

EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO, FOSFORO Y AZUFRE SOBRE LA RECUPERACION DE UNA PRADERA DEGRADADA DE KIKUYO *Pennisetum clandestinum* Hoechst EN NARIÑO, COLOMBIA

Amanda Silva Parra¹, Juan Carlos Menjivar², Carlos Andrés Alava³, y Henry Fernando Gómez⁴

¹ Ing. Agr. M.Sc., Profesor catedrático. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Correo electrónico: amanda.silvaparra@gmail.com

² Ing. Agr. Ph.D. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Correo electrónico: jcmenjivar@palmira.unal.edu.co

^{3,4} Estudiantes de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. Correo electrónico: caac87950@hotmail.com; Correo electrónico: pulpofercho@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de diferentes fuentes que contenían N, P y S sobre algunas variables de producción y calidad de una pradera degradada de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sembrada en un suelo clasificado como Vitric hapludands del departamento de Nariño, Colombia. Se aplicó un diseño en bloques completos al azar en arreglo factorial, el factor A correspondió a diferentes fuentes fertilizantes que contenían N, P y S como sulfato de amonio (SAM) (24% S, 21% N), Fosfato diamónico (DAP) (18% N, 46% P₂O₅), Urea (46% N), Superfosfato triple (SPT) (46% P₂O₅), SAM + SPT (24% S, 21% N, 46% P₂O₅), S(95% S), SPT + azufre (S) (46% P₂O₅, 95% S) y testigo (sin N, P, S) y el factor B a dos épocas de evaluación (a los 45 y 60 días). Se observó un efecto positivo de las fuentes que contenían N/S (SAM), N/P/S (SAM+SPT) en la producción de forraje verde y N/S (SAM) en materia seca; los tratamientos con aplicación de fertilizantes solos P (SPT), S y el testigo (sin N, P, S) estuvieron asociados con bajas producciones de forraje verde (FV) y materia seca (MS); sin embargo estas igualaron a aquellas que contenían P/S (SPT+S) en la producción de forraje verde (FV). Las fuentes que contenían N/P (DAP), N/P/S (SAM+SPT), N (Urea) y N/S (SAM) ocasionaron respuestas diferenciales de los 45, a los 60 días en los porcentajes de proteína, siendo menores a los 60 días. En los porcentajes de proteína no se encontró una respuesta diferencial de los 45 a 60 días en las fuentes fertilizantes con P (SPT), S, testigo y P/S (SPT+S). Las fuentes fertilizantes que contenían las relaciones N/S (SAM), N/P (DAP), N/P/S (SAM+SPT) son sinérgicas en Andisoles con efectos positivos en *Pennisetum clandestinum*.

INTRODUCCION

Durante varias décadas el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), se ha constituido en la base de la alimentación de los sistemas de producción lechera especializada en Colombia y en la zona Andina de Nariño (Guerrero, 1998; Laredo y Mendoza, 1982; Soto et al 1980). Esto se debe a que su hábito de crecimiento lo hace sumamente agresivo ante la invasión de otras forrajerías, a que es resistente al pisoteo y responde positivamente a la fertilización orgánica y química (Urbano, 1997; Orozco, 1992; Guerrero, 1998).

El pasto kikuyo cuando ha sido mal manejado se acolchona y rebaja significativamente su producción (Bernal, 1998); una pastura degradada sin renovación decrece su rendimiento con el tiempo hasta cuando la producción no es suficiente o las especies remanentes no son tomadas por los animales por cambios en la composición botánica (CORPOICA, 2004). La recuperación no se da naturalmente sino con técnicas que involucran prácticas externas entre ellas la fertilización de pasturas (Cuesta et al, 2002).

Los andisoles son suelos derivados de cenizas volcánicas y cubren una apreciable área de América Central y América del Sur. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alófana, imogolita y halloisita (minerales amorfos) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de recientes deposiciones volcánicas. La formación de materiales complejos humus-arcillas,

humus-Al, dificultan la mineralización de la materia orgánica y no solamente se dan deficiencias en fósforo, sino también en nitrógeno y azufre, acumulándose la materia orgánica (Espinosa, 1987).

