

Incidencia del sombriamiento de *aliso* en un sistema silvopastoril

Marco H. Franco V.

*Ingeniero Agrónomo
Universidad de Caldas
Maestría en Agroforestería Tropical
Centro Agronómico Tropical de Investigación
y Enseñanza (CATIE) - Costa Rica
Maestría en Agroecología
Universidad Internacional de Andalucía
y Universidad de Córdoba España
mhfrancov@unal.edu.co
Colombia*

Felipe A. Rodríguez G.

*Ingeniero Agrónomo
Universidad Nacional de Colombia
farodriguezg@unal.edu.co
Colombia*

Juan C. Lesmes S.

*Ingeniero Agrónomo
Universidad Nacional de Colombia,
jclesmess@unal.edu.co
Colombia*

Foto: Camilo Gutier

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Finca Berlín, Municipio de Saboyá, departamento de Boyacá (Colombia). El objetivo del estudio fue evaluar la incidencia del sombreado del aliso (*Alnus acuminata*) sobre la cantidad y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en un sistema silvopastoril (SSP) de árboles dispersos en potreros. Las variables medidas incluyeron producción de la pastura de kikuyo en materia seca y calidad nutricional, en fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Se plantearon cuatro tratamientos: kikuyo asociado con aliso en alta densidad (750 árboles/ha), en media densidad (500 árboles/ha) y baja densidad (250 árboles/ha) y testigo (sin árboles).

Se encontró diferencia significativa para la producción de pasto. La

mayor fue de la pastura a plena exposición, con 2.532 kg MS/ha/ciclo de rotación, comparada con 1.956, 1.718 y 1.373 para baja, media y alta densidad, respectivamente. En cuanto a los parámetros nutricionales, los resultados más bajos se encontraron en la parcela de alta densidad, en los que se presentaron bajos contenidos de proteína, baja digestibilidad y altos contenidos de fibras, en comparación con una densidad media de árboles en la cual los parámetros nutricionales presentan una composición superior y más adecuada para la nutrición animal.

Abstract

This research was done at the Berlin farm, town of Saboyá (Boyacá, Colombia). The aim of this study was to evaluate the impact of shading of aliso (*Alnus acuminata*) on the quantity and nutritional quality of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) in a silvopastoral system (SPS) of scattered trees in paddocks. The measured variables

included the production of kikuyo pasture dry matter and nutritional quality, in neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD). Four treatments were made: kikuyo associated with high density of alder (750 trees/ha), medium density (500 trees/ha), low density (250 trees/ha), and control (no trees).

Significant difference was found for the production of grass. The largest was from the fully exposed pasture, with 2,532 kg DM / ha / rotation cycle, compared with 1,956, 1,718 and 1,373 for low, medium and high density, respectively. Regarding nutritional parameters, the lowest scores were found in the high density plot, which showed lower protein content, low digestibility and high in fiber, compared with an average density of trees in which the nutritional parameters have a superior composition and more suitable for animal nutrition.

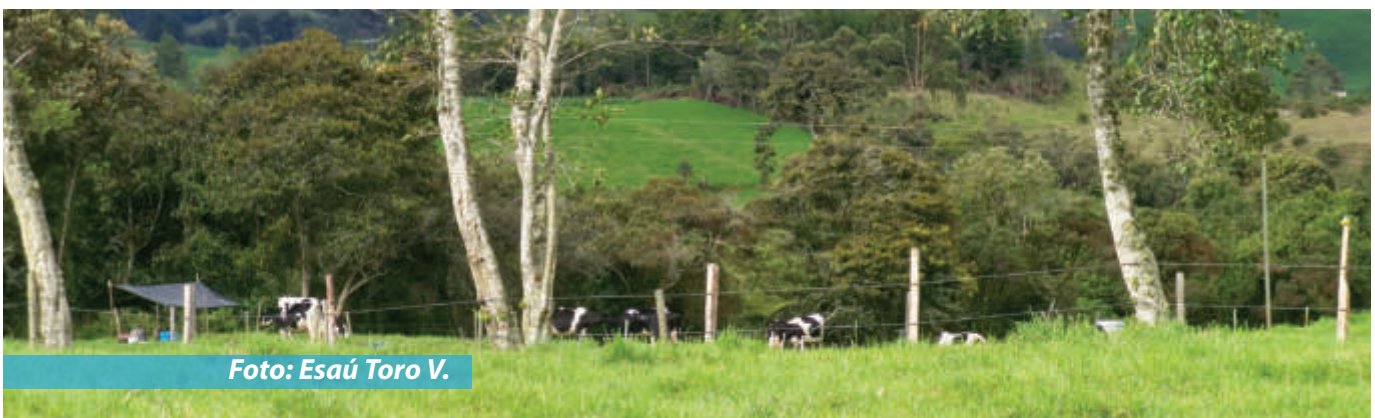


Foto: Esaú Toro V.

