

EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA SOBRE LA ACTIVIDAD MICROBIAL Y RENDIMIENTO DE AVENA FORRAJERA EN UN SUELO ANDISOL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO, COLOMBIA

Amanda Silva¹, Dilia Marina Coral², Juan Carlos Menjivar³

OBJETIVO GENERAL

Debido a la importancia de la relación biológica con los fertilizantes nitrogenados y la planta, el presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar el efecto de tres fuentes nitrogenadas (nitrato de potasio, sulfato de amonio y colácteos), en tres épocas de aplicación (todo a la siembra, todo a los 45 días y fraccionado, 50% a la siembra y 50% a los 45 días) y en tres dosis (25, 75 y 150 kg/ha), sobre la actividad microbial medida en términos de CO₂ en el suelo, población de hongos, actinomicetos y bacterias, rendimiento, materia seca y contenido proteínico de la avena forrajera, en un suelo Andisol del municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El estudio se realizó en el Centro Experimental Botana de la Universidad de Nariño, localizado en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia, a 2820 msnm, 12.4°C y precipitación media anual de 694 mm, corresponde a una formación bosque seco montano bajo (bsMB). Los suelos poseen una textura arcillo-arenosa, baja susceptibilidad a la erosión, fertilidad media, difícil laboreo, retención de agua media y pobre aireación e infiltración. Son suelos ligeramente ácidos, contenido de materia orgánica medio, altos contenidos de P, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y Cu y bajo contenido de B. El contenido de carbono orgánico es de 3.82%, el de nitrógeno total de 0.29% y la relación C/N de 13.17.

En la investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3x3x3, con tres repeticiones. Los factores correspondieron a las épocas de aplicación: (todo el fertilizante al momento de la siembra, todo a los 45 días y fraccionado a la siembra y a los 45 días); fuentes de fertilizante: (nitrato de potasio, sulfato de amonio y colácteos); y dosis de fertilizante: (25, 75 y 150 kg/ha); la unidad experimental tuvo una dimensión de 9 m² (3 m x 3 m). En la **Tabla 1** se muestra la descripción y dosis de los fertilizantes empleados.

Se utilizaron 100 kg/ha de semilla certificada de avena forrajera de la variedad Cayuse. La semilla se sembró al voleo al igual que la aplicación de los fertilizantes. Los elementos diferentes al nitrógeno contenidos en la fuente comercial fueron balanceados de acuerdo con el análisis de suelos.

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.

² Federación Nacional de Cerealeros-FENALCE, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.

³ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Palmira, Valle, Colombia.

Tabla 1. Cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado y otros elementos incluidos en cada una de las fuentes.

Fuente de nitrógeno	Dosis de N	Cantidad de fertilizante aplicado (kg/ha)	Aportes de otros elementos (kg/ha)			
			S	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Nitrate de Potasio (13% de N y 44% de K ₂ O)	25	192.30			84.62	
	75	576.92			253.84	
	150	1153.88			507.70	
Sulfato de Amonio (21% de N y 24% de S)	25	119.04	28.56			
	75	357.1	85.70			
	150	714	171.36			
Colácteos (27% de N, 10% de K ₂ O y 6% deP)	25	92.5	5.55	9.25	5.55	4.62
	75	277.7	16.66	27.7	16.66	13.87
	150	555.5	33.33	55.55	33.33	27.77

Las variables evaluadas fueron:

1. **Respiración del suelo.** Se tomaron muestras de suelo en los primeros 15 cm y se secaron al ambiente durante una semana. 10 g de suelo fueron colocados en tubos de ensayo de 25 cm³ que contenían frascos con una solución de Ba(OH)₂ y BaO, utilizando el método de sistema atmosférico cerrado, (Burbano 1978). Las mediciones se realizaron semanalmente durante un lapso de 10 semanas contadas a partir de la aplicación de los fertilizantes.
2. **Población de microorganismos.** Cada 15 días, durante 10 semanas, se tomaron muestras de suelo de los primeros 10 cm y se refrigeraron. Se determinó humedad y se cuantificaron bacterias, hongos y actinomicetos mediante el método de platos de dilución, utilizando agar nutriente sintético para bacterias, agar sabourand dextrosa para hongos y agar nutriente almidón para actinomicetos (Sañudo *et al.*; 2001).
3. **Rendimiento de forraje fresco, materia seca y proteína.** Para determinar el rendimiento de forraje fresco se cosechó una parcela útil de 1 m² y se llevó a producción de forraje en kg/ha. De este material se tomó una submuestra de 500 g que fue secada a 700°C por 48 horas y se determinó el contenido de materia seca. En otros 500 g se determinó el contenido de proteína (Cortés y Viveros 1975).

Para determinar los efectos de las fuentes de variación (épocas de aplicación, fuentes y dosis) sobre las variables a medir, se utilizaron análisis de varianza, y cuando estas fueron significativas se utilizó el test de DMS. También se analizaron interacciones. Además se realizó análisis de regresión para relacionar el rendimiento con la respiración y las poblaciones totales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Respiración del suelo

La determinación de la biomasa microbial a través de la estimación de su población en el suelo es demasiado difícil, por lo que los esfuerzos se dirigen actualmente a tratar de establecer la actividad total de los microorganismos mediante la evaluación de la producción de CO₂, considerada según Burbano (1989) como un buen índice de la actividad microbial. La respiración del suelo es una medida de la actividad de los microorganismos, lo cual puede ser un indicativo de la velocidad de degradación de los fertilizantes; a la vez, la medición del CO₂ se considera como una medida de respiración del suelo (Smith *et al.*, 1985; Burbano, 1989; Quemada y Menacho, 1999; Siquiera, *et al.*, 1994).

