{AB}	5,39 ^{AB}	5,35 ^{AB}
PASTURA	5,02 ^B	5,11 ^{AB}	5,19 ^{AB}

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$)

- FÓSFORO (P).**

Los valores no difieren estadísticamente entre tratamientos, sin embargo se observa una tendencia en el tratamiento pastura a disminuir sus niveles entre los 6 y 12 meses en 1%, a diferencia de los otros tratamientos que tendieron a aumentar su concentración así: dalia 9%, sauco 24% y dalia x sauco 27%.

Tabla 8. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de fósforo en suelo (mg/kg).

Tiempo de muestreo (meses)	Fósforo (mg/kg)		
	0	6	12
DALIA	28,5 ^A	37,27 ^A	41,23 ^A
SAUCO	49,4 ^A	36,27 ^A	44,25 ^A
DALIA X SAUCO	30,07 ^A	26,07 ^A	36,04 ^A
PASTURA	42,93 ^A	66,93 ^A	66,26 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. (P<0.05).

- **AZUFRE (S):**

Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05). También se observa la disminución con el tiempo, encontrando que el tratamiento con mayores valores fue dalia x sauco con valores (7.03 mg/kg) a los 6 meses, pero dalia tuvo la mayor variación, lo que puede significar que tiene mayor capacidad de absorción del mineral (tabla 12).

Todos los tratamientos presentaron disminución en la concentración de S en el tiempo, excepto en el tratamiento dalia x sauco para los 6 meses, sin embargo en ese mismo tratamiento la concentración de S disminuye a los 12 meses.

Tabla 9. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de azufre en suelo (mg/kg)

Tiempo de muestreo (meses)	Azufre (mg/kg)		
	0	6	12
DALIA	6,97 ^A	5,27 ^{ABC}	2,85 ^C
SAUCO	6,23 ^{AB}	5,40 ^{ABC}	4,89 ^{ABC}
DALIA X SAUCO	6,47 ^{AB}	7,03 ^A	3,32 ^{BC}
PASTURA	5,80 ^{ABC}	3,20 ^{AB}	1,78 ^{BC}

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. (P<0.05).

- **CALCIO (Ca).**

No se hallaron diferencias significativas entre tratamientos, pero se observó una tendencia a aumentar los valores al finalizar el estudio.

- **MAGNESIO (Mg).**

No se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos, pero se observó una tendencia a aumentar los valores al finalizar el estudio, con valores que varían entre (0,54 Cmol/kg⁻¹ a 1.74 Cmol/kg⁻¹).

- **POTASIO (K)**

No se hallaron diferencias significativas entre tratamientos, pero se observó una tendencia a aumentar los valores al finalizar el estudio, con valores que varían entre (0.13 Cmol/kg⁻¹ y 0.55 Cmol/kg⁻¹).

Tabla 10. Efecto del tiempo sobre las concentraciones de calcio, magnesio y potasio en suelo.

Tiempo de muestreo (meses)	Calcio, Magnesio y Potasio (Cmol/kg)								
	0	6	12	0	6	12	0	6	12
	Calcio			Magnesio			Potasio		
DALIA	1,95 ^A	3,01 ^A	4,04 ^A	0,71 ^A	0,85 ^A	1,68 ^A	0,13 ^A	0,15 ^A	0,19 ^A
SAUCO	2,94 ^A	2,26 ^A	3,98 ^A	1,19 ^A	0,72 ^A	1,74 ^A	0,21 ^A	0,16 ^A	0,43 ^A
DALIA X SAUCO	1,57 ^A	3,97 ^A	2,98 ^A	0,64 ^A	0,94 ^A	1,11 ^A	0,18 ^A	0,25 ^A	0,55 ^A
PASTURA	1,87 ^A	3,12 ^A	3,3 ^A	0,54 ^A	1,08 ^A	1,23 ^A	0,14 ^A	0,17 ^A	0,31 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. (P<0.05).

Tabla 11. Resumen de las características físicas y químicas del suelo. Características físicas.

Tiempo de muestreo (meses)	Estabilidad agregados			Estabilidad de agregados		
	> 1 mm (%)			< 1 mm (%)		
	0	6	12	0	6	12
Dalia	68,5 ^A	84 ^A	66,6 ^A	31,4 ^B	15,6 ^A	33,3 ^A
Sauco	58,2 ^{AB}	84,6 ^A	72,4 ^A	41,7 ^A	15,3 ^A	27,5 ^A
Dalia x sauco	57,4 ^B	80,3 ^A	69,3 ^A	42,5 ^A	19,6 ^A	30,6 ^A
Pastura	63,3 ^B	82,6 ^A	71,3 ^A	36,6 ^{AB}	17,6 ^A	28,6 ^A

Tiempo de muestreo (meses)	Densidad aparente (gr/cm ³)		
	0	6	12
DALIA	0,87 ^A	0,49 ^C	0,47 ^C
SAUCO	0,84 ^{AB}	0,47 ^C	0,49 ^C
DALIA X SAUCO	0,86 ^A	0,47 ^C	0,46 ^C
PASTURA	0,77 ^B	0,47 ^C	0,42 ^C

Características químicas:

Tiempo de muestreo (meses)	pH		
	0	6	12
DALIA	5,37 ^{AB}	5,30 ^{AB}	5,42 ^{AB}
SAUCO	5,52 ^A	5,21 ^{AB}	5,37 ^{AB}
DALIA X SAUCO	5,42 ^{AB}	5,39 ^{AB}	5,35 ^{AB}
PASTURA	5,02 ^B	5,11 ^{AB}	5,19 ^{AB}

Tiempo de muestreo (meses)	Fósforo (mg/kg)		
	0	6	12
DALIA	28,5 ^A	37,27 ^A	41,23 ^A
SAUCO	49,4 ^A	36,27 ^A	44,25 ^A
DALIA X SAUCO	30,07 ^A	26,07 ^A	36,04 ^A
PASTURA	42,93 ^A	66,93 ^A	66,26 ^A

Tiempo de muestreo (meses)	Azufre (mg/kg)		
	0	6	12
DALIA	6,97 ^A	5,27 ^{ABC}	2,85 ^C
SAUCO	6,23 ^{AB}	5,40 ^{ABC}	4,89 ^{ABC}
DALIA X SAUCO	6,47 ^{AB}	7,03 ^A	3,32 ^{BC}
PASTURA	5,80 ^{ABC}	3,20 ^{AB}	1,78 ^{BC}

Tiempo de muestreo (meses)	Calcio, Magnesio y Potasio (Cmol/kg)								
	0	6	12	0	6	12	0	6	12
	Calcio			Magnesio			Potasio		
DALIA	1,95 ^A	3,01 ^A	4,04 ^A	0,71 ^A	0,85 ^A	1,68 ^A	0,13 ^A	0,15 ^A	0,19 ^A
SAUCO	2,94 ^A	2,26 ^A	3,98 ^A	1,19 ^A	0,72 ^A	1,74 ^A	0,21 ^A	0,16 ^A	0,43 ^A
DALIA X SAUCO	1,57 ^A	3,97 ^A	2,98 ^A	0,64 ^A	0,94 ^A	1,11 ^A	0,18 ^A	0,25 ^A	0,55 ^A
PASTURA	1,87 ^A	3,12 ^A	3,3 ^A	0,54 ^A	1,08 ^A	1,23 ^A	0,14 ^A	0,17 ^A	0,31 ^A

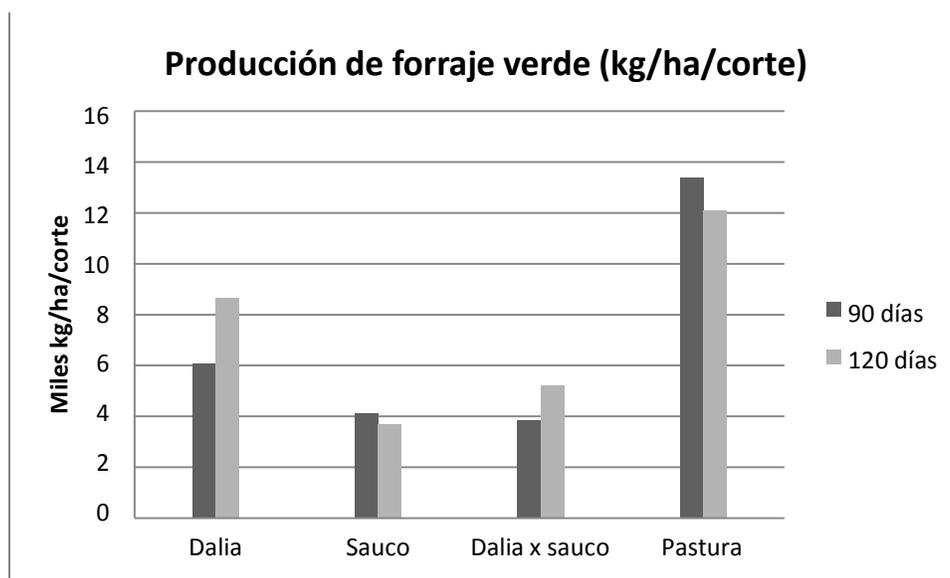
4.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

La producción de forraje verde presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo pastura el tratamiento de mayor producción, Dalia presentó la mayor producción al día 120, Sauco tiene mayor producción al día 90 y Dalia x sauco tiene mayor producción al día 120 (tabla 15).

Tabla 12. Producción de forraje (Kg /forraje verde/ha) a 90 y 120 días de rebrote de los tratamientos experimentales.

Tratamiento	90 días	120 días
Dalia	6084 ^{ABC}	8661 ^{BCD}
Sauco	4125 ^{ABC}	3678 ^{ABC}
Dalia x sauco	3861 ^{AB}	5236 ^{ABC}
Pastura	13380 ^D	12080 ^{CD}

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. ($P > 0,05$).



Gráfica 2. Efecto del tiempo sobre la producción de biomasa de los tratamientos experimentales a los 90 y 120 días de rebrote (kg/forraje verde/ha/corte).

- **CONTENIDO DE MATERIA SECA (MS):**

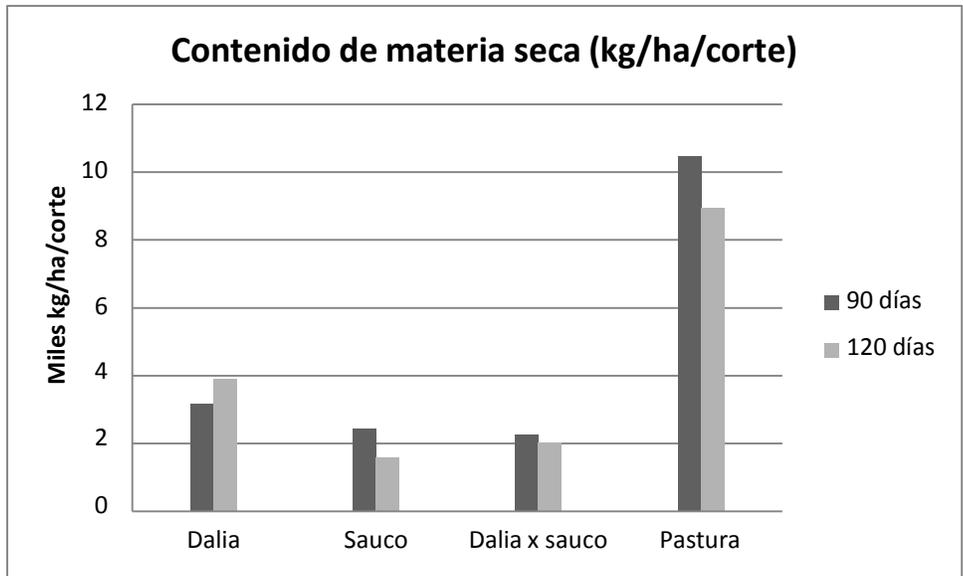
Tabla 13. Porcentaje de materia seca de los tratamientos a los 90 y 120 días de rebrote.

Tratamiento	Materia seca (%)	
	90 días	120 días
Dalia	13,00 ^B	15,07 ^B
Sauco	14,79 ^B	14,47 ^B
Dalia x sauco	14,63 ^B	12,95 ^B
Pastura	19,55 ^A	24,71 ^A

✓ **Dalia:** a través de la evaluación se determinó que dalia obtuvo su mayor producción de forraje al día 120 con 8661 kg/ha/corte, es decir 10,34% frente a 6084 kg/ha/corte al día 90. En cuanto a concentración de materia seca se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) siendo este el tratamiento de menor producción de MS con 13,003% y 15,07% a los 90 y 120 días respectivamente, obteniendo producciones de 3164 kg/MS/ha/año haciendo cortes a los 90 días y 3915 kg/MS/ha/año haciendo cortes a los 120 días.

✓ **Sauco:** la mayor producción de forraje verde se evidenció a los 90 días, alcanzando un incremento de 12,15%, respecto al día 120, en cuanto a la producción de materia seca se establecieron valores de 14,79% y 14,47% a los días 90 y 120 respectivamente.

✓ **Dalia y sauco:** en este tratamiento se encontró que la mayor producción de forraje verde fue al día 120 con 5236 kg/ha/corte.



Gráfica 3. Efecto del tiempo en la concentración de materia seca (kg/ha/corte).

4.4 ANÁLISIS QUÍMICO DEL FORRAJE.

4.4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.



Figura 8. *Dahlia imperialis*.

Tabla 14. Efecto de la madurez de Dalia (*Dahlia imperialis*), Sauco (*Sambucus nigra*) y Pastura en su calidad nutricional.

Tratamiento	Materia seca (%)	Proteína total (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Materia orgánica (%)	CNE (%)
Dalia	14,03 ^B	23,93 ^A	2,61 ^B	12,84 ^A	87,16 ^C	26,34 ^B
Sauco	14,63 ^B	19,69 ^B	3,36 ^A	11,75 ^B	88,25 ^B	33,64 ^A
Dalia x sauco	13,79 ^B	23,46 ^A	2,31 ^B	12,36 ^{AB}	87,64 ^{BC}	27,48 ^B
Pastura	21,01 ^A	10,39 ^C	2,59 ^B	8,09 ^C	91,91 ^A	11,98 ^C

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. $P < 0.05$

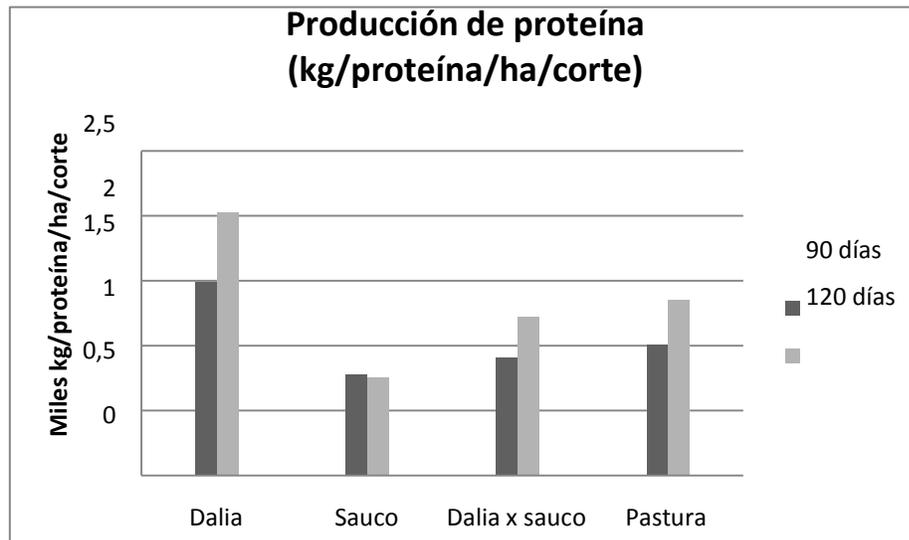
• PROTEÍNA TOTAL (PT).

Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo dalia el tratamiento de mayor concentración de proteína con (23,93%), en segundo lugar está dalia x sauco (23,46%), en tercer lugar sauco (19,09%) y de último lugar se encuentra pastura (10,39%).

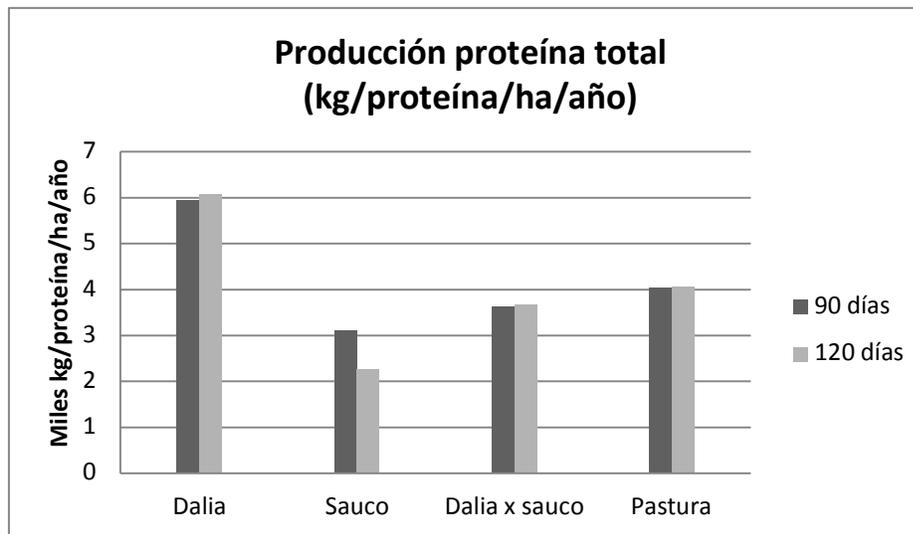
1. **Dalia:** su valor promedio se encuentra en 23.93%, siendo el tratamiento con mayor producción de proteína por corte y al año.
2. **Sauco:** presentó niveles de proteína total de 18.75% y 20.62% a los 90 y 120 días respectivamente,
3. **Dalia x sauco:** los valores de proteína total para el tratamiento dalia y sauco se encuentran en promedio en 23,46%.
4. **Pastura:** los niveles de proteína se establecen en 10,39%, en promedio.

Tabla 15. Efecto de la madurez sobre la producción de proteína. Base seca (kg/proteína/ha/corte).

Producción de proteína, base seca		
(kg/proteína/ha/corte)		
Tratamiento	90 días	120 días
Dalia	1487	2028
Sauco	773	758
Dalia x sauco	910	1223
Pastura	1009	1355



Gráfica 4. Efecto del tiempo sobre la concentración de proteína total, base seca, (kg/proteína/ha/corte)



Gráfica 5. Efecto del tiempo sobre la concentración de proteína total, base seca, (kg/proteína/ha/año).

- **CENIZAS (C).**

Los valores de minerales totales representados por las cenizas presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$), siendo dalia el tratamiento con mayor valor a los días 90 y 120 respectivamente, en segundo

lugar se encuentra dalia x sauco, tercer lugar sauco y finalmente pastura posee los menores valores de cenizas (tabla 17)

Tabla 16. Concentración de minerales totales. Base seca (%).

Tratamiento	Cenizas (%)	
	90 días	120 días
Dalia	12.54 ^A	13.14 ^A
Sauco	12.32 ^A	11.17 ^A
Dalia x sauco	11.91 ^A	12.8 ^A
Pastura	7.01 ^A	7.6 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

- ✓ **Dalia:** presentó valores en un rango entre 12,54% y 13,14% a los 90 y 120 días respectivamente, con un promedio de 12,84%, siendo el tratamiento con mayor contenido de cenizas.
- ✓ **Sauco:** se presentan valores de 12.32% y 11.17% en los días 90 y 120 respectivamente, con un promedio de 11,75%.
- ✓ **Dalia x Sauco:** este tratamiento presenta valores en un rango entre 11,91% y 12,8% a los días 90 y 120 respectivamente, con un promedio de 12,36%.
- ✓ **Pastura:** este tratamiento presenta niveles de minerales totales en promedio de 8,09%, con rangos entre 7,01% y 7,6% a los 90 y 120 días respectivamente.

- **MACROMINERALES.**

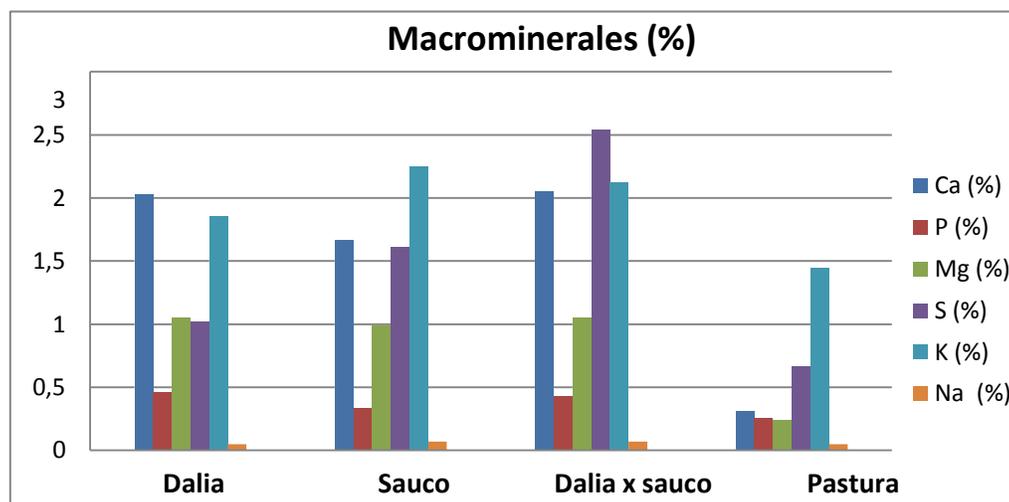
Tabla 17. Contenido de macrominerales de forraje (%). Base seca.

Tratamiento	Macrominerales (%) MS					
	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	S (%)	K (%)	Na (%)
Dalia	2,03 ^A	0,46 ^A	1,05 ^A	1,02 ^A	1,86 ^{AB}	0,05 ^A
Sauco	1,67 ^{AB}	0,34 ^{BC}	0,99 ^A	1,61 ^A	2,25 ^A	0,07 ^A
Dalia x sauco	2,05 ^A	0,43 ^{AB}	1,05 ^A	2,54 ^A	2,12 ^{AB}	0,07 ^A
Pastura	0,31 ^B	0,26 ^C	0,24 ^B	0,67 ^A	1,45 ^B	0,05 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en Ca, P, Mg y K y no se hallaron diferencias en S y Na.

- ✓ **Calcio (Ca):** existieron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), en todos los tratamientos, siendo dalia x sauco el mejor tratamiento con (2.05 %), después se ubican sauco, dalia y pastura que tienen los menores valores (0.31 %).
- ✓ **Fósforo P:** los valores de niveles de fósforo mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0,05$), siendo dalia el tratamiento que presentó los mayores valores (0.46 %), los siguientes valores son de dalia x sauco, sauco y pastura, este último presentando valores (0.26 %).
- ✓ **Magnesio Mg:** los valores son equivalentes entre los tratamientos dalia, dalia x sauco y sauco, el tratamiento pastura fue el de valores menores (0.24%).
- ✓ **Azufre S:** los valores fluctuaron numéricamente, dando al tratamiento dalia x sauco los mayores valores (2.54%), después se encuentran dalia y sauco y finalmente el tratamiento pastura fue el de menores valores (0.67%).
- ✓ **Potasio K:** las diferencias entre tratamientos son estadísticamente significativas ($P < 0,05$), siendo sauco el tratamiento con mayores valores de K (2.25 %), el siguiente tratamiento fue dalia x sauco y finalmente dalia y pastura con valores (1.45%).
- ✓ **Sodio Na:** No se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, el comportamiento fue similar entre tratamientos.



Gráfica 6. Niveles de macrominerales (%).

