

Producción de materia seca y calidad del pasto kikuyo *P. clandestinum* en diferentes niveles de fertilización nitrogenada y en asocio con aliso *alnus acuminata* en el trópico alto colombiano

Arturo Samuel Gómez Insuasti¹, Amanda Silva Parra², Jhon Jader Salazar³,
Jhoan Andrade García³

¹Zootecnista, M.Sc., Estudiante de Doctorado en Zootecnia, Producción Animal, Universidad Estadual Paulista UNESP, Brasil. Becario FAPESP, asgomezi@yahoo.com

²Ingeniera Agrónoma, M.Sc., Estudiante de Doctorado en Agronomía, Ciencia del Suelo, UNESP, Brasil, ³Estudiantes de Ingeniería Agroforestal Universidad de Nariño, Colombia

Resumen: Con la finalidad de evaluar el efecto de la edad de corte y el nivel de fertilización nitrogenada más un sistema silvopastoril con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) sobre la producción de forraje verde (FV), materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se seleccionó un potrero ubicado en la Granja Experimental de la Federación Colombiana de Productores de papa FEDEPAPA, localizada en Obonuco, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. Se evaluó la calidad de la pastura de kikuyo *Pennisetum clandestinum* con diferentes dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹) y en un sistema silvopastoril (SSP) con Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) sin N sintético, y se evaluaron en tres periodos de corte (30, 45 y 60 días). En este estudio se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3X6, en parcelas divididas, asignando las parcelas principales al factor periodo de corte (Factor A), y las sub-parcelas el nivel de fertilización (N0, N50, N100, N150, N200, y el SSP) (Factor B), con tres repeticiones, para un total de 18 tratamientos y 54 unidades experimentales. El SSP supero al nivel 0 y 50 kg N ha⁻¹, y con valores muy similares al de 100 kg N ha⁻¹, El periodo de mayor producción fue el de 45 días para producción de FV y MS (22.67 y 4.23 t ha⁻¹) respectivamente, y el mayor porcentaje de PC fue para el período de 30 días (15.03%). Se presentó interrelación entre la época de corte y el nivel de fertilización más el SSP. El asocio de Aliso con el pasto kikuyo en praderas para ganaderas es una alternativa viable para economizar el uso de fertilizante nitrogenado y mejorar la producción y calidad de las pastura entre otros beneficios. Palabraclave: *Pennisetum clandestinum*, *Alnus acuminata*, nitrógeno, época de corte

Introducción

Los sistemas de producción ganadera en el trópico medio y alto colombiano han sido responsables en parte por los altos ritmos de deforestación existentes, provocados por el cambio de uso del suelo por convertir los bosques en pastizales, y en su gran mayoría de forma permanente como monocultivo. Provocando cambios importantes en la textura y estructura física del suelo, que conllevan a procesos de degradación del suelo de forma acelerada, causando alteraciones en el nivel de su fertilidad, entre otros (ZAPATA et al., 2009), disminuyendo así, la capacidad de sostener una pastura productiva. Para contrarrestar el efecto causado por la baja fertilidad del suelo y mejorar la productividad de las pasturas, se recurre a la fertilización química en especial la nitrogenada (TEITZEL et al., 1991), invirtiendo grandes cantidades de esfuerzos y recursos económicos (CASTILLA, 2005) incrementando los costos de producción y sus efectos ambientales negativos (ROSSWALL et al., 1990). Conforme avanza la degradación del suelo la inversión en el mantenimiento de la pradera es mayor, por consiguiente la búsqueda de sistemas de producción más sostenibles tanto biológica como económicamente son factibles, siendo los sistemas silvopastoriles (SSP) una alternativa viable a mediano y largo plazo en las zonas de altura de los trópicos, por su importancia en el reciclaje de nutrientes y el mejoramiento de la estructura del suelo (NUÑEZ et al., 2011). El Aliso (*Alnus acuminata* HB.K.) es una especie que se viene implementando en Colombia en las pasturas con kikuyo *Pennisetum clandestinu*, siendo esta gramínea la más predominante en las pasturas del trópico medio y alto colombiano, presentando una excelente asociación (RESTREPO URIBE, 1997) constituyéndose en un sistema silvopastoril de importancia. Por tanto, el Aliso como componente arbóreo dentro del SSP por ser una leguminosa, resulta en una estrategia que puede ayudar a disminuir la dependencia de la fertilización nitrogenada en las pasturas de

gramíneas tropicales, mejorando su calidad, su productividad y por ende el mejoramiento de la producción animal en este tipo de sistemas.