Varios estudios realizados en Colombia (Buitrago y Cruz, 1983; Carrillo y Avella, 1985; Burbano y Sánchez, 1986; Bernier y Torres, 1986; Fajardo et al, 1992; Silva et al, 2006; Segura y Rojas, 2008), evidencian que la fertilización nitrogenada y las combinaciones N-P, N-S, N-P-S son fundamentales para mantener altos rendimientos en las pasturas. El kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hoescht sin mezclas responde bien a la aplicación de N, la respuesta a la fertilización nitrogenada depende del tipo de suelo, niveles de fertilidad, balance entre los distintos nutrientes disponibles y condiciones climáticas (Bernal, 1998; Mendoza, 1982). El efecto general de la aplicación de N es un aumento en producción de MS y proteína por unidad de área, así como la producción de grandes cantidades de hojas, cuando se dispone de suficiente humedad. Otros autores afirman lo contrario según Noller y Rhykerd (1974) se han reportado disminuciones de hasta un 7% en el contenido de MS de los forrajes, cuando se fertiliza con N, esto debido a un incremento en el contenido de agua en la planta.

Las necesidades de fósforo en pastos dependen más de las propiedades del suelo que de las especies de gramíneas presentes, aunque algunas de las especies que responden fuertemente al nitrógeno se consideran como tolerantes a poco fósforo disponible en el suelo como es el caso del kikuyo *Pennisetum clandestinum*, su alta tasa de crecimiento a causa de la fuerte fertilización nitrogenada, aumenta su necesidad de fósforo (Sánchez, 1981). Los complejos humus aluminio juegan también un significativo papel en el comportamiento de los Andisoles (Espinosa, 1987). Una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos, siendo la principal limitante química de los Andisoles en la producción de cultivos. La capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato (Espinosa, 1994).

Los pastos extraen grandes cantidades de azufre (S) (50 a 84 kg/ha) (Bertsch, 2003). Cuando se usa sulfato de amonio o superfosfato simple generalmente se satisface esta necesidad; sin embargo, con otras fuentes de fertilizantes las deficiencias de S son comunes y para su corrección se requieren aplicaciones anuales de S (Sánchez, 1981). El incremento en la dosis de S de 20 a 60 kg/ha como sulfato de calcio incrementó significativamente el rendimiento de materia seca en colza forrajera (*Brassica* sp), cuando se utilizó 112-25-25 se observó incrementos de a 12 a 16 ton/ha de MS, con 112-75-5 se obtuvo incrementos de 8 a 12.5 ton/ha de MS y con 37-75-25 se observó rendimientos de materia seca de 2.5 a 8.5 ton/ha de MS (Bernier y Torres, 1986).

METODOLOGIA

El presente trabajo se realizó en la Granja de la Federación Colombiana de Productores de Papa- FEDEPAPA, Obonuco, departamento de Nariño, con temperatura promedio de 12°C, humedad relativa de 70%, latitud.: 1°12'52.48"N, longitud.: 77°16'41.22"O y el suelo corresponde a un Vitric hapludands (IGAC, 1988). La **Tabla 1** presenta los resultados del análisis de suelos.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial, se conformó un arreglo 8 x 2 x 3 que corresponde a las fuentes utilizadas, épocas de evaluación y repeticiones. Los porcentajes de N, P₂O₅ y S contenidos en las fuentes fertilizantes utilizadas correspondieron a: Sulfato de amonio (SAM) con 21% N y 24% de S, fosfato diamónico (DAP) 18% de N y 46% de P₂O₅, Urea 46% de N, Superfosfato triple (SPT) 46% de P₂O₅, SAM+ SPT con 21% de N, 24% de S y 46% de P₂O₅, azufre (S) 95% de S, SPT+ S con 95% de S y 46% de P₂O₅, testigo sin N, P₂O₅ y S.

Tabla 1. Resultados del análisis de suelos del lote de estudio en la Granja Experimental de Fedepapa, Obonuco, 2010.