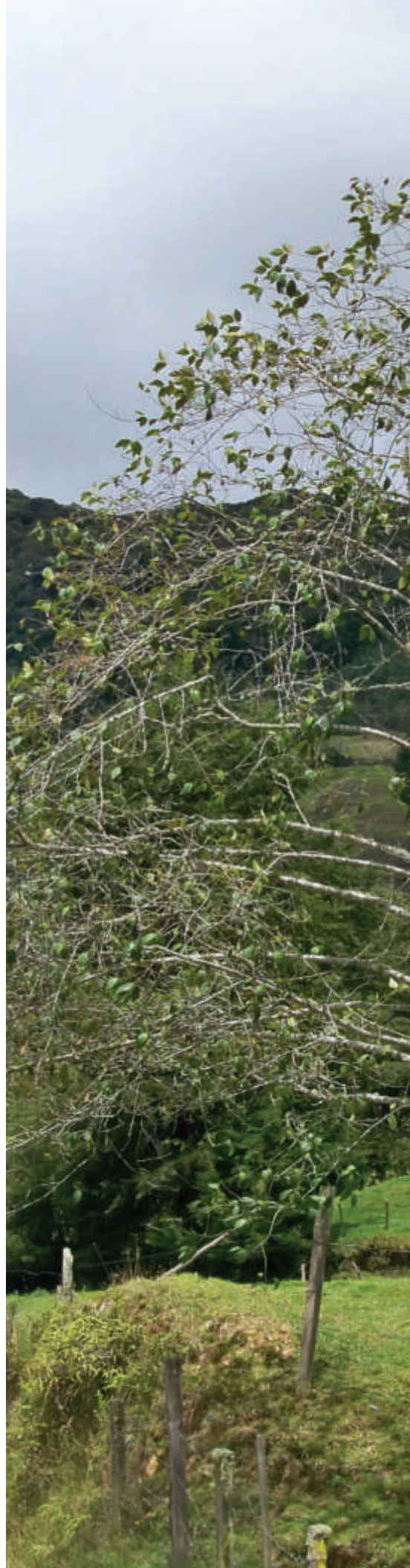
Introducción

En América tropical el uso predominante de la tierra de los agroecosistemas en la actualidad se encuentra en pasturas. En algunos de dichos países ocupa entre el 60 y el 80% del área. El incremento de esta actividad se ha realizado, en la mayor parte de los casos, sobre la reducción de ecosistemas naturales, especialmente bosques tropicales y de montaña, y en menor proporción en zonas correspondientes a humedales (Murgueitio, 2004).

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC (2005), las tierras modificadas para este tipo de actividad en Colombia se incrementaron de 14,6 a 38,3 millones de hectáreas y la expansión de la frontera de pastoreo continúa en la actualidad reemplazando hábitats naturales y otros tipos de actividades agrícolas. Es por esto que los sistemas silvopastoriles (SSP), los cuales se identifican como una modalidad de la agroforestería en la que se combinan en el mismo espacio y tiempo plantas forrajeras, como gramíneas y leguminosas rastreras, con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y usos complementarios como madera, frutos, sombrío, hábitat de fauna silvestre, regulación hídrica y belleza del paisaje, se convierten en una vía importante en la recuperación de los ecosistemas a la vez que brindan una amplia gama de posibilidades de producción y sostenimiento económico para los productores.

Los SSP son amigables con el medio ambiente y, contrario a generar impacto negativo, de ellos se derivan muchos beneficios. La ganadería semiestabulada en SSP, si se compara con explotaciones tradicionales extensivas, contribuye a frenar el proceso de deforestación, disminuye el proceso de degradación de suelos y ayuda a promover el descanso y recuperación de las áreas deterioradas. Uno de los SSP, implementado en forma empírica por los productores, es el de árboles dispersos en potreros, los cuales se encuentran en buena parte en las fincas ganaderas. Ellos proveen sombra y alimentos para los animales, al igual que generan ingresos (madera y frutales). Algunos de estos árboles son remanentes de los bosques originales, otros han sido sembrados por los productores. La mayoría ha crecido bien a partir de la sucesión vegetal natural o por la dispersión de las semillas que hace el ganado y los animales silvestres.

Sin embargo, dentro de estos sistemas existen una serie de agentes que inciden sobre la productividad de la pastura y



dependen de la interacción entre factores del ambiente y del manejo, debido a que afectan la capacidad fotosintética y morfología del estrato herbáceo (Peri, 2002).

Asimismo, al realizar un análisis económico se puede encontrar que, dentro de los costos de producción en los sistemas de lechería especializada y de doble propósito, el manejo de la alimentación y de las praderas ocupa un renglón importante. Por lo que se debe propender por establecer un manejo óptimo de la fertilización y del uso de insumos agrícolas de acuerdo con las necesidades de la pradera, haciendo énfasis en el uso de SSP, en donde asociaciones de gramínea y leguminosa pueden traer efectos benéficos en la conservación y productividad de las praderas, y disminuye la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003).