El análisis de varianza realizado muestra que existe diferencias altamente significativas en la respiración del suelo por efecto del tiempo de evaluación, épocas y dosis de aplicación del fertilizante. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en las interacciones tiempos de evaluación con épocas de aplicación y dosis.

Cuando se aplicó todo el fertilizante al momento de la siembra, los mayores valores de respiración (mg CO₂/10 g de suelo seco) se observaron en la segunda semana, estabilizándose en valores medios a partir de la tercera semana. Cuando se aplicó todo el fertilizante a los 45 días el mayor valor de respiración se alcanzó en la séptima semana; cuando la aplicación se hizo en forma fraccionada los mayores incrementos respiratorios en el suelo se alcanzaron en la segunda y séptima semanas (**Figura 1**).

Varios autores como Lynch y Panting (1980), Cerri y Jenkinson (1981), Parker et al. (1983), Puig-Giménez y Chase (1984), Smith et al. (1985), Ceulemans et al. (1987), Collins et al. (1990), Davelouis et al. (1991) reportaron que la actividad respiratoria en los suelos se eleva en los momentos cercanos a la incorporación de diferentes sustratos y los mismos se explican por el aporte que hacen de diferentes nutrientes, los cuales son usados para la constitución de protoplasma microbiano, incrementándose así las poblaciones microbiales.

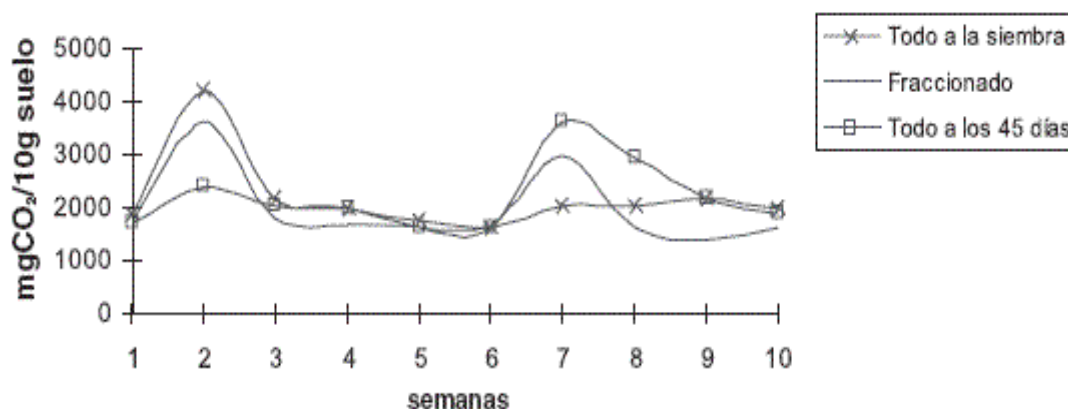


Figura 1. Efecto de la interacción tiempos de evaluación*épocas de aplicación sobre la respiración (mgCO₂/10 g suelo) en suelo de Botana

Los mayores incrementos en la respiración del suelo fueron notorios en la segunda y séptima semanas con 75 y 150 kg/ha de fertilizante, observándose mayor estabilidad en la respiración del suelo tratado con 150 kg/ha de nitrógeno. La actividad microbial del suelo se aumenta por efecto de las cantidades y días después de las aplicaciones iniciales de los fertilizantes, incrementándose las poblaciones y su actividad respiratoria. (Figura 2).

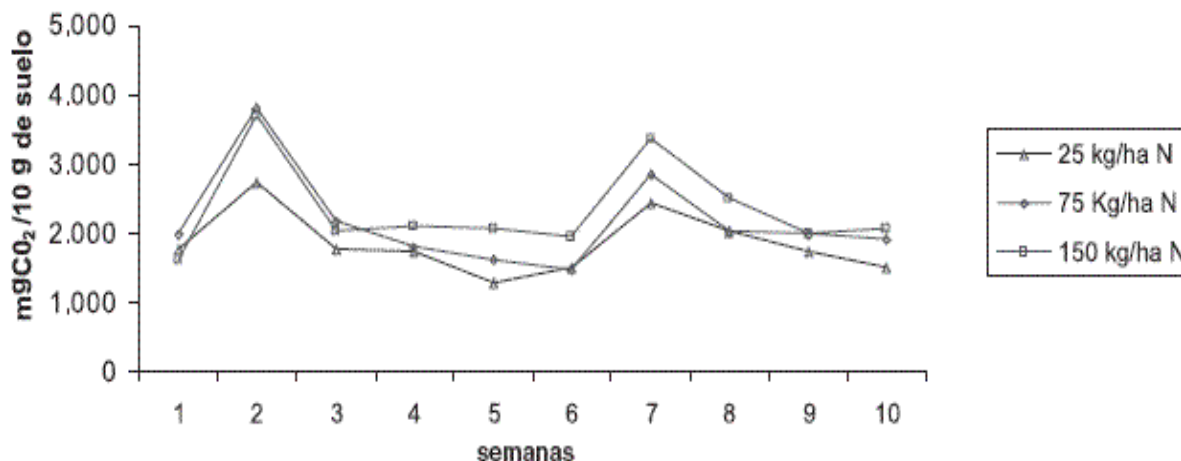


Figura 2. Efecto de la interacción tiempos*dosis de aplicación sobre la producción de CO₂ (mg/10 g de suelo) en suelo.