PARAMETROS	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	9970 kikuyo
Químicos				
pH, potenciómetro suelo: agua (1:1)	NTC5264	Potenciometrica		5.4
Materia orgánica	Walkley Black (Colorimétrico)	Espectrofotométrica uv-vis	%	9.45
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC5350	Espectrofotométrica uv-vis	mg/kg	6.27
CIC	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5349	Volumétrica	cmolcarga/kg	22.0
Calcio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5349	Espectrofotometría de	cmolcarga/kg	10.80
Magnesio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5349	Absorción	cmolcarga/kg	4.54
Potasio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7 NTC 5349	Atómica	cmolcarga/kg	0.81
Acidez de cambio	Extracción KCl 1N NTC5263	Volumétrica	cmolcarga/kg	0.104
Hierro	DTPA-5526	Espectrofotometría de	mg/kg	44.3
Manganeso	DTPA-5526	Absorción atómica	mg/kg	63.70
Cobre	DTPA-5526		mg/kg	0.84
Zinc	DTPA-5526		mg/kg	7.88
Boro	Agua caliente NTC 5404	Espectrofotometria uv-vis	mg/kg	0.167
Nitrógeno total	Con base en materia orgánica	Cálculo	%	0.355
Carbono orgánico	Walkley Black (Colorimétrico) NTC 5403	Espectrofotometria uv-vis		5.48
Azufre-disponible	(Ca(H ₂ P0 ₄) ₂ .H ₂ 0 0.008M NTC 54.02	Espectrofotometria uv-vis	mg/kg	12.81
Físicos				
F=Franco	AL TACTO			
Ar=Arcilloso				F-Ar-A
A= Arenoso				
L= Limoso				
Densidad Aparente	Probeta graduada	Gravimétrica	g/cc	0.90

Las cantidades a aplicar de cada una de las fuentes se basaron en estudios realizados con pastos de clima frío (Guerrero, 1998), 150 kg N/ha, 75 kg/S/ha y 100 kg P₂O₅/ha. La **Tabla 2** muestra los tratamientos evaluados y los aportes de N, P₂O₅ y S en cada uno de ellos en kg/ha.

Sobre una pradera sembrada en kikuyo *Pennisetum clandestinum* que presentaba síntomas de degradación y recién pastoreada se trazaron parcelas de 2 m x 2 m para un área de cada parcela de 4 m², dejando entre calles 1.0 m y entre parcelas 0.5 m, para un área total del ensayo de 200 m². Se realizó la aplicación de las fuentes fertilizantes todo a la siembra y al voleo. A los 45 días se realizó una primera evaluación, cosechando el forraje verde obtenido dentro de un marco de 0.25 m x 0.25 m lanzado al azar tres veces en cada parcela, posteriormente las submuestras se pesaron en una balanza de precisión y se empacó 1 kg por parcela en fundas de papel, siguiendo la metodología utilizada en los laboratorios de Bromatología de la Universidad de Nariño, mediante termogravimetría y para proteína mediante Kjeldah (Cortes y Viveros, 1975); respectivamente. Posteriormente se evaluó el pasto a los 60 días siguiendo el procedimiento anterior.

Tabla 2. Detalle de los tratamientos utilizados en el estudio.

Fuentes	Código	S (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Cantidad de fertilizante (kg/ha)
Sulfato de amonio (SAM)	T1	75	65,62	0	312,5
Fosfato diamónico (DAP)	T2	0	40	100	217,39
Urea	T3	0	150	0	327
Super fosfato triple (SPT)	T4	0	0	100	218
SAM + SPT	T5	75	65,62	100	312,5+218
Azufre S	T6	75	0	0	78.94
SPT + S	T7	75	0	100	218+78.94
Testigo	T8	0	0	0	0

Análisis estadístico

Cada una de las variables se evaluaron mediante análisis de varianza y cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas entre fuentes, épocas de evaluación y la interacción se realizó la prueba de comparación de medias con el test de diferencia mínima significativa (LSD) ($p < 0.01$) utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System-SAS versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

La producción de forraje verde y materia seca mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) entre las fuentes utilizadas, pero no en las épocas de evaluación ni en la interacción fuentes*épocas de evaluación ($p < 0.01$). Para el porcentaje de proteína se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para forraje verde, materia seca y en la interacción fuentes*épocas de evaluación.