Efectuando un análisis exhaustivo se concluye que la ganadería extensiva colombiana necesita de manera urgente realizar una reconversión hacia un modelo más intensivo y es en este aspecto donde existen opciones intermedias como los SSP, los cuales permiten aumentar la capacidad de carga y mantienen un manejo más racional de los recursos naturales. Por todo

lo anterior, en este estudio se planteó como objetivo evaluar la incidencia de la densidad arbórea del aliso (*Alnus acuminata*), sobre la cantidad y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en un Sistema Silvopastoril de árboles dispersos en potreros.

En esta zona el sistema predominante es el de árboles dispersos, donde los componentes principales son el aliso (*Alnus acuminata*) y el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Con respecto al aliso, es un árbol multipropósito de la familia Betulaceae, de gran interés agroforestal. El género *Alnus* se puede encontrar en laderas montañosas muy inclinadas con condiciones secas. Prospera en las riberas de los ríos y en pendientes húmedas. Se desarrolla en áreas de nubosidad, con neblina frecuente. Su rango de temperatura va de 4 a 27 grados centígrados y puede soportar temperaturas que bajan temporalmente hasta los 0 grados centígrados. Encuentra un óptimo desarrollo bajo niveles de precipitación que oscilan entre 1.000 a 3.000 milímetros o más. Se le introduce en los potreros como beneficio indirecto para el pasto (fijación de nitrógeno), pero si hay excesiva sombra se puede reducir la producción del mismo (CATIE, 1995).

Hay que tener en cuenta que no es una especie leguminosa y que, a pesar de ello, es capaz de realizar un proceso de fijación de nitrógeno atmosférico mediante la interacción *Frankia* – micorrizas – aliso, la cual es una relación sinérgica que beneficia a todo el sistema, al aportar nutrientes y un ambiente favorable para todo el sistema silvopastoril. Así pues, la cantidad de nitrógeno fijado anualmente por el aliso mediante esta simbiosis varía de manera importante, pero puede ubicarse en un promedio de 60 a 320 kilogramos de N/ha/año y, en algunos casos, ha llegado a los 780 kg de N/ha/año (Restrepo, 1997).

El estrés ambiental, sin importar su origen, afecta de manera negativa diferentes procesos al interior de las plantas, especialmente los relacionados con la fotosíntesis y la respiración que, a su vez, influyen en el rendimiento y productividad de cualquier cultivo. En el caso del estrés por exceso de irradiación, es importante tener en cuenta que la mayoría de los electrones son utilizados en la asimilación de Dióxido de Carbono (CO_2), en lo que se conoce como la fase lumínica de la fotosíntesis, y en menor proporción usados en la fotorespiración y la reacción de Mehler (Tambussi, 2005).

En condiciones normales, o en caso de cultivos plenamente expuestos, no necesariamente se llegan a estas condiciones de estrés o daño del fotosistema, pero sí se presenta la rápida saturación de luz de la membrana tilacoidal, efecto conocido como foto inhibición, en cuyo caso los cloroplastos no pueden realizar más el transporte de electrones y así la fotosíntesis se detiene o solo se presenta en parte protegidas de las plantas (Kuta y Gaivaronskaya, 2003).




Foto: Camilo Gutier

Una de las formas de proteger las hojas y su fotosistema es disminuyendo la radiación incidente sobre las mismas, pero debe existir la cantidad adecuada para que las hojas se desarrollen de manera normal o que no se vean afectadas en su rendimiento total (Giraldo y Bolívar, 2006). La reducción de la radiación directa implica menos fotosíntesis pero, como ya se mencionó, también una condición menos extrema para las plantas. El caso de la disminución de la temperatura es una condición favorable, porque en condiciones de altas temperaturas, especialmente superiores a 35 grados

centígrados, los pastos detienen el proceso de fotosíntesis y esta reducción favorecería la producción de biomasa por parte de la planta; que también afectan los cambios de humedad (Ribaski y Menezes, 2002).

Villanueva e Ibrahim (2002) demostraron los beneficios de los SSP con aliso y kikuyo, en cuanto a la recuperación de pasturas degradadas y sus contribuciones a la captura de carbono, al mostrar una recuperación sobre los parámetros del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración y nitrógeno total), además de mejorar la producción animal.

Estudios realizados por Builes et al. (2004) encontraron que la asociación de aliso con pasto kikuyo aumenta la calidad nutricional del pasto en términos de mayor contenido de proteína, menos fibra y más degradabilidad de la materia seca, pero una disminución significativa en la producción de materia seca comparada con sistemas de pasto en monocultivo y fertilización química. Todo lo anterior lleva a deducir que la biomasa total es mayor en un sistema a libre exposición, pero que la calidad nutricional de los pastos es mayor en un SSP debido a un mayor contenido de proteína y un menor contenido de lignina en los tejidos consumidos por el animal.