El comportamiento y dinámica del CO₂ también varió con las fuentes; el nitrato de potasio permitió mayores valores cuando se aplicó todo a la siembra, mientras que el sulfato de amonio lo hizo cuando la aplicación fue fraccionada. Cuando la aplicación de todo el fertilizante se hizo a los 45 días, el nitrato de potasio y el sulfato de amonio presentaron los mayores valores de CO₂/10g de suelo seco.

La mayoría de los elementos minerales necesarios están disponibles en el sustrato o suelo. Los principales nutrientes para las bacterias heterotróficas son carbono orgánico y nitrógeno. Una deficiencia en una de estas dos fuentes de nutrientes puede limitar el metabolismo y por ende, la respiración (Alexander, 1980).

Los microorganismos contienen por lo general un 5 a 10% de nitrógeno en base al peso seco, el cual debe ser suministrado por la concentración de N existente en el suelo o el sustrato orgánico a descomponer (Smith et al, 1985; Anderson e Ingram, 1993; Brady, 1989; Siquiera et al, 1983).

Poblaciones microbiales

Burbano (2002) menciona que aunque un suelo fértil comúnmente posea una microflora abundante, esa población relativamente alta indica solamente, que hay un suministro relativamente abundante de alimento disponible o de materiales energéticos, aparejados con unas temperaturas adecuadas, con una buena disponibilidad de agua y con otras condiciones ecológicas favorables de ese suelo en particular.

Tanto la población heterotrófica como la quimioautotrófica juegan importante papel en las transformaciones del nitrógeno del suelo; los procesos de mineralización-inmovilización determinan las transformaciones globales del elemento mientras que reacciones de amonificación, nitrificación y denitrificación explican los cambios ocurridos en la dinámica del nitrógeno (Stevenson, 1986). El análisis de varianza muestra que existen diferencias estadísticas para el número de bacterias/g de suelo por efecto de tiempos de evaluación, fuentes nitrogenadas y dosis, así como para las interacciones tiempos de evaluación x fuentes y dosis, fuentes x dosis de aplicación.

Al realizar la prueba de comparación de medias (y como se observa en la **Tabla 2, Figura 3**) las mayores poblaciones bacteriales se dieron con nitrato de potasio a los 30 y 60 días, lo cual sugiere que la aplicación del fertilizante incrementó la población bacterial alcanzándose el máximo valor un mes después de la aplicación; sulfato de amonio mostró comportamiento similar al anterior pero con valores poblacionales inferiores, mientras que la fuente ureica (Colácteos) no mostró incrementos importantes en la población bacterial a través del tiempo.

Tabla 2. Resultados de la prueba de comparación de medias para N° bacterias/g suelo seco

Tiempo (días)	Bacterias	Fuentes	Bacterias	Dosis	Bacterias
30	2.83x10 ⁹ a	NK	2.2x10 ⁹ a	150	1.7x10 ⁹ a
60	1.76x10 ⁹ b	COL	1.0x10 ⁹ b	75	1.6x10 ⁹ a
45	0.91x10 ⁹ c	SAM	0.9x10 ⁹ b	25	0.8x10 ⁹ b
15	0.88x10 ⁹ c				
75	0.70x10 ⁹ c				

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí (test de DMS, P < 0,05)

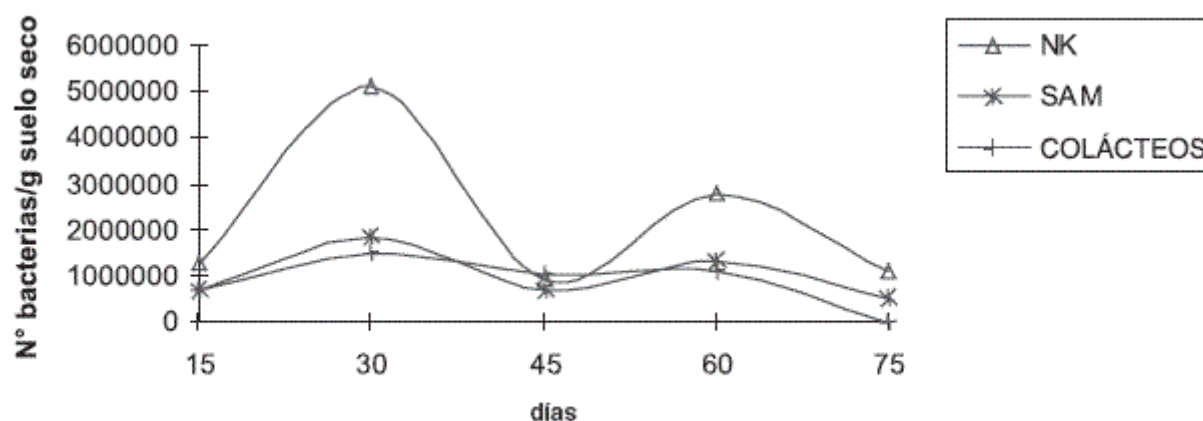


Figura 3. Efecto de la interacción tiempos de evaluación*fuentes nitrogenadas sobre N°bacterias/g suelo seco