Producción de forraje verde

Para esta variable los tratamientos 1 y 5 (SAM y SPT+SAM) presentaron los mayores rendimientos con promedios de 17.48 ton/ha y 14,85 ton/ha siendo similares estadísticamente, Urea y DAP igualaron a SPT+SAM, no se mostró un efecto significativo en la producción de FV en la pastura con la aplicación de SPT con un promedio de 5.94 ton/ha, siendo éste similar estadísticamente a los tratamientos 6, 8 y 7 que correspondieron a las fuentes S, testigo y SPT+S con promedios de 8.34, 8.84 y 8.97 respectivamente (**Figura 1**). El 74.27% de la producción de forraje verde depende de la aplicación de sulfato de amonio (SAM) y el 25.74% no tiene relación con la aplicación de sulfato de amonio (SAM).

Numerosos compuestos de la planta (aminoácidos, proteínas, enzimas, etc) poseen N y S, lo que ayuda a explicar la existencia de una relación N y S que está asociada con el crecimiento y la producción (Prates *et al.*, 2006). Ambos elementos no pueden ser considerados en forma separada, ya que tienen efectos importantes sobre la producción de forrajes y calidad de los granos (Moss *et al.*, 1981). El mantener el balance entre N y S en las plantas permite no solamente que el N aplicado sea utilizado eficientemente por las plantas para acumular rendimientos, sino que hace que las plantas ofrezcan mayor resistencia a problemas de plagas y enfermedades (Malavolta y Moraes, 2006).

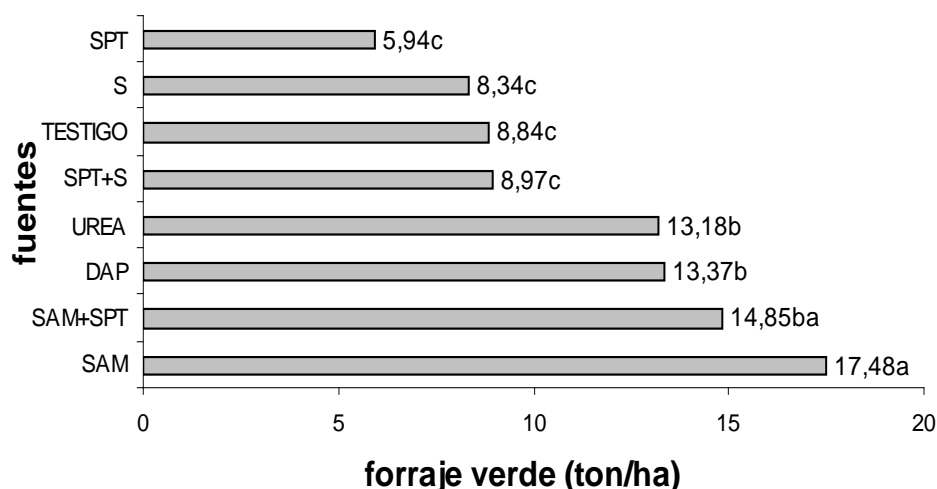


Figura 1. Efecto de diferentes fuentes que contienen N, P y S sobre la producción de forraje verde (ton/ha) de pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Obonuco, 2010

Los andisoles presentan deficiencias en N, P y S que son elementos contenidos principalmente en la materia orgánica donde los procesos de andolización con la formación de complejos orgánicos-minerales predisponen a una baja mineralización y acumulación de la MO, viéndose reducida las disponibilidades de estos elementos (Espinosa, 1994), pudiendo explicar igualmente como el kikuyo responde positivamente en la producción de forraje verde con las aplicaciones de fuentes que contienen los tres elementos (SPT + SAM). Según Bernal (1998), varios estudios realizados en Colombia evidencian que la fertilización con N y eventualmente las combinaciones NS y NPS son fundamentales para mantener altos rendimientos en las pasturas y debidamente manejadas, después de cada uno o dos cortes o pastoreos.

Las fuentes que contenían P (SPT), S, testigo (sin N, P y S) y P con S (SPT + S) no fueron suficientes para elevar los rendimientos del kikuyo *Pennisetum clandestinum*, al respecto Sánchez (1981) afirma que los andisoles y otros suelos altos en alófana requieren fertilizaciones apropiadas de N acompañadas con P y S para elevar los rendimientos en los cultivos, en éstos suelos se deberán ofrecer alternativas de fertilización con fuentes altamente mineralizables que aporten de forma inmediata estos elementos.