Dentro de este contexto y dada la importancia para el desarrollo de la ganadería sostenible en el trópico alto andino colombiano, esta investigación tiene como objeto analizar el rendimiento productivo y la calidad forrajera del pasto kikuyo en diferentes niveles de fertilización nitrogenada, comparado con un SSP Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) + kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y evaluando en diferentes épocas de corte.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en la Granja Experimental de la Federación Colombiana de Productores de papa FEDEPAPA, localizada en Obonuco, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia, entre las coordenadas geográficas de Latitud 1°12'52.48"N y Longitud 77°16'41.22"O, con una altitud de 2710 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 12 °C, con una precipitación promedio anual de 840 mm, con épocas secas y lluviosas bien definidas de forma bimodal, y humedad relativa del de 70%. El Centro Experimental se encuentra dentro de zona de vida Bs-pm (bosque secopremontano), los suelos corresponden a una consociación Vitric Haplustands AMBc fase moderadamente inclinada, originados de cenizas volcánicas que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli; son muy profundos y moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados y de fertilidad alta y moderad, pertenecen al grupo textural francoso fino desarrollados a partir de las cenizas volcánicas (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2004) con una pendiente de 10%. El trabajo se realizó en un periodo de 60 días, entre los meses de Octubre y Diciembre de año 2011, que correspondió a la época de lluvia. Se utilizó una pradera establecida por más de 10 años con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*.

Se evaluaron 5 niveles de fertilización nitrogenada (N0 = 0, N50 = 50, N100 = 100, N150 = 150 y N200 = 200 kg N h⁻¹) más una asociación Aliso *alnus acuminata* + kikuyo *Pennisetum clandestinum* (SSP) que no recibió fertilización N, simulando un sistema silvopastoril dispuesto en forma de cerca viva, los árboles estaban a una distancia de 3 m, y con una edad aproximada de 8 años. Se evaluaron tres periodos de corte (30, 45 y 60 días), la fertilización nitrogenada se realizó al voleo en una sola dosis con urea, previo corte de estandarización de las parcelas. Para el estudio se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3X6, en parcelas divididas, asignando las parcelas principales al factor período de corte (Factor A), y las sub-parcelas el factor B (N0, N50, N100, N150, N200, el SSP), con tres repeticiones, para un total de 18 tratamientos y 54 unidades experimentales. La unidad experimental fue una parcela de 14 m² (2 m x 7 m) y un área efectiva de corte de 9.75 m² (6.5 m x 1.5m), lo que correspondió a una borde de 0,25 entre parcela y 0,50 entre bloques, la separación entre parcelas fue de 2 m. Para la cosecha se seleccionó al azar un área de la parcela útil de 1 m², utilizando un marco de madera, el forraje cosechado en cada parcela, se pesó en fresco y se estimó la biomasa de forraje expresada en t ha⁻¹, y se tomó una submuestra de 0.5 kg en bolsas de papel debidamente marcadas, para luego ser analizados en el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño. Se seco a 70 °C en estufa de aire circulante por 72 horas y se determinó el contenido de materia seca, en seguida fue molido en molino de martillo con criba de 1 mm. Para determinar las cantidades N total de las muestras, se efectuó mediante el método de micro kjeldahl (ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 1975). Las medias de los resultados para cada tratamiento se sometieron a un análisis de varianza y cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y la interacción se realizó la prueba de comparación de medias con el test de

Tukey ($p < 0.05$) utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System-SAS versión 8.0.