El mismo comportamiento se observó cuando se analizaron las dosis; con 150 kg/ha, mostrando los picos máximos de población bacterial a los 30 y 60 días, con 75 kg/ha a los 30 días y con 25 kg/ha los valores fueron relativamente constantes (**Figura 4**).

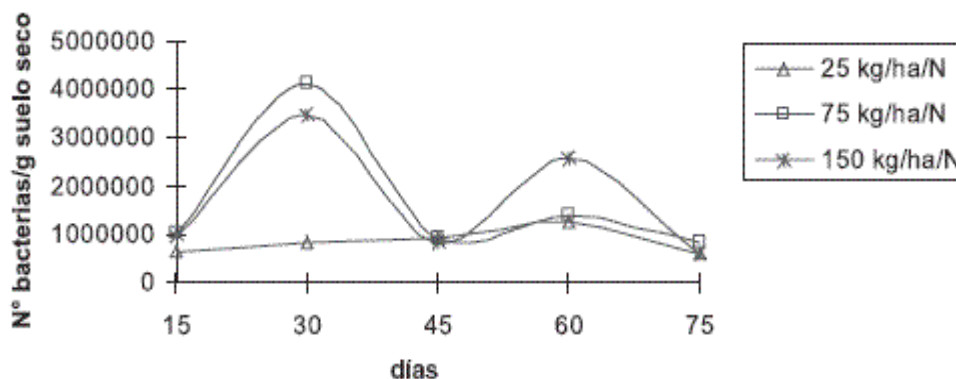


Figura 4. Efecto de la interacción tiempos de evaluación*dosis de aplicación sobre el N° bacterias/g suelo seco (miles)

En la **Figura 5**, generada a partir de los datos de la prueba de comparación de medias (DMS, $P < 0,05$) se observa que el nitrato de potasio favoreció la población bacteriana, especialmente en las dosis de 75 y 150 kg/ha, mientras que para las otras fuentes de nitrógeno los valores fueron bajos en cualquiera de las dosis empleadas.

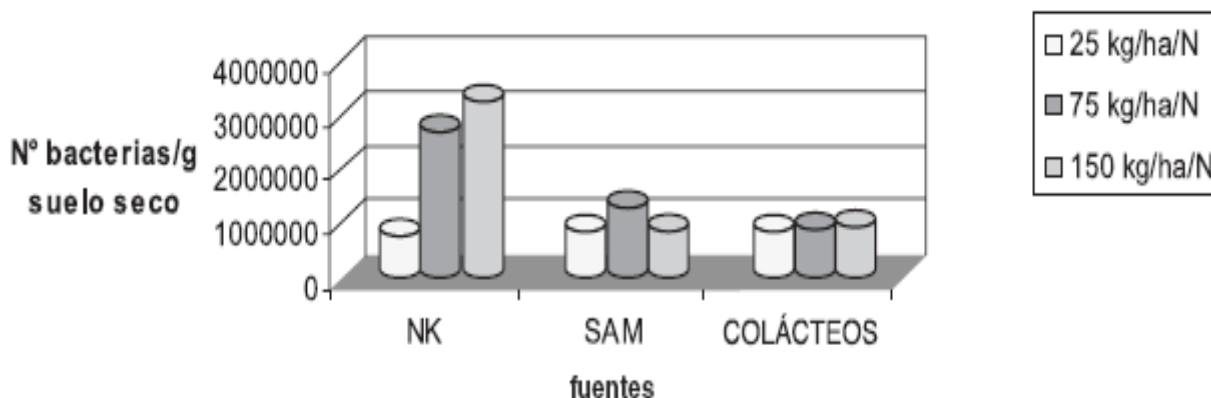


Figura 5. Efecto de la interacción fuentes nitrogenadas*dosis de aplicación sobre el N° de bacterias/g suelo seco

En cuanto a la interacción tiempo x épocas de aplicación del fertilizante, las mayores poblaciones de actinomicetos se reportaron a los 30 y 45 días cuando se aplicó todo el fertilizante al momento de la siembra, luego en forma fraccionada; menores poblaciones se presentaron cuando se aplicó todo el fertilizante a los 45 días, el cual parece presentar los valores máximos a los 60 días de evaluación y luego las poblaciones decaen en el tiempo en forma general (**Figura 6**).