Proteja su inversión
**con una leche
garantizada**



En menos de 7 minutos y en tan solo 3 pasos, cargue, active, lea y listo

Pruebas portátiles, simples y autónomas **SNAP® ST** para **detectar residuos de antibióticos Betalactámicos.**

En donde este, antes de enviar su producción o de mezclarla en los tanques, verifique su calidad con una sencilla prueba.



SNAP

La seguridad de una prueba garantizada en sus manos

IDEXX
LABORATORIES

SNAP® and SNAP®ST are trademarks or registered trademarks of IDEXX Laboratories, Inc. in the United States and/or other countries. © 2008 IDEXX Laboratories, Inc. All rights reserved • 01-11079-01

Cra. 10 No. 97-14
PBX 6108597
FAX 0184062 • 0186aqua@etb.net.co
Bogotá - Colombia

Objetivo General

Evaluar la incidencia del sombreadamiento del aliso (*Alnus acuminata*) sobre la cantidad y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en un sistema silvopastoril (SSP) de árboles dispersos en potreros.

Objetivos específicos

1. Evaluar las diferencias en producción de biomasa y composición nutricional de la pastura de kikuyo, bajo diferentes densidades de árboles de aliso en un SSP.
2. Establecer como la densidad arbórea incide sobre el componente herbáceo del SSP y su relación con la cantidad y calidad nutricional del mismo.

Materiales y métodos

• Localización

El ensayo se llevó a cabo en la Finca Berlín, vereda Puente Tierra del municipio de Saboyá, en el departamento de Boyacá (Colombia). El área de estudio se encuentra ubicada en los 5° 40' 99" de latitud norte y los 73° 48' 89" de longitud oeste a 2.780 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 13 grados centígrados y una precipitación media anual que oscila entre los 1.000 y 2.000 milímetros por año. El sitio es representativo de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).

• Tratamientos y diseño experimental

El presente estudio contó con una duración de ocho meses, pues se buscaba no alterar los periodos de descanso de las pasturas, que son de 75 a 80 días, al igual que los sistemas de rotación ya establecidos en la finca, con lo cual se mantendría la uniformidad en el pastoreo de los mismos, para lo que se diseñaron cuatro tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos propuestos para el estudio.

Tratamiento	Nivel de sombreadamiento
1	Bajo
2	Medio
3	Alto
Testigo	Ninguno

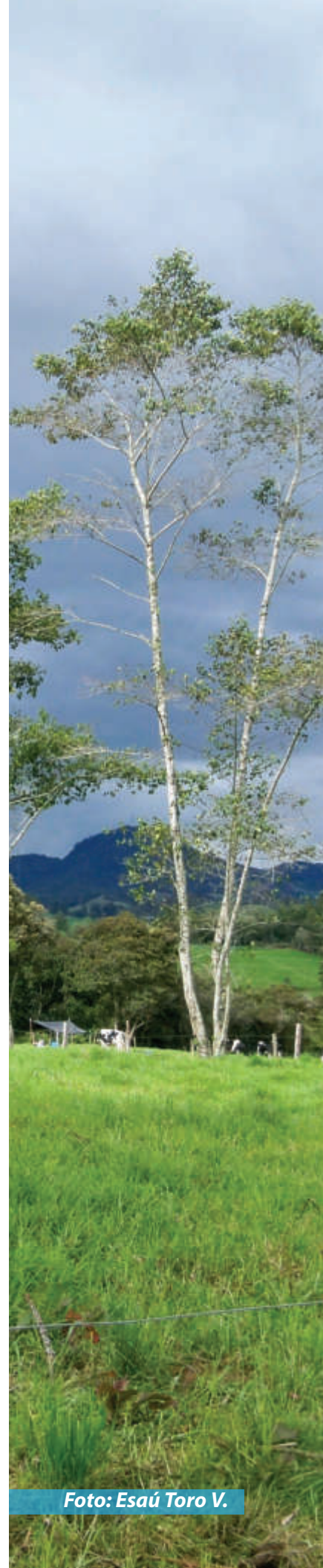


Foto: Esaú Toro V.

Se procedió a realizar un conteo de los árboles presentes, con el fin de establecer los niveles de sombreadamiento (Tabla 2), luego se trazaron tres (3) parcelas (las cuales contaban con los niveles de sombreadamiento propuestos) de 20 m x 20 m (400 m²); además, se implemento otra parcela (que estaba constituida por pasturas a libre exposición), con igual área que las anteriores, la cual se utilizó como testigo absoluto.

Tabla 2. Niveles de sombreadamiento.