Resultados y discusión

El análisis de variancia mostró que se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en los diferentes tratamientos y entre los períodos de corten, también se presentó efecto en la interacción niveles de fertilización y sistema pastoril vs período de corte. Aplicaciones crecientes de Nitrógeno permitieron encontrar que la mayor producción de forraje verde (FV) en los tratamientos N200 y N150, seguidas del tratamiento N100 con (24.70, 22.931, 19.17 FV t ha⁻¹), el SSP presento una producción de 17.53 FV t ha⁻¹, y los tratamiento N50 y N0 con los menores valores de FV (10.96 y 9.37 FV t ha⁻¹) respectivamente (Tabla 1). Los resultados encontrados en este estudio estuvieron por encima de los reportados por Builes et al. (2004) cuando estudiaron el efecto de la arborización con Aliso (*Alnus acuminata H.B.K*) sobre la producción y calidad de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) encontrando una producción de pasto de corte de 5.41 FV t ha⁻¹, pero comparados con praderas abiertas, la calidad nutricional del pasto mejoró. Ruiz (1985) encontró en un sistema silvopastoril con kikuyo un mejor crecimiento del pasto, lo cual se reflejó en la producción de FV debido a la alta fijación de N ejercida por el Aliso en simbiosis con *Frankia spp*. En relación a la producción de MS también se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), donde los tratamientos con N200 y N150 presentaron los más altos valores (4.89 y 4.37 t ha⁻¹) respectivamente; los tratamientos SSP y N100 (3.90 y 3.66 MS t ha⁻¹) respectivamente siendo estadísticamente iguales respecto a la producción de MS, y los tratamientos N50 y N0 con los menores valores (2.74 y 2.38 MS t ha⁻¹) respectivamente. Investigaciones similar fueron encontrados por Carvalho et al. (1999) citado por Mattos (2001), donde presentó una respuesta lineal positiva en la producción de materia seca del pasto *Brachiaria decumbens*

con dosis crecientes de N (0, 100, 200 y 400 kg N/ha/año) y también señalan incrementos en la concentración de N en la parte aérea con dosis de hasta 400 kg N/ha/año. Por consiguiente, los resultados encontrados muestran que el sistema silvopastoril de *Alnus acuminata* H.B.K y *Pennisetum clandestinum* en relación a la producción de FV y MS son adecuados y similares a del tratamiento donde se aplicó 100 kg N ha⁻¹ respecto a la producción de MS, permitiendo ahorros en la fertilización nitrogenada con el SSP, además de ayudar a la incorporación de N al suelo por medio de la simbiosis. La raíz del Aliso forma simbiosis con los hongos micorrizógenos en especial los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), que es una Endomicorrizas, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo (READ et al., 1999), importante para la obtención de fósforo y otros nutrientes, que en cierta medida, puede beneficiar el proceso de fijación de N atmosférico que se da por la otra simbiosis de la raíz del Aliso con actinomiceto *Frankia spp*, formando así, una asociación tripartita con el Aliso (CORREDOR, 2003; MOLINA et al., 2008), siendo así una forma natural de incorporar N al suelo y reducir la fertilizantes nitrogenados antrópica en las pasturas y alcanzar mejores rendimientos en la producción de pasto, además de mejorar la estructura y textura del suelo, ya que por medio del pisoteo y la remoción de materia orgánica el pastoreo puede causar compactación y pérdida de calidad de la estructura del suelo (DREWRY et al., 2008). En relación a la época de corte, también se vio diferencias significativas tanto en la producción de FV como en MS, siendo la época de 45 días la de mayor producción para las dos variables, donde el análisis de variancia mostró que se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en la interacción tratamientos por épocas de evaluación (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de forraje verde (FV) en t ha⁻¹, materia seca (MS) en t ha⁻¹ y porcentaje (%) de proteína cruda (PC) en pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* a diferentes dosis de Nitrógeno y en un Sistema silvopastoril Acacia *Alnus glutinosa* + *Pennisetum clandestinum*.