- **MICROMINERALES.**

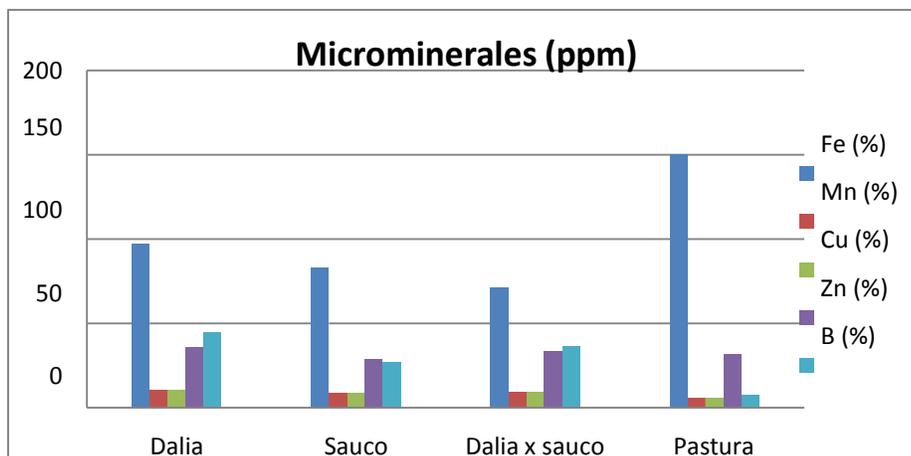
Se hallaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos únicamente para Boro pero no para Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc (Tabla 18).

Tabla 18. Contenido de microminerales (ppm) de forraje. Base seca.

Microminerales (ppm) MS					
Tratamiento	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Dalia	97,17 ^A	10,33 ^A	10,33 ^A	35,83 ^A	44,65 ^A
Sauco	83 ^A	8,50 ^A	8,50 ^A	28,5 ^A	27,24 ^B
Dalia x sauco	71,42 ^A	9,50 ^A	9,50 ^A	33,42 ^A	36,73 ^{AB}
Pastura	150,5 ^A	5,83 ^A	5,83 ^A	31,83 ^A	7,56 ^C

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. $P < 0,05$.

- ✓ **Hierro Fe:** no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Los valores variaron entre 150,5 ppm y 71,4 ppm.
- ✓ **Manganeseo Mn:** no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los valores variaron entre 5,83 ppm y 10,33 ppm.
- ✓ **Cobre Cu:** no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los valores variaron entre 5,83 ppm y 10,33 ppm.
- ✓ **Zinc Zn:** no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los valores variaron entre 28,5 ppm y 35,83 ppm.
- ✓ **Boro B:** siendo dalia el tratamiento con los mayores valores (44,6 ppm), dalia x sauco ocupó el segundo lugar y sauco y pastura ocuparon los pestos tercero y cuarto respectivamente.



Gráfica 7. Efecto de la madurez sobre niveles de Microminerales (ppm).

• **MATERIA ORGÁNICA (MO).**

Tabla 19. Efecto del tiempo sobre los contenidos de Materia Orgánica (MO), (%).

Tratamiento	Materia orgánica (%)	
	90 días	120 días
Dalia	87.45 ^A	86.85 ^A
Sauco	87.67 ^A	88.82 ^A
Dalia x sauco	88.08 ^A	87.19 ^A
Pastura	92.99 ^A	92.39 ^A

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

No existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los valores variaron entre 87,45 % y 92, 99 % a los 90 días y entre 86,85 % y 92,39 a los 120 días.

- **CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES (CNE).**

Tabla 20. Efecto del tiempo sobre los contenidos de carbohidratos no estructurales (CNE), (%).

Tratamiento	CNE (%)	
	90 días	120 días
Dalia	28.2 ^A	24.48 ^B
Sauco	33.79 ^A	33.48 ^A
Dalia x sauco	30.86 ^A	24.1 ^B
Pastura	13.89 ^B	13.58 ^B

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

A los 90 días, Dalia, sauco y dalia x sauco presentaron un porcentaje similar de carbohidratos no estructurales, mientras que pastura nativa presentó un porcentaje de CNE significativamente inferior a los demás tratamientos. A los 120 días, dalia, dalia x sauco y pastura presentaron valores estadísticamente similares, mientras sauco presentó el mayor porcentaje de CNE. Por otra parte, sauco y pastura presentaron valores similares a los 90 y 120 días, sin embargo dalia y dalia x sauco presentaron valores diferentes entre los dos tiempos estudiados, lo que nos indica que de los 4 tratamientos, Dalia es la única planta que su porcentaje de CNE varía disminuyendo con el tiempo.

- **DEGRADABILIDAD IN VITRO DE MATERIA SECA Y PROTEINA A 24 Y 48 HORAS.**

Tabla 21. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad *in vitro* de la materia seca a 24 horas de sauco, dalia y pastura (%).

Tratamiento	DIVMS 24 h (%)	
	90 días	120 días
Dalia	57.71 ^A	72.93 ^A
Sauco	52.68 ^A	70.66 ^A
Dalia x sauco	57.37 ^{AB}	69.39 ^A
Pastura	40.37 ^B	49.29 ^B

DIVMS degradabilidad in vitro de la materia seca. Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

- ✓ **Degradabilidad in vitro de la materia seca 24 horas (DIVMS T24h):** se establece que existen diferencias significativas en DIVMS 24 horas, a los 90 días Dalia y Sauco presentaron valores similares, sin embargo Dalia x Sauco presentó valores estadísticamente diferentes y pastura presentó el menor valor respecto a los otros tratamientos, así mismo, a los 120 días Dalia, Sauco y Dalia x Sauco presentaron valores similares y pastura difirió estadísticamente de los otros tratamientos. Por otra parte, la mayor variación entre los 90 y 120 días la presentó Sauco y la menor variación la presentó pastura.

Tabla 22. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad *in vitro* de la proteína cruda de Sauco, Dalia y pastura (%).

Tratamiento	DIVPC 24 h (%)	
	90 días	120 días
Dalia	55.77 ^A	66.73 ^A
Sauco	48.36 ^A	55.29 ^{AB}
Dalia x sauco	53.86 ^A	65.9 ^A
Pastura	54.71 ^A	46.8 ^A

*DIVPC degradabilidad in vitro de la proteína cruda.
Letras diferentes representa diferencias significativas entre
tratamientos. P<0.05.*

A los 90 días no se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los valores variaron entre 48,36 % y 55,77 %. Sin embargo, a los 120 días, los tratamientos Dalia, Dalia x Sauco y pastura presentaron valores similares y Sauco presentó diferencias respecto a los otros tratamientos.

- ✓ **Degradabilidad in vitro de la materia seca a 48 horas (DIVMS T48h)**

Tabla 23. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad *in vitro* de la materia seca a 48 horas de sauco, dalia y pastura (%).

Tratamiento	DIVMS 48 h (%)	
	90 días	120 días
Dalia	76.62 ^A	83.08 ^A
Sauco	63.52 ^A	79.48 ^A
Dalia x sauco	74.06 ^A	81.59 ^A
Pastura	58.78 ^A	66.81 ^B

DIVMS degradabilidad in vitro de la materia seca.

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05

No se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos. A los 90 días los valores variaron entre 58,78 % y 76,62 %, sin embargo, a los 120 días, los tratamientos Dalia, Sauco y Dalia x Sauco presentaron un comportamiento similar y pastura presentó diferencias estadísticas, los valores variaron entre 66,81 % y 83,08 %.

✓ **Degradabilidad de la proteína a 48 h %:**

Tabla 24. Efecto de la madurez sobre la degradabilidad *in vitro* de la proteína cruda 48 horas de Sauco, Dalia y pastura (%).

Tratamiento	DIVPC 48 h (%)	
	90 días	120 días
Dalia	71.55 ^A	81.95 ^A
Sauco	53.22 ^A	72.93 ^{AB}
Dalia x sauco	66.12 ^A	78.65 ^{AB}
Pastura	65.52 ^A	61.16 ^B

*DIVPC degradabilidad in vitro de la proteína cruda.
Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.*

Se establece que a los 90 días no se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos, los valores variaron entre 53,22 % y 71,55 %. Sin embargo, a los 120 días se hallaron diferencias estadísticas, Sauco y Dalia x Sauco presentaron valores similares difiriendo estadísticamente de Dalia y Pastura que presentaron los valores extremos, Dalia con el mayor valor y pastura el menor. Por otra parte, Sauco presentó la mayor variación entre los dos tiempos de corte.

- **FRACCIONAMIENTO DE LA PROTEÍNA.**

Tabla 25. Fraccionamiento de proteína de *Dahlia imperialis* y *Sambucus nigra*.

Tratamiento	Proteína A (% PC)	Proteína B1 (% PC)	Proteína B2 (% PC)	Proteína B3 (% PC)	Proteína C (% PC)
Dalia	15,9 ^{AB}	14,44 ^{AB}	30,16 ^C	29,46 ^A	10,16 ^B
Sauco	15,9 ^{AB}	13,09 ^B	38,24 ^A	18,51 ^C	14,35 ^A
Dalia x sauco	12,59 ^B	16,72 ^A	33,84 ^B	23,97 ^B	12,94 ^B
Pastura	18,99 ^A	15,95 ^{AB}	29,49 ^C	30,31 ^A	5,25 ^C

- **FRACCIONAMIENTO DE CARBOHIDRATOS.**

Tabla 26. Fraccionamiento de carbohidratos *Dahlia imperialis* y *Sambucus nigra*. (%).

Tratamiento	FDN (%)	FDA (%)	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
Dalia	34,07 ^B	18,31 ^C	15,6 ^B	15,1 ^C	2,17 ^B
Sauco	31,49 ^C	20,89 ^B	10,61 ^C	17,56 ^B	2,75 ^A
Dalia x sauco	33,96 ^B	19,83 ^{BC}	14,67 ^B	17,4 ^B	2,17 ^B
Pastura	66,97 ^A	33,11 ^A	33,67 ^A	30,85 ^A	1,88 ^C

Letras diferentes representa diferencias significativas entre tratamientos. P<0.05.

- ✓ **Dalia.**

- **FDN:** valor promedio de 34,07%.

- **FDA:** valor promedio de 18,31%.

- ✓ **Sauco**

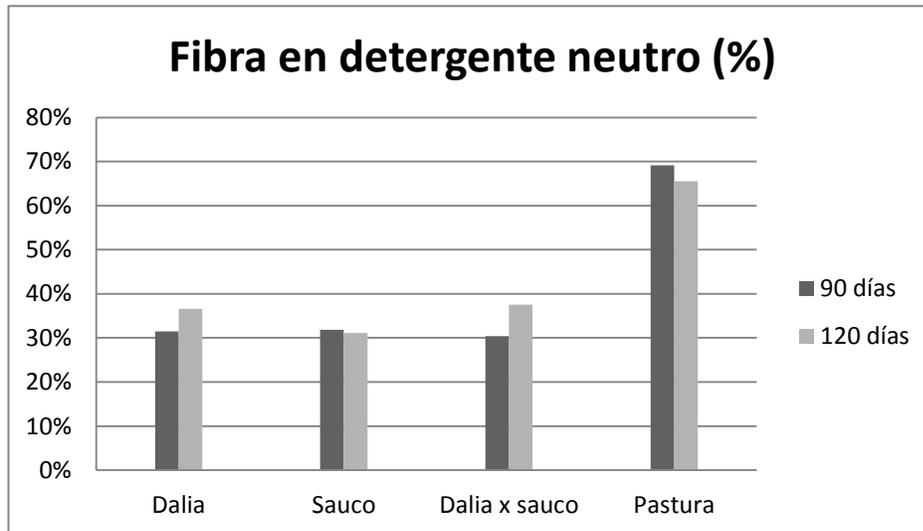
- **FDN:** el valor promedio es de 31,49%

- **FDA:** valor promedio 20,89%

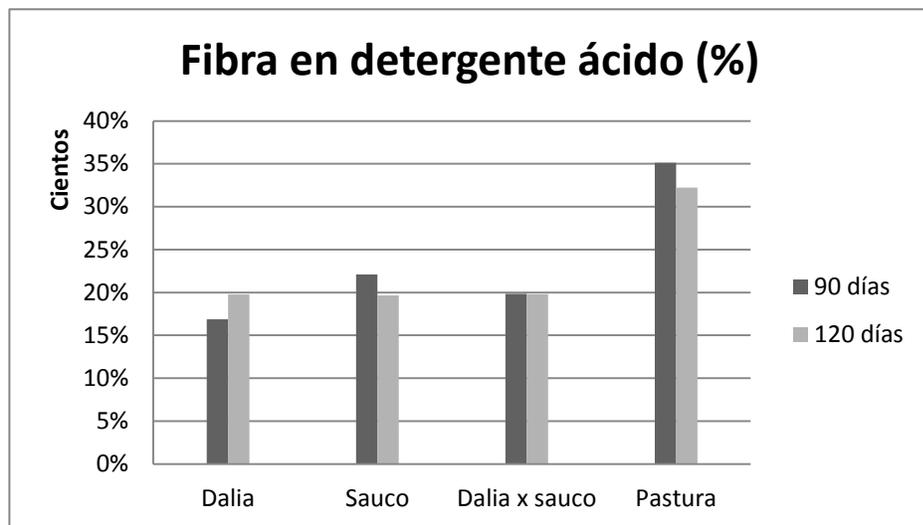
- ✓ **Pastura.**

- **FDN:** valor promedio de 66,97%.

- **FDA:** valor promedio de 33,11%.



Gráfica 8. Efecto de la madurez sobre los niveles de FDN (%).



Gráfica 9. Efecto de la madurez sobre los niveles de FDA (%).

5. DISCUSION.

5.1 CRECIMIENTO DE PLANTAS

Por los datos obtenidos se establece que la dalia es una arbustiva de mayor crecimiento que el sauco, en fase de vivero, a una tasa de 197 %, esto posiblemente por la mejor adaptación de esta a las condiciones climáticas y edafológicas de la zona de estudio.

Según Carreño *et al.*, (2014) en experimento realizado en la Universidad de Nariño con Dalia, midieron tasas de crecimiento en vivero de plántulas de dalia y obtuvieron crecimientos de 45 cm entre los días 60 y 80 en el morfotipo morado de dalia y 70 cm en dalia entre la edad de 80 a 150 días, datos comparables con los obtenidos en esta investigación (tabla 6).

Se establece que dalia tiene un crecimiento mayor que sauco en los primeros 20 días de rebrote, pero después de los dos meses las dos arbustivas estudiadas presentan tasa de crecimiento similar.

- **Problemas en el rebrote y crecimiento:** al trasplantar a campo las plantas de dalia presentaron decoloración de las hojas, en sus primeras etapas fenológicas, inicialmente se pensó en estrés hídrico pero fue descartado ya que la precipitación para la época no era alta, posteriormente se pensó que eran deficiencias de azufre y/o magnesio (teoría que no se pudo comprobar), pero finalmente la decoloración desapareció espontáneamente, por otro lado es posible que el efecto de competencia que ejercen las malezas causaron el descoloramiento de las hojas (FAO, 1993). (figura 9).



Figura 9. Decoloración de hojas de dalia en edad temprana de rebrote, 45 días.

De la misma manera, en el bloque experimental 3, dalia presentó su menor crecimiento, así mismo, sauco no creció, esto se puede relacionar con procesos de deshidratación del suelo, ya que esta parcela se encontraba de frente a las corrientes de viento, haciendo que el suelo se deshidratara en sus capas superficiales y con un sistema radicular poco desarrollado las plantas fueron incapaces de absorber nutrientes ocasionando pobre crecimiento (figura 10).



Figura 10. Falta de crecimiento en sauco. Izquierda agosto 2013; derecha noviembre de 2013.

De acuerdo a lo resultados hallados en crecimiento de plantas se puede decir que dalia es una planta con buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio, demostrado en buenas tasas de crecimiento, de hasta 5 cm/día en etapas tempranas y que a pesar de haber presentado problemas en el rebrote (decoloramiento de hojas) su crecimiento no se detuvo.

Además, el bloque 3 demostró falta de crecimiento de sauco, pero dalia, a pesar de haber crecido a una tasa menor que en los otros bloques, creció más que sauco, esto puede explicarse por la mejor adaptación a las condiciones locales y puede ser un efecto del sistema radicular, que al ser en forma de tubérculo, presenta mayor superficie de absorción de nutrientes.

5.2 SUELOS.

Según la guía de clasificación de suelos de USDA, (1999) y de acuerdo a los valores hallados en las pruebas físicas se establece que el suelo de la zona de estudio tiene una textura franco arenosa y este tipo de suelos han sido reportados, como los de mayor ocurrencia en el departamento de Cundinamarca (IGAC, 2001), con la característica de tener valores menores al 18% en arcilla, según este mismo autor los suelos de la zona de investigación son de textura gruesa, lo cual representa facilidad para trabajarlos, tienen absorción y conducción rápida del agua y son menos susceptibles a la erosión que los de texturas medias y finas.

• DENSIDAD APARENTE.

La fluctuación para todos los tratamientos fue de 0.42 gr/ cm³ a 0.87 gr/cm³. Estos valores se encuentran dentro de lo reportado por IGAC, (2001), quien establece que la densidad aparente en suelos orgánicos se encuentra < a 0.5 gr/ cm³, Adicionalmente, en experimentos llevados a cabo en el Páramo de Cruz Verde por

Jaimes *et al.*, (2003), en la zona del páramo que pertenece al municipio de Choachí, hallaron valores promedio para densidad aparente de 0.54 gr/ cm³, con una variación de 0.34 gr/ cm³ a 0.78 gr/ cm³, valores que se encuentran concordantes con esta investigación.

Adicionalmente los suelos mostraron una clara tendencia a disminuir significativamente la DA, esto coincide con lo reportado por Jaramillo, (2002), quien informa que los suelos tipo andisol, característico de zonas de páramo la densidad aparente es menor a 0,9 gr/cm³. Así mismo Estupiñán *et al.*, (2009) midió DA en suelos del Páramo de Granizo en La Calera, Cundinamarca y obtuvo DA de 0,61 gr/ cm³ para suelos usados en ganadería semi-intensiva.

Por otro lado la densidad aparente muestra una tendencia a beneficiar la descompactación del suelo, las diferencias en DA de los tratamientos se puede explicar por la siembra de las arbustivas y la no presencia de animales durante el periodo experimental, dando como resultado una mayor acumulación de MO y mejoramiento de las condiciones de aireación y humedad del suelo. Por esto se puede decir que para el establecimiento de sistemas ganaderos en ecosistemas de alta montaña se recomienda la estabulación y el manejo de sistemas silvopastoriles de corte y acarreo.

De esta forma se puede decir que los suelos de la Zona de Amortiguamiento del Páramo de Cruz Verde son aptos para el establecimiento de sistemas silvopastoriles de corte y acarreo, hecho que busca evitar degradación y pérdida de la fertilidad de los suelos ocasionados por actividades ganaderas y agrícolas, además se puede decir que en suelos de alta montaña se recomienda trabajar con animales estabulados y alimentados con forraje de dalia o dalia x sauco, para bajar la presión de los animales sobre el suelo, evitando la compactación del suelo, principal daño causado por el pastoreo de animales.

5.2.2 MANEJO DE SUELOS.

Según IGAC, (2001), los suelos donde se llevó a cabo este estudio son clasificados por su capacidad de uso en clase VI p 1, caracterizados por ser moderadamente profundos, fuertemente ácidos, baja saturación de aluminio y fertilidad baja a moderada; estas condiciones son confirmadas con los datos obtenidos, donde se encontraron valores de pH en un rango de 5,02 a 5,42, es decir, fuertemente ácidos, baja saturación de aluminio, esto significa que, en promedio, es un suelo con saturación de aluminio < al 30%.

Son suelos de baja fertilidad y por lo tanto requieren aplicación de enmiendas y fertilizaciones para lograr rendimientos óptimos en pastos y cultivos forestales, con aplicación de cal dolomita para controlar pH y es necesario controlar la aplicación

de fertilizantes nitrogenados, de acuerdo a la materia orgánica y en exceso conlleva a aumentar la acidez del suelo. Adicionalmente durante el proceso de mineralización de la materia orgánica hay producción de gran cantidad de sustancias que acidifican el medio (Zapata *et al.*, 1986).

El P es un elemento esencial para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas y animales, ya que interviene en procesos metabólicos en el ADN y en la fotosíntesis, este elemento es absorbido por la raíz y transportado a las partes aéreas. En suelos ácidos (pH inferior a 5,6) el P es fijado por compuesto de hierro (Fe) y aluminio (Al) (IGAC, 2001).

Los suelos experimentales muestran pH fuertemente ácido, esto significa baja disponibilidad de P para las plantas (IGAC, 2001), lo que representa pobre crecimiento, así se puede explicar que el buen desempeño (rebrote, crecimiento y producción de forraje) de Dalia bajo condiciones edafoclimáticas específicas del Páramo de Cruz Verde, sea por la buena adaptación a este medio, representado en una buena capacidad de absorción de P, observado en los niveles del mineral en suelo 28,5 ppm, 37,2 ppm y 41,2 ppm a 0 6 y 12 meses respectivamente y en forraje 0,46 %, siendo este último valor el más alto entre todos los tratamientos.

Actualmente los suelos de la zona se dedican a ganadería extensiva con pastos naturales y en bosques naturales protectores – productores muy intervenidos (IGAC, 2001), mediante la propuesta del sistema silvopastoril para corte y acarreo basado en Dalia y Sauco y sus efectos sobre suelo se da una herramienta para dar un uso adecuado a estos suelos, es decir, ganadería extensiva con pastos naturales asociada a actividades agroforestales como asociación de cultivos o bosques de protección y producción con labores de entresaca controladas o para regeneración espontánea, las prácticas recomendadas son implementación de potreros arbolados, evitar el sobrepastoreo, fomentar el crecimiento de vegetación natural, cultivos de cobertura y cultivos en fajas en contorno, barreras vivas y terrazas de huerto (IGAC, 2001).

La producción pecuaria se caracteriza por ser un sistema de monocultivo, especialmente de gramíneas, eliminando cualquier sucesión vegetal por medio del uso de agentes químicos (herbicidas) y físicos (Calle, 2003). Los sistemas silvopastoriles promueven la diversidad vegetal en una misma área de manejo agronómico para otorgar beneficios y sinergias que ayudan a aumentar la fertilidad del suelo y el ciclaje de nutrientes y disminuir los efectos indeseados de la ganadería (compactación, erosión) (Murgueitio *et al.*, 2003).

En el caso del sistema silvopastoril de alta montaña para corte y acarreo con Dalia y Sauco promueve la diversidad vegetal, genera cobertura que puede evitar los

efectos de los vientos sobre el suelo, como fue el caso del bloque experimental 3 (figura 13), suministrando forraje de alta calidad como banco de proteína para bovinos de leche o carne.

5.2.3 RECOMENDACIONES ADICIONALES DE MANEJO DEL SUELO.

Según Ceccon, (2013) la compactación del suelo por la ganadería es uno de los problemas más reconocidos de afectación a los suelos, así, una vaca de 530 kg ejerce 250 kPa de tensión vertical al caminar sobre un terreno plano. Sin embargo, se considera que el proceso es mucho más dañino cuando la vaca sube una pendiente pronunciada (muy común en zonas tropicales), ya que en este caso, la masa se concentra en las patas traseras cuando el animal asciende. Estos procesos de compactación afectan el desarrollo de las plantas, porque el suelo genera más fuerza mecánica sobre la raíz, así su crecimiento es más lento (Ceccon, 2013).

250 kPa⁻¹ es equivalente a 25 Ton/m², es decir una vaca de 530 kg ejerce 25 Ton/m² de presión sobre el suelo, así, si en un potrero de 1 ha tenemos un grupo de 17 animales, de ese mismo peso, tendríamos 425 Ton/m² de presión ejercidas verticalmente sobre el suelo (Ceccon, 2013). De otro lado, los suelos de origen volcánico tienen como función el almacenamiento de agua, por eso la gran porosidad, de esta manera la afectación por la presencia de animales en este ecosistema va a ser pérdida en la capacidad de almacenamiento y conducción de agua a través de las capas del suelo y disminución en la tasa de crecimiento radicular (Crespo *et al.*, 2014).