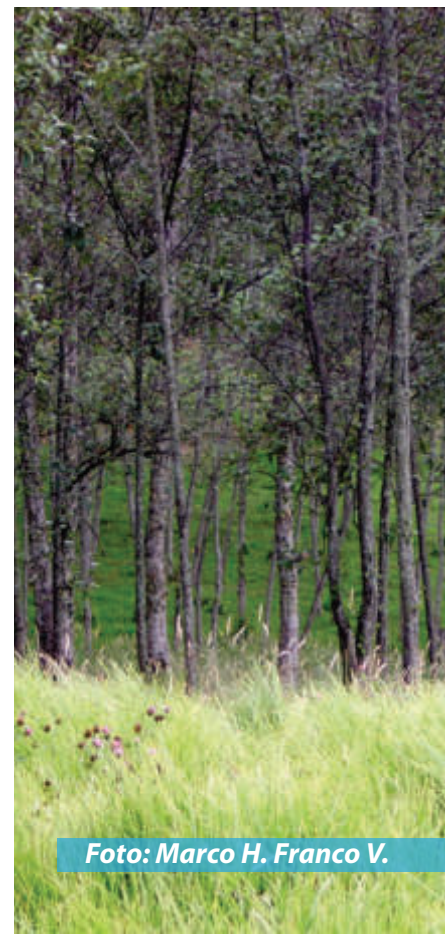
Tratamiento	Densidad árboles / tratamiento	Densidad árboles hertárea
1	10	250
2	20	500
3	30	750
Testigo	0	0

Con el fin de poder cumplir con los objetivos del presente trabajo fueron evaluados cuatro tratamientos con tres repeticiones en un diseño de bloque completamente al azar. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS (Statistical Analysis System), mediante procedimientos de ANOVA, la comparación de medias se realizó mediante pruebas de Duncan y de t.

• Variables de respuesta

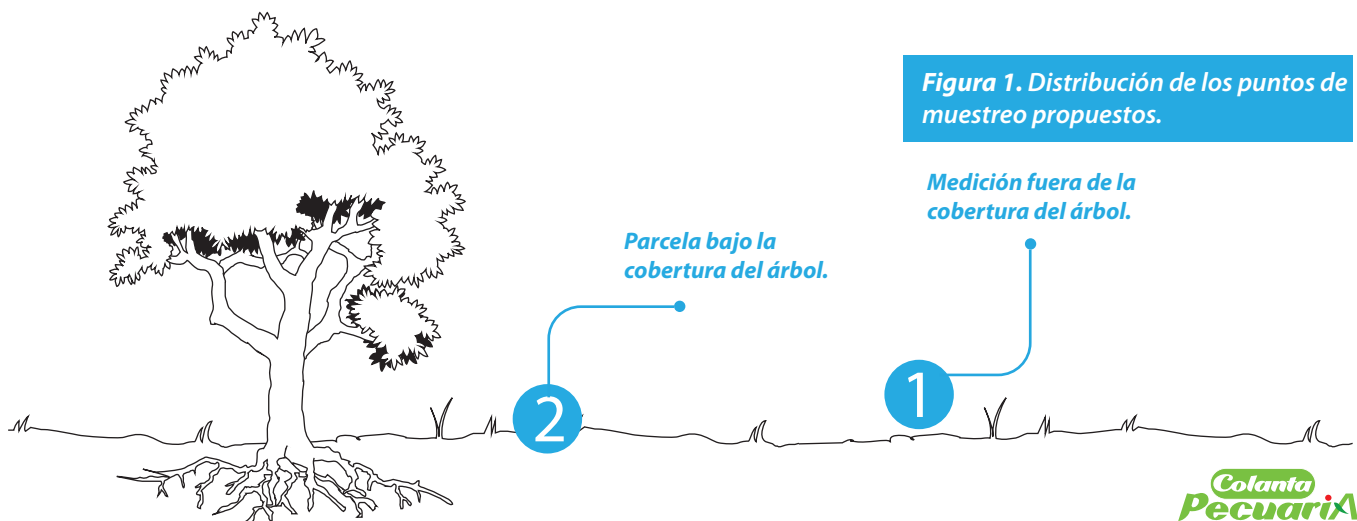
Las variables ambientales observadas dentro del presente estudio fueron: humedad relativa (HR), temperatura y luz incidente, dentro de cada uno de los tratamientos bajo estudio. Para las dos primeras se empleó un higrómetro. En la determinación de la

cantidad de luz incidente sobre el estrato herbáceo y el porcentaje de pérdida de luz a través de cada una de las parcelas, se utilizó el fotómetro LICORQUANTUM Q21, cuya unidad de medida ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, de fotones) permitió llevar a cabo dicha evaluación; para ello en cada una de las visitas previstas



se procedió a realizar una medición (Figura 1) en un punto ubicado fuera de la parcela (1) y así determinar la radiación incidente sobre el estrato arbóreo y otras seis mediciones (2) por cada tratamiento bajo el área de sombreadamiento, puntos que se determinaron de manera aleatoria.