Periodo de corte (días)	Niveles de fertilización nitrogenada kg ha ⁻¹						Media
	SSP	N0	N50	N100	N150	N200	
<i>Producción ton FV t ha⁻¹</i>							
30	15.00	8.00	9.00	16.75	18.00	21.50	14.71 B
45	23.60	12.00	14.00	24.90	29.50	32.00	22.67 A
60	14.00	8.10	9.87	15.85	21.30	20.60	14.94 B
Medias ¹	17.53 d	9.37 f	10.96 c	19.17 c	22.93 b	24.70 a	
<i>Producción de MS t ha⁻¹</i>							
30	3.2	1.97	2.53	3.57	3.53	4.00	3.13 C
45	4.47	3.00	3.23	3.93	5.10	5.65	4.23 A
60	4.03	2.17	2.47	4.47	4.47	5.03	3.61 B
Media	3.90c	2.38 d	2.74 d	3.66c	4.37 b	4.89 a	
<i>PC (%)</i>							
30	15.13	9.00	7.93	18.85	19.50	19.75	15.03 A
45	10.63	9.97	8.75	14.07	13.53	10.63	11.91 B
60	11.25	12.50	12.47	11.90	11.33	11.25	11.92 B
Media	12.34 b	10.49 c	9.72 c	14.94 a	14.79 a	15.45 a	

Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas altamente significativas, prueba de Tukey P<0.05. Letras mayúsculas corresponde a los periodos de corte y letras minúsculas a los niveles de fertilización y el sistema silvopastoril.

La fertilización nitrogenada igualmente influyó en la calidad nutricional, medida como la absorción de N en la pastura, donde el porcentaje de proteína cruda (PC) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo similar entre los tratamientos N200, N100, N150, con los mayores valores (15.45, 14.94 y 14.79%) respectivamente, seguido del tratamiento SSP con un 12.34%, siendo este superior al N0 y N50 con (10.49 y 9.72 %) respectivamente. Cabe destacar que el mayor porcentaje de proteína se da en la edad de corte de 30 días, puesto que la edad de corte está en relación directa con la composición química del pasto, esto puede ser por el hábito de crecimiento del kikuyo encontrando una interacción significativa ($P < 0.05$) del periodo de corte vs nivel de N y el SSP. Naranjo (2002), reportó cambios en la composición química del pasto kikuyo, encontrando que la concentración de PC se redujo al recolectar muestras de pasto cada 7 días entre los días 21 y 63 de rebrote, puesto que la acumulación de N en los órganos vegetativos es alta durante las primeras etapas de crecimiento de los cultivos y disminuye con la senescencia (BERTSCH, 2003). En la Figura 1, podemos apreciar las cantidades de N producido por cada tratamiento, que se obtuvo de dividir el porcentaje de la PC por el factor 6,25 de la proteína. El SSP presentó el menor coeficiente de variación CV de las medias respecto a la época de corte con un valor de 0.03, destacando la incorporación constante del N al suelo y manteniendo la calidad de la pastura en el tiempo. Se puede apreciar el ahorro de la fertilización con N con el SSP respecto a la selectividad del nivel de fertilización, pudiendo afirmar que el sistema SSP tiene influencia en la calidad forrajera, mejorando los niveles de FV, MS y PC, siendo muy superior a los tratamientos N50 y N0 con medias (42.2 y 39.8 kg N ha⁻¹) respectivamente, y cercano a los valores del N100 con valor de 87.4 kg N ha⁻¹.