La reducción en el volumen y la continuidad de los poros del suelo llega a disminuir la disponibilidad de oxígeno, lo que favorece la acumulación de gases tóxicos, un mal drenaje puede aumentar el déficit de oxígeno en el suelo, ya que el agua puede ocupar los poros disponibles. La compactación también contribuye a reducir la infiltración del agua en el suelo, aumentando la escorrentía y la resistencia mecánica de la penetración de las raíces (Ceccon, 2013).

En general las recomendaciones de fertilización de estos suelos se basan en el control de pH mediante el encalado, práctica que tiende a eliminar la toxicidad de algunos elementos provocada por la reacción ácida existente, teniendo en cuenta las relaciones positivas existentes entre Ca y Al y las relaciones negativas entre Al y pH, además, el encalado es una práctica agronómica económica y de fácil consecución y aplicación, bajo las condiciones sociales y económicas de los agricultores en Colombia, que padecen de altos niveles de aluminio y bajos pH en sus suelos (Fuentes, 1971).

¹ 250 kPa = 2,5 kg/cm² = 25 Ton/m²

Otra alternativa para controlar el pH y disminuir las concentraciones tóxicas de Al y mejorar las condiciones de crecimiento de plantas es la aplicación de materia orgánica, la cual puede reducir la fitotoxicidad del Al, mediante la formación de complejos entre los compuestos orgánicos con el elemento, el mismo comportamiento en reducción de la fitotoxicidad por Al se presenta con la aplicación de mulch y abonos verdes, el ácido fúlvico es uno de los compuestos que con mayor efectividad contrarresta la toxicidad del Al (Casierra *et al.*, 2007).

Los sistemas silvopastoriles responden a la problemática ocasionada por la ganadería y agricultura en suelos volcánicos (Yaguache, 2003), al iniciar el cultivo se establecen las enmiendas edáficas que van a mejorar la disponibilidad de fósforo y disminuir las concentraciones de aluminio, posteriormente con el crecimiento de las plantas y el desarrollo de raíces va descompactar el suelo en capas más profundas, especialmente dalia que posee un sistema radicular tuberoso, lo que puede tener un efecto marcado sobre la descompactación del suelo y por el tamaño de los tubérculos con el tiempo la caída de hojas y ramas y con la descomposición de raíces se inicia el ciclaje de nutrientes en un ecosistema alterado.

Las especies invasoras son consideradas la segunda mayor amenaza a la biodiversidad en todo el mundo, La diferencia entre los procesos de invasión y la mayoría de las perturbaciones antrópicas es que en lugar que las especies invasoras sean absorbidas con el tiempo a través de la sucesión y sus impactos sean mitigados, la invasión empeora a medida que las plantas invasoras ocupan el espacio de especies nativas, este proceso se denomina contaminación biológica y se refiere a los daños al ecosistema causados por especies que no forman parte de determinado ecosistema (Ceccon, 2013).

Por lo anteriormente expuesto la importancia del establecimiento de sistemas silvopastoriles de corte y acarreo basado en dalia y sauco es que la primera es una arbustiva nativa de la alta montaña desde Centroamérica hasta Colombia (Booth *et al.*, 1991), que además de estimular la diversidad, da beneficios al suelo y va a producir forraje de buena calidad y cantidad para animales.

De otro lado, Montoya, (2011), en estudio realizado en la Sabana de Bogotá y alrededores determinando las preferencias de las abejas *Apis mellifera*, encontró que las abejas prefieren especies como nabo forrajero (*Brassica rapa*), diente de león (*Hipochaeris radicata*), trébol (*Trifolium pratense*) o eucalipto (*Eucalyptus globulus*), esto posiblemente por la oferta de estas plantas, ya que se encuentran en sitios asociados a actividad agropecuaria, pero también hace la mención que dentro del abanico de posibilidades se encuentran *Sambucus nigra* y *Dahlia imperialis* como plantas de baja preferencia para recolectar polen.

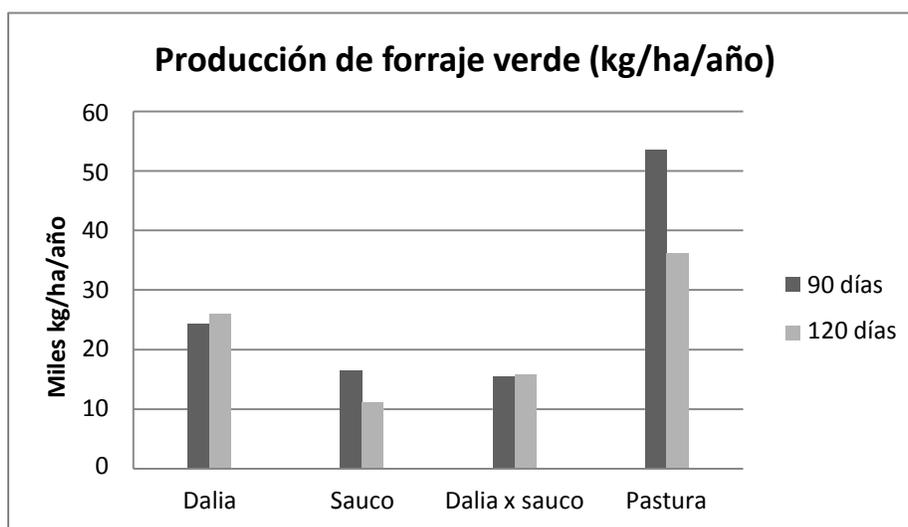
Basados en esto se puede decir que el establecimiento de SSP basados en sauco a dalia puede aportar no solo forraje de calidad o beneficios al suelo sino al funcionamiento ecosistémico, ayudando al mantenimiento de abejas, que se puede traducir en aumento de la polinización e ingresos adicionales a la finca por venta de polen o mejoramiento de la seguridad alimentaria.

5.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

Con los resultados obtenidos se establece que la producción de forraje promedio para los tratamientos de arbustivas es: dalia 521 gr/árbol, sauco 311 gr/árbol, dalia x sauco 348 gr/árbol y para el tratamiento pastura es de 1167 gr/m².

Tabla 27. Producción de forraje (Kg/ha/FV/año) de los tratamientos experimentales.

Tratamiento	Producción de forraje (kg/ha/año)	
	90 días	120 días
Dalia	24336	25983
Sauco	16500	11034
Dalia x sauco	15444	15708
Pastura	53520	36240



Gráfica 10. Producción de biomasa de los tratamientos experimentales (kg de forraje verde/ha/año).

Se estableció que las producciones de forraje verde y materia seca tienen diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), mostrando a dalia como una buena fuente de forraje para alimentación de bovinos, siendo superior a sauco, igualmente se evidenció que el tratamiento dalia x sauco tuvo un comportamiento intermedio entre dalia y sauco.

5.3.1 PRODUCCION DE FORRAJE DE PASTURA.

Para analizar la cantidad de forraje producido se hizo una comparación mediante el cuadro propuesto por Méndez *et al.*, (2013), de esta forma se encontró que las producciones de forraje verde y materia seca de pastura son bajas respecto a la citada, donde se reportan producciones de biomasa de kikuyo en un rango de 20 ton/ha a 42 ton/ha, con 26 a 65 días de reposo, en esta investigación se establecen 90 y 120 días como tiempos de cosecha, y producciones entre 12 y 13 ton/ha

Tabla 28. Comparación de producción de forraje verde, materia seca y proteína cruda de pastura.

	Méndez, 2013			González, 2014	
Ciclos anuales de pastoreo o cosecha	15	10	5,6	4	3
Aforo de forraje verde (kg/m²)	2	3	4,2	1,33	1,2
Aforo de forraje verde (ton/ha)	20	30	42	13,3	12
Materia seca %	12	17	19	19,55	24,71
Cosecha de MS en cada pastoreo (ton/ha/ciclo)	2,4	5,1	7,98	2,60	2,97
Cosecha anual de MS (ton/ha/año)	36	51	44,6	10,40	3,56
Proteína cruda (%)	22	20	16	7,54	11,22
Cosecha de proteína cruda ((ton/ciclo de pastoreo)	0,53	1,02	1,28	0,78	0,40
Cosecha anual de proteína (Ton/ha/año)	7,92	10,2	7,2	3,14	1,20

Adaptado de Méndez et al., 2013.

Según la tabla 31, se puede decir que la pastura analizada en esta investigación se encuentra por debajo en parámetros de producción y calidad respecto a los reportados por Méndez *et al.*, (2013), estas diferencias se deben posiblemente por el manejo agronómico hecho sobre las parcelas experimentales de este estudio.

Según Carvajal *et al.*, (2012) la producción de MS de kikuyo en la Sabana de Bogotá es de 16 ton de MS/ha/año, valor mayor al hallado en esta investigación, la

cual se encuentra en rangos entre 3,56 ton de MS/ha/año y 10,70 ton de MS/ha/año.

Por otro lado Gualdrón *et al.*, 2008 en experimento hecho en Usme en sistemas silvopastoriles con acacia y aliso y pastura sin árboles, reporta valores de producción de kikuyo en parcela sin árboles de 2,5 ton/MS/ha, valor que se encuentra más cercano a esta investigación, posiblemente las condiciones ambientales y sociales de la zona de Usme son parecidas a las del Páramo de Cruz Verde, ya que geográficamente pertenecen al complejo de Páramos Sumapaz – Cruz Verde.

5.3.2 PRODUCCION DE FORRAJE DE ARBUSTIVAS.

Para analizar la producción de forraje de los tratamientos se va a hacer un cuadro comparativo tomado de Méndez *et al.*, (2013), para efectos de este análisis se asoció la información obtenida con consumos de forraje verde y materia seca por bovinos en producción de leche y de carne, se estableció en 17 el número de vacas o novillos a alimentar (de acuerdo a los resultados de caracterización social (Anexo 1)).

Para efectos de la comparación se establece que un bovino debe consumir entre 13% y15% de su peso vivo en forraje verde cada día, esto, para una vaca de 500 kg equivale a 65 kg a 75 kg de forraje verde/día y para un novillo de 400 kg, equivale a consumir 52 kg y 60 kg de forraje verde/día (Méndez *et al.*, 2013).

Tabla 29. Capacidad de producción de forraje verde (kg/ha) para mantener 17 vacas lecheras o novillos de ceba.

	Vacas lecheras		Novillos de ceba	
Cantidad de animales	17	17	17	17
Peso vivo (kg)	500	500	400	400
CFV % PV	13	15	13	15
Pasto/día (kg)	1105	1275	884	1020
Producción forraje (kg/ha)				
Dalia (120 días)	8661	8661	8661	8661
Sauco (90 días)	4125	4125	4125	4125
Dalia x sauco (120 días)	5236	5236	5236	5236
Pastura (90 días)	13380	13380	13380	13380
Días que alimenta 1 ha				
Dalia (120 días)	7,8	6,8	9,8	8,5
Sauco (90 días)	3,7	3,2	4,6	4
Dalia x sauco (120 días)	4,7	4,1	6	5,1
Pastura (90 días)	12,1	10,5	15,1	13,1

CFV: Consumo de Forraje Verde.
Adaptado de Méndez *et al.*, 2013.

En la tabla 32 se presenta la cantidad de kg de forraje verde necesario para alimentar grupos de 17 vacas lecheras o novillos de ceba con consumos de forraje verde a 13% y 15% respecto al peso vivo, teniendo en cuenta que para dalia y dalia x sauco la mayor producción de forraje verde fue al día 120 y para sauco y pastura fue al día 90, dando como resultado que pastura mantiene un grupo de 17 vacas lecheras por 12 días a 13% de CFV o 17 vacas por 10,5 días a 15% CFV, el tratamiento que menor capacidad tiene es sauco, que puede alimentar 17 vacas por 3,7 días a 13% de CFV o 17 vacas por 3,2 días a 15% de CFV, para los grupos de novillos de ceba pastura puede mantener 17 novillos por 15 y 13 días a CFV de 13% y 15% respectivamente, el tratamiento dalia x sauco.

- **CONTENIDO DE MATERIA SECA (MS):**

Tabla 30. Contenido de materia seca kg/ha/corte a los 90 y 120 días de rebrote.

Materia seca		
(kg/ha/corte)		
Tratamiento	90 días	120 días
Dalia	791 ^B	1305 ^B
Saucu	610 ^B	532 ^B
Dalia x sauco	565 ^B	678 ^B
Pastura	2616 ^A	2985 ^A

Tabla 31. Producción de materia seca/ha/año de los tratamientos.

Materia seca (kg/ha/año)		
Tratamiento	90 días	120 días
Dalia	3164	3915
Saucu	2440	1596
Dalia x sauco	2260	2034
Pastura	10464	8955

✓ **Dalia:** los datos obtenidos son comparables con Carreño *et al.*, 2014, quienes en Nariño midieron producción de materia seca en dalia a diferentes distancias

de siembra (0,5m x 0,5m , 0,5m x 1m y 1m x 1m) y en diferentes tipos morfológicos (amarillo, morado rojo), de acuerdo a lo anterior el arreglo de comparación es el de 1m x 1m en el tipo morfológico morado, quienes reportan 3855 kg/FV/ha en tipo morfológico morado, 2433 kg/FV/ha.

✓ **Sauco:** los valores hallados en esta investigación son menores a los reportados por Sánchez, *et al.*, 2009, quien reporta materia seca de sauco en rangos de 17% a 22%, esta diferencia puede explicarse porque los experimentos que evaluaron sauco se hicieron en ecosistemas diferentes.

De acuerdo a Rocha *et al.*, 2013, en investigación realizada en Roncesvalles, Tolima con sistemas silvopastoriles con sauco y aliso a 2800 msnm, reportan producciones de forraje verde de sauco de 3245 kg/FV/ha, con contenidos de materia seca de 23,9%, en este caso los valores difieren posiblemente por el tipo de arreglo silvopastoril, ya que en Roncesvalles los arreglos eran cercas vivas y en esta investigación el arreglo es de bancos forrajeros para corte y acarreo en tres bolillo.

✓ **Dalia y sauco:** este tratamiento produjo 35,61% más forraje que al día 90 donde se halló en 3861 kg/ha/corte, siendo el segundo tratamiento en producción de forraje verde.

En cuanto a producción de forraje verde y materia seca, se puede afirmar que el establecimiento de sistemas silvopastoriles para corte y acarreo basados en las arbustivas dalia y sauco es una buena opción para aumentar la oferta de forraje en calidad y cantidad a bovinos en producción de leche o carne.

Partiendo de la evidencia del análisis de producción de forraje se establece que la pastura nativa es buena opción para alimentación de bovinos de leche y/o carne en el ecosistema de alta montaña en el Páramo de Cruz Verde (13.380 kg/ha vs 12.080 kg/ha) a los días 90 y 120 respectivamente, pero sus contenidos nutricionales no otorgan un buen potencial de producción en cuanto a calidad de biomasa, así, las arbustivas dalia y sauco son un suplemento nutricional que mejora el potencial de producción en este tipo de sistemas productivos.

Además, una característica importante en esta investigación es que los tiempos de corte de las arbustivas y la pastura son parecidos, así, el mejor momento de corte pastura, por producción de forraje, es de 90 días, tiempo que coincide con sauco y dalia x sauco esto es importante porque generalmente los tiempos de corte entre pasturas y arbustivas no coinciden, ya que las pasturas, especialmente cuando son mejoradas, tienen tiempos más cortos de rebrote y las arbustivas crecen más lento (Chamorro, 2004).

5.4 ANÁLISIS QUÍMICO DEL FORRAJE.

5.4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.

- **PROTEÍNA TOTAL (PT).**

- ✓ **Dalia:** los datos hallados coinciden con los reportados por Ayala et al, 2015, en el que la proteína total para dalia fue de 25.1% a 90 días de corte. igualmente, Carreño *et al.*, (2014) reporta contenidos de proteína total de dalia morfotipo morado, en arreglo 1m x 1m en rangos entre 26,2% y 26,9%, datos ligeramente mayores a los hallados en esta investigación, posiblemente por la diferencia en ecosistemas en los cuales se hicieron las mediciones.
- ✓ **Sauco:** esta arbustiva ha sido estudiada ampliamente, por lo cual se presentan a continuación datos comparativos de los niveles proteicos de sauco en diferentes investigaciones (tabla 35):

Tabla 32. Niveles de proteína total en forraje de Sauco reportado en diferentes investigaciones.

	Proteína total %	Tiempo de corte	Referencia
	23.60%	90 días	Ayala, <i>et al.</i> , (2015)
	21.10%	90 días	Apraez <i>et al.</i> , (2012)
Sambucus nigra	23.36%	180 días	Jaramillo, (2011)
	17.90%	90 días	Benavides, (1994)
	22.60%	75 días	Sánchez <i>et al.</i> , (2009)
	23.80%	-	Medrano <i>et al.</i> , (1992)
	23,36%	-	Blanco, (2005)
	15.22%	-	Jiménez <i>et al.</i> , (2011)
	25,20%	-	Rocha <i>et al.</i> , (2011)

- ✓ **Pastura:** los datos de proteína total de pastura son menores a los reportados por González, *et al.*, (2005), que en evaluación en el mismo ecosistema la proteína total fue de 22.1 % a los 70 días de rebrote, esto posiblemente debido al tipo de pastura evaluada, en 2005 se evaluó pastura mejorada, en esta ocasión son pasturas nativas.

Por otro lado, en cuanto a cantidad de proteína en la pastura se puede ver que los rangos para los reportados por Méndez *et al.*, (2013) se hallan entre 16% y

22% y los valores de esta investigación se encuentran entre 7,54% y 11,22%, valores que coinciden con los reportados por Schmidt *et al.*, (1992), quienes determinaron la concentración de proteína en 7,5% en pastos nativos en el Páramo el Pajonal, Parque de los Nevados, Colombia.

Tabla 33. Efecto de la madurez sobre la producción de proteína. Base seca (kg/proteína/ha/corte).

Tratamiento	Producción de proteína, base seca (kg/proteína/ha/corte)	
	90 días	120 días
Dalia	1487	2028
Sauco	773	758
Dalia x sauco	910	1223
Pastura	1009	1355

El tratamiento dalia presentó la mayor producción de proteína en base seca (1440 kg/proteína/ha/corte), así teniendo en cuenta que es el tratamiento con menor concentración de materia seca (13% y 15%), produce más proteína que pastura que es el tratamiento con mayor concentración de materia seca con (18%) y supera a los otros dos tratamientos de arbustivas, a pesar de tener niveles similares de proteína.

Bajo condiciones naturales de alta montaña los pastos disponibles para producción animal son de pobre calidad y sus nutrientes son pobremente utilizados por los animales (Schmidt *et al.*, 1992). Estos alimentos son de baja digestibilidad, contienen bajos niveles de energía, proteína, minerales y vitaminas (González, *et al.*, 2005) consecuentemente, los nutrientes disponibles para animales están disminuidos.

Los contenidos de proteína cruda (PC) de estas pasturas es baja y su utilización es impedida debido a su baja disponibilidad a nivel ruminal por la escases de energía. En rumiantes, una gran proporción de la proteína es transformada en proteína microbial y absorbida en tracto gastrointestinal (Lalatendu *et al.*, 2014).

Por la deficiente concentración de proteína de la pastura analizada (10,39%), se hace necesaria la suplementación proteica para animales en pastoreo, por esto las arbustivas dalia y sauco poseen niveles mayores de proteína (23,93% y 19,69%), convirtiéndose en una fuente de nitrógeno para las bacterias ruminales, esto unido

a los niveles de energía superiores de las arbustivas hace que este forraje sea de gran valor en proteína y energía disponibles para bacterias, mejorando los desempeños productivos.

Molinillo *et al.*, (2002) en estudio de los patrones de pastoreo en ambientes de páramo determinó que los forrajes nativos de páramos en Colombia y punas en Ecuador se caracterizan por altos contenidos de fibra y porcentajes bajos de proteína lo que los hace forrajes de bajo valor nutritivo para ovinos y vacunos.

• **CENIZAS (C).**

- ✓ **Dalia:** los valores hallados se encuentran muy cercanos a los reportados por Carreño *et al.*, 2014, quien reporta 14,8% de cenizas para dalias en arreglos de 1m x 1m del morfotipo morado y 15,7% para dalia a momento de corte entre 80 y 150 días.
- ✓ **Sauco:** datos hallados en esta investigación son ligeramente mayores a los reportados por Apraez, (2012) quien reportó 10,1% de cenizas de sauco.
- ✓ **Pastura:** estos datos se encuentran por debajo de los reportados por Correa *et al.*, (2008), quienes midieron contenidos nutricionales de pasto kikuyo de clima frío en Antioquia, hallando valores en rangos entre 8,65% y 13, 9%, con promedio de 10,6%, valores mayores a los reportados por este estudio, posiblemente por la diferencia en tipo de pastura.

5. MACROMINERALES.

✓ **Calcio y fósforo.**

Los valores de Ca y P en forraje son consistentes con los valores de Ca y P hallados en suelo, ya que se confirma que las arbustivas tienen buena capacidad de absorción de minerales, efecto que puede explicarse por la longitud de las raíces que al penetrar el suelo, aumentan la capacidad de absorción de estos minerales de la capas más profundas del suelo (Sarvade, 2014; Mahecha *et al.*, 2011).

Se establece que los niveles de Ca y P para las arbustivas estudiadas son mayores a los de pastura, otorgando así un suministro de estos minerales para funciones de producción, especialmente de leche, disminuyendo de esta forma la suplementación mineral y así los costos de producción.

✓ **Magnesio, Azufre, Potasio, Sodio:**

Es comúnmente aceptado que la subnutrición es una de las mayores limitantes para la producción de animales en pastoreo. La deficiencia de energía proteína son las responsables de la producción ganadera. Sin embargo, en muchas investigaciones se ha demostrado que los rumiantes se deterioran a pesar de un buen suministro de alimento (McDowell *et al.*, 2000).

Imbalances minerales (deficiencia o exceso) en suelos y forrajes han sido los responsables de baja producción y problemas reproductivos de animales en pastoreo en zonas tropicales. Los siete macrominerales suministrados por forraje son: Ca, Cl, P, Mg, K, Na y S, cada uno de estos minerales se han encontrado deficientes para animales en pastoreo bajo condiciones específicas (McDowell *et al.*, 2000).

Para animales en producción la deficiencia mineral más prevalente alrededor del mundo es de fósforo (P), en revisión bibliográfica se demostró la deficiencia de P en 46 países de Latinoamérica, Asia y Africa. La deficiencia de P es más prevalente en regiones tropicales. También es conocido que los pastos tropicales difieren muy poco en las concentraciones de P, en una región determinada (McDowell *et al.*, 2000).

- **MICROMINERALES.**

- ✓ **Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro:** En cuanto a niveles de microminerales cabe resaltar que el tratamiento dalia obtiene las mayores concentraciones en Mn, Cu, Zn y B, solo pastura obtuvo la mayor concentración en Fe, esto puede ser el resultado de la mayor capacidad de absorción de minerales por parte de esta arbustiva.

- **CONTENIDOS MINERALES DE PASTURA.**

Los valores obtenidos en esta investigación coinciden por los reportados por Flórez *et al.*, (2006), para niveles de minerales de pasturas en trópico alto colombiano se encuentran en los mismos rangos que los valores hallados en esta investigación. Por otro lado, según Laredo, 1998 en Concentración mineral en diferentes forrajes de clima frío, se encuentra que los niveles de potasio (4.13%) difieren con lo encontrado 1.32% y 1.58% a 90 y 120 días respectivamente, esto puede ser debido a las prácticas de fertilización y a las características de los ecosistemas (suelo, clima, precipitación, etc.) donde se evaluaron los materiales.

Correa *et al.*, (2008) reporta valores de minerales de pasto kikuyo en Antioquia, en general los valores coinciden con los reportados por esta investigación, a continuación (tabla 37) se presenta una comparación de los contenidos minerales de pastos en clima frío en la Sabana de Bogotá y Antioquia, con esta investigación.

Tabla 34. Comparación de contenidos minerales de pasturas en la Sabana de Bogotá.