Materia seca

El tratamiento que contenía N y S (SAM) estuvo asociado con mayores contenidos de materia seca con un promedio de 4.04 ton/ha y éste valor difirió estadísticamente del resto. Se presentó un menor contenido de materia seca con el tratamiento que solo contenía P (SPT) con un promedio de 1.65 ton/ha, siendo estadísticamente similar al testigo (2,04 ton/ha) y al tratamiento con S (2,3 ton/ha) (Figura 2). El 74.17% de la producción de materia seca depende de la aplicación de sulfato de amonio (SAM) y el 25.83% no tiene relación con la aplicación de sulfato de amonio (SAM).

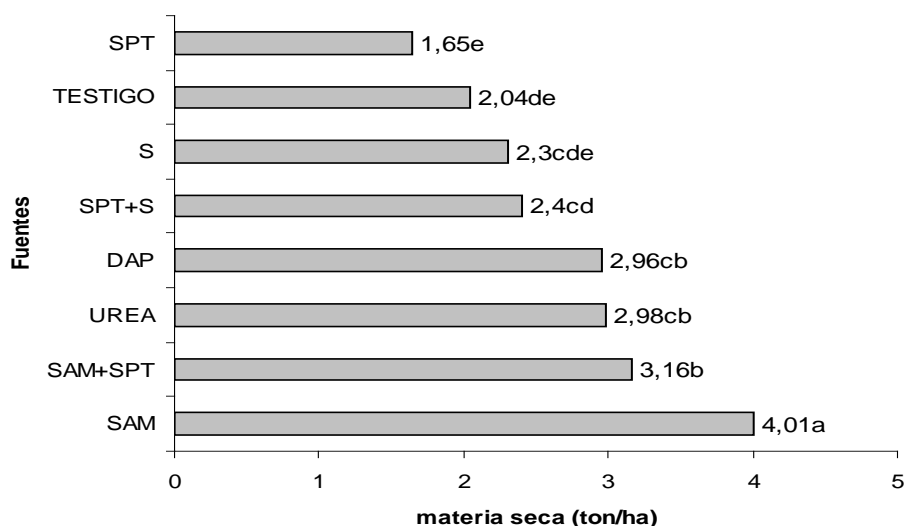


Figura 2. Efecto de diferentes fuentes que contienen N, P₂O₅ y S sobre los contenidos de materia seca (ton/ha) de pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Obonuco, 2010.

En un suelo tropics del Altiplano de Pasto, Burbano y Sánchez (1986) compararon la eficiencia de tres fertilizantes nitrogenados y encontraron que el SAM permitió obtener mayor rendimiento de materia seca de pasto kikuyo que la urea y el nitrato de amonio; con aplicaciones de 50 kg de N después de cada dos cortes se obtuvieron valores de 90 ton/ha/6 cortes, 73 kg/ha/6 cortes y 72 kg/ha/6 cortes, respectivamente, mostrándose el efecto benéfico de la relación N/S igual para los resultados encontrados en este estudio. Munevar y Roza (1983) encontraron bajas respuestas en la producción de materia seca en la producción de trébol y raigrás cuando se hicieron solo aplicaciones de fósforo en dosificaciones de 75 y 150 kg/ha con respecto a la aplicación acompañada con S en dosificaciones de 75 kg/ha, obteniéndose valores de 451 y 1438 kg/ha frente a resultados de 702 y 1584 kg/ha y de 449 y 1300 frente a 504 y 1532 kg/ha; respectivamente. Esta respuesta diferencial también la observaron estos autores con el P; comparando SPT (1.65 ton/ha) con SPT+S (2,4 ton/ha) y con DAP (2,96 ton/ha).

Orrego y Restrepo (1986) presentan resultados similares; el rendimiento de materia seca producido en 8 cortes aumento acentuadamente cuando se incrementó la dosis de 25-15-0. La magnitud del efecto fue de 7.6 ton/ha (testigo) a 19.8 ton/ha con 300 kg de 25-15-0/ha/corte.