Figura 1. Distribución de los puntos de muestreo propuestos.



Con el fin de evaluar la cantidad de biomasa producida por el estrato herbáceo, en primera instancia y en todas las visitas programadas, se determinaron de manera visual tres niveles de producción de biomasa (bajo, medio y alto). Posteriormente, mediante un marco de muestreo cuadrado, de 50 centímetros de lado, se recolectaron las muestras correspondientes al material vegetal dentro del marco en mención cortando a 10 centímetros de altura, simulando el pastoreo realizado por el animal. Después, en bolsas de papel adecuadamente rotuladas, se almacenaba el material y era pesado con el fin de determinar el peso fresco de cada una de ellas. Luego con el fin de determinar la producción general de biomasa de las parcelas se realizaron 10 repeticiones del marco de muestreo y en cada uno de ellos se evaluaba la cantidad de forraje con el fin de observar cuántas veces se repetía y determinar su porcentaje de presencia dentro del lote.

•Análisis químicos

Las muestras de kikuyo fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, para ser secadas en estufa a una temperatura de 70 grados centígrados, durante

72 horas, hasta alcanzar un peso constante y así obtener el peso seco de cada muestra. Posteriormente fueron molidas con una criba de 1 milímetro, mezcladas y almacenadas para su posterior análisis de calidad nutricional en los cuales se determinó: fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA); proteína cruda (PC); digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), pruebas que se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Resultados obtenidos

En la Tabla 3 se presentan los datos obtenidos de los principales parámetros de evaluación ambiental de los tratamientos bajo estudio. Con respecto a la humedad relativa (HR), se encontró que el mayor contenido se presenta en los tratamientos 2 y 3. En contraste, los tratamientos 1 y testigo, presentaron los niveles más bajos de humedad. En cuanto a la temperatura, como era de esperarse, el tratamiento 3 presentó una diferencia significativa con respecto a los demás, debido a su alto porcentaje de sombreado. Por último, no se encontraron diferencias significativas entre los datos de radiación incidente dentro de los tratamientos con árboles entre sí (1, 2 y 3), pero sí entre ellos y el testigo.

Sin embargo, al llevar a cabo el análisis por repeticiones dentro de cada tratamiento (Tabla 3), podemos observar que para el caso de la humedad relativa no existen diferencias significativas entre los datos obtenidos para cada repetición, lo que demuestra una homogeneidad en el contenido de humedad durante la duración del presente ensayo. Mientras que para los datos obtenidos de temperatura y radiación incidente, si se presentaron diferencias significativas, lo que nos lleva a afirmar que durante el tiempo transcurrido en el ensayo se presentaron variaciones en las condiciones ambientales referentes a estos dos parámetros.

En cuanto a la producción de forraje de la pastura de kikuyo (Tabla 4), tanto en peso fresco como en peso seco, únicamente se encontró una diferencia significativa entre el tratamiento 3 y el testigo; sin embargo, es de destacar que la producción de biomasa en peso seco disminuye proporcionalmente con el aumento en la densidad arbórea, si se toma el tratamiento testigo como máximo potencial de producción, comparándolo con los demás, en los que se presentan porcentajes de 77,25%, 67,85% y 54,26%, respectivamente. Por lo anterior, se puede afirmar que en este ensayo por cada 250 árboles/hectárea

Tabla 3. Evaluación de los parámetros ambientales.

Parámetro	Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
H.R. (%)	1	48,00 a	54,00 a	56,00 a	45,00 a
	2	49,00 a	55,00 a	56,00 a	45,00 a
	3	49,00 a	52,00 b	55,00 a	45,00 a
T (°C)	1	20,00 b	20,00 b	18,00 b	20,00 b
	2	18,00 b,c	18,00 b,c	17,00 b	18,00 b,c
	3	24,00 a	24,00 a	22,00 a	24,00 a
Radiación *	1	85,08 b	92,98 b	85,08 c	1845,66 c
	2	87,01 b	118,19 b	301,20 a	1941,0 b
	3	274,27 a	413,75 a	217,49 b	2128,17 a

* Radiación incidente sobre el estrato herbáceo en $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de fotones.

Promedios dentro de una misma columna y para cada parámetro con letra similar, no difieren significativamente según la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Tabla 4. Producción de biomasa del pasto kikuyo (kg/ha/rotación).

Parámetro	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
Peso Fresco	7.632 a, b	6.970 a, b	4.407 b	9.132 a
Peso Seco	1.956 a, b	1.718 a, b	1.373 b	2.532 a

Promedios dentro de una misma línea con letra similar, no difieren significativamente según la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

de aumento en la densidad arbórea, existe una pérdida de producción de biomasa aproximada al 11%.

En relación con los parámetros nutricionales (Tabla 5), el contenido de proteína cruda (PC) es superior para los tratamientos 1 y 2, presentando diferencias significativas con los valores registrados para los tratamientos 3 y testigo. En el caso de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) el tratamiento 2 y el testigo son los que muestran mejor comportamiento, frente a los tratamientos 1 y 3, siendo este último el de peor comportamiento en términos de nutrición animal.

En cuanto al contenido de fibras, en los tratamientos 1 y 2 encontramos el menor contenido de fibra en detergente neutro (FDN) con una diferencia estadística frente a los contenidos encontrados en los tratamientos con mayor densidad de árboles y a plena exposición. Para el caso de la fibra en detergente ácido (FDA) solo existe una diferencia significativa entre los contenidos encontrados entre el tratamiento 2 y el testigo, por lo cual, se puede afirmar que el contenido de FDN y FDA siempre fue superior cuando no existían árboles en el sistema.

Tabla 5. Parámetros nutricionales de Pennisetum clandestinum.

Tratamiento	% PC	% VIVMS	% FDN	% FDA
1	19,28 a	50,14 b	65,37 b	36,92 a,b
2	21,53 a	56,47 a	62,28 b	35,70 b, c
3	15,44 b	41,58 c	70,02 a	37,24 a, b
testigo	15,66 b	54,07 a	73,99 a	38,95 a

Promedios dentro de una misma columna con letra similar, no difieren significativamente según la prueba de Duncan ($p < 0,05$).



Foto: Marco H. Franco V.

Discusión de resultados

Con respecto a la producción de biomasa, como era de esperarse, la mayor producción de materia seca se presenta en el tratamiento a libre exposición, debido a que el pasto, que es un tipo de planta denominada C4, responde muy bien a la radiación directa porque tiene una capacidad limitada para aclimatarse o tolerar sombra (Ludlow et al., 1980). Pero esta diferencia en producción no puede ser explicada únicamente por la radiación ni tampoco por la humedad relativa que, aunque es baja y permite el intercambio gaseoso, no es tan grande como para justificar dichas diferencias. Por lo tanto, cabe suponer que los árboles tienen influencia en la producción de los demás tratamientos, especialmente porque *Alnus acuminata* se asocia con hongos del género *Frankia* lo que permite fijar nitrógeno a nivel del suelo y en este sentido favorece la producción de materia seca (Giraldo y Bolívar, 2006).

En el presente estudio se encontró una producción de 1.956, 1.718, 1.373 y 2.532 kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS/ha) para los tratamientos 1, 2, 3 y testigo, respectivamente, a los 75 días de rebrote, en época de invierno. Todos estos valores son superiores a los citados por Quiroga y

Barreto (2002), en los que se observó que *P. clandestinum* sometido a distintos métodos de mecanización en la Sabana de Bogotá, presentó de 557 y 816 kg MS/ha con aplicaciones de 300 y 600 kilogramos por hectárea de compost respectivamente, en época de máxima precipitación, frente a 1.887 y 2.023 kg MS/ha en época de mínima precipitación al rebrote de 45 días. Mientras que existe una mayor correlación con valores similares a los reportados por Navarrete (1986), quien encontró producciones de biomasa en *P. clandestinum* de 2.060 kg MS/ha en invierno y 1.470 kg MS/ha en verano a 60 días de rebrote.

Foto: Camilo Gutier

En el tratamiento testigo, se encontró que el contenido de PC es bajo y el de fibras es alto, lo que en términos de nutrición animal es poco deseable. En cuanto a la DIVMS, presentó un comportamiento interesante, debido a que no se encontraron diferencias significativas con el tratamiento 2, que fue el de mejor comportamiento en términos de nutrición animal, al ser comparado con los demás.

En cuanto a la calidad nutricional, el tratamiento 3 fue el que presentó los menores contenidos de PC y DIVMS; así mismo, presentó los más altos contenidos de FDN y FDA. Además, se observó el

mismo comportamiento en cuanto a la producción de biomasa. Por todo lo anterior, podemos decir que una alta densidad de árboles va en detrimento de la cantidad y calidad nutricional del pasto kikuyo, debido a que la actividad metabólica se ve reducida por una baja temperatura combinada con una alta humedad relativa y una baja radiación incidente, que no permiten la adecuada apertura estomática con la cual la fijación de Dióxido de Carbono (CO₂) es menor, debido a que se interrumpe la actividad de enzimas importantes para la actividad fotosintética como la PEP carboxilasa y la NADP+ (Salisbury y Ross, 1992).

Los altos contenidos de fibra, baja proteína y digestibilidad del tratamiento 3, pueden ser explicados por el tiempo de pastoreo que combinado con la baja producción de biomasa dan como resultado que el ganado se vea obligado a sobre pastorear y utilizar las reservas de las plantas, lo que en términos generales daría como resultado una pastura cada vez más degradada en cuanto a las reservas para el rebrote del pasto.