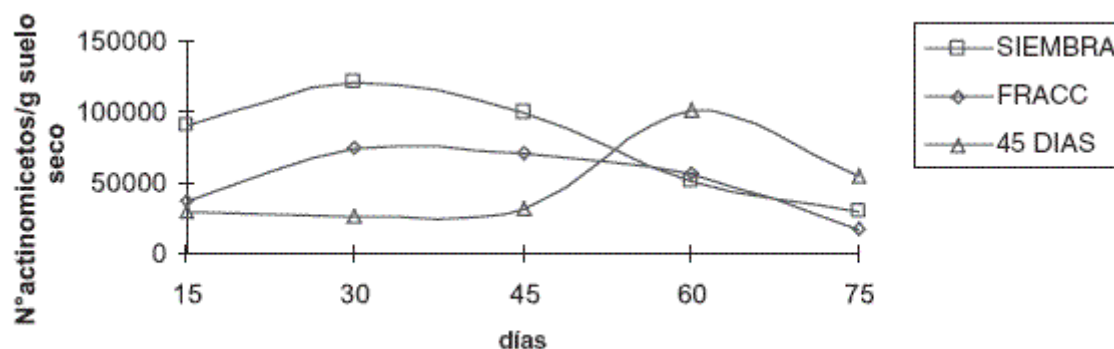


Figura 6. Efecto de la interacción tiempos de evaluación*épocas de aplicación sobre el N° actinomicetos/g suelo seco (miles)

Cuando se analizó el efecto de la interacción tiempo de evaluación x fuente, se encontró que el nitrato de potasio produjo el máximo número de actinomicetos a los 30 días; Colácteos entre los 45 y 60 días y el sulfato de amonio poblaciones inferiores con picos de máximos a los 30 y 60 días (Figura 7).

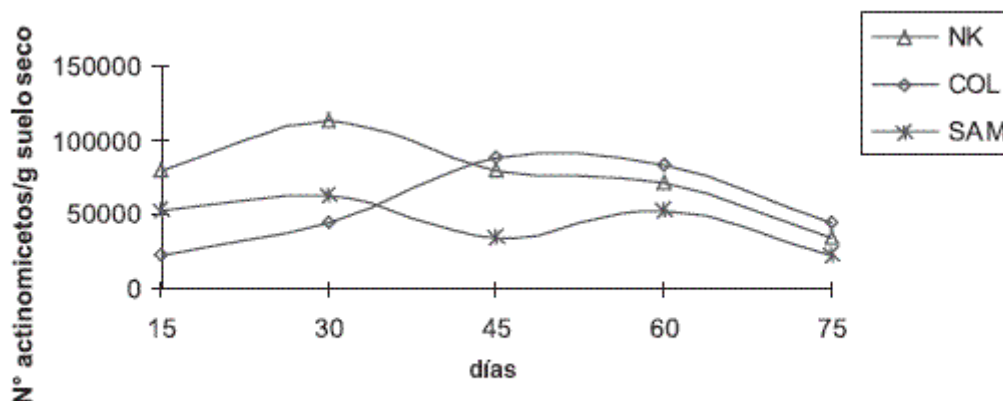


Figura 7. Efecto de la interacción días de evaluación*fuentes nitrogenadas sobre el N° actinomicetos/g suelo seco (miles)

Los nutrientes suplen energía para crecimiento y reacciones químicas. Los carbohidratos de nutrientes orgánicos son oxidados en la respiración y la energía liberada es usada para dirigir reacciones químicas para síntesis de componentes bioquímicos necesarios para el crecimiento y mantenimiento de las poblaciones. Además, los microorganismos deben tener una concentración adecuada de elementos minerales esenciales (Burbano, 1989).

Rendimiento de forraje fresco

Los sistemas de producción predominantes en el Altiplano de Nariño corresponden a la interfase papa-pastos-bovinos de leche y pastos-bovinos de leche. A estos sistemas se dedican aproximadamente 33000 productores, 87% de los cuales cuentan con predios inferiores a 20 ha (Guerrero, 1998).

La respuesta a la fertilización nitrogenada depende del tipo de suelo, niveles de fertilidad, balance entre los distintos nutrientes disponibles, especie de forraje y condiciones climáticas (Villamizar y Bernal, 1994; Mendoza, 1980; Izquierdo, 1981; Lotero y Monsalve, 1970).

En esta investigación el sulfato de amonio produjo mayores rendimientos cuando se aplicó todo al momento de la siembra (39.64 t/ha), que nitrato de potasio (30.48 t/ha) y colácteos (30.66 t/ha). Cuando todo el fertilizante se aplicó a los 45 días el mejor comportamiento se obtuvo con nitrato de potasio (44.08 t/ha) en comparación con la fuente ureica colácteos (30.31 t/ha) y sulfato de amonio (29.77 t/ha). En la aplicación fraccionada los rendimientos fueron muy semejantes con valores de 34.97 t/ha, 30.53 t/ha y 30.66 t/ha, para las fuentes colácteos, sulfato de amonio y nitrato de potasio, respectivamente (**Figura 8**).

Al comparar la efectividad de las dosis se registro mejor comportamiento con la dosis media de nitrato de potasio (39.33 t/ha), dosis media y alta de sulfato de amonio (37.68 y 37.15 t/ha) y dosis alta de colácteos (43.5 t/ha) (**Figura 9**).