	PASTURA		Laredo,(1998) Falsa poa 45 d	Florez, (2006) kikuyo 60d	Correa <i>et al.</i> , (2008)
	90	120			
Ca % MS	0.32	0.3	0.23	0.76	0.32
P % MS	0.2	0.31	0.35	0.32	0.46
Mg % MS	0.22	0.26	0.17	0.1	0.3
S % MS	0.99	0.34	0.15	0.12	0.2
K % MS	1.32	1.58	4.13	2.65	3.69
Na % MS	0.04	0.06	0.06	0.03	0.02
Fe mg/ kg	203.7	97.33	177	437	193
Mn mg/ kg	134.33	95	457	425	108
Cu mg/ kg	4.67	7	9	8	13.9
Zn mg/ kg	35.3	28.33	31	58	59.5

Carulla *et al.*, (2004), da recomendaciones de contenidos minerales de pastos de clima frío en la Sabana de Bogotá, se determina que para Ca (0.31%), P (0.26%), Na (0.05%) y Zn (31.83 ppm) los valores se hallan menores a los reportados y los niveles de K (1.45%), S (0.67%), Fe (150.5 ppm) y Mn (5.83 ppm) son mayores, esta diferencia puede ser debida a la composición botánica de la pastura, Carulla *et al.*, (2004) habla de pasturas de manejo agronómico periódico y altas fertilizaciones.

Los niveles de Mn se hallan más altos que los reportados por Carulla *et al.*, (2004), en un rango de 578% y 902%, así los pastos tropicales tienen buenos contenidos de Mn llegando a la toxicidad a las 300 ppm, causando bajas tasas reproductivas (Méndez, 2000).

Ca, P y Mg son los principales minerales a tener en cuenta al momento de balancear una dieta para rumiantes, en los tratamientos analizados los valores de Ca tienden a disminuir entre los 90 y 120 días, los niveles de fósforo aumentan de los 90 a 120 días. Méndez, (2000), reporta que cuando los niveles de Ca y P están por debajo de 0.28 % y 0.19% respectivamente, la producción de ganado de leche se disminuye 3 L.

Según Méndez, (2000), los forrajes en Colombia son, en general, altos en K, los valores referencia están en un rango de 1% a 2,5%, los hallados en este estudio se encuentran en rangos de 1.32% a 1.58%, estos valores son menores a los reportados en literatura (4.13%, 2.6% y 3.69%) (Laredo, 1988, Flórez, 2006, Correa et al., 2008), las diferencias posiblemente sean debidas a manejo de fertilización.

Los niveles de Na son menores a los reportados por Carulla *et al.*, (2004), aunque en general en animales las deficiencias de Na se dan por la lactancia o en animales de crecimiento rápido, el Na es un mineral que se suplementa con sal mineralizada.

Los niveles de Cu se hallan en valores menores a los reportados por Carulla *et al.*, (2004). Después del P, el Cu es el mineral más limitante para la producción en países tropicales, según Méndez, 2000, siendo común en animales en pastoreo y menos común en animales suplementados con concentrados, su absorción se ve comprometida por altos niveles de Mo y S. La interacción de Cu y Mo se ve cuando los niveles de Cu se hallan menores a 5 ppm, no se conocen los valores de Mo para este forraje.

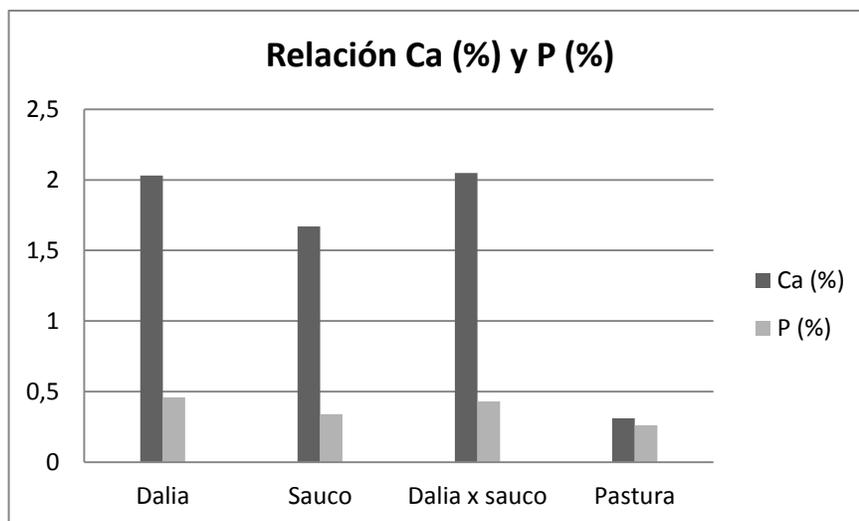
Los valores de Zn son menores a los reportados por Carulla *et al.*, (2004), siendo el día 90 el mayor valor y con tendencia a disminuir con el paso del tiempo, los requerimientos reportados por Méndez, (2000), para animales en producción de leche están entre 20 y 40 ppm.

Gran parte de las ganaderías son dependientes de los nutrientes suministrados por las pasturas. En latino América entre el 43% y 60% de pastos son deficientes en Co y Cu y 75% deficientes en Zn. Las especies forrajeras varían ampliamente en la cantidad de elementos traza, esta característica está determinada por el tipo de suelo, condiciones de acidez o alcalinidad y estado de maduración, así como la fertilización puede afectar las concentraciones de estos minerales (MacPherson, 2000).

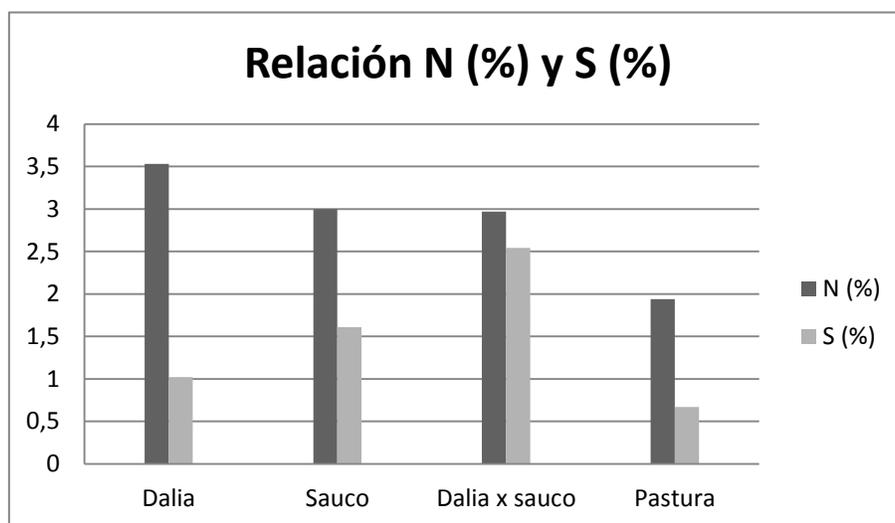
- **RELACIÓN DE MINERALES:**

- ✓ **Ca : P y N : S.**

Carulla *et al.*, (2004), indica que la relación Ca : P se debe encontrar 1:1, relaciones diferentes a esta puede ocasionar desbalances metabólicos, N : S debe ser 10:1 a 11:1, relaciones menores a estas restringe el crecimiento de las bacterias ruminales, ya que el S es esencial para la formación de aminoácidos como metionina, cistina y cisteína.



1. **Gráfica 11.** Efecto de la madurez sobre niveles de Ca y P (%).



Gráfica 12. Efecto de la madurez sobre niveles de N y S (%).

De la relación de Ca y P en los tratamientos experimentales se puede decir que pastura es el tratamiento que más se acerca a una relación óptima (1 : 0,83), los tratamientos de arbustivas presentan bajas relaciones, esto significa que alimentar un animal solo con forraje de dalia o sauco puede llevar a desbalances de estos minerales, por otro lado la relación de N y S ninguno de los tratamientos tiene una buena relación, siendo dalia el que mejor balance presenta (3,46:1).

En general las arbustivas estudiadas tienen buenos niveles de macrominerales como Ca, P y Mg, esto puede ayudar a disminuir la suplementación mineral,

especialmente de vacas lecheras y animales en crecimiento que tienen altos requerimientos.

En cuanto a niveles de Microminerales las arbustivas valoradas, especialmente dalia, posee buena concentración, debido a su capacidad de absorción de minerales de un suelo.

- **MATERIA ORGÁNICA (MO).**

Cualquier material del cual se pueda recuperar el carbono en forma de dióxido de carbono como resultado de un proceso de oxidación se denomina materia orgánica. Respecto a nutrición, la materia orgánica es igual al peso perdido en una muestra debido a la combustión (materia seca – cenizas). En un animal, la materia orgánica es fuente de energía durante el proceso de combustión (Fuller, 2004).

El valor nutricional de un alimento se deriva de la combinación de constituyentes químicos y su digestibilidad, en consecuencia en nutrición de rumiantes esto se expresa como materia orgánica digestible (MOD). La materia orgánica en forrajes se puede dividir en dos: materia orgánica soluble en detergente ácido y neutro (Dijkstra et al., 2005).

De esta forma pastura es el tratamiento que mayor concentración de materia orgánica presenta 91,91%, seguido de sauco, dalia x sauco y dalia 88,25%, 87,64% y 87,16% respectivamente. Esto significa que pastura tiene buena cantidad de energía pero no es digestible, ya que los pastos nativos al ser plantas C4 se lignifican rápidamente y no hay disponibilidad de nutrientes.

- **CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES (CNE).**

El sistema CNCPS (Cornel Carbohydrate and Protein System) valora el aporte de energía al rumen en términos de carbohidratos estructurales (CE) y no estructurales (CNE). Los CE corresponden a la fibra en detergente neutro (FDN), mientras que los CNE corresponde al resto de carbohidratos (azúcares, almidón, fructosanas, galactosanas, pectinas y β glucanos) (Guada, 1996). Esta fracción de carbohidratos es importante para llenar los requerimientos de energía, ya que esta fracción fermenta rápidamente a nivel ruminal y es importante para la producción de proteína microbiana y ácido propiónico para la síntesis de glucosa en el hígado (Eastridge, 2006).

- ✓ **CNE en pastura.**

Para esta investigación pastura fue el tratamiento con menores valores de carbohidratos no estructurales (13.89% y 13.58% a los días 90 y 120 respectivamente), que coinciden por los reportados por Correa *et al.*, (2008), que reporta valores de 13.4% para pasturas de kikuyo en Antioquia. En otro trabajo

realizado por Arreaza *et al.*, (2005), el contenido de CNE fue de 11.19% siendo este valor menor al reportado en este trabajo.

Las arbustivas dalia y sauco poseen valores mayores de CNE que pastura, lo que las hace una buena fuente de energía, nutriente más deficiente en animales en producción de leche o carne, mejorando la disponibilidad y sincronía de degradación de energía y proteína a nivel ruminal, igualmente en dietas altas en FDN limitan el CMS, así es importante la adición de CNE que aporten energía rápidamente fermentable en rumen (Eastridge, 2006).

Uno de los factores más limitantes en la formulación de raciones para bovinos en producción de leche o carne es el mantenimiento de la salud ruminal y la prevención de acidosis y timpanismo ruminal. Esta prevención depende, en buena medida, del balance entre los aportes de CE y CNE (Ferret *et al.*, 2008).

De esta manera, el aporte de CNE provenientes de las arbustivas estudiadas, especialmente sauco, que presentó los mayores valores, pueden mejorar la dieta de rumiantes bajo pastoreo en condiciones de pasturas nativas de alta montaña, por el aporte de CNE, que van a suministrar azúcares y almidones altamente digestibles.

- **DEGRADABILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA Y PROTEINA A 24 Y 48 HORAS.**

Los valores hallados en esta investigación contrastan con los reportados por Carreño *et al.*, (2014), quienes midieron DIVMS en Dahlia imperialis del morfotipo morado a distancias de siembra de 1m x 1m y no encontraron diferencias significativas, pero, los valores reportados son 78,7% y 78,6%, siendo estos superiores a los hallados en esta investigación.

Schmidt *et al.*, (1992), en experimento realizado en el Páramo de Pajonal, Colombia, midieron consumos de materia seca en bovinos en pasturas con predominio de plantas nativas, en las cuales establecieron digestibilidad y hallaron valores en un rango entre 20,1% a 70,1% con un promedio de 52%, valor que se encuentra cercano a los hallados en esta investigación.

- ✓ **Degradabilidad de la proteína a 24 h %.**

En general y de acuerdo a los datos obtenidos de degradabilidad de la MS y PC (DIVMS y DIVPC) el forraje de las arbustivas dalia y sauco y su mezcla es de buena calidad, ya que según Preston *et al.*, 1987, considera que un forraje es de buena calidad cuando la degradabilidad in vitro a las 24 h es $\geq 40\%$.

Las técnicas *in vitro* de degradabilidad por medio de la incubación del alimento en fluido ruminal se basan en la medición de amoníaco. Sin embargo, la concentración de amoníaco en un grupo de pruebas reflejará el balance entre la degradación de la proteína y el consumo de amoníaco para síntesis de proteína microbiana. La cantidad y naturaleza de sustratos fermentables afecta también la concentración de amoníaco, a medida que el consumo por parte de los microbios es estimulado por una mayor liberación de amoníaco se necesita mayor presencia de carbohidratos fermentables (Dijkstra, 2005).

Basándose en esto se establece que Dalia, que es el tratamiento con mayor degradabilidad de la materia seca y proteína, es una buena fuente de amoníaco para los microbios ruminales, esto unido a que es el tratamiento con mayor concentración de EM, va a existir una mejor sincronía en la degradación a nivel ruminal de estos dos nutrientes, aunque en general para los tratamientos de arbustivas el comportamiento se puede considerar parecido.

Diferente a lo que sucede con el tratamiento pastura, donde la degradabilidad de la MS y PC se encuentran hasta 20 puntos porcentuales por debajo de los otros tratamientos, esto puede ser una buena razón para decir que la suplementación de una dieta basada en este tipo de pasturas con arbustivas mejorará la disponibilidad de nutrientes para los microbios ruminales.

✓ **Degradabilidad *in vitro* de la materia seca a 48 horas (DIVMS T48h)**

En la mayoría de los alimentos, los métodos *in vitro* de análisis de digestibilidad, subestiman los contenidos de energía metabolizable (EM), esto implica una baja exactitud en la estimación de la EM, por esto se implementó el modelo UCD30, el cual usa 30 horas de digestión para FDN, este periodo está mejor correlacionado con la digestión de diferentes alimentos utilizados en dietas de vacas lecheras. Sin embargo, en general, los forrajes tropicales son altos en FDN, se usa la misma metodología para la digestión de FDN a 48 horas (Magalhaes *et al.*, 2010).

Así, la degradabilidad a 48 horas en forrajes tropicales es mejor indicativo de su valor nutricional que degradabilidad a las 24 horas, por tanto, dalia es el tratamiento que presenta mayor DIVMS a los 120 días (81,95%) indica alto valor nutricional, que asociado a pasturas nativas suplementará nutrientes a nivel ruminal.

✓ **Degradabilidad de la proteína a 48 h %:**

La proteína de los alimentos, en su mayor proporción, es degradada a nivel ruminal. La degradabilidad ruminal de la proteína, es en consecuencia, uno de los mayores factores cualitativos que determina el valor de la proteína, la degradabilidad determina el suministro de amoníaco y ácidos grasos de cadena

ramificada a los microorganismos ruminales, así como el suministro de proteína no degradada al intestino delgado como fuente potencial de aminoácidos absorbibles (Hvelplund *et al.*, 2000).

Sobresalen los valores de DIVMS y DIVPC por que se encontró un comportamiento atípico, es decir, se hallaron mayores valores de degradabilidad a los 120 días que a los 90 días, esto puede estar relacionado con el crecimiento de las plantas estudiadas y los momentos de corte, ya que posiblemente por ser plantas nativas y/o bien adaptadas a las condiciones ecosistémicas del páramo, sus procesos de lignificación sean mayores a los tiempos de corte establecidos en este estudio.

- **FRACCIONAMIENTO DE LA PROTEINA.**

Correa *et al.*, (2008) evaluó el fraccionamiento de la proteína en pasto kikuyo de la zona de Antioquia, presentando valores de proteína A de 31.2% de la PC, valor mayor respecto al reportado en esta investigación (19.27% y 20.04%). Por otro lado el mismo autor reporta valores de proteína C de 12.7%, valor mayor al encontrado en esta investigación (3.69% y 4.89%).

Gualdrón *et al.*, (2008) evaluó el fraccionamiento de la proteína de pasto kikuyo en Usme, Cundinamarca, obteniendo valores de proteína A de 1.15%, valor que difiere significativamente al reportado en este trabajo (19.27% y 20.04%), proteína B1 32.71%, valor que representa el doble de la hallado en esta investigación (16.48% y 16.74%), proteína B2 25.77% valor que coincide con el hallado (38.15% y 25.83), proteína B3 31.94% igualmente valor que coincide con el hallado (22.5% y 32.4%) y proteína C reporta valor de 8.42% y el hallado fue de (3.69% y 4.89%).

- **PROTEÍNA SOLUBLE E INSOLUBLE.**

Nitrógeno no proteico, NNP, es el nitrógeno que pasa en el filtrado después de la precipitación con ácido. La degradación de del NNP genera rápidamente grandes cantidades de amoniaco. Si en esta fracción se incluyen los péptidos, estos son utilizados por directamente por algunas bacterias celulolíticas, lo cual es importante para la eficiencia de la síntesis bacterial (Arreaza, 2002).

La proteína soluble se define como la proteína o el nitrógeno soluble en buffer a un pH similar al del rumen 6,8. Esta fracción contiene el NNP (fracción A) y fracción B1, para CNCPS ambas fracciones son 100% degradables y sus tasas de degradabilidad son similares (Arreaza, 2002).

El nitrógeno asociado con el FDN es usualmente proteína ligada a la pared celular, que también incluye el nitrógeno indigestible encontrado en el residuo del detergente ácido. La proteína insoluble en detergente neutro, pero soluble en

detergente ácido es digestible pero de degradación lenta y se ha denominado B3 en el modelo Cornell. Generalmente la proteína asociada a la pared celular es la extensina ligada a los carbohidratos hemicelulósicos (glicoproteínas), involucradas en los enlaces cruzados de las cadenas de carbohidratos en la pared celular de las plantas. Esta determinación involucra tanto la fracción B2 como B3. El calentamiento de la proteína desnaturaliza las proteínas B2 y las hace insolubles, incrementando la fracción B3 y la fracción C (Arreaza, 2002).

No es posible extraer todo el nitrógeno de las paredes celulares, el residuo resultante es resistente e indigestible y asociado con la lignina, aún en forrajes frescos que no contienen taninos. Los taninos si están presentes, son una posibilidad de incrementar la proteína insoluble asociada a la pared celular. Otra posibilidad es la reacción de Maillard o reacción de caramelización, causada por el calentamiento y secado. Estas fracciones tienen baja disponibilidad biológica y son recuperadas en la fibra ácido detergente, denominándose fracción C o nitrógeno indigestible (Arreaza, 2002).

Hutjens, (2003) dice que altos valores de proteína soluble significa que va a haber más nitrógeno disponible para crecimiento de bacterias ruminales y altos valores de proteína insoluble significa que va a haber mayor disponibilidad de proteína en intestino para ser absorbida.

Tabla 35. Proporción (% de PC) de proteína soluble e insoluble de los tratamientos experimentales.

Tratamiento	Proteína soluble (%) PC (A + B1)	Proteína B2 (% PC)	Proteína B3 (% PC)	Proteína C (% PC)
Dalia	30,34	30,16 ^C	29,46 ^A	10,16 ^B
Sauco	28,99	38,24 ^A	18,51 ^C	14,35 ^A
Dalia x sauco	29,31	33,84 ^B	23,97 ^B	12,94 ^B
Pastura	34,94	29,49 ^C	30,31 ^A	5,25 ^C

En términos generales pastura va a aportar más nitrógeno en rumen que a nivel de tracto gastrointestinal posterior, esto coincide con lo reportado por Gualdrón *et al.*, 2008, quien reporta valores de proteína soluble de kikuyo de 33.86%, valores que coinciden con los encontrados en este estudio para pastura que se encuentran en un rango de 35.75% y 36.78% para 90 y 120 días respectivamente, con un promedio de 34,94%.

- **FRACCIONAMIENTO DE CARBOHIDRATOS.**

- ✓ **Dalia.**

- **FDN:** Estos valores difieren de los reportados por Carreño *et al.*, (2014) quienes obtuvieron valores de FDN en dalia en arreglo de 1m x 1m y del morfotipo morado en un rango de 43,4% y 43,9%.
- **FDA:** los valores hallados son menores a lo reportados por Ayala *et al.*, (2012) para FDA 21.7 % a los 90 días. Además los valores de esta investigación difieren de los reportados por Carreño *et al.*, (2014) quienes midieron la FDA de dalia en arreglos de 1m x 1m y del morfotipo morado obteniendo valores en un rango entre 31,7% y 32%.

- ✓ **Sauco**

- **FDN:** este valor es cercano al reportado por Ayala *et al.*, 2015 para FDN en sauco 33.1% a 90 días, pero mayores a los reportados por Apraez *et al.*, (2012) de 23,4%.
- **FDA:** estos valores son cercanos a los reportados por Ayala *et al.*, 2012 para FDA 21.1 % a los 90 días y mayores a los de Apraez *et al.*, (2012) quien reporta 15.8% de FDA en sauco.

Medrano *et al.*, (2000) reporta contenidos de FDN en sauco de 19.44%, valor menor que el reportado en este trabajo, el cual se encuentra en un rango de 31.82% y 31.15%, así mismo Medrano *et al.*, 2000 reporta valores de FDA de 17.28%, valor menor al reportado en este estudio. De otro lado, Carvajal *et al.*, 2008 reporta niveles de FDN en sauco de 37.4%, dato que coincide con este trabajo, niveles de FDA de 15.72% valor menor entre 24% y 40% a los reportados en esta investigación y valores para lignina de 5.25% contenido mayor a los reportados en esta investigación.

Carvajal *et al.*, (2012) reporta un valor de FDN para pasto kikuyo en Cundinamarca de 52.84% y para FDA 28.64%, estos valores son menores a los reportados en este trabajo. Por otro lado Correa *et al.*, 2008 reporta valores de FDN 58.1%, hemicelulosa 26.2%, celulosa 26.9% y lignina 5.88%, todos los valores son menores a los reportados en este trabajo, menos lignina que se encuentra en valores de 1.93% y 1.83% que es menor a los de Correa *et al.*, 2008, en estos dos casos las diferencias pueden ser debidas a los tiempos de corte y composición botánica.

Gualdrón *et al.*, (2007) evaluó el fraccionamiento de carbohidratos en pasto kikuyo en Usme, Cundinamarca y reporta valores de FDN 52.38%, FDA 23.44%, hemicelulosa 28.93%, celulosa 17.48% y lignina 5.3%, niveles menores a los reportados en esta investigación, lignina con 5,3% es mayor a los reportados, esto puede estar influenciado por el tiempo de corte y la composición botánica de la pastura.

La concentración de fibra en detergente neutro (FDN) en las dietas se correlaciona negativamente con la concentración de energía, además, existe una relación directa entre los niveles de FDN y consumo de materia seca, por otro lado la concentración de FDN se relaciona inversamente con el pH ruminal, porque la FDN fermenta más lentamente y es menos digestible que fracciones como carbohidratos no estructurales (CNE) y porque la mayoría de la FDN dietaria proviene de forraje con una estructura física que estimula rumia y producción de saliva (NRC, 2001).

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, para efectos prácticos se define como: fibra bruta (FB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Desde el punto de vista de nutrición de rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal (Calsamiglia, 1997).

La fibra constituye el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes. Sin embargo, los niveles de incorporación en las dietas varía en rangos entre 25% y 45%, la flexibilidad en los niveles de fibra puede justificarse en parte por la variabilidad en las necesidades energéticas del animal (Calsamiglia, 1997).

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por la acción de las bacterias fibrolíticas, las bacterias se adhieren a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared (Calsamiglia, 1997).