En estudios realizados por Silva *et al.* (2006) en avena forrajera sembrada en Botana, las evaluaciones en producción de materia seca en obtenida con las dosis de 150 kg N/ha con nitrato de potasio y SAM mostraron valores de 4.6 y 4.9 ton/ha; respectivamente mientras que con Colácteos (27-10-6-5-6) se observó una ligera tendencia al alza en 6.3 ton/ha, difiriendo de los resultados obtenidos en esta investigación los cuales fueron mayores con el fertilizante que contenía N y S (SAM) (4,01 ton/ha) frente al fertilizante que contenía N, P y S (SPT+SAM) (3,16 ton/ha).

Porcentajes de proteína

Como se observa en la **Figura 3**, las fuentes comerciales que contienen N/S (SAM), N/P (DAP), N (Urea) y N/P/S (SAM+SPT) están asociados con mayores porcentajes de proteína en el pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* a los 45 que a los 60 días, esto supone una mayor conversión del N dentro de la planta en los primeros estados del cultivo debido a que la acumulación de nitrógeno en los órganos vegetativos es alta durante las primeras etapas de crecimiento y disminuye en las etapas finales a los 60 días, momento en que la pradera permite el pastoreo, éstos resultados permiten establecer un manejo de la aplicación de éstas fuentes en dos épocas distintas.

Izquierdo (1981) argumenta que el contenido de proteína en el forraje de raigrás aubade fertilizado con dosis entre 0 a 150 kg N/ha pasó de 12 a 25% cuando se cortó cada 25 días y de 11 a 18% cuando se cosechó cada 35 días, el aumento fue mucho menor de 9 a 12%, cuando se cosechó cada 45 días, coincidiendo con ésta investigación en una mayor acumulación de proteína en las primeras etapas del cultivo.

La fuente comercial DAP con 18% de N y 46% de P_2O_5 ocasionó los mayores incrementos de proteína a los 45 días (21.77%), este resultado concuerda con los encontrados por Zurita y Vanegas (1986) en un suelo derivado de cenizas volcánicas (Typic distrandep), estudiaron los efectos de la aplicación de N y P mediante la aplicación de 25-15-0 frente a tratamientos como SAM y Urea y encontraron diferencias estadísticas significativas en los aumentos de los porcentajes de proteína en raigrás en tres cortes evaluados con valores de 14,3%, 15,4%, 17,8% para 25-15-0; 17%, 15,3%, 16,9% para SAM y 14,4%, 15,4% y 16,3% para Urea.

Los resultados anteriores permiten demostrar el efecto que tiene el N cuando está acompañado con P y S en los porcentajes de proteína en *Pennisetum clandestinum*. Los tratamientos que contenían P (SPT), S, P/S (SPT, S) lograron ligeros incrementos de los 45 a los 60 días menos en el testigo (sin N, P y S), sin respuestas muy diferenciales con valores menores que los primeros. Numerosos estudios realizados en Colombia han mostrado que pasturas que no son tratadas están asociadas con bajas producciones (Izquierdo, 1981; Soto *et al.*, 1980; Munevar y Rozo, 1983; Orrego y Restrepo, 1986).