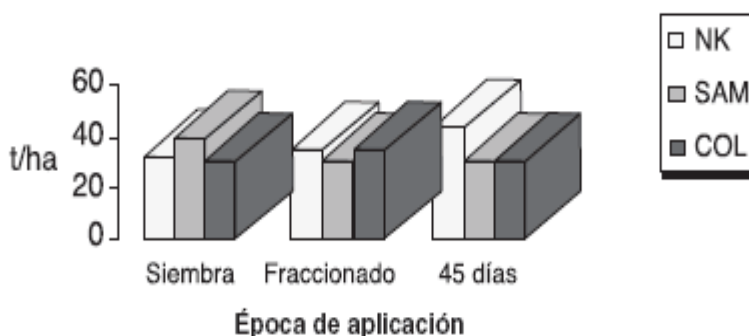


Figura 8. Efecto de la interacción épocas de aplicación*fuentes nitrogenadas sobre el contenido de proteína (t/ha) en avena forrajera

En general los rendimientos alcanzados en este estudio para la avena forrajera var. Cayuse, pueden considerarse altos si se comparan con los reportados por Corpoica (2003), cuando afirma que la productividad de la variedad cosechada para ensilaje fue de 25.6 t/ha en 15 localidades del departamento de Nariño; el resultado permite identificar el mal manejo de la fertilización, especialmente la nitrogenada, como uno de los problemas que están originando bajas producciones de forraje.

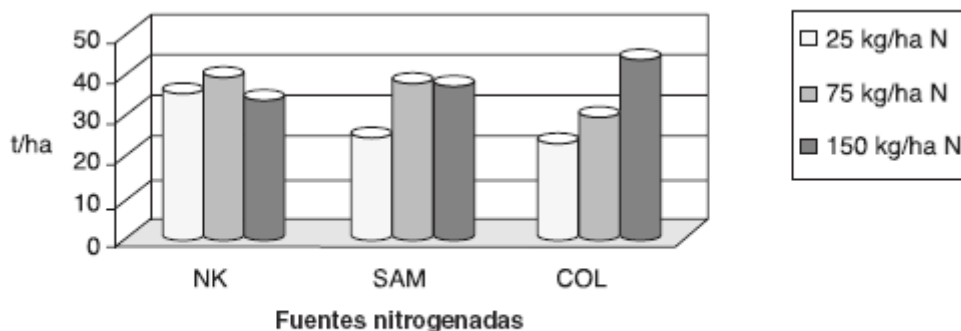


Figura 9. Efecto de la interacción fuentes nitrogenadas*dosis sobre el rendimiento (t/ha) en avena forrajera

Se comprobó igualmente una relación importante entre el rendimiento de forraje de avena y la intensidad de respiración del suelo, medida como CO₂ del suelo, y la población microbiana total. Se observó tendencia positiva para el rendimiento en función de la respiración (CO₂) y la población microbiana, que obedeció al siguiente modelo:

$$\text{Rendimiento} = 16.12 \text{ mgCO}_2 + 0.0000046 \text{ pobl} - 0.0000021 \text{ gCO}_2 * \text{pobl. } r^2=93.9$$

Materia seca

La producción de materia seca es un parámetro de gran importancia cuando se analiza la productividad de un forraje desde la óptica de la nutrición. En la ganadería intensiva, los pastos y forrajes cultivados requieren cantidades adecuadas de nitrógeno, para poder lograr mayores producciones de materia seca y alta carga animal. Generalmente el N es insuficiente en los suelos trópicos y es el elemento más importante para el crecimiento de las gramíneas. Este macronutriente influye positivamente en la producción de materia seca y contenido de proteína cruda (Crespo, 1986).

Los mayores rendimientos en materia seca se alcanzaron con sulfato de amonio (7.58 t/ha), cuando la aplicación se hizo en el momento de la siembra, mientras que no se observaron diferencias entre las fuentes cuando se fraccionaron. Al fertilizar a los 45 días el nitrato de potasio fue el más productivo (7.61 t/ha) que el sulfato de amonio (5.63 t/ha) y Colácteos (6.03 t/ha) (**Figura 10**).

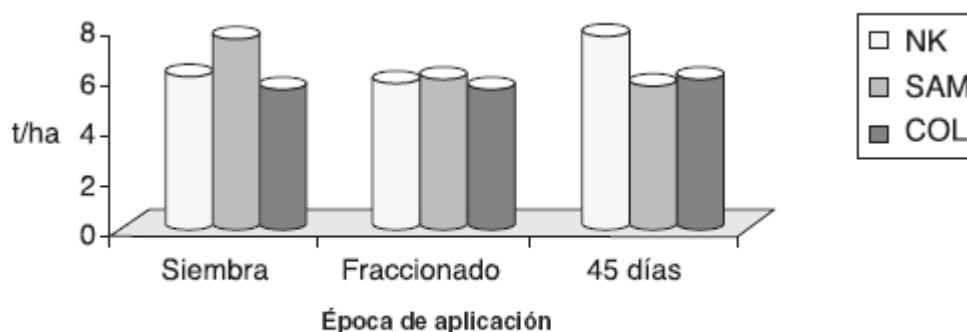


Figura 10. Efecto de la interacción época de aplicación*fuentes nitrogenadas sobre la producción de materia seca (t/ha) en avena forrajera

Al comparar las producciones de materia seca, según la cantidad del fertilizante aplicado, las mejores producciones se alcanzaron con la dosis media de nitrato de potasio, dosis media y alta de sulfato de amonio y dosis alta de Colácteos (**Figura 11**); es importante anotar que con las dosis altas de nitrato de potasio disminuyó la materia seca. Al respecto, Soller y Rhykerd (1974) citado por Guerrero (1993), han reportado disminuciones de hasta el 7% en el contenido de materia seca del forraje cuando se fertiliza con dosis altas de N, debido a un incremento en el contenido de agua en la planta.