El tratamiento pastura por si solo va a tener bajas digestibilidades y bajo aporte de nitrógeno y energía a nivel ruminal, pero al mezclarla con arbustivas, posiblemente disminuyan los niveles de FDN y aumente el aporte de nutrientes ruminales y la digestibilidad de la dieta por efecto de dilución de la fibra.

5.4.2 RECOMENDACIONES DE USO DE FORRAJE DE DALIA (*Dahlia imperialis*) y SAUCO (*Sambucus nigra*) EN SISTEMA SILVOPASTORIL DE CORTE DE Y ACARREO.

La ganadería en Colombia se basa en sistemas pastoriles, dando como resultado una producción estacional (FEDEGAN, 2006), esto sumado a la calidad de los forrajes usados en clima frío, altos en contenidos de FDN y con baja concentración de EM (Chamorro, 2004) hace que los potenciales de producción para la zona del Páramo de Cruz Verde sean bajos (< 10 L/vaca/día) y la ganancia de peso estimada sea de 200 gr/animal/día.

Por consiguiente, el incremento en el aporte de biomasa disponible para animales en forma de materia seca y nutrientes es el primer paso para mejorar las condiciones de producción Méndez *et al.*, (2013), de esta manera, arbustivas como la dalia y el sauco, por sus características nutricionales y de adaptación a la zona del páramo de Cruz Verde, son una respuesta al problema de baja productividad de estos sistemas.

Sobresale dalia en producción de proteína cruda (1440 kg/proteína/ha/año), en contenido de cenizas (12,84%), P (0,46%), Mn (10,33 ppm), Cu (10,33 ppm), Zn (35,83 ppm), B (44,65 ppm), DIVMS (65,32%) y DIVPC (61,25%), por tener los mejores valores respecto a los otros tratamientos, esto le da ventajas nutricionales en suplementación proteica y mineral.

Respecto al fraccionamiento de la proteína de dalia se puede decir que el mejor momento de corte es al día 120 ya que la proteína C se encuentra en su menor valor (9.35 %), la proteína B3 se encuentra en su mayor valor (33.66 %) y la proteína A se halla en su menor valor (15.48 %), respecto al día 90 de corte.

En términos generales todos los tratamientos de arbustivas se comportan de la misma forma respecto al fraccionamiento de la proteína, sus mejores contenidos son al día 120, a diferencia del tratamiento pastura, que el día 90 es mejor para su cosecha ya que la proteína C se encuentra en su menor valor (3.69%) y la proteína A se encuentra igualmente en su menor valor (19.27%).

Respecto al fraccionamiento de carbohidratos se puede decir que el comportamiento de las arbustivas es parecido, los niveles de FDN se encuentran en niveles entre 30.37 % y 37.54 %, a diferencia del tratamiento pastura que dobla los niveles de FDN 69.15% y 65.51 %, esto hace que la digestibilidad y el consumo voluntario sea mayor en los tratamientos de arbustivas, caso que se ve reflejado en la degradabilidad de la materia seca (Hutjens, 2003).

Los sistemas silvopastoriles se caracterizan por otorgar más de un servicio ecosistémico, es decir, no solo sirven para producir biomasa comestible para animales, además sirven para dar hábitat a fauna silvestre o pueden servir de sombrío para animales (Murgueitio *et al.*, 2010).

6. CÁLCULO DE POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE Y CARNE.

6.1 PRODUCCIÓN DE LECHE.

• CONSUMO DE MATERIA SECA

El conocimiento de la materia seca que un animal consumirá es un requisito esencial para llenar los requerimientos, se han utilizado muchas formas de predecir el consumo de materia seca, uno de los más importantes es relacionado con el estado fisiológico del animal, así una vaca al inicio de la lactancia consume menos MS, es decir unos 2.8 kg MS/100 kg PV, a diferencia de fases más avanzadas donde consume unos 3.2 kg MS/100 kg PV, mientras que para

animales en crecimiento puede hallarse ese consumo entre 2.2 y 2.8 kg MS/100 kg PV, de forma práctica el consumo se establece en un rango mínimo de 2.5% PV y 3.5% PV (Méndez *et al.*, 2013).

El CMS calculado fue de 2,81 % PV, valor que se encuentra dentro de lo reportado por Méndez *et al.*, (2013) que indica rango entre 2,5% y 3,5% PV.

Tabla 36. Capacidad de producción basado en materia seca (kg/ha) para mantener 17 vacas lecheras o 17 novillos de ceba.

Variable	Vacas lecheras		Novillos de ceba	
Cantidad animales a alimentar/día	17	17	17	17
Peso vivo (kg)	500	500	400	400
CMS* (% PV)	2.5%	3.5%	2.5%	3.5%
CMS (kg)	12.5	17.5	10	14
MS/día (kg)	212.5	297.5	170	238
vacas Materia seca (kg/ha/corte)				
Dalia (120 días)	1305	1305	1305	1305
Sauco (90 días)	610	610	610	610
Dalia x sauco (120 días)	678	678	678	678
Pastura (90 días)	2615	2615	2615	2615
Cantidad animales a alimentar/día				
Dalia (120 días)	6,1	4,3	7,6	5,5
Sauco (90 días)	2,8	2	3,6	2,5
Dalia x sauco (120 días)	3,2	2,3	4	2,8
Pastura (90 días)	12	10	15	11

*CMS: Consumo de materia seca.
Adaptado de Méndez, 2013.

De acuerdo a la tabla 39 se hace un cuadro comparativo sobre la capacidad, en días, de cada uno de los tratamientos evaluados para alimentar grupos de 17 vacas lecheras o 17 novillos de ceba, con consumos de materia en rangos entre

2,5% y 3,5% de peso vivo, se tomaron las producciones de materia seca más altas de cada tratamiento, dando como resultado que pastura es el

tratamiento que tiene mayor capacidad de carga, seguido de dalia, en tercer lugar dalia x sauco y en último lugar sauco.

Por otro lado, para producción de leche, asumiendo que se administra pastura y se suplementa con cualquiera de los tratamientos de arbustivas, la capacidad aumenta a 20 días en el caso de pastura y dalia, esto significa un aumento de 43% en producción de MS y 18 días de pastura y cualquier otro de los tratamientos de arbustivas, esto es un aumento de 28% en producción de MS. En el caso de producción de carne al suministrar pastura con forraje de dalia la capacidad pasa de 18 días a 26 días, esto significa un aumento de 44% y en el caso de sauco o dalia x sauco el aumento es de 22%.

Schmidt *et al.*, 1992, realizó experimento en el Páramo el Pajonal del Parque Nacional Los Nevados, Colombia, en el cual estimaron consumo de materia seca en bovinos, estimando ingestiones totales de materia seca por vaca con peso vivo de 417 kg en 11,4 kg/día basándose en requerimientos de mantenimiento y producción, valor menor al calculado en este estudio, posiblemente por el peso vivo, el cual fue establecido en 500 kg, pero, también calculó consumo basado en hábitos de consumo en 13,8 kg/día y 10,1 kg/día basado en excreción fecal. Igualmente, menciona que el consumo de materia seca es altamente dependiente de la relación energía : proteína y establece que 7% es el nivel crítico de proteína cruda, por debajo del cual hay depresión en el consumo.

De esta forma, en este estudio, se determinó que la proteína fue el factor limitante para producción de leche y mantenimiento, ganancia de peso y para reproducción el nutriente limitante fue la energía. La composición botánica de la dieta se basó en observaciones de campo de los hábitos de pastoreo, siendo las principales especies: *Calamagrostis spp*, *festuca spp*, *Carex tristichia*, *Rumex acetosella*, *trifolium repens*, *Escallonia myrtiloides* y *Espeletia hartwegiana* (Schmindt *et al.*, 1992).

Energía de los forrajes.

Tabla 37. Valores de ED (Mcal/kg MS) y EM (Mcal/kg MS) calculados.

	Dalia	Saucu	Dalia x sauco	Pastura
Energía digestible (ED) Mcal/kg MS	2.51	2.38	2.46	1.93
Energía metabolizable (EM) Mcal/kg MS	2.1	1.96	2.03	1.50

Se puede observar que dalia tuvo el valor más alto de EM y ED y pastura tuvo el menor valor, para las arbóreas dalia tuvo el valor más alto, sauco el más bajo y la mezcla dalia x sauco tuvo un valor intermedio.

Parámetros establecidos para hacer el cálculo de potencial de producción de leche:

- ✓ **Peso Vivo (PV):** 500 kg.
- ✓ **Producción de leche:** 12 L.
- ✓ **Grasa de la leche:** 3.5%.
- ✓ **Consumo de Materia Seca (CMS):** 14.07 kg/animal/día⁻¹.

El valor de 12 L de producción es el promedio de producción de la zona de acuerdo a la caracterización social realizada en la zona de estudio, el valor de grasa de leche se tomó de una investigación realizada en esta misma zona donde evaluaron el efecto de diferentes dietas sobre la calidad de la leche (González *et al.*, 2005).

Se calcularon los requerimientos de mantenimiento y producción para un animal con las características descritas, posteriormente se calculó la oferta de nutrientes de cada uno de los tratamientos y se hizo un balance:

Balance = oferta – requerimientos

Tabla 38. Balance de dieta para 12 L de producción.

	PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)
Requerimientos	1416	22.34	49.2	36
Oferta Dalia	3295.19	29.40	194.17	59.09
Balance Dalia	1879.19	7.06	144.97	23.09
Oferta Sauco	2901	27.57	85.82	39.39
Balance Sauco	1485	5.23	36.62	3.39
Oferta Dalia x sauco	3285	28.56	163.21	60.50
Balance Dalia x sauco	1869	6.22	114.01	24.50
Oferta Pastura	1578	21.10	42.21	43.61
Balance Pastura	162	-1.24	-6.99	7.61

Lo que se puede ver es que pastura tiene un potencial menor a los 12 L, ya que para EM y Ca los valores son negativos, en el caso de las arbustivas se presentan excesos de PC, Ca y P y excesos de energía moderados, esto significa que el potencial de las arbóreas es superior a los 12 L.

Chamorro y Rey, (2006) hablan del componente arbóreo como dinamizador del sistema de producción de leche en el trópico alto colombiano, reportan que

utilizando follaje de Pichuelo (*Senna pistacifolia*) y comparándolo con concentrado comercial en la respuesta de 8 novillas holstein de 16 meses de edad, obtuvo mayores consumos de materia seca en el grupo experimental (3.1 vs 3.0 % de peso vivo).

Por otro lado según Chamorro *et al.*, (2006) reportan el mismo efecto en la inclusión de un suplemento de follaje de *Acacia decurrens* (28,8%) Chicalá (*Tecoma stans*) (39%) y sauco (*Sambucus peruviana*) (21.7%) en vacas holstein lactantes de 46 meses de edad promedio, en relación al consumo de alimento no observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, el consumo de materia seca se encontró entre 13.22 kg/animal/día y 13.53 kg/animal/día, mientras que el consumo expresado como porcentaje de peso vivo fue de 2.4, 2.39, 2.28 y 2.35 para los grupos testigo, *Sambucus peruviana*, *Tecoma stans* y *Acacia decurrens*.

González y Chamorro, (2005), en dietas con chusque de páramo, (*Chusquea scadens*) y acacia negra, (*Acacia decurrens*) frente a dietas con concentrado comercial en vacas holstein demostraron, mediante la aplicación del modelo Cornell (CNCPS), las vacas de la dieta experimental tuvieron mayores consumos de MS reflejados en la ganancias de peso predichas por el modelo (0.6 kg/día⁻¹ vs 0 kg/día⁻¹) para las dietas experimental y testigo respectivamente.

Sánchez *et al.*, (2009), mediante la aplicación del modelo Cornell (CNCPS), balancearon dietas para una vaca de 550 kg PV en praderas de topografía plana, con inclusión de 21.42% de sauco y 6.5% de ensilaje de avena, obtuvieron consumos de alimento de 15.4 kg/animal/día⁻¹ y producciones de 20,4 L/animal/día⁻¹, según el modelo, frente a 12,8 L/animal/día, en el tratamiento de solo pastura.

Siguiendo con el cálculo de potencial de producción, una vez calculado el potencial de producción usando MS como parámetro, ahora se convierte la MS en forraje verde para establecer el consumo de forraje verde (CFV).

Para la comparación se establece que un bovino debe consumir entre 13% y 15% de su peso vivo en forraje verde cada día, esto, para una vaca de 500 kg equivale a 65 kg a 75 kg de forraje verde/día y para un novillo de 400 kg, equivale a consumir 52 kg y 60 kg de forraje verde/día (Méndez *et al.*, 2013). Los CFV pueden hallarse por encima de estos valores, pero, teniendo en cuenta la genética de los animales de la zona de estudio, consumos por encima del 15% de PV, son muy difíciles de alcanzar.

Tabla 39. Consumos de materia seca (% PV y kg) y forraje verde (% PV y kg) del análisis de potencial de producción de leche.

	Dalia	Sauco	Dalia x sauco	Pastura
CMS % PV	2.81	2.81	2.81	2.81
CMS kg	14.07	14.07	14.07	14.07
CFV % PV	15.95?	16.4?	18.83?	9.49
CFV kg	79.75	82	94.15	47.45

? Significa que no hay capacidad de consumo por parte del animal a este nivel.

En los tratamientos de arbustivas se puede ver que los consumos superan el 15% PV, esto sucede por su baja concentración de materia seca, pero en pastura se halla un valor adecuado a las condiciones de consumo, esto significa que se puede establecer una dieta basada en pastura y hacer una suplementación con arbustivas para aumentar el potencial de producción, ya que instaurar dietas basadas en solo arbustivas van a generar desbalances nutricionales y no hay capacidad de consumo (tabla 42).

Tabla 40. Potencial de producción de leche de los tratamientos evaluados.

		PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)	Potencial
Dalia	Requerimientos	2564	32	85.6	60.5	28 L
	Oferta	3295.19	32.08	194.17	59.09	
	Balance	731.19	0.08	108.57	-1.41	
Sauco	Requerimientos	2728	33.38	90.8	64	30 L
	Oferta	2901.23	33.49	85.83	39.4	
	Balance	173.23	0.11	-4.97	-24.6	
Dalia x Sauco	Requerimientos	2564	32	85.6	60.5	28 L
	Oferta	3285.35	32.5	163.21	60.5	
	Balance	721.35	0.50	77.61	0	
Pastura	Requerimientos	1580	23.72	54.4	39.5	10 L
	Oferta	1578.65	27.10	42.21	43.62	
	Balance	-1.35	3.29	-12.19	4.12	

Teniendo en cuenta la concentración de nutrientes de las arbustivas el potencial de producción de leche de dalia es de 28 L, con una deficiencia de P, sauco 30 L, con deficiencias de Ca y P y dalia x sauco 28 L, pero, para todos los tratamientos de arbustivas se presentan excesos de proteína que puede conllevar a problemas reproductivos y ambientales, finalmente, pastura permanece con un potencial de 10 L con deficiencia de Ca y PC.

De acuerdo a la baja concentración de MS y altos contenidos de PC no es viable suministrar aun bovino una dieta basada en dalia, sauco o dalia x sauco, pero, teniendo en cuenta los bajos contenidos nutricionales de la pastura, se puede hacer una suplementación de la pastura con cualquiera de las arbustivas en una proporción de 30% arbórea y 70% pastura, proporciones establecidas para sistemas silvopastoriles según Pineda, (2009), los resultados se pueden ver en la tabla 41.

Tabla 41. Potencial de producción de mezcla arbóreas 30% y pastura 70%.

		PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)	Potencia l
	Requerimientos	1498.00	23.03	51.80	37.75	
Dalia 30%Pastura 70%	Total oferta	2092.37	23.57	87.76	48.23	13 L
	Balance	594.37	0.54	35.96	10.48	
Saucu 30%Pastura 70%	Total oferta	1974.21	23.03	55.26	42.32	13 L
	Balance	476.21	0.00	3.46	4.57	
Dalia x Saucu 30%Pastura 70%	Total oferta	2089.42	23.32	78.47	48.65	13 L
	Balance	591.42	0.29	26.67	10.90	

De acuerdo al balance de la suplementación de arbustivas con pastura se puede decir la proteína en exceso disminuyó para dalia en 78%, sauco 137% y dalia x sauco 91%, nutricional y ambientalmente esto es un beneficio, aunque los valores permanezcan altos.

Por otro lado los contenidos minerales de las arbustivas son altos y según el balance se evidencia que hay excesos de Ca y P, pero esto también puede hacer que la suplementación mineral se disminuya.

Las vacas producen más de 20 toneladas de heces y orina en una lactancia promedio y más de 100 kg de nitrógeno quedan distribuidos en estos desechos. Una vaca que produce 10.000 kg de leche producirá alrededor de 500 kg de nitrógeno como parte de la fracción proteica de la leche. Ha sido bien documentado que la proteína cruda que no es metabolizada termina principalmente en la orina (Hibma, 2007).

Si una vaca es alimentada con niveles excesivos de proteína, más allá de sus requerimientos nutricionales, necesita energía para convertir el nitrógeno en urea, energía que podría ser utilizada para producción de leche, así el exceso de proteína no solo contamina el ambiente, sino también da por resultado mayores costos de alimentación necesarios para la energía metabolizable extra requerida (Hibma, 2007).

Por otro lado, en años recientes la contaminación con nitrógeno es una preocupación significativa y la producción pecuaria en general y la lechería especializada se encuentra bajo la lupa por los niveles en aumento del nitrógeno que contamina fuentes de agua subterránea y superficial, así como en los hábitats de riberas de ríos y costas de lagos, de esta forma el manejo adecuado de las dietas, especialmente de los rumiantes, es un desafío de la nutrición y producción animal (Hibma, 2007).

La zona de páramo es conocida por la ganadería y el cultivo de papa, esta última hace parte de la dieta de los habitantes de la zona y los residuos de cosecha son utilizados para alimentación de los bovinos, de esta forma es de fácil consecución y al incluirla en la dieta de una vaca lechera se pueden ver buenos resultados en producción, como se puede ver en la tabla 43.

Se toma la mezcla dalia 30% y pastura 70% como recomendación para uso en este estudio porque, como se demostró en el fraccionamiento de la proteína, pastura es el tratamiento que más aporta N a nivel ruminal y dalia es la que más energía aporta, así la mezcla va a presentar un mejor aporte de estos nutrientes dando una mejor sincronía en la degradación (González *et al.*, 2005)

Tabla 42. Balance de la mezcla dalia 30% y pastura 70% con suplementación de papa.

	PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)	Potencial
Requerimientos	1826	25.79	62.2	44.75	
Total oferta	2169.37	26.23	88.76	50.23	19 L
Balance	343.37	0.44	26.56	5.48	

Contenidos nutricionales de la papa son: PC: 7.7%, EM: 2.66 Mcal/kg MS, Ca: 0.1% y P: 0.2%, MS: 26.3%. (González *et al.*, 2005).

Por el bajo contenido de MS de la papa, su inclusión en una dieta es limitada, por esta razón se va a administrar 1 kg MS de papa, esto equivale a 3.8 kg de papa molida o picada, por sus alto contenido energético y bajo valor proteico es una materia prima ideal para este tipo de suplementación.

En el balance se puede ver que la cantidad de proteína de exceso disminuyó, respecto a la mezcla dalia 30% pastura 70%, en 73%, así como los excesos de Ca y P y el potencial de producción pasó de 13 L a 19 L esto significa un aumento de 46% en producción.

Después de hacer la suplementación con papa a la dieta de dalia 30% y pastura 70% el CMS fue de 3% PV esto es 15.06 kg MS, el CFV fue de 14,32% PV, equivalente a 71.62 kg de FV, esto significa que el animal tiene capacidad de consumo

González y Chamorro, (2005), hicieron una investigación en la finca El Cardonal, Vereda Belén, municipio de Ubaque, Cundinamarca, que consistió en la evaluación de un suplemento compuesto por: papa (*Solanum tuberosum*), chusque de páramo (*Chusquea scadens*), acacia negra (*Acacia decurrens*), semilla de algodón, palmiste y silo de maíz, frente a una dieta control con concentrado comercial (Italcol®) en 6 vacas holstein en segunda lactancia en primer y segundo tercio de lactancia. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en producción de leche, donde el mayor valor lo obtuvo la dieta experimental (19.5 L/vaca/día⁻¹ vs 14.7 L/vaca/día⁻¹), lográndose un incremento 32.68% en producción de leche.

En cuanto a los valores de energía representados como energía metabolizable se encontró que la dieta experimental tuvo mayor concentración de EM (2.81 Mcal/kg MS vs 2.74 Mcal/kg MS). Adicionalmente en los valores de proteína de la dieta se demostró que la dieta experimental no presenta excesos de N (19.9 % vs 19 %) dieta control y dieta experimental respectivamente, hecho asociado a mejor balance y sincronización entre energía y proteína proveniente de arbóreas (González *et al.*, 2005).

Según Sánchez *et al.*, (2009), aplicando el modelo Cornell (CNCPS), en dietas con inclusión de sauco y silo de avena presentó niveles de EM de 2.4 Mcal/kg MS, obteniendo producciones mayores que solo pastura.

El CMS se estableció en 2,5% PV, valor reportado por Méndez *et al.*, (2013), como adecuado para animales en este estado fisiológico. A partir de este ponderado de CMS se establecieron los potenciales de ganancia de peso.

Parámetros establecidos para hacer el cálculo de potencial de producción de carne:

- ✓ **Peso Vivo (PV):** 350 kg.
- ✓ **Ganancia diaria de peso (GDP):** 400 gr.
- ✓ **Consumo de Materia Seca (CMS):** 8.75 kg/animal/día.

El valor ganancia diaria de peso de 400 gr/día se estableció basándose en (FEDEGAN, 2006).

Tabla 43. Potencial de ganancia de peso gr/día de los tratamientos evaluados.

		PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)	Potencial (gr/día)
Requerimientos		625	18.3	40	21	
Dalia	Oferta	2049	18.28	120.75	36.75	<300
	Balance	1424	-0.02	80.75	15.75	
Sauco	Oferta	1804	17.15	53.37	24.5	<300
	Balance	1179	-1.15	13.37	3.5	
Dalia x sauco	Oferta	2043	17.76	101.5	37.62	<300
	Balance	1418	-0.54	61.5	16.62	
Pastura	Oferta	981.17	13.12	26.25	27.12	<300
	Balance	356.17	-5.18	-13.75	6.12	

Se puede ver que la EM es el nutriente limitante para tener 400 gr/día de ganancia de peso, es decir las ganancias están por debajo de los 300 gr/día, aunque para dalia y dalia x sauco el déficit de EM es leve, para sauco y pastura es mayor, además, pastura presenta un déficit de Ca y se todos los tratamientos hay excesos de PC y P.

El CMS calculado es de 2.5%, esto es 8.75 kg de MS, al convertir estos consumos a forraje verde se encuentra que los animales no tienen esta capacidad de

consumo, es decir superan el rango de 13% a 15% propuesto por Méndez *et al.*, (2013).

Tabla 44. Consumo de materia seca (% PV y kg) de forraje verde (% PV y kg) para animales de engorde.

	Dalia	Sauco	Dalia x Sauco	Pastura
CMS % PV	2.5	2.5	2.5	2.5
CMS kg	8.75	8.75	8.75	8.75
CFV % PV	16.58 ?	17.27 ?	19.3 ?	7.08
CFV kg	58.06	60.46	67.56	35.41

? Significa que los animales no tienen capacidad de consumo a este nivel.

En los tratamientos de arbustivas se puede ver que los consumos superan el 15% PV, esto sucede por su baja concentración de materia seca, pero en pastura se halla un valor adecuado a las condiciones de consumo, esto significa que se puede establecer una dieta basada en pastura y hacer una suplementación con arbustivas para aumentar el potencial de producción, ya que instaurar dietas basadas en solo arbustivas, primero van a generar desbalances nutricionales y segundo no hay capacidad de consumo, esto debido posiblemente al bajo potencial genético de los animales que comúnmente están presentes en los sistemas productivos de la zona de estudio.