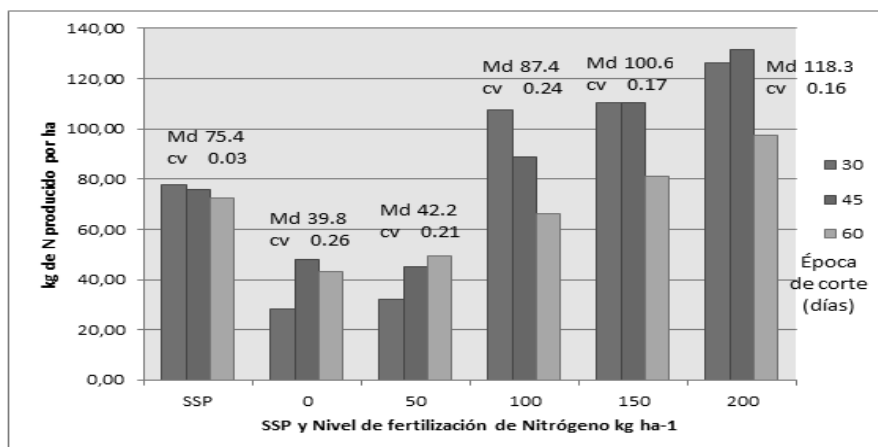


Figura 1. Cantidad de N (kg ha^{-1}) producido en praderas con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* en diferentes dosis de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 150 y 200 kg N ha^{-1}) mas un Sistema silvopastoril (SSP) Acacia *Alnus acuminata* + *Pennisetum clandestinum*, y en diferentes épocas de corte (30, 45 y 50 días).

Conclusiones

Se pudo establecer que la incorporación de Aliso Acacia *Alnus glutinosa* en praderas con kikuyo *Pennisetum clandestinum* mejora la calidad y la producción forrajera respecto a FV, MS y PC, pudiendo sustituir en parte la fertilización de 100 kg N ha^{-1} y ser una alternativa para disminuir las altas prácticas de fertilización N.

Referências

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. Official methods of analysis. 12th ed. Washington, D.C, 1975.

BERTSCH, F. **Absorción de nutrientes por los cultivos**. San José, Costa Rica: ACCS, 2003. p. 1-41.

BUILES, A.; GOMEZ, M.; 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**. 2004. 105 f. Tesis (Zootecnia) - Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

CASTILLA, A. Curvas de absorción de nutrimentos en la variedad de arroz. Arroz, Bogota, v. 53, n. 459, 2005.

CORREDOR, G. Micorrizas arbusculares: aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. Programa Nacional de Recursos Biofísicos, Corpoica, Bogotá, pp. 12 – 17, 2003.

IBRAHIM, M.; CAMERO, A.; CAMARGO, J.; ANDRADE, H. **Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE**. Costa Rica, 1999. 12 p. <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/lbrahimM.htm>

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Descripción de los suelos. In: _____. **Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño**. Bogotá, 2004. cap. 3.

MATTOS, W. T. de. **Avaliação de pastagem de capim *Braquiaria* em degarcao e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre**. 2001. 97 f. Tese (Doutor em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MOLINA, M.; MEDINA, M. Y.; MAHECHA, L. Microorganismos y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo del Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) en un sistema silvopastoril alto andino. **Livestock Research for Rural Development**, v. 20, artigo 54, 2008. Disponível em: < <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/moli20054.htm> > .

NARANJO, H. Evaluación nutricional del pasto kikuyo a diferentes edades de corte. **Despertar Lechero**, Medellín, v. 20, p. 150-67, 2002.

READ, D. J. Mycorrhiza: the state of the art. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza**. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag, 1999. p. 3-34.

RESTREPO URIBE, G. Infectividad y efectividad de los actinomicetos del género *Frankia spp.* asociados con *Alnus acuminata ssp. acuminata* en Colombia.

Crónica Forestal y del Medio Ambiente, Bogotá, v. 12, n. 1, 1997 10 p. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/pdf/113/11312101.pdf> >

RUIZ, M. **Algunos aspectos de la germinación del Aliso (*Alnus acuminata* H. B. K.)**. 1985. 90 f. Tesis (Biología) - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

TEITZEL, J. K.; GILBERT, M. A.; COWAN, R. T. Sustaining productive pastures in the tropics. Nitrogen fertilized grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 25, p. 111-8, 1991.

ZAPATA, B. G.; BAUTISTA, Z. F.; ASFIER, C. M. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud de suelo. **Técnica Pecuaria en México**, v. 47, n. 3, p. 257-70, 2009.