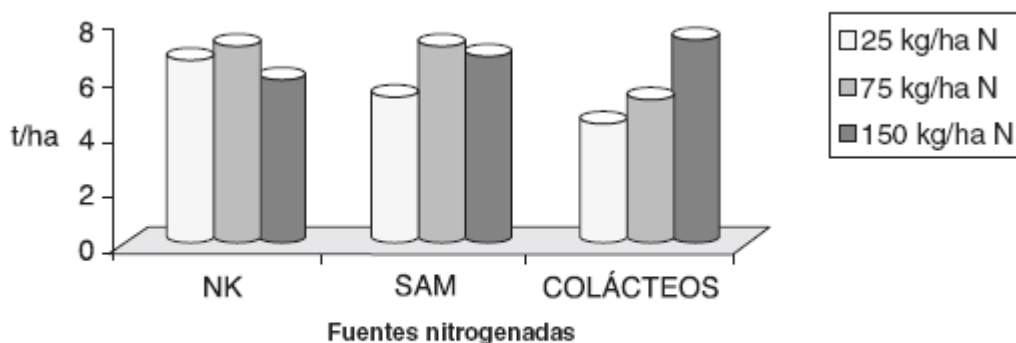


Figura 11. Efecto de la interacción fuentes nitrogenadas*dosis de aplicación sobre la producción de materia seca (t/ha) en avena forrajera

Contenido de proteína

Uno de los parámetros importantes para medir el valor real de un forraje en la alimentación, es su contenido de proteína (Villamizar y Bernal, 1994).

Cuando la aplicación de fertilizante se hizo al momento de la siembra, el contenido de proteína fue mayor con sulfato de amonio (0.99 t/ha), en contraste con el nitrato de potasio (0.42 t/ha) y colácteos (0.38 t/ha). Cuando la aplicación se fraccionó, la producción de proteína mostró el siguiente orden: nitrato de potasio (0.46 t/ha), sulfato de amonio (0.60 t/ha) y colácteos (0.67 t/ha), respectivamente. La aplicación de nitrato de potasio produjo los mayores rendimientos de proteína (0.80 t/ha) en comparación con el sulfato de amonio (0.41 t/ha) y colácteos (0.37 t/ha), cuando se aplicó todo el fertilizante a los 45 días (**Figura 12**).

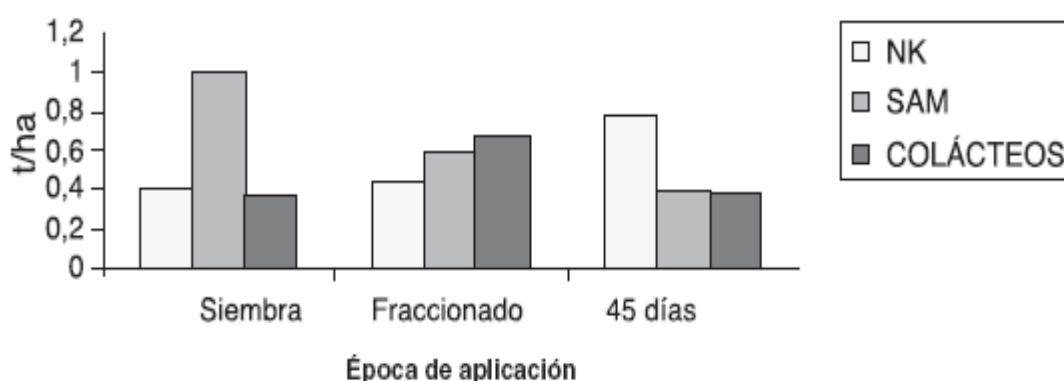


Figura 12. Efecto de la interacción época de aplicación*fuentes nitrogenadas sobre el contenido de proteína (t/ha) en avena forrajera

CONCLUSIONES

- La actividad microbial, evaluada por la producción de CO₂ en el suelo de Botana, se incrementó con la aplicación total del fertilizante al momento de la siembra o a los 45 días y con las dosis mayores sin importar la fuente nitrogenada. Los mayores incrementos se presentaron dos semanas después de la aplicación de los fertilizantes.
- El número de bacterias en el suelo se vio afectado por los tiempos de evaluación, fuentes y dosificaciones. Las poblaciones de hongos y de actinomicetos se vieron afectadas por los tiempos de evaluación.
- El número promedio de bacterias/g suelo expresado en miles fue de $1'40 \times 10^9$, el de hongos/g de suelo de 52.36×10^3 y el de actinomicetos/g de suelo de 60.302×10^6
- La época de aplicación de los fertilizantes no afectó la población de bacterias, ni la de hongos; sin embargo cuando se aplicó todo el fertilizante en la siembra se estableció un incremento en el número de actinomicetos. Las poblaciones de bacterias y actinomicetos también se incrementaron cuando se utilizaron dosis altas de nitrato de potasio.
- El rendimiento de avena se vio afectado por el efecto de fuentes nitrogenadas y dosis de aplicación. La materia seca de avena se vio afectada por las épocas de aplicación, fuentes y dosis. En el rendimiento de proteína el resultado fue contrario al obtenido para materia seca.
- Los máximos valores de rendimiento, materia seca y proteína se lograron con la aplicación de todo el fertilizante al momento de la siembra o a los 45 días; con las dosis de 75 y 100 kg/ha/N; en cuanto a las fuentes, el nitrato de potasio produjo los mayores rendimientos de forraje, colácteos los mayores contenidos de materia seca y la fuente sulfato de amonio las producciones más altas de proteína.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson J.M. e Ingram J.I.I. Tropical soil biology and fertility. A Handbook of methods. 2a. ed. Pg. 68-70. CAB Internacional, 1993.
- Alexander, M. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. Del inglés por Juan José Peña Cabriales. México, AGT, 1980. 491 p.
- Brady, N. C. Natureza e propiedades dos solos, "The nature and properties of soils". Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo F°. 7° ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. Pp 277-279.
- Burbano, H. Manual de laboratorio: Curso de bioquímica de suelos (versión preliminar). Bogotá: s.e, 1978.
- Burbano, H. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto: 1989. 447 p.
- Burbano, H. Materia orgánica, acción microbial y alternativas biorgánicas para la sostenibilidad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Capítulo Tolima. 2002. 13 – 30 p.
- Cerri C. C., D. S. Jenkinson. Formation of microbial biomass during the decomposition of ¹⁴C labelled ryegrass in soil. J. Soil Sci. 32:619-626. 1981.
- Ceuleman, S. I., I. Impens; R. Gabriels. CO₂ evolution from different types of soil cover in the tropics. Trop. Agric. (Trinidad). 64:59-68. 1987.

- Collins, H., L. Elliot., R. Papendick. Wheat straw decomposition and changes decomposability during field exposure. *Soil Sci. Soc. Am J.* 54:1013-1016. 1990.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica. Obonuco Avenar: nueva variedad mejorada de avena forrajera para la alimentación de bovinos de los sistemas de producción del altiplano de Nariño. San Juan de Pasto, 2003. (Boletín técnico N° 2).
- Cortés, F., Viveros, M.A. Guías de laboratorio para análisis bromatológico. Pasto: Universidad de Nariño, 1975. 26 p.
- Crespo, G, J. Aspiolea, Y M. López. Nutrición de pasto. En: Los pastos en Cuba (Ed. M. Sistachs, G. Crespo, G. Febles, R.S. Herrera, T.E. Ruiz). La Habana, Producción EDECA. 1986. p. 345-416.
- Davelouis, J., P. Sánchez, Y. Hseih; L. Nelson. Decomposition rates of green manure in an acid ultisol. *Trop. Soil. Technical Report*, 1991. pp. 284-285.
- Guerrero, R. Fertilización de pastos mejorados. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2ª. Reimpresión. *Abonos Nutrimos*: 157-175. 1993.
- Guerrero, R. Fertilización de cultivos de clima frío. Santafé de Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1998. 421 p.
- Izquierdo F., P. Efecto de la frecuencia de corte, la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de materia seca del raigrás aubade (*Lolium hybridum*): Tesis de Zootecnista. Bogotá. Universidad Nacional. Facultad de Zootecnia. 1981. 105 p.
- Mendoza M., P. Fertilización de praderas en Colombia. *Suplemento Ganadero* 1(4): 19-30. 1980.
- Lotero, J.C., Monsalve, A. Efecto de fuentes y dosis de aplicación de nitrógeno en las propiedades químicas del suelo. *Revista ICA (Colombia)* 5(3): 192-220. 1970.
- Lynch J., L. Panting. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 12: 29-33. 1980.
- Parker, L.W., Miller, J., Y. Steinberger; Whitford. Soil respiration in a Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biol Biochem* 15:303-309. 1983.
- Puig-gimenez, M. H.; E. F. Chase. Laboratory studies of factors affecting microbial degradation of wheat straw residues in soil. *Can. J. Soil Sci.* 64:9-19. 1994.
- Quemada, M., Menacho, E. Emisión de CO₂ y mineralización de nitrógeno en un suelo previamente tratado con lodo de depuradora. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. 1999.
- Sañudo, B., Arteaga, M., Vallejo, W. Fundamentos de micología agrícola. San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, 2001. 201 p.
- Siqueira, S., Mureira, F., Grisi, B., Hungría, M.; Araújo, R. Microorganismos e procesos biológicos do solo. Brasilia. Embrapa. 1994. 142 p.
- Smith, J., Mcneal, B, Cheng, H. Estimation of soil microbial biomass: An analysis of the respiratory response of soil. *Soil Biol Biochem.* 17:11-16. 1985.
- Stevenson. F.J. Nitrogen as a plant nutrient. In Eds Cycles of soil. New York: John Wiley 1986. p 112-115.
- Villamizar R., F. y Bernal E., J. Fertilización de pastos. En: Curso de pastos y forrajes. ICA Pp. 82-101. 1994.