Al no existir capacidad de consumo, y por sus altos contenidos de PC se recomienda no usar las arbustivas estudiadas como dieta única y por los bajos contenidos nutricionales de la pastura se puede hacer una mezcla de pastura con cualquiera de las arbustivas en una proporción de 30% arbórea y 70% pastura, proporciones establecidas para sistemas silvopastoriles según Pineda, 2009, así, se realizaron balances utilizando estas mezclas y los resultados se pueden ver en la tabla 45.

Tabla 45. Balance de dieta con mezclas 30% arbóreas y 70% pasturas.

		PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)
	Requerimientos	625	18.3	40	21
Dalia 30% Pastura 70%	Total oferta	1302	14.52	54.68	19
	Balance	677	-3.78	14.68	-2
Sauco 30% Pastura 70%	Total oferta	1229	14.34	34.43	25.08
	Balance	604	-3.96	-5.57	4.08
Dalia x Sauco 30% Pastura 70%	Total oferta	1301	14.52	48.89	22.6
	Balance	676	-3.78	8.89	1.6

Al hacer los balances de las mezclas de arbustivas con pastura se puede ver que los tratamientos dalia y dalia x sauco tienen comportamientos similares y posiblemente dalia, a pesar de presentar deficiencia de P, esta se puede suplementar, a diferencia de dalia x sauco que presenta exceso de P.

Se encuentra deficiencia de energía para todos los tratamientos, por esta razón se realiza una suplementación con papa en la mezcla de dalia 30% y pastura 70%, como se puede ver en la tabla 46.

Tabla 46. Balance de dieta mezcla Dalia 30% pastura 70% y suplementación con papa.

	PC (gr)	EM (Mcal)	Ca (gr)	P (gr)
Requerimientos	1078	18.3	40	21
Total oferta	1456	18.51	56.18	32.02
Balance	378	0.21	16.18	11.02

Los contenidos nutricionales de la papa son: PC: 7.7%, EM: 2.66 Mcal/kg MS, Ca: 0.1% y P: 0.2%, MS: 26.3%. (González et al, 2005).

El nivel de inclusión de papa es de 1,5 kg MS, esto es 5,7 kg de papa molida o picada y en el balance se puede ver que los excesos de PC disminuyeron en 79% respecto a la mezcla sin suplementar con papa, el Ca y P se mantienen en exceso aumentando respecto a la mezcla inicial y por parte de la EM hay un exceso leve,

esto quiere decir que después de la suplementación con papa el potencial de ganancia diaria de peso es de mínimo 400 gr/día.

El CMS aumentó a 2.93% PV, es decir 10.25 kg MS y el CFV es igual a 13,7% PV, es decir 47.95 kg de alimento tal como ofrecido; en términos generales el CMS y CFV se encuentran en el límite superior, esto significa que el animal debe tener una oferta suficiente de alimento para que alcance este consumo.

Jaramillo, (2011) en estudio llevado a cabo en el SENA sede Mosquera, Cundinamarca, con sauco utilizado para medir ganancias de peso en novillas holstein mediante el establecimiento de tres tratamientos: T1 pasto kikuyo, T2: tres kg de hojas y tallo de sauco/animal y pastoreo de kikuyo y T3: seis kg de hojas y tallo de sauco/animal y pastoreo de kikuyo estableció ganancias de peso de 589,6 gr/animal/día, 609,6 gr/animal/día y 669,6 gr/animal/día para T1, T2 y T3 respectivamente.

De igual manera Insuasty *et al.*, (2011), en estudio realizado en el altiplano del departamento de Nariño evaluando un T1: sistema tradicional de pasto kikuyo frente a un T2: sistema silvopastoril de pasto kikuyo asociado con Aliso (*Alnus acuminata*) encontraron ganancias de peso en novillas mayores en T2 893 gr/animal/día y T1 733 gr/animal/día, confirmando que los sistemas silvopastoriles aumentan las ganancias de peso en animales por aumento en consumo de nutrientes y mejores condiciones de alimentación.

Según el balance de la suplementación mineral se establece que el contenido mineral de dalia y sauco son altos, lo que conlleva una disminución en costos de producción por parte de suplementación mineral, información que coincide con estudio hecho por Cotrino *et al.*, (2012), quien evaluó mediante la aplicación del modelo Cornell a un sistema silvopastoril intensivo de leucaena asociado a *P. purpureum* y *P. máximum*, suplementados con pericarpios de *P. edulis* y *P. maliformis*, demostrando que la dieta presentaba balances positivos para minerales: Ca, P, Mg, K, Fe y Mn.



Figura 11. Vacas Holstein en la zona de estudio (Vereda: Belén, Ubaque, Cundinamarca, Colombia) frente a una parcela de dalia (*Dahlia imperialis*).

6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO.

6.2.1 ESTABLECIMIENTO DE BANCOS FORRAJEROS.

• COSTOS EN INVERNADERO.

Se establece que los costos de reproducir en vivero las 11.547 plántulas de dalia, sauco o su mezcla hasta la edad de dos (2) meses, tiene un costo de \$ 3.377.853, es decir \$ 292 por árbol (tabla 50).

Tabla 47. Costos de producir 11.547 plántulas de dalia o sauco en invernadero hasta los dos meses de crecimiento.

	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arboles/ha	11547		
Semilla (\$)	11547	30*	346.410
Sustrato			
Tierra (\$)	16166 kg	60	969.948
Cascarilla de arroz (\$)	4619 kg	150	692.820
Arena (\$)	1155 kg	90	103.923
Cal (\$)	577 kg	160	92.376
Gallinaza (\$)	577 kg	160	92.376
TOTAL SUSTRATO	23094		
Bolsas 2 kg (\$)	12.000	15	180.000
Mano de obra (\$)	30	30.000	900.000
TOTAL			3.377.853
Costo/árbol (\$)			292

**Costo estimado de conseguir las estacas para sembrar.*

Para el cálculo del costo de producción de las plántulas en invernadero se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos, de acuerdo a la composición del sustrato utilizado: Tierra: 70%, cascarilla de arroz: 20 %, arena: 5 %, cal dolomita: 2,5 % y gallinaza: 2,5 %.

- **Semilla:** costo de 12 jornales (\$ 30.000/día) de un trabajador para cortar y alistar los esquejes para ser sembrados en las bolsas.

- **Sustrato:**

- **Tierra:** se necesitan 16.166 kg para sembrar las 11,547 plántulas, se calculó en \$ 60 kg/tierra, específicamente para el sitio experimental, ya que allí existe la facilidad de tractor para transportarla y por el área de la finca, ahí mismo se puede conseguir esa cantidad.
- **Cascarilla de arroz:** se necesitan 4.619 kg a un precio (en finca) de \$150/kg.
- **Arena:** Se necesitan 1155 kg a un costo de \$ 90/kg.
- **Cal y gallinaza:** se necesitan 577 kg de cada uno de estos insumos para el cultivo a \$ 160/kg c/u.
- **Bolsas:** se deben comprar 12000 bolsas costando cada una \$ 15.
- **Mano de obra:** se calculó un trabajador sembrando en invernadero 384 árboles/día, labor que tarda 30 días en sembrar las 11547 plántulas.

• **TRASPLANTE A CAMPO.**

Después de dos (2) meses de crecimiento en invernadero, las plántulas son llevadas a campo y sembradas a 1 m de distancia en arreglo tres bolillo, se utilizó ahoyador mecánico para esta labor, se calculó una eficiencia de 200 árboles sembrados por día, por lo cual se tarda 58 días dos obreros en sembrar los 11.547 árboles, esto significa que para sembrar estas plántulas tiene un costo de \$5.126.064, es decir \$444 por árbol, los valores de cal y gallinaza se establecieron de la mezcla 2:1 cal:gallinaza, usando 150 gr/árbol (el valor de \$160/kg en cal y gallinaza es el valor comercial de estos dos insumos para la zona de estudio). Los detalles de costos de siembra se pueden ver en la tabla 49.

Tabla 48. Costos de trasplantar 11.547 plántulas de dalia o sauco a campo hasta el primer año.

	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Arboles/ha	11547		
Ahoyado (\$)	11547	30.000	1.740.000
Siembra (\$)	11547	30.000	1.740.000
Fertilización			
Gallinaza (\$)	571,5	160	91.440
Cal (\$)	1143,15	160	182.904
Fertilizaciones/año	6		1.646.064
Total (\$)			5.126.064
Costo/árbol (\$)			444

En términos generales los costos de sembrar 1 ha con 11.547 plántulas de Dalia, Dauco o su mezcla al 50% son \$8.503.917, es decir \$736 por árbol, estos costos son en el primer año de establecimiento con fertilizaciones cada 60 días es decir seis (6) fertilizaciones/año.

De los costos establecidos el 39,67% corresponde al crecimiento de plántulas en invernadero y 60,32% al trasplante.

Tabla 49. Costos de 1 kg de materia seca (MS) para cada uno de los tratamientos.

	Materia seca (kg/ha)	Días de corte	Costo kg MS (\$/kg)
Dalia	837	4	143
Sauco	1264	6	142
Dalia x sauco	1406	6	128
Pastura	2986	14	35

Para establecer el costo de 1 kg de MS se estableció la producción de MS por corte a 120 días de rebrote, los días de corte son la cantidad de días que alimenta un grupo de 17 vacas con 1 ha de cada tratamiento, por cada día de corte se estimó un jornal de trabajo para corte y acarreo del forraje, es decir \$30.000, esto multiplicado por los días de corte da el total de mano de obra utilizada para cosechar el forraje, para estimar el costo de 1 kg de MS se dividió los costos de los jornales utilizados entre la cantidad de MS producida en cada tratamiento.

Para el cálculo de 1 kg de MS de pastura se estableció en \$35, porque como son pasturas poco manejadas desde el punto de vista agronómico, se calculó el gasto de medio jornal por día en el establecimiento de cerca y cuidados básicos de cuidar los animales mientras pastan allí, dividido por la cantidad de días que duran los 17 animales en 1 ha.

Tabla 50. Análisis financieros de costos de producción de leche de las dietas.

Rubros	Tradicional	Agroforestal ?	dalia 30% pastura 70% + papa
Ingresos			
Leche vendida (L/día)	10	23	19
Precio \$/Kg leche	775	775	775
Ingreso bruto (\$)	7,750	17,515	14,725
Costos			
Pastura			
CMS (kg)	14.07		9.85
\$/Kg MS	35		35
Precio/vaca/día	492		689
Dalia			
CMS (kg)		14.07	4.22
\$/Kg MS		143	143
Precio/vaca/día		2,012	2,016
Sauco			
CMS (kg)		14.07	
\$/Kg MS		142	
Precio/vaca/día		1,998	
Dalia x sauco			
CMS (kg)		14.07	
\$/Kg MS		128	
Precio/vaca/día		1,801	
Papa			
CMS (kg)			1
\$/Kg MS			494
Precio/vaca/día			570
Total costos variables	492		2,931
Ingreso neto	7,258		11,794

De acuerdo con el análisis de costos para producción de leche se puede ver que pastura es el tratamiento que incurre en menos costos, pero, el potencial de producción es < 10 L/día, el ingreso neto después de restar los costos de alimentación es de \$7.258. Para las dietas que aparecen en la columna de agroforestal se colocó un signo de interrogación porque, según el balance, la cantidad de proteína es tan alta que hay excesos y esta es una condición que trae problemas reproductivos y ambientales.

Por otra parte está la columna de dalia 30% pastura 70% y suplemento de papa (D + P + Pa), donde el potencial de producción es de 19 L/día, los costos de alimentación son de \$2.931, pero el ingreso neto también se aumenta a \$11.794 día, es decir que la diferencia entre las dietas comparadas es de \$4.536 día, a

pesar que alimentar con la dieta (D + P + Pa) sea \$2.439 mayor que pastura, por otro lado en producción este último tratamiento recibe \$6.975 más por día. Esto significa que en un grupo de 17 animales en producción de leche (población promedio de la zona de estudio según caracterización social) alimentados con la dieta (D + P + Pa), el ingreso mensual sería de \$6.014.490, frente a la dieta de solo pastura que el ingreso mensual sería de \$ 3.839.280, esto es una diferencia de 56,6% entre dietas, por otro lado los costos mensuales de alimentación de la dieta D + P + Pa son de \$1.219.920 y en la dieta de pastura el costo sería de \$250.920, esto significa 385% menor que la dieta D + P + Pa, por último los costos de alimentación representan el 20,28% y 19,6% para las dietas D + P + Pa y pastura respectivamente.

Tabla 51. Análisis financieros de costos de ganancia de peso de las dietas.

Rubros	Tradicional	Agroforestal ?	dalia 30% pastura 70% + papa
Peso inicial	350	350	350
Peso final	400	400	400
ganancia de peso (gr/día)	200	200	400
Días a finalización	250	250	125
Costos			
Pastura			
CMS (kg)	8.75		6.1
\$/Kg MS	35		35
Precio/animal/día	306		214
Dalia			
CMS (kg)		8.75	8.75
\$/Kg MS		143	143
Precio/animal/día		1251.25	1251
Sauco			
CMS (kg)		8.75	
\$/Kg MS		142	
Precio/animal/día		1242.5	
Dalia x sauco			
CMS (kg)		8.75	
\$/Kg MS		128	
Precio/animal/día		1120	
Papa			
CMS (kg)			1.5
\$/Kg MS			741
Precio/animal/día			855
Costos de alimentación/finalización(\$)	76,563		290,098

Para el análisis de costos se utilizó la ganancia de peso en animales que tienen un peso inicial de 350 kg y con un peso final de 400 kg, es decir etapa de finalización, de acuerdo al análisis se puede ver que nuevamente pastura tiene los menores costos con \$76.563 en 250 días con ganancias de 200 gr/día, por otro lado en la dieta D + P + Pa los costos son de \$290.098 en 125 días con ganancias de 400 gr/día, es decir que la diferencia entre dietas es de \$213.515 pero en días de ceba la diferencia es de 100%.

Finalmente los balances hechos con solo arbustivas no se analizaron porque los excesos de proteína son ambiental y reproductivamente negativos. Es decir la dieta de pastura es 279% más económica que la dieta D + P + Pa, pero por la diferencia en días se puede decir que mientras la dieta pastura finaliza un animal, la dieta D + P + Pa finaliza dos (2) animales, asumiendo un precio de \$2600 por kg, la dieta D + P + Pa tendría una ganancia de \$2.080.000 en 250 días, mientras que la dieta pastura tendría una ganancia de \$1.040.000 en 250 días.

6.3 RECOMENDACIONES FINALES.

En Colombia existen 14.223.000 ha aptas para ganadería, pero actualmente se usan 27.831.248 ha en esta actividad (ENA, 2010), así, resulta que hay suelos no aptos para ganadería, pero permanecen bajo este uso, este es el caso específico de los ecosistemas de páramo y alta montaña, que por el tipo de suelo y condiciones climáticas tienen la función de conservación de flora y fauna (IGAC, 2001). Esta alta intervención ha sucedido por que los modelos productivos implementados los últimos 50 años, han sido los desarrollados bajo el esquema de revolución verde, lo que ha llevado a degradación de recursos naturales como suelo, oferta hídrica, biodiversidad y a la alta dependencia de insumos agroquímicos.

Con este trabajo se pretendió establecer valores y características de dalia como arbustiva nativa de alta montaña para su uso en arreglos silvopastoriles y sus efectos en suelo, de los cuales se destacan: capacidad de descompactación del suelo: por las tuberosidades de su raíz, capacidad de poner fósforo disponible para el animal: ya que fue el tratamiento con mayores contenidos de P en su forraje y en nutrición y alimentación animal se destaca: proteína (24 %), energía metabolizable (2,1 Mcal/kg MS), Calcio (2.03 %), así como cantidad de forraje verde (6084 kg a 8661 kg) a los 90 y 120 días respectivamente.

La producción de bovinos en Colombia se hace en sistemas basados en monocultivo de gramíneas, que en la mayoría de las veces son especies introducidas, que pueden presentar baja adaptación a las condiciones climáticas y edáficas, en el caso de la alta montaña resulta en bajos rendimientos debidos al pH ácido, principal característica de estos suelos (IGAC, 2001).

En general se acepta que las pasturas con leguminosas son la mejor opción para el desarrollo, a bajo costo, de las áreas de suelos ácidos y de escasa fertilidad, pero es más común encontrar las mezclas de gramíneas y leguminosas, que compensan las deficiencias de las especies individuales (Thomas *et al.*, 1984).

Así los sistemas silvopastoriles, no solo pueden corregir las deficiencias de gramíneas y/o leguminosas, si no que va a aportar otros beneficios al suelo (materia orgánica, minerales), al animal (forraje verde, proteína, energía) y al sistema productivo (madera, fijación de nitrógeno, humedad), mejorando la diversidad vegetal de las pasturas mediante el uso de especies nativas adaptadas a las condiciones locales (Thomas *et al.*, 1984).

El establecimiento de sistemas silvopastoriles para corte y acarreo de alta montaña basados en dalia y sauco es una alternativa viable productiva y económicamente, una dieta basada en pasturas nativas tiene un potencial de producción de leche de < de 10 L/animal/día, al hacer la suplementación con dalia y desperdicios de cosecha de papa, este potencial aumenta a 19 L/animal/día.

De igual forma en ganancias de peso los animales pasan de < de 250gr/día a 400 gr/día, esto debido a que la concentración de proteína y energía de dalia fue la más alta de todos los tratamientos evaluados, dando como resultado un mejor balance nutricional.

Finalmente, se calculó en \$ 736 el costo para sembrar 1 árbol de dalia o sauco, incluyendo 6 fertilizaciones en el primer año de establecimiento, la propuesta hecha en esta investigación es sembrar en alta densidad > 10.000 árboles/ha, pero a menores densidades puede ser una alternativa más atractiva por parte de los productores, especialmente porque la semilla es de fácil consecución y propagación en vivero y considerando que dalia es una especie nativa de la alta montaña, de buena adaptación, pocos enemigos naturales, buena producciones de forraje de alta calidad, que además sirve como planta productora de polen y néctar para abejas, convirtiéndose en una opción de producción – conservación de las zonas de páramo y subpáramo en Colombia.

7. CONCLUSIONES.

- *Dahlia imperialis* demostró mayores tasas de crecimiento (1,22 vs 0,41 cm/día) y sobrevivencia (90% vs 70%) en vivero respecto a *Sambucus nigra*, diferente al crecimiento en campo donde las dos especies tienen crecimientos semejantes (0,23 vs 0,23 cm/día).
- El uso de dalia (*Dahlia imperialis*) en sistemas agroforestales de alta montaña es adecuado a las condiciones climáticas y sociales de la zona, ya que es una arbustiva nativa con buena adaptación y buenos contenidos nutricionales: proteína (24,44% y 23,42%), energía metabolizable (2.1 Mcal/kg MS), FDN (31.5% y 36.62%), minerales en forma de cenizas (12,54% y 13,14%), degradabilidad de la materia seca a 48 h (71.55% y 81.95), pero, con bajos contenidos de materia seca (13% y 15%), valores a 90 y 120 días respectivamente, que al utilizarla en sistemas silvopastoriles para corte y acarreo mejora los balances nutricionales de rumiantes en producción de leche aumentando la producción de < de 10 L a 19 L mezclando pastura nativa con dalia y desperdicios del cultivo de papa, al igual que en producción de carne, pasando de 200 gr/día a 400 gr/día, en la mitad del tiempo, con la misma mezcla, pero en diferentes proporciones.
- Uno de los principales problemas de los suelos de alta montaña (andisoles) es la compactación, ocasionada por la mecanización y en general el mal uso (ganadería y agricultura extensivas), causando erosión y pérdida de fertilidad edáfica. El suelo experimental presentó cambios en densidad aparente entre el muestreo 0 y 12, esto es un buen indicativo ya que este suelo aún tiene capacidad de retención de agua, función para la que evolucionó. Por otro lado de acuerdo a los datos obtenidos en densidad aparente (DA) que disminuyó con los muestreos se puede decir que para ecosistemas de alta montaña la forma más adecuada de desarrollar sistemas ganaderos es la estabulación (cuando sea posible por condiciones medio ambientales y socioeconómicas), ya que la no presencia de animales y periodos de descanso largos favorecen la DA del suelo.
- Se confirmó la condición de acidez del suelo, esto es importante porque es una limitante para la producción de forrajes en general, así que los principales correctivos deben ir dirigidos a este punto y por otro lado es que a pesar de los suelos fuertemente ácidos, dalia especialmente, tuvo buenos crecimientos, esto significa la buena adaptación de esta arbustiva a este ecosistema.
- Teniendo en cuenta los valores obtenidos en densidad aparente (DA), se puede decir que tanto el establecimiento de sistemas silvopastoriles como la no presencia de animales hace que disminuya la DA, así, una opción de

ganadería en tierras de alta montaña es la estabulación y siembra de sistemas silvopastoriles para corte y acarreo.

- Se corroboraron valores nutricionales del sauco: proteína (18.75% y 20.62%) materia seca (14.79% y 14.47%), arbustiva ampliamente investigada para el uso en sistemas silvopastoriles de clima frío y se demostró que en mezcla con dalia tienen un comportamiento adecuado para las condiciones donde se realizó la investigación, proteína (23.56% y 23.35%), materia seca (14.63% y 12.95%), a 90 y 120 días respectivamente.
- *Dahlia imperialis* ocupó el segundo lugar en producción de forraje (6084 y 8661 kg/FV/ha), pero contenidos de materia seca bajos (13% y 15,07%), sin embargo dalia obtiene la mejor producción de proteína (1487 y 2028 kg/PC/ha) y minerales (12,54% y 13,14%), así dalia aparece como un forraje de alta calidad para suplementación de animales en producción de leche y carne.
- De acuerdo a los valores obtenidos de producción de forraje verde y materia de cada uno de los tratamientos analizados es una ventaja que coincida el corte de las arbustivas con el de pastura, ya que es muy común que los periodos de recuperación sean en diferentes tiempos; en este caso por utilizarse una pastura nativa, esta tiene periodos de recuperación mayores a las pasturas mejoradas. Así: en producción de forraje verde pastura coincide con sauco a los 90 días, con dalia y dalia x sauco no coincide con su mayor producción. En cuanto a materia seca pastura tiene su mayor valor a 90 días y coincide con sauco y dalia x sauco. Por otro lado en concentración de proteína los tratamientos dalia, dalia x sauco y pastura coinciden en que el mejor valor se encuentra a los 120 días.
- Las concentraciones de fósforo (P) en Dalia son en promedio los más altos de todos los tratamientos, esto se puede analizar de dos formas: que al comparar las concentraciones de P en suelo y forraje coincide en que dalia tiene una alta capacidad de absorción de forraje y segundo que esta característica puede ayudar al ganadero a disminuir costos de producción con la suplementación con P.
- En general y de acuerdo a los datos obtenidos en degradabilidad de la materia seca a 48 h, el forraje de los tratamientos evaluados es de buena calidad, ya

que alcanzan degradabilidades mayores al 40%, siendo dalia el tratamiento con mejor valor promedio en DIVMS (79,85%), demostrando el potencial que tiene como forraje de alto valor nutricional.

- Los valores hallados en degradabilidad de materia seca y de proteína a 24 y 48 horas son inesperados, por cuanto se determinó que hay mayor degradabilidad a los 120 días que a los 90 días, esto posiblemente puede deberse que las arbustivas y pastura utilizadas son nativas y/o bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales y su periodo de crecimiento puede ir más allá de los 120 días de corte que se estableció.
- La fibra en detergente neutro es una de las fracciones más importantes cuando se habla de valor nutricional de forrajes, en este caso, sauco presentó los mejores valores (31,49%), pero en general los tratamientos de arbustivas tuvieron el mismo comportamiento, a diferencia de pastura que presentó valores de 100% mayores a los de las arbustivas (66,97%), esto demuestra el bajo potencial de producción de la pastura y la baja capacidad de consumo voluntario por parte de los animales, siendo dalia o sauco una buena opción para “diluir” la FDN y mejorar los valores nutritivos de una dieta basada en este tipo de pasturas.
- La problemática de producción en las zonas de alta montaña en Colombia es similar: ganadería extensiva y cultivos de papa, por lo tanto los resultados obtenidos en este estudio pueden ser utilizados para ser aplicados en otras zonas de páramo.
- La investigación en sistemas silvopastoriles de alta montaña ha avanzando en los últimos años, con este estudio se pretendió hacer un aporte significativo en este campo, ya que los ecosistemas de alta montaña y páramo tienen valor especial en conservación de flora, fauna y recurso hídrico, pero existe una población que hace uso de estos ecosistemas afectando especialmente el suministro de agua para poblaciones de las zonas bajas, así este estudio ofrece una herramienta más que ayuda al desarrollo de sistemas productivos que involucren conceptos clásicos de producción animal y un enfoque ambiental del uso del suelo que involucre al árbol como elemento fundamental de la producción agropecuaria.

8. RECOMENDACIONES.

- Realizar experimentos, especialmente con dalia, de mayor duración para establecer mejor las producciones de forraje verde y los efectos sobre el suelo, para hacer mejores recomendaciones de uso.
- Dalia es un arbusto que tiene características botánicas especiales, una de ellas es que tiene su tallo hueco dividido en septos, en los cuáles almacena agua, esto puede ser una adaptación interesante para zonas secas, además, las concentraciones de inulina en los bulbos de la raíz llega a 13% en base

seca, por esto se recomienda hacer más investigación para determinar si existe inulina en el forraje que consumen los animales y cuáles pueden sus efectos en nutrición y alimentación animal.

- Fomentar el uso de dalia en sistemas silvopastoriles de alta montaña en diferentes densidades de siembra y arreglos agroforestales.
- Promover conciencia ambiental entre los habitantes de la alta montaña, mediante la transferencia tecnológica en ecología de los páramos, ciclo hidrológico y/o diversificación de la producción a manera de ruta para conservar un ecosistema estratégico.
- Mediante la información obtenida del fraccionamiento de proteínas y carbohidratos realizar simulaciones del desempeño animal para producción de leche y carne, usando el software CNCPS.
- Se destaca que variables como producción de forraje verde, proteína total, materia seca, degradabilidad *in vitro* de materia seca 24 y 48 h, carbohidratos no estructurales porque presentaron resultados inesperados, ya que mostraron, para algunos tratamientos, mejores valores a 120 días que a 90 días, cuando se espera que a 90 días existan mejores degradabilidad o contenidos de proteína, por lo tanto se recomienda hacer estudios aumentando los tiempos de análisis y la frecuencia de muestreos.
- Se recomienda hacer caracterizaciones sociales más profundas para determinar la percepción y aceptación de este tipo de sistemas silvopastoriles en las zonas de páramo y poder hacer una transferencia tecnológica adecuada.

9. BIBLIOGRAFIA.

1. **AGUILAR, M y RAMIREZ, W.** 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), Bogotá D.C., Colombia, 250 pp.
2. **ALCALDIA UBAQUE.** 2011. Plan de Desarrollo Municipal 2008 – 2011. Documento disponible en: http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pdm_2008_2011%20ubaque.pdfhttp://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pdm_2008_2011%20ubaque.pdf, descargado en: (noviembre 15 de 2011; 16:49 pm).
3. **AOAC INTERNATIONAL.** 2005 Oficial Methods of Analysis. (18TH edition). Association of official Analytical Chemists. Method number 935.39. Washington. DC.
4. **APRAEZ, J. E., DELGADO, J. M. y NARVAEZ, J. P.** 2012. Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. *Livestock Research for Rural Development. Volume 24.*
5. **ARGÜELLO, H.** 2003 Dependencia cero, base para un agro sostenible. UN periódico, N° 53, Bogotá diciembre 21 de 2003.
6. **ARREAZA, L.** 2002. Fraccionamiento de la proteína cruda e indicadores en la formulación de raciones para rumiantes. Manejo de la proteína de ganado bovino, septiembre 23 al 30 de 2002. CORPOICA.
7. **AVELLANEDA, A.** 2002. Alteración del páramo de Chontales en Boyacá por ganadería y aplicación de plaguicidas en papa. Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña: Páramos. Dirección General de Ecosistemas.
8. **AYALA RUSSI, A. M., RINCÓN CAMACHO, J. C., NAVAS PANADERO, A. Y GONZALES GUARÍN, J.** 2015. Evaluación de la selectividad de especies arbóreas con potencial forrajero en bovinos en ecosistemas de bosque húmedo premontano. *Revista Ciencia Animal*, (9), 41-55.
9. **BARRIOS, E. y TREJO, M.** 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma* 111 (2003) 217 – 231.
10. **BENAVIDES, R., DOUGLAS, G. y OSORO, K.** 2009. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*, (2009) 76: 327 – 350.
11. **BERNARD, F., VAN NOORDWIJK, N., LUEDELING, E., VILLAMOR, G., SILESHI, G. AND NAMIREMBE, S.** 2014. Social actors and unsustainability

- of agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2014, 6:155–161.
12. **BLANCO, G., CHAMORRO, D., REY, A. Y ARREAZA, L.** 2005. Evaluación nutricional del ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa*. *Revista Corpoica*, vol 6 N° 2, Julio – diciembre de 2005.
 13. **BLANCO, M. y SIERRA, M.** 2005 Caracterización bromatológica y evaluación de diferentes niveles de inclusión de morera (*Morus alba*) y (*Sambucus nigra* L.) en la alimentación de conejos en ceba, tesis, 2005. Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia.
 14. **BOOTH, S., RICARD, B and TIMOTHY, J.** 1991. Nutrient Content of Selected Indigenous Leafy Vegetables Consumed by the Kekchi People of Alta Verapaz, Guatemala, Instituto de Nutrition de Centro America y Panama. Guatemala, Central America.
 15. **BOVAL, M, y ANGEON, V.** 2015. International Conference on Forages in Warm Climates. Proceedings of the 1 International Conference on Forages in Warm Climates. Multifunctional roles of tropical grasslands. P 19 – 43.
 16. **BUCKMAN, H.O y BRADY, N.C.** 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos, Trad. R Salord Barceló. Barcelona, Montaner y Simón, 1970, 590 pag.
 17. **BUYTAERT, W., CELLERI, R., DE BIEVRE, B., CISNEROS, F., WYSEURE, G., DECKERS, J y HOFSTEDE, R.** 2006. Human impact on the hydrology of the Andean paramos. *Earth Science reviews*, 79 (2006) 53 – 72.
 18. **BUYTAERT, W., CELLERY, R., DE BIEBRE, B. y CISNEROS, F. H.** 2004. Hidrología del Páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. Disponible en http://www.paramo.org/files/hidrologia_paramo.pdf. Descargado en octubre 10 de 2011, 3:44 pm.
 19. **CALDERON, F.** 1996. Estabilidad estructural de los suelos. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Estabilidad_Estructural_del_Suelo.htm consultado en nov 28 2014, 1:33 pm.
 20. **CALLE, Z.** 2003. Restauración de Suelos y Vegetación Nativa: Ideas para Una Ganadería Andina Sostenible. CIPAV, Fundación Centro Para las Investigaciones en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Segunda Edición. Apotema, Medellín, Colombia. 96 pp.
 21. **CALSAMIGLIA, S.** 1997. Nuevas bases para la Utilización de la Fibra en Dietas de Rumiantes. XIII Curso de especialización FEDNA, Departamento de Patología y Producción Animal, Universidad Autónoma de Barcelona, Madrid 6 y 7 de Noviembre de 1997.
 22. **CARDENAS, M.F.** 2012. La gestión de ecosistemas estratégicos Proveedores de agua. *Revista Gestión y Ambiente*.
 23. **CARULLA, J., CARDENAS, E., SANCHEZ, N., RIVEROS, C.,** 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción

- lechera especializada de la zona andina colombiana Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia.
24. **CARREÑO, D., MUÑOZ, L Y ARARAF, J.** 2014. Evaluación Agronómica y Nutricional de *Dahlia imperialis* (Roezl ex Ortgies. Artículo de Investigación, Revista de Investigación Pecuaria, 2014; 3 (1): 37 – 47.
 25. **CARVAJAL, T., LAMELA, L. Y CUESTA, A.** 2012. Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia, Pastos y Forrajes vol.35 no.4 Matanzas sep.-dic. 2012.
 26. **CASIERRA, F., AGUILAR, O.** 2007. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, Vol 1 – Nº 2 pp 246 – 257, 2007.
 27. **CASTAÑO, C.** 2002. Colombia alto andina y la significancia ambiental del bioma de páramo en el contexto de los Andes tropicales: una aproximación a los efectos futuros por el Cambio Climático Glonal (Global Climatic Tensor). Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña: Páramos. Dirección General de Ecosistemas.
 28. **CATIE.** 2010. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería, para la producción pecuaria sostenible. Ciudad de Panamá, Panamá, septiembre 28 al 30 de 2010.
 29. **CAVELIER, J. & M.C. PEÑUELA.** 1990. Soil respiration in the cloud forest and dry deciduous forest of Serranía de Macuira, Colombia. Biotropica 22(4): 346-352.
 30. **CIPAV,** 2003. Restauración de suelos y vegetación nativa. Ideas para una ganadería andina sostenible. Segunda edición. Cali, Colombia. PP 65 – 89.
 31. **CECCON, E.** 2013. Restauración de bosques tropicales, fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. Primera edición. México. PP. 288.
 32. **CELLERI, R.** 2009. Servicios ambientales para la conservación de los recursos hídricos: Lecciones desde los Andes. Estado del conocimiento técnico científico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. Síntesis regional CONDESAN, enero de 2009.
 33. **CLEEF, A.** 2003. Influencia humana en los páramos. Panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de páramo.
 34. **CORPOICA,** 2004. Red de recursos forrajeros. Corpoica tibaitatá, junio 15 al 18 de 2004. Resúmenes de la primera reunión.
 35. **CORPORINOQUIA,** 2009. Programa de Balance de la Gestión Ambiental Municipal y Departamental.

36. **CORREA, H., PABÓN, M Y CARULLA, J.** 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. [Livestock Research for Rural Development 20 \(4\) 2008](#).
37. **COTRINO, A., CHAMORRO, D., GONZALEZ, J y MORENO, J.** 2012. Evaluación química y predicción de bovinos de ceba suplementados con pericarpios de *Passiflora edulis* y *Passiflora maliformis* en sistemas silvopastoriles. Tesis de grado de Facultad de Zootecnia de Universidad Agraria de Colombia, UNIAGRARIA, 2012.
38. **CRESPO, P.** 2014. Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. En: Cuesta F, Sevink J, Llambí LD, De Bièvre B, Posner J, Editores. Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN.
39. **CRUZ, C. y MORENO, D.** 2009. Efecto de la fertilización y diámetro del material vegetativo sobre el crecimiento *in vitro* de *sambucus nigra* y *morus alba*, con destino a sistemas silvopastoriles, tesis 2005 Universidad de La Salle, Facultad de Zootecnia.
40. **CUARTAS, C., NARANJO, J. F., TARAZONA, A., MURGUEITIO, E., CHARA, J., VERA, J., SOLORIO, F., FLORES, M., SOLORIO, B., BARAHONA, R.** 2014. Contribución de los sistemas silvopastoriles intensivos al desempeño animal y a la adaptación y mitigación al cambio climático. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 27:76 – 94, 2014.
41. **CUESTA, A.** 1988. Calidad Nutritiva de los Alimentos y Factores que la Afectan. Primer curso en Avances en Nutrición Animal. Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Investigación y Transferencia, División de Disciplinas Pecuarias, Programa Nacional de Nutrición Animal. Centro nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tibaitatá.
42. **CHIZMAR FERNANDEZ, C.** 2009. Plantas comestibles de Centroamérica. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, primera edición. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. P 111 – 113.
43. **CHAMORRO, D.** 2000. Resultados de Investigación de Silvopastoreo dentro del Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana. En: I curso intensivo de silvopastoreo Colombo – Cubano.
44. **CHAMORRO, D.** 2004. Análisis crítico de la investigación en sistemas silvopastoriles del trópico alto. En: PRIMERA REUNIÓN DE LA RED TEMÁTICA DE RECURSOS FORRAJEROS-TIBAITATÁ. (1º: 2004: Bogotá).
45. **CHAMORRO, D., PARRA, M. H., PEREZ, N., REY, A. M., HERRERA, C., MOLINA, E., RAMIREZ, M., PULIDO, J., HERNANDEZ, J y NAÑEZ, J.** 2006. Establecimiento de sistemas silvopastoriles como alternativa de

- producción ganadera sostenible en el Valle cálido del Magdalena. Corpoica, Colciencias y Sena.
46. **DAZA, M.C., HERNÁNDEZ, F., y TRIANA, F.A.** 2014. Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz – Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 67(1): 7189-7200. 2014.
 47. **DE CARY, S. y HERVE.** 2006. Efecto de leguminosas nativas en terrenos en descanso sobre la microbiota del suelo durante el cultivo de papa (altiplano central boliviano). *Ecología en Bolivia*, Vol 41 (3): 154 – 166, diciembre de 2006.
 48. **DEWIS J. Y F. FREITAS.** 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín sobre suelos N°10. FAO. Roma. 36-57 p.
 49. **DÍAZ, T. E.** 1988. Formulación de planes de alimentación en las fases de parto y postparto. Primer curso en Avances en Nutrición Animal. Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Investigación y Transferencia, División de Disciplinas Pecuarias, Programa Nacional de Nutrición Animal. Centro nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tibaitatá.
 50. **DÍAZ – GRANADOS, M., NAVARRETE, J y SUAREZ, T.** 2005. Páramos: hidrosistemas sensibles. *Revista de Ingeniería*, núm. 22, noviembre, 2005, pp. 64-75 Universidad de los Andes Bogotá, Colombia.
 51. **DIJKSTRA, J., FORBES, J.M. Y FRANCE, J.** 2005. Quantitative aspects of ruminant nutrition and metabolism. CABI publishing. CAB International Second edition, 2005.
 52. **EASTRIDGE, M. L.** 2006. Major Advances In Applied Dairy Nutrition. Department of Animal Sciences, The Ohio University. American Dairy Science Association. *Journal of Dairy Science* 89; 1311 – 1323.
 53. **ESTUPIÑÁN L. H; GOMEZ, J. E; BARRANTES, V J and LIMAS, L F.** 2009. Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo el granizo, (cundinamarca - colombia). *rev.udcaactual.divulg.cient.* [online]. 2009, vol.12, n.2 [cited 2014-11-13], pp. 79-89. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262009000200009&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0123-4226. Consultado 12-11-2014 10:30 am.
 54. **ESPINOSA, J.** 1992. Suelos Volcánicos, Dinámica del Fósforo y Producción de Papa, Cipotato consultado en <http://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%202/JESPINOZA.pdf>, 29 de noviembre de 2014, 3:32 pm.
 55. **ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (EOT),** 2012. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Agrícola, Alcaldía Municipal de Ubaque (Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ubaque, Cundinamarca).
 56. **FEDEGAN, 2006.** Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Federación Colombiana de Ganaderos. Primera edición. Bogotá D.C. noviembre de 2006. 296 pp.
 57. **FERRET, A., CALSAMIGLIA, S., BACH, A., DEVANT, M., FERNANDEZ, C. y GARCIA – REBOLLAR, P.** 2008. Necesidades Nutricionales, para

- rumiantes. Normas FEDNA. Fundación Española Para el Desarrollo de la Alimentación Animal.
58. **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO)**, 1993. Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. Consultado en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s07.htm>, 29 de noviembre de 2014, 3:01 pm.
 59. **FLOREZ, L.A., UMAÑA, J. A.**, 2006. Evaluación de la adaptación, comportamiento y efecto de la pradera de la acacia negra (*Acacia decurrens*, acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*) y del aliso como cerca viva en un sistema de producción de gado de leche en el trópico alto colombiano. Tesis, Zootecnia, Universidad de La Salle.
 60. **FONSECA, I., GARCIA, F.** 2007. ABeCé forestal, herramientas para tomar decisiones, CORPOICA, C.I La Libertad, Meta, Colombia.
 61. **FOX, D. G., SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., RUSSELL, J. B and VAN SOEST, P.J.** 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III Cattle requirements and diet adequacy. *J of animal sci.* 70 3578.
 62. **FOX D G, TYLUTKI T P, TEDESCHI L O, VAN AMBURGH M E, CHASE L E, PELL A N, OVERTON T R, AND RUSSELL J B** 2003 The Net Carbohydrate And Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS version 5.0. Model Documentation; The Cornell University Nutrient Management Planning System. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York. 292 p
 63. **FRANCO VALENCIA, M.H.** 2008. Sistemas silvopastoriles o agroforestería pecuaria en trópico de altura. Memorias Congreso de Ganadería agroecológica para trópico colombiano, Gobernación de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 10,11 y 12 de abril de 2008.
 64. **FRANCO, L., DELGADO, J., ANDRADE, G.** 2012. Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. Universidad de los Andes, Colombia.
 65. **FUENTES, R.** 1971. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos ácidos de origen volcánico. Tesis Maestría, Centro de Investigación de Agricultura Tropical, CATIE.
 66. **FULLER, M. F.** 2004. *The Encyclopedia of Farm Animal Nutrition*. CABI, Publishing.
 67. **GARDNER, C.** 2006. Ingredientes vs nutrientes: ¿realmente importa?. *Hoard's dairymen en español*, junio 2006, p 381 – 382.
 68. **GAYOSO, J.** 2001. Guía para la formulación de proyectos de forestales de carbono. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D 9811076.
 69. **GIRALDO A. L., FERNÁNDEZ D., ZAPATA F., LONDOÑO M. y VELÁSQUEZ R.** 1998. Potencial De La Arborea *A. decurrens*. 2. Su Uso

- Como Suplemento Bajo Corte y acarreo para la producción de leche en clima frío de Colombia. Universidad Nacional de Medellín, facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal.
70. **GONZALEZ, J. CHAMORRO, D.** 2005. Evaluación Técnico económica de la suplementación con follaje de Acacia negra (*Acacia decurrens*), Chusque de páramo (*Chusquea scadens* Kunth), y papa (*Solanum Tuberosum*), a vacas Holstein en producción en Ubaque Cundinamarca. Tesis de grado especialización en producción Animal, UDCA, 2005.
 71. **GONZALEZ. J Y MARIÑO. R.,** 2013. Sistemas agroforestales como mecanismos de provisión y conservación de servicios ecosistémicos: caso comunidad wiwa guajira colombia. II CONGRESO DE PRODUCCIÓN BOVINA DEL ORIENTE COLOMBIANO “Producción de Rumiantes Bajo un Entorno Sostenible” Unilibre, Fedegan pp31 – 36.
 72. **GUADA, J.A.** 1996. Características del sistema Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza. XII Curso de Especialización FEDNA, Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996.
 73. **GUALDRON, E. y PADILLA, C.** 2007. Producción y calidad de leche en vacas holstein en dos arreglos silvopastoriles de *acacia decurrens* y *alnus acuminata* asociadas con pasto kikuyo, (*pennisetum clandestinum*). Tesis pregrado Facultad de Zootecnia, Universidad de La Salle.
 74. **GUTIERREZ, B., FIERRO, L.** 2006. Diagnóstico y diseño participativo en Sistemas Agroforestales. Manual y Guías de Campo, Tibaitatá. 110 pp.
 75. **HABER, W.** 1958. Okologische untersuchugen der bodenatmung. Flora 146: 109-157.
 76. **HERNANDEZ, F. TRIANA, A. DAZA F y CONSTANZA, M.** 2009. Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del Páramo de Sumapaz. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 8, enero-diciembre, 2009, pp. 29-38 Universidad del Valle, Cali, Colombia.
 77. **HIBMA, J.** 2007. Alimentar con exceso de proteína es tanto costoso como contaminante. Hoards dairyman en español, p 378 – 379.
 78. **HILLBUR, S.** 2014. Farmer’s perceptions of agroforestry. A case of study about the obstacles and opportunities for agroforestry adoption in Babati, Tanzania. Södertön University, School of Natural Sciences, Thecnology and Environmental Studies, Bachelor Thesis, Environment and Development, Spring, 2104.
 79. **HINCAPIE, J., CASTILLO, C., ARGÜELLO, S., AGUILERA, D., HOLGUIN, F., TRIANA, J. y LOPERA, A.** 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condiciones de Hotspot y Global Climatic Tensor. IDEAM. Bogotá, pp 2112 – 333.

80. **HOFSTEDE, R., MONDRAGON, M. y ROCHA C.** 1995. Biomass of grazaed, burned and undisturbed paramo grasslands, Colombia. 1. Aboveground Vegetation. Arctic and Alpine Research. 27, 1 – 12.
81. **HOFSTEDE, R.** 2002. Los Páramos andinos; su diversidad, sus habitantes, sus problemas y sus perspectivas. Un breve diagnóstico regional del estado de conservación de los páramos. Congreso Mundial de Paramos. Paipa, Boyaca. Memorias, pp 82 – 102.
82. **HOFSTEDE, R., SEGARRA, P. y MENA, P. V.** 2003. Los Paramos del Mundo. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia, Quito.
83. **HOFSTEDE, R.** 1997, la importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo. Ecología del Páramo y bosques andinos, Ecopar. Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas” (CDCPP, del 15 de agosto al 3 de octubre de 1997).
84. **HUTJENS, M.** 2003. Guía de alimentación. Segunda Edición. W.D. Hoards and Sons Company pp 84.
85. **HVELPLUND, T. y WEISBJERG, M.R.** 2000. In situ techniques for the estimation of protein degradability and postrumen availability. Danish Institute of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Phisyology, Research Center Foulum, Tjele, Denmark.
86. **IBARHIM, M., MURGUEITIO, E.** 2010. Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería, Panamá septiembre 28 al 30 de 2010.
87. **IDEAM,** 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales, Bogotá D.C.
88. **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ALEXANDER VON HUMBOLDT.** 2008. Los viveros de plantas nativas, cultivando nuestras semillas, conservando la biodiversidad, Serie materiales de trabajo, Programa Mosaicos de Conservación. Septiembre 22 – 26 de 2008.
89. **INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI.** 2001. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Bogotá. Tomo III p 490.
90. _____. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Bogotá. Tomo II p 205 - 207.
91. _____. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Bogotá. Tomo I p 93 – 94.
92. **INSUASTY, E., APRAEZ, J. y NAVIA, J.** 2011. Efecto del arreglo silvopastoril aliso (*AlnusAcuminata* K.) y kikuyo (*PennisetumClandestinum*H.) sobre el comportamiento productivo en novillas Holstein en el altiplano del departamento de Nariño. Agroforestería Neotropical, septiembre de 2011, N° 1.

93. **JAIMES, V., SARMIENTO, L.** 2003. Mecanismos de restauración de la fertilidad en una sucesión secundaria en el Páramo de Cruz Verde, Colombia. Memorias del Congreso Mundial de Páramos. Tomo II, pp. 900-916.
94. **JARAMILLO, D.F.** 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín.
95. **JARAMILLO, A.** 2011. Evaluación del crecimiento de terneras Holstein con la suplementación de dos niveles de sauco (*S. nigra*) en pastoreo con kikuyo (p. *Clandestinum*). Consultado en www.engormix.com en 21 diciembre, 2014, 5:46 pm.
96. **JIMENEZ, F.** 2011. evaluación de consumo voluntario y digestibilidad del ensilaje de sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. Tesis, 2011, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, U.D.C.A, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.
97. **JIMENEZ, L.** 2015. Revisión bibliográfica del cultivo de la Dalia. Cultivos Tropicales, 2015, vol 36, nº 1 pp 107 – 115. Ministerio de Educación Superior, Cuba. Instituto nacional de Ciencias Agrícolas.
98. **KEMPER W.D y ROSENAU R.C.** 1986. Aggregate stability and size distribution. P 425 – 442. In A Klute (Ed). Methods of soil analysis, part 1 second edition, ASA and SSSA, Madison, WI.
99. **LALATENDU, K., KUNDU, S., DINESH KUMAR y CHANDE DATT.** 2014. Metabolizable protein systems in ruminant nutrition. A review. Veterinary World 7 (8): 622 – 629.
100. **LARA CORTES, E., MARTIN BELLOSSO, O., OSORIO DIAZ, P., BARRERA NECHA, L., SANCHEZ LOPEZ, J y BAUTISTA BAÑOS, S.** 2014. Actividad antioxidante composición nutrimental y funcional de las flores comestibles de dalia. Revista Chapingo serie Horticultura, Universidad Autónoma de Chapingo. Vol 20, Nº 1 2014 pag 101 – 116.
101. **LAREDO, M., CUESTA, A.** 1988. Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. ICA – Colanta.
102. **LAVERDE, C.** 2008. Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales de la vereda el Verjón Alto, Bogotá D.C. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Proyecto de grado, Carrera Ecología, Pontificia Universidad Javeriana.
103. **LOBO, D., PULIDO, M.** 2005. Métodos e índices para evaluar la estabilidad estructural de los suelos. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología. *Venesuelos* 14:22-37
104. **LOTERO, J.** 1988. Pastos y Forrajes en la Alimentación Animal. Primer curso en Avances en Nutrición Animal. Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Investigación y Transferencia, División de

- Disciplinas Pecuarias, Programa Nacional de Nutrición Animal. Centro nacional de Investigaciones Agropecuarias, Tibaitatá.
105. **LUTEYN, J. L.** 1992. Páramos: why study them? In: Balslev, H. and Luteyn, J. L. (eds.), Paramo: an Andean ecosystem under human influence. Academic Press London.
 106. **MCDOWELL, L.R y VALLE, G.** 2000. Major minerals in forages. Department of Animal Science, University of Florida. Forage Evaluation in Ruminants Nutrition, CAB International.
 107. **MACPHERSON, A.** 2000. Trace minerals status in forages. Scottish Agricultural College. . Forage Evaluation in Ruminants Nutrition, CAB International.
 108. **MAGALHAES, K.A., VALADARES, S.C., DETMAN, E., DINIZ L.L., PINA, D.S., AZEVEDO J.A.G., ARAUJO, F.L., MARCONDES, M.I., FONSECA, M.A y TEDESCHI L.O.** 2010. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. Animal feed Science and technology. 155 (2010) 44 – 54.
 109. **MAHECHA, L. y ANGULO, J.** 2011. Soil Fertility improvement and nutrient management – a global perspective: Nutrient management in silvopastoral systems for economically and environmentally sustainable cattle production: a case study from Colombia. Universidad de Antioquia. Editado por Joann K. Whalen.
 110. **MANSONIA, A, LOBO D. Y LOZANO Z.** 2009. Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, facultad de Agronomía. Agrociencia vol.43 no.3 México abr./may. 2009
 111. **MARQUEZ, M.** 2001. De la abundancia a la escases: la transformación de ecosistemas en Colombia. Disponible en: http://www.idea.unal.edu.co/public/docs/abund_escasez.pdf. Descargado en:(noviembre 15 de 2011, 16:50 pm).
 112. **MEDRANO, L.** 1992. Subproductos agrícolas y su utilización en el sistema integrado de producción. En. Curso alternativas no tradicionales para alimentación de rumiantes. Educar editores. San Juan de Pasto. Colombia. p 53.
 113. **MEDRANO, J., BECERRA, J., OBANDO,G., RODRÍGUEZ, U., APRAEZ, G., PORTILLA, O., SERRALDE, O., JARAMILLO, M y JIMENEZ, A.** 1999. Evaluación del valor nutritivo y uso en dietas para rumiantes del follaje de árboles utilizables en sistemas silvopastoriles en el trópico de altura.
 114. **MENDEZ, L.E.** 2000. Minerales para bovinos en pastoreo, requerimientos, deficiencias y toxicidades. Manual, Biovet Ganadería. 117 pp.

115. **MENDEZ, L.E., MENDEZ, L.F.** 2013. Guía práctica de nutrición en pastoreo. Zootech, pp 133.
116. **MILERA, M.** 2013. Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” Matanzas, Cuba. Avances en Investigación Agropecuaria, Milera. Aia. 2013. 17(3): 7-24.
117. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL.** 2010. Oferta Agropecuaria, Cifras 2010. Encuesta Nacional Agropecuaria. DANE, MADR y CCI.
118. **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE,** 2002. Congreso Mundial de Páramos, Mayo de 2002.
119. **MOLINA, E.** 1998. La acidez del suelo y el encalado. ACCS, San José de Costa Rica, pp 45.
120. **MOLINILLO, M y MONASTERIO, M.** 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. Ecotropicos 15 (1): 19 – 34 2002. Sociedad Venezolana de Ecología.
121. **MONTOYA, P.** 2011. Uso de recursos florales poliníferos por *Apis mellifera* (Hymenoptera Apidae) en apiarios de la Sabana de Bogotá y alrededores. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Laboratorio de investigaciones en Abejas LABUN. Tesis de magister en Ciencias.
122. **MORALES, A., LEÓN, J., CÁRDENAS, E. AFANADOR, G. y CARULLA, J.** 2012. Calidad de la leche, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. Rev. Med. Vet. Zoot. 60 (I), enero - abril 2013: 32-48.
123. **MORALES, M., OTERO J., VAN DER HAMMEN T., TORRES A., CADENA C., PEDRAZA, C., RODRIGUEZ, N., FRANCO, C., BETANCOURTH, J.C., OLAYA, E., POSADA, E. y CARDENAS, L.** 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
124. **MURGUEITIO, E., CALLE, Z, URIBE, F., CALLE, A y SOLORIO, B.** 2010. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest ecology and management. Article in press.
125. **MURGUEITIO, E., ROSALES, M. y GOMEZ, M.** 2003. Agroforestería para la producción animal sostenible. CIPAV, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Tercera edición, Cali, Valle del Cauca, Colombia pp 67.
126. **NAVAS, A.** 2008. Importancia del componente arbóreo en el rediseño de sistemas sostenibles de producción ganadera: consideraciones de diseño. Seminario Nacional de Ganadería agroecológica para el trópico colombiano, Bogotá, Colombia 2008.
127. **NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE.** 2001. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C.

128. **ORTIZ, L., REYES, M.** 2009. Páramos en Colombia: un ecosistema vulnerable. Medio Ambiente, Observatorio Grupo de estudios en Economía Política y Medio Ambiente. Universidad Sergio Arboleda. Octubre 2009.
129. **OSPINA, M.** 2003. El Páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias geográficas. Disponible en www.sogeocol.edu.co, descargado en: octubre 3 de 2011.
130. **PINEDA, N., PEREZ, E y VASQUEZ, F.** 2009. Evaluación de la selectividad animal de plantas herbáceas y leñosas forrajeras durante dos épocas en la zona alta del municipio de Muy Muy, Nicaragua. Agroforestería en las Américas, N° 47, 2009.
131. **PRESTON, T. R. y LENG R. A.** 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics 1987 pp. 265 pp.
132. **PROBST, R.** 2008. Ganadería Agroambientalista. Seminario Nacional de Ganadería agroecológica para el trópico colombiano, Bogotá, Colombia 2008.
133. **Producción de sustratos para vivero.** 2002. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación Tradicional – Vifinex. Costa Rica, noviembre de 2002.
134. **PULIDO, M., LOBO, D., LOZANO, Z.** 2009. Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. Agrociencia vol.43 no.3 México abr./may. 2009
135. **RAMACHANDRAN, N.** 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers International Centre for Research in Agroforestry, ICRAF. Pp 141 -164.
136. **RANGEL, O y ORJUELA, A.** 2004. Prioridades de investigación en el páramo.
137. **ROJAS, N.** 2002. Investigación histórica y geográfica de la región del Sumapaz. Universidad de los Andes.
138. **RODRIGUEZ, P. Y APRAEZ, E.** 2008. Evaluación del valor nutritivo y uso en dietas para rumiantes del follaje de árboles utilizables en sistemas Silvopastoriles en el trópico de altura. Universidad de Nariño.
139. **ROCHA, C., CARDENAS, C. y MORA, J.** 2013. Costos de establecimiento de un sistema silvopastoril de sauco (*Sambucus nigra*) y kikuyo (*penisetum clandestinum*) en Roncesvalles (Tolima). Agroforestería Neotropical, N° 3 2013.
140. **SANCHEZ, L., AMADO, G., CRIOLLO, P., CARVAJAL, T., ROA, J., CUESTA, A., CONDE, A., UMAÑA, A., BERNAL, L y BARRETO, L.** 2009. El Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico colombiano. Corpoica.

141. **SANCHEZ, L., AMADO, G., CRIOLLO, P., CARVAJAL, T., ROA, J., CUESTA, A., CONDE, A., UMAÑA, A., BERNAL, L y BARRETO, L.** 2009. El Sauco (*Sambucus nigra*) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico colombiano. Corpoica.
142. **SARVADE, S, RAHUL SINGH, HEERENDRA PRASAD AND DASHARATH PRASAD.** 2014. Agroforestry Practices for Improving Soil Nutrient Status. Volume -2, Issue-1 (January-March), 2014.
143. **SERRANO, C.C.** 2008 Memorias: Panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de Páramo. Instituto de Estudios del Ministerio Público. Colección de Asuntos Ambientales N° 5.
144. **SCHMITH, A., y VERWEIJ, P.** 1992. Forage intake and secondary production in extensive livestock systems in paramo. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands.
145. **SGUERRA, S., BEJARANO, O., RODRIGUEZ, J., BLANCO, JARAMILLO, G. Y SANCLEMENTE.** 2011. Corredor de Conservación de Chingaza – Sumapaz- Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción. Conservación Internacional Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP, Bogotá, Colombia, 184 pp.
146. **SHIBU, J.** 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76:1 – 10, Springer Science + Business Media.
147. **SNIFFEN C J, O'CONNOR J D, VAN SOEST P J, FOX D G AND RUSSELL J B** 1992 A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability; *Journal of Animal Science* 70: 3562 – 3577.
148. **TAMAYO, A.** 2001. Fertilización del cultivo de la stevia. Consultado en http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/46718/s2d404A39918FDACA8F332397BB978C1905_1.pdf, en 29 de noviembre de 2014, 3:41 pm.
149. **THOMAS, G. V. ; SHANTARAM, M. V.,** 1984. *In situ* cultivation and incorporation of green manure legumes in coconut basins: An approach to improve soil fertility and microbial activity. *Plant Soil*, 80 (3):373-380
150. **TILLEY J AND TERRY K.** 1963 A two stages techniques for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(2): 131-163.
151. **TOLEDO, J. M.** 1982. Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 161 p.
152. **UDAWATTA RP KRSTANSKY JJ, HENDERSON GS AND GARRETT HE.** 2002. Agroforestry practices, runoff, and nutrient loss: a paired watershed comparison. *J. Environ. Qual.* 31:1214–1225.

153. **USDA**, 1999. Guía para la evaluación de calidad y salud del suelo Departamento de Agricultura, Servicios de Investigación Agrícola, Servicio de Conservación de Recursos naturales, Instituto de Calidad de Suelos pp 88. Agosto.
154. **VALLEJO, V.** 2013. Importancia y utilidad de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. Colombia forestal Volumen 16 N° 1 Bogotá enero – junio de 2013.
155. **VARGAS, O., PREMAUER, J y CARDENAS, C.** 2002. Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. Sociedad Venezolana de Ecología. Ecotrópicos 15 (1): 35 – 50 2002.
156. **WALKLEY, A. and I. A. BLACK.** 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-37.
157. **WORLD BANK, CIAT, CATIE,** 2014. Supplementary material to Climate – Smart Agricultura in Colombia. CSA Country profile for Latin America Series. Washinton D.C.: The World Bank Group.
158. **YAGUACHE, R.V.** 2003. la agroforestería y la agricultura sustentable como alternativas para el manejo de páramos, 8pp.
159. **YOUNG, O.** 1992. The Effectiveness of International Institutions: Hard Cases and Critical Variables. En *Governance Without Government: Order and Change in World Politics*, eds. Rosenau y E.-O. Czempiel, 160-194. Cambridge: Cambridge University Press.
160. **ZAPATA, A., MUNEVAR, F.** 1986. Efecto del azufre en la mineralización del nitrógeno en un andisol. Revista ICA 21, julio – septiembre de 1986.

10. ANEXOS.

A continuación se presentan los resultados de la caracterización social, productiva y biofísica de la zona de estudio:

- ✓ **CARACTERIZACIÓN SOCIAL.**
- **Actividad principal.** los habitantes de la zona se dedican a la agricultura, agricultura y ganadería y ganadería (tabla 3).
- **Tenencia de la tierra.** 7 de los 9 productores encuestados son propietarios de las tierras y los otros 2 son aparceros o tienen la tenencia de la tierra.
- **Manejo de basuras.** 8 de los 9 productores queman las basuras sin hacer selección de basuras y 1 hace selección y compostaje.
- **Composición familiar.** 3,66 personas por familia es el promedio de la zona, 53,2 años es el promedio de mayor edad y 20,8 años el promedio de menor edad. El 87,17% de la población de Ubaque es rural y la vereda Belén cuenta con el 3,4% de esta población total del municipio (EOT Alcaldía de Ubaque, 2012)
- **Nivel de escolaridad.** De la población adulta encuestada se encuentra que un poco más de la mitad posee básica primaria, los 11 niños menores de edad se encuentran terminando primaria o bachillerato, en el resto de la población existe un tecnólogo, un profesional y una especialista. Cabe anotar que en algunas de las familias hay integrantes que han salido de la zona buscando oportunidades en Bogotá u otras ciudades.

- **CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.**
- ✓ **Suelos:** De los encuestados solo 1 productor hace análisis de suelo, los otros 8 trabajan el suelo sin el análisis respectivo. Los pastos utilizados en la zona son: introducidos ryegras (*Lolium spp*), trébol blanco y rojo (*Trofilium repens* y *Trifolium pratense*) y kikuyo (*Penisetum clandestinum*) pero utilizan principalmente pastos nativos: falsa poa (*Holculs lanatus*), rabo de mula (*Sporobolus bogotensis*), pasto comunista (*Poligonum segetum*), lengua de vaca (*Rumex crispus*).
- ✓ **Bosque natural y bosque plantado.** En bosque natural existen en promedio 9,91 ha por predio, mientras que en bosque plantado solo 0,33 ha, por otro lado, en rastrojo existen 2,75 ha/predio en promedio.
- ✓ **Agua.** 6 de los productores poseen nacimientos en sus predios, con un promedio de 2 nacimientos por predio, los otros 3 obtiene agua para consumo de nacimiento por fuera del predio y todos los encuestados tienen capacidad para hacer riego.

✓ **Fertilidad del suelo:**

- **Presencia de helechos.** fue abundante en 4 predios y medios 5. Por otro lado la presencia de leguminosas fue abundante en el 1 predio, medio en otro y escaso en el 7 de los predios.
- **Profundidad efectiva.** En 8 de los predios los suelos son profundos (50 a 100cm), en 1 fue de suelos superficiales (24 a 50 cm).
- **Rendimientos de cosecha.** En 8 de los predios que practican agricultura y se determinó un rendimiento en papa de 14968 kg/ha, con una densidad de siembra de 8 plantas/m², valor menor al reportado por el Ministerio de Agricultura, 2010 quien reporta 18.500 kg/ha, para el departamento de Cundinamarca.
- **Fertilización.** El cultivo predominante en la zona es la papa, donde 8 de los productores siembran principalmente variedades superior y suprema y 1 siembra papa y cubios. Los planes de fertilización para estos cultivos son: fertilización agroquímica a la siembra y desyerbe, otras dos fertilizaciones antes de los dos meses y dos más entre los 5 y 7 meses de edad del cultivo; estas prácticas dejan excedentes de nutrientes en el suelo que son aprovechados por los pastos para ganadería.

✓ **CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA.**

• **Área promedio.** El área promedio de los predios encuestados es de 21,6 ha, de las cuales dedican a agricultura un promedio de 3 ha y para ganadería en promedio 16 ha.

• **Distribución de tierras.**

En cada predio existen 11,33 potreros en promedio, con una extensión de 13,21 ha por potrero, el área destinada a agricultura varía de 0,025 a 4,5 ha, con un promedio de 1,87 ha/predio.

Los encuestados respondieron practicar pastoreo en 8 de los encuestados, de los productores que practican pastoreo 2 hacen pastoreo continuo, 3 pastoreo rotacional y 3 pastoreo en franjas.

- ✓ **Población bovinos.** En la zona de estudio hay 17,3 bovinos en promedio por predio, 5 vacas en ordeño y 3,6 animales en horro, animales menores de 1 año 2,7 cabezas, de 1 a 2 años 4,16 cabezas y 2 a 3 años 2,3 cabezas, la capacidad de carga varía de 0,7 a 2 animales/ha, ver tabla 4.
- ✓ **Sistemas de producción.** De acuerdo a las características encontradas por la encuesta se establece que 7 de los productores de la zona tienen sistema de producción doble propósito y 1 posee sistemas de producción de lechería especializada y 1 ceba respectivamente.

- ✓ **Crédito:** la mitad de los productores tienen crédito, de los cuales invierten más en agricultura que en ganadería.
- ✓ **Factores que limitan la producción del componente agrícola.** Dentro del sondeo realizado se encuentran puntos de vista en común de los productores: En términos generales las ideas escritas aquí son el parecer de la mayoría de los encuestados:
 - **Comercialización y mercadeo.** precio final del producto: los costos de producción son muy altos y el precio final no es el adecuado.
 - **Tecnología.** El control de plagas y enfermedades cada vez es más difícil, especialmente el de la polilla guatemalteca.
 - **Financiero económico.** Insumos de alto precio
 - **Infraestructura.** Carreteras en mal estado hacen que el transporte del producto final sea muy costoso.
 - **Asistencia técnica.** Poca asistencia técnica, poca presencia del ICA, solo se presentan los laboratorios vendiendo productos.
 - **Factores físicos.** En general se establece que la tierra ha ido perdiendo fertilidad y los cambios climáticos extremos no permiten un buen desarrollo del cultivo desde la siembra hasta la cosecha.
 - **Producción y comercialización de productos pecuarios.** En producción pecuaria 8 de los encuestados venden leche para la producción de quesos en pequeñas empresas de la región, las producciones se encuentran en el rango de 15 a 200 L/día y el precio está en rango de \$600 a \$950 dependiendo de la cantidad producida; las percepciones generales son:
 - **Comercialización y mercadeo.** Precio final del producto bajo y pocos comercializadores que aprovechan para pagar barato.
 - **Tecnología.** En general se hacen los procedimientos básicos en sanidad y control de enfermedades, hay poco mejoramiento genético solo 2 de los productores hacen mejoramiento, un productor compra toros limousin y otro hace inseminación artificial con angus y simmental, el resto hacen monta directa, solo un productor posee máquina de ordeño, el resto es manual, en cuanto a nutrición: tres de los nueve productores hacen suplementación con papa y solo uno da concentrado a los animales.
 - **Financiero económico.** el costo de los insumos es alto.
 - **Infraestructura.** El mal estado de las carreteras hace que el precio del producto final sea bajo para la mayoría. Además la falta de asistencia técnica ayuda a que las producciones sean incipientes.
 - **Social.** Es una región con altos índices de pobreza y hace que el robo de animales sea continuo.

Tabla 1. Principales características productivas de la zona de estudio.

Product or	Área total de la finca (ha)	Agricultura (ha)	Pasturas (ha)	Total bovinos	Cantidad de potreros de la finca	Área total en potreros (ha)	Capacidad de carga an/ha
1	68	1	36	44	18	36	1,10
2	18		15	8	14	15	1,50
3	9	2	7,5	11	7	7	0,70
4	7		5,50	7	4	5,5	1,00
5	26	8	15	33	16	18	1,80
6	8		5,50	9	11	5,5	2,00
7	1		1	2	1	1	2,00
8	8	7		4	6	7	1,25
9	50	1	21	38	25	21	1,50
<i>Promedio</i>	21,67	3,80	15,58	17,33	11,33	13,81	1,42

PRODUCTOR	RAZA	Terneros menores de 1 año	Terneras menores de 1 año	Novillos de 1 a 2 años	Novillas de 1 a 2 años	Novillos de 2 a 3 años	Novillas de 2 a 3 años	Vacas horras	Vacas de ordeño	Toros	Equinos	Otros Cual?	Doble propósito	Cría	Ceba	Lechería especializada
1	Holstein, Angus, simmental	2	5		5	1	9	7	14	1		5 perros , 32 conejos 20 gallinas				x
2	Criollo			1	1		2	1	3			2 perros , 50 gallinas	X			
3	criollo x limousin	1	2	2		1	2	1	2	1		2 perros , 3 cerdos	X			
4	Criollo			2		1	1	1	2			2 perros , 3 cerdos	X			
5	Limousin	1	4	4	3	1	3	8	8	1		3 perros	X			
6	Criolla	3			2				3	1		9 perros y 4 ovejas	X			
7	Criolla								2			1 perros	X			
8	Criolla				1	3						2 perros			x	
9	Criolla	2	4	21	2	1			6	2	1	2 perros	X			

Tabla 2. Distribución de animales por edades.

- **Percepción del productor frente a los Sistemas Agroforestales.**
 - ✓ **Efecto de los árboles sobre el suelo, cultivo, pasto y animales:** la zona se caracteriza por la producción de papa, por esta razón la percepción del árbol es que genera sombra favoreciendo la presentación de “gota” en el cultivo en 6 de los encuestados, así mismo, los animales se benefician por que encuentran sombra es la percepción en 6 productores. Y solo en el 2 de los productores manifiestan el beneficio de árbol como mejorador de suelo.
 - ✓ **Efecto de los animales sobre pasto, suelo y árboles:** de igual forma para esta interrelación el parámetro del productor de la zona es el cultivo de papa y ven como positiva la presencia de animales en 4 casos, por que dejan materia fecal que fertiliza el suelo para la siguiente cosecha; por otro lado cinco de los encuestados resaltaron la contaminación de agua por parte de los animales. Uno de los encuestados respondió que los animales no hacen ningún efecto sobre el suelo o los pastos.
 - ✓ **Efecto del cultivo sobre árboles, suelo y animales:** los productores acostumbran rotar pasturas después del cultivo de papa, así, ven como positiva la relación entre los cultivos, así el 3 de los encuestados reconocen como contaminante el uso de agroquímicos, otros 3 dice que el fertilizante que queda después de un cultivo es aprovechable para el siguiente, solo un encuestado reconoce el uso del tractor como un agente compactador de suelo y 2 de ellos los cultivos son percibidos como descompactadores de suelo.
 - ✓ **Ventajas de los SAF:** en términos generales la percepción de los productores de los Sistemas Agroforestales (SAF) es que son buenos para generar sombra y proteger los recursos agua y suelo, pero que se incrementan los gastos de la finca y la diversificación de las actividades son llamativas pero al ser al mediano y largo plazo no se muestran muy interesados

El resumen de la percepción de los sistemas agroforestales de por parte de los productores de la zona de amortiguamiento del páramo de Cruz Verde se puede ver en la tabla siguiente:

Tabla 3. Resumen de percepción de los Sistemas Agroforestales por parte de los productores de la zona de Alta Montaña del Páramo de Cruz Verde.

Prod uctor	Efecto árbol sobre suelo, pasto y animales			Efecto animal sobre pasto, suelo y árboles				Efecto cultivo sobre árboles, suelo y animales				
	Sombra para animales	Facilita gota en cultivos	Mejor a suelos	Deja mat eria orgá nica	Comp actan suelo	Conta minan	No ha y efe cto	Cons umen árbo les	Uso de agroquí micos contami na	Tract or comp acta suelo	Qued a fertiliz ante para siguie nte cosec ha	Descom pacta suelo
1	X					X			X			
2	X	X		X					X			
3		X		X		X			X			
4	X	X					X				X	
5			X	X	X						X	
6	X	X				X						X
7	X	X		X		X		X			X	
8		X			X						X	X
9	X		X		X	X			X	X		