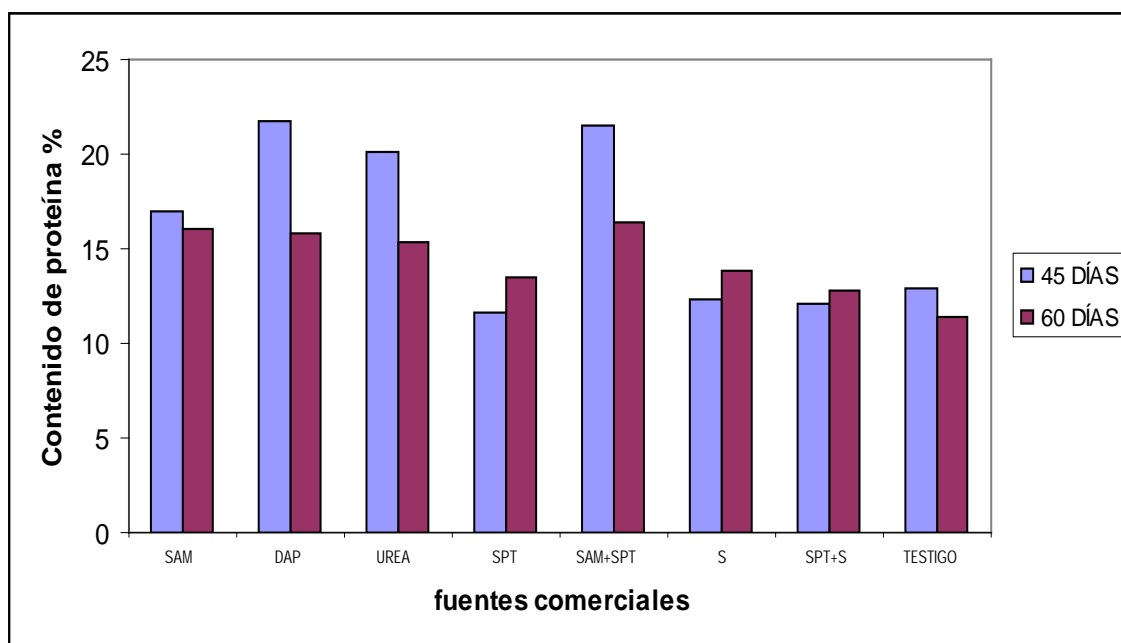


Figura 3. Interacción de la aplicación de diferentes fuentes que contienen N, P_2O_5 y S y dos épocas de evaluación sobre el % de proteína del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, FEDEPAPA, Obonuco, 2010.

CONCLUSIONES

- ✓ Las determinaciones de forraje verde, materia seca y proteína se constituyen en buenos indicadores de producción y calidad de las pasturas con el fin generar planes de fertilización adecuados para estos tipos de suelos que permitan la recuperación pronta de pasturas degradadas de kikuyo *Pennisetum clandestinum*. Aplicaciones de fuentes comerciales que contenían N acompañado con S (SAM), permitieron encontrar mayores producciones de materia seca y forraje verde, en ésta última incluyendo S y P (SAM+SPT).

- ✓ Las praderas de kikuyo *Pennisetum clandestinum* en el departamento de Nariño en su mayoría se siembran en Andisoles, la recuperación de las mismas sugiere la aplicación de fuentes altamente mineralizables que contengan N, P y S, elementos poco disponibles en los suelos y altamente requeridos por las plantas. Se pudo determinar que fuentes que contenían solo P (SPT), S, testigo (sin N, P y S) y P/S (SPT+S) estuvieron asociados con los más bajos rendimientos de forraje verde (FV) y para materia seca excepto P/S (SPT+S).
- ✓ Los mayores incrementos en el porcentaje de proteína se lograron con las fuentes que contenían N/P (DAP), N/P/S (SAM+SPT), N (Urea) y N/S (SAM) con respuestas diferenciales mayores a los 45 que a los 60 días. Se presentaron los menores porcentajes con las fuentes que contenían P (SPT), S, P/S con (SPT+S) y el testigo (sin N, P y S), siendo ligeramente mayores a los 60 días pero no superiores a los anteriores excepto en el testigo.

BIBLIOGRAFIA

- Bernal, J. 1998. Fertilización de pastos mejorados. *In* Fertilización de cultivos en clima frío. Santa fé de Bogotá. MONOMEROS.
- Bernier, M., y B. Torres. 1986. Efecto de la fertilización con NPK y sobre la producción y calidad de la colza forrajera (*Brassica* sp). Tesis de ingeniero agrónomo. Bogotá. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, Costa Rica. ACCS. P 1-41.
- Buitrago, A., y M. Cruz. 1983. Niveles óptimos de fertilización compuesta en 3 variedades de raigrasses tetraploides. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Burbano, G., y J. Sánchez. 1986. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a fuentes de nitrógeno y a un abono compuesto en el altiplano de Pasto. Tesis de zootecnista. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia.
- Carrillo, C., y J. Avella. 1985. Respuesta del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoescht) a varias fuentes y niveles de nitrógeno en Tuta y Firavitoba, Boyacá. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Tunja. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA. 2004. Proyecto “Estrategias de innovación tecnológica para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de carne y leche bovina en el Valle del Sinú y Sabanas de Bolívar, Córdoba y Sucre”. Primer informe del Convenio Colciencias –Fedegan-Corpoica.
- Cortes, F., y M. Viveros. 1975. Guía de laboratorio para análisis bromatológico. Pasto. Universidad de Nariño.
- Cuesta, P. A., Pérez, B., Mateus, E. y Rincón, C. 2002. Tecnologías para mejorar la productividad de praderas del trópico bajo Colombiano. *In* Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne del Trópico Bajo. Memorias Seminario. Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana.
- Espinosa, J. 1987. Evaluación agronómica de fertilizantes fosfatados en zonas altas de Ecuador. *In* L. León y O. Arregocés, Memorias Seminario de Alternativas Sobre el Uso como Fertilizantes de Fosfatos Nativos de América Tropical y Subtropical. CIAT, IFDC, CIID. Cali, Colombia.