En un punto intermedio encontramos los tratamientos 1 y 2, en donde las condiciones de humedad, disponibilidad de nitrógeno y luz son adecuadas para poder generar suficiente materia seca, pero

sin ir en detrimento de las variables bromatológicas evaluadas. En el caso específico del tratamiento 2, el bajo contenido de fibras, la mayor digestibilidad y el mayor contenido de proteína nos indican que en un rango no muy distante de los 500 árboles por hectárea se debe encontrar la densidad arbórea óptima para el máximo aprovechamiento del sistema silvopastoril. Sin embargo, vale la pena mencionar que en el presente estudio los datos obtenidos en los parámetros nutricionales de *P. clandestinum*, con 75 días de rebrote, en época de invierno, presentan mayores contenidos de PC, valores similares en los contenidos de fibra y menor DIVMS, con respecto a lo reportado por Quiroga y Barreto (2002), que en la Sabana de Bogotá encontraron valores de calidad nutricional para *P. clandestinum*, de 17,9% (PC), 72% (DIVMS), 35,5% (FDA) y 67,4% para FDN al rebrote 45 días, frente a 15,4% (PC), 75,9% (DIVMS), 36,3% (FDA) y 62,5% para FDN al rebrote de 75 días en época seca.

Conclusiones

La producción de materia seca disminuye alrededor del 11% por cada 250 árboles por hectárea de aumento en la densidad arbórea. En cuanto a la calidad nutricional del pasto, los valores de PC, DIVMS, FDN y FDA son

más adecuados cuando no existe ni exceso de árboles (tratamiento 3) ni ausencia de estos en el potrero (testigo). Para este estudio se determinó que la densidad más adecuada para el asocio kikuyo con aliso es de 500 árboles por hectárea (tratamiento 2).●

Foto: Esaú Toro V.

Referencias

- BUILES, A.; GÓMEZ, M. y GIRALDO, L. Evaluación de la producción y calidad de Kikuyo *Pennisetum clandestinum* asociado con árboles de Aliso *Alnus acuminata* H.B.K. en bmh-PM. Tesis Zootecnia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2004. 105 p.
- CÁRDENAS, E. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2003.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. CATIE. Jaúl (*Alnus acuminata ssp. arguta*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de Guías Silviculturales. Serie Técnica; 18. Informe Técnico no. 248. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1995.
- GIRALDO, L. Y BOLÍVAR, D. Evaluación de un Sistema Silvopastoril de Acacia decurrens Asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de producción animal. CONISILVO (Consortio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles). 2006.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. 2005.
- KUTA, D. y GAIVARONSKAYA, L. Ca²⁺ and reactive oxygen species are involved in the defense responses of rice callus culture to rice blast disease. In: African Journal of Biotechnology. January, 2004, vol. 3, no.1, p. 76-81. ISSN 1684-5315 c 2004 . Available online.
- LUDLOW, M.; WILSON, L. and HESLEHURST, M. Stress physiology of tropical plants. In: Tropical Grasslands. 1980, vol.14, p. 136-145.
- MURGUEITIO, E. Silvopastoral Systems in the Neotropics. In: Silvopastoralism and Sustainable Management. Edited by: M.R. Mosquera-Losada, J. McAdam, A. Rigueiro-Rodríguez. Crop Production Department. High Politechnic School. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, Spain. 2004. p. 32. ISBN 1-84593-001-0.
- NAVARRETE, G. Respuesta del pasto kikuyo a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Tesis Ingeniero Agrónomo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 1986.
- PERI, L. Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system. Tesis PhD. New Zeland, Canterbury: Lincoln University, 2002. p. 291.
- QUIROGA, D. Y BARRETO, A. Respuesta en rendimientos y calidad de una pradera de kikuyo degradada a tratamientos de mecanización y aplicación de compost en la Sabana de Bogotá. Tesis de Zootecnista. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2002.
- RESTREPO, G. Infectividad y efectividad de los actinomicetos del género *Frankia* asociados con *Alnus acuminata ssp.* en Colombia. En: Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. 1997, vol. 12, no.1.
- RIBASKI, J. y MENEZES, A. Disponibilidad y calidad del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un sistema silvopastoril con Algarrobo (*Prosopis juliflora*) en la región semi-árida Brasileña. En: Agroforestería en las Américas. 2002, vol. 9, no. 33-34.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. Fisiología Vegetal. México: Editorial Ibero Americana, 1992. 759 p.
- TAMBUSSI, E. Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: Algunos casos de estudio. Barcelona: Universidad de Barcelona: Departamento de Biología Vegetal. 2005. Artículo científico disponible en Internet: [http:// www.tdr.cesca.es](http://www.tdr.cesca.es)
- VILLANUEVA, C. and IBRAHIM, M. Evaluación del impacto de los sistemas silvopastoriles sobre la recuperación de pasturas degradadas y su contribución en el secuestro de carbono en lecherías de altura en Costa Rica. En: Agroforestería de las Américas. 2002, vol. 9, no. 35-36.