- Espinosa, J. 1994. Acidez y encalado de los suelos. *In* Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. Publicación de la sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Fajardo, I., R. Muñoz y H. Benavides. 1992. Efecto de fuentes y niveles de nitrógeno sobre la producción y calidad del pasto raigrass inglés *Lolium perenne L.*, en un alfisol del departamento de Nariño. Tesis de Ingeniero Agrónomo. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Guerrero, R. 1998. Fertilización de cultivos en clima frío. Santafé de Bogotá. MONOMEROS.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. 1988. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá: Sub. Agrológica. Bogotá.
- Izquierdo, F. 1983. Efecto de la frecuencia de corte, la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de materia seca del raigrass aubade (*Lolium hybridum*). Tesis de zootecnista. Bogotá. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía.
- Laredo, M., y P. Mendoza. 1982. Valor nutritivo de pastos de zonas frías. I pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). Anual y estacional; Revista ICA (Bogotá) 17:157 – 167
- Malavolta, E., y M. Moraes. 2006. Fundamentos do nitrogenio e do enxofre na nutricio mineral das plantas cultivadas. *In* Simposio sobre nitrogenio e enxofre na agricultura Brasileira. Piracicaba: ESALQ/POTAFOS.
- Mendoza, P. 1982. Fertilización de praderas en Colombia. Bogotá. Suplemento ganadero. 1(4):19-30.
- Moss, H., C. Wrigley, F. Mac Rirchie, and P. Randall. 1981. Sulfur and Nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. Aust. J. Agric. Res. 32.
- Munevar, F., y E. Rozo. 1983. Influencia del azufre en el rendimiento de la mezcla de raigrás y trébol blanco inoculación con *Rhizobium* en un andisol de la Sábana de Bogotá. Suelos Ecuatoriales. 12 (1):160-168.
- Noller, C., y C. Rhykerd. 1974. Relationship of nitrogen fertilization and chemical composition of forage to animal health and performance. *In* Forage fertilization. American Society of Agronomy.
- Orrego, G., y L. Restrepo. 1986. Producción de materia seca y composición química del tetrablend 444 (*Lolium Hybridum multiflorum*), bajo diferentes niveles de fertilización. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Medellín. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Orozco, F. 1992 Valor fertilizante del estiércol líquido porcino (ELP) “porquinaza” en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). Despertar Lechero (Colombia). Vol 8:46 – 56 p.
- Prates, S., J. Lavres y M. Ferreira de Moraes. 2006. O enxofre como nutriente e agente de defesa contra pragas e doenças. *Informaciones Agronómicas*. 115:8-9. IPNI, Brasil.
- Sánchez, P. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. San José (Costa Rica). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Segura, F., y O. Rojas. 2008. Impacto de la fertilización nitrogenada sobre el pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) en el bosque húmedo premontano en el departamento del Tolima. Revista Colombiana de Ciencia Animal. Ibagué, Universidad del Tolima.

- Silva, A., E. Coral, y J. Menjivar. 2006. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera en un suelo andisol del departamento de Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*. Volumen 55. Número 1. Palmira, Universidad Nacional de Colombia.
- Soto, L., M. Laredo, y E. Alarcón. 1980. Digestibilidad y consumo voluntario del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoestch) en ovinos bajo fertilización nitrogenada. *Revista ICA* 15 (2):79-90.
- Soto, C., A. Valencia, R. Galvis, y H. Correa. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Volumen 18(1):17 – 26 p.
- Urbano, D. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas Tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*. 14:129-139 p.
- Zurita, J., y C. Vanegas. 1986. Efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de forraje y la acumulación de nitratos y nitritos en los raigrases tetrelite y terli. Tesis de ingeniero Agrónomo. Bogotá. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía.