

Efectos de la fertilización con N, P, K, micronutrientes y gallinazo en el establecimiento de la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

The effect of preplant fertilization with N, P, K, micronutrients and poultry manure in the establishment of alfalfa (*Medicago sativa*) and kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) intercropping.

Daniel Machado¹
Ciro Dávila²

Resumen

Se evaluó el efecto del nitrógeno, fósforo, potasio, micronutrientes y gallinazo, incorporados antes de la siembra, sobre el rendimiento anual de materia seca y contenido proteínico de los componentes de la asociación de alfalfa y kikuyo, manejada con un método de pastoreo rotativo, en Cacute, Edo. Mérida, Venezuela. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos de fertilización fueron veinte: Doce correspondientes a un arreglo factorial de N, P y K (en niveles, kg/ha, de: 0; 160 y 320 de N; 0 y 160 de P₂O₅ y 0 y 160 de K₂O). Cuatro combinaciones de fórmula completa triple 15 en dos niveles (160 y 320 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O) con y sin adición de micronutrientes (B, Mo, Co, Cu, Mn y Zn). Y cuatro tratamientos con Gallinazo (2; 4; 8 y 16 t/ha). La producción de alfalfa aumentó significativamente (P < .01) y la del kikuyo disminuyó significativamente (P < .05) debido al suministro de micronutrientes. Las producciones de alfalfa y de alfalfa+kikuyo aumentaron significativamente (P < .01) al incrementar el nivel de nitrógeno. Las producciones de alfalfa y de alfalfa+kikuyo aumentaron significativamente (P < .01) al incrementar el nivel de gallinazo. La producción de kikuyo aumentó significativamente (P < .1) con el suministro de potasio. Las producciones de alfalfa y de kikuyo no variaron significativamente (P > .1) con el suministro de fósforo. Los contenidos de proteína cruda en la alfalfa y en el kikuyo no variaron significativamente (P > .1) con los tratamientos.

Palabras claves: *Medicago sativa*, *Pennisetum clandestinum*, fertilización, establecimiento.

Recibido el 18-12-1995 ● Aceptado el 29-05-1996

1. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. La Hechicera. Mérida, Venezuela.

2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (I.I.A.P.). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Apartado 77. Mérida, Venezuela.

Abstract

The effects of nitrogen, phosphorous, potassium, micronutrients and poultry manure, applied before seeding, on annual dry matter yield and protein content of the alfalfa-kikuyu grass mixture under a rotational grazing management were studied in Cacute, Mérida State, Venezuela. The experimental design used was randomized blocks with three replications. The following treatments were conducted: Twelve corresponds to a complete factorial N,P,K (the levels, kg/ha, were: 0, 160 and 320 of N; 0 and 160 of P_2O_5 and 0 and 160 of K_2O). Four combinations of complete mixed fertilizer triple 15 at two levels (160 and 320 kg/ha of N, P_2O_5 and K_2O) with and without micronutrients (B, Mo, Co, Cu Mn y Zn). And four with poultry manure (2; 4; 8 and 16 t/ha). Alfalfa dry matter yield increased ($P < .01$) significantly with micronutrients while kikuyu yield decreased. Alfalfa and alfalfa + kikuyu production increased ($P < .01$) with the level of N applied; also they increased ($P < .01$) when poultry manure was added to the plots. Kikuyu grass yield increased significantly ($P < .1$) when potassium was applied. Phosphorous did not change significantly ($P > .1$) the alfalfa and kikuyu grass yields. Crude protein content of the species were not affected by the treatments.

Key words: *Medicago sativa*, *Pennisetum clandestinum*, fertilization, establishment.

Introducción

En los Andes Venezolanos, en las zonas situadas entre los 1000 y 3000 msnm de los estados Mérida, Táchira y Trujillo, en numerosas fincas se ha implantado un sistema de producción lechera que se basa fundamentalmente en rebaños de bovinos de alto potencial genético para la producción de leche alimentados con concentrados industriales de alto contenido proteínico y pastoreo rotativo en potreros con pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) fertilizados con urea (3, 21)).

Sin embargo, en los últimos años, debido al aumento relativo de los precios de los alimentos concentrados y de los fertilizantes, este sistema intensivo de producción se ha hecho menos rentable, trayendo como conse-

cuencia una disminución en la producción lechera de la región.

El cultivo de la Alfalfa (*Medicago sativa*), debido a su capacidad de fijar nitrógeno del aire, su alto contenido en proteínas y otros nutrimentos, buena digestibilidad y excelente aceptabilidad por los bovinos podría ser una alternativa a estudiar para mejorar la producción de forraje en la zona alta y disminuir así la dependencia de fertilizantes nitrogenados y alimentos concentrados.

Debido a que la pedregosidad del suelo y la topografía inclinada de la región dificultan la mecanización de cultivos de alfalfa pura y como el pastoreo de éstos produce timpanismo en las vacas, sería preferible en esta

zona cultivar la alfalfa asociada con pasto kikuyo que es la gramínea forrajera predominante en la región y manejar la asociación con un método de pastoreo rotativo (8, 15).

Chamblee (5) indica que los rendimientos y la proporción de los componentes en las mezclas de alfalfa y gramíneas pueden ser parcialmente controlados para un clima determinado, seleccionando: la especie de gramínea, la época y densidad de siembra, la fertilización y el momento y altura de defoliación.

Estudios sobre los efectos de la fertilización nitrogenada en cultivos puros de alfalfa y en mezclas de alfalfa con gramíneas han producido resultados distintos. Así Rhykerd y Overdahl (25) presentan una revisión de experiencias realizadas por distintos autores sobre fertilización nitrogenada en cultivos puros de alfalfa y algunos en mezclas de alfalfa y gramíneas concluyendo que: 1- Una cantidad baja de N, aproximadamente de 16 a 27 kg/ha, agregada en el establecimiento de cultivos puros de alfalfa resulta beneficiosa en suelos con bajo contenido de materia orgánica, mientras que adiciones mayores pueden causar reducción del rendimiento o ningún efecto. 2- La fertilización nitrogenada generalmente no causa un aumento en los rendimientos de las mezclas de alfalfa y gramíneas, pero si esto ocurre, se debe al aumento del rendimiento de la gramínea. Algunas experiencias muestran una disminución en el porcentaje de alfalfa en la mezcla después de la aplicación de N. Mientras, en Cuba, López *et al.* (13) estudiaron el efecto de la fertilización

con N, P, K y Ca en alfalfa, concluyeron que en las condiciones del experimento el único elemento que causó un aumento en el rendimiento fue el N, en dosis hasta de 150 kg/ha. En Francia, Cruz y Lemaire (6) informan que en la asociación de alfalfa y dactilo (*Dactylis glomerata* L.), el suministro de 120 kg de N/ha en el primer corte y adiciones sucesivas de 60 kg de N/ha en los tres cortes siguientes, causaron un aumento en el rendimiento de alfalfa y una reducción en el rendimiento del dactilo con respecto a los tratamientos sin nitrógeno, evidenciándose la capacidad de la alfalfa de competir con el dactilo por el nitrógeno mineral. Además en otro trabajo, estos mismos autores (7) estudiaron la nutrición nitrogenada en la asociación de alfalfa y dactilo (*Dactylis glomerata* L.) y la compararon con la de los cultivos individuales, concluyendo que no encontraron un efecto positivo en los contenidos de nitrógeno del dactilo cuando se cultivaba con alfalfa y también que la fijación de nitrógeno atmosférico por parte del *Rhizobium* no era suficiente para cubrir la demanda nutricional de la alfalfa en la época de verano, cuando la velocidad de crecimiento de las plantas era muy rápida.

Con respecto al efecto de la fertilización nitrogenada en kikuyo, distintos investigadores informan importantes aumentos en el rendimiento de kikuyo al aumentar los niveles de N agregado (9, 11, 19, 24, 33). En los andes venezolanos, para el establecimiento de potreros de kikuyo, recomiendan suministrar nitrógeno en cantidad de: 72 kg/ha (22); 60 kg/ha

(2) y 50 a 100 kg de N/ha (29).

Vough y Decker (32) informan de aumentos en los rendimientos de cultivos puros de alfalfa y de mezclas de alfalfa y gramíneas con la adición combinada de fósforo y potasio en Maryland E.E.U.U. y recomiendan el suministro de 135 a 168 kg de P_2O_5 /ha de 583 a 729 kg de K_2O /ha para obtener rendimientos de 19.7 a 24.5 t de materia seca de alfalfa o de mezcla de alfalfa y gramínea/ha. En España, Del Pozo (10) recomienda suministrar de 40 a 120 kg de P_2O_5 /ha y de 35 a 140 kg de K_2O /ha para el establecimiento de cultivos puros de alfalfa según la fertilidad del terreno y la disponibilidad de riego.

Respecto al efecto de la fertilización con fósforo en kikuyo, se ha informado de aumentos moderados en los rendimientos del pasto debidos al suministro de fertilizantes a base de este elemento (12, 23). Deficiencias de potasio pocas veces han sido observadas (20). En la región andina venezolana para el establecimiento de potreros de kikuyo, recomiendan suministrar: 72 kg de P_2O_5 /ha y 36 kg de K_2O /ha (22); 60 kg de P_2O_5 /ha y 85 kg de K_2O /ha (2) y 50 a 100 kg de P_2O_5 y de K_2O /ha (29).

Los microelementos más importantes que son reconocidos como esenciales para la alfalfa son: boro, molibdeno, cobre, cobalto, manganeso y zinc (14). Rhykerd y Overdahl (25) recomiendan para el cultivo de alfalfa en Norteamérica, en suelos donde se conozcan deficiencias de cobre, manganeso o zinc, el suministro de 11 a 16.5 kg de sulfato cúprico/ha, 55 kg de sulfato de manganeso/ha y 5.6 a 17 kg de una sal soluble de zinc/ha, respec-

tivamente. Del Pozo (10) informa que la adición de 30 kg de borax/ha y de 2 kg de molibdato/ha, ha causado aumentos de la producción de alfalfa en España. En Francia, Loué (14) recomienda suministrar de 20 a 25 kg de borato de sodio/ha y 100 g de molibdeno/ha. En Colombia, Villamizar (31) recomienda suministrar 50 kg de bórax/ha anualmente.

Con respecto al efecto de micronutrientes en el pasto kikuyo, Cassidy (4) informa que esta gramínea es muy sensible a la falta absoluta de azufre, magnesio, cobre o manganeso y en menor grado a la falta de boro, molibdeno, calcio o zinc, pero no da resultados acerca de niveles de suficiencia.

Del Pozo (10) recomienda la adición de estiércol para el establecimiento de cultivos puros de alfalfa en suelos pobres, para mejorar su fertilidad y en suelos pesados para mejorar su textura, en dosis que varían de 10 a 30 t/ha. Schmitt *et al.* (27) informan sobre aumentos en los rendimientos de cultivos puros de alfalfa al suministrar abono animal antes de la siembra, en Minnesota, E.E.U.U.; las dosis agregadas fueron de 12,5; 25 y 50 t/ha.

En experiencias realizadas desde 1979 hasta 1988 en la Finca Santa Elena, Mérida, Venezuela, se ha observado que el suministro de abonos de origen animal (chivo o gallina) en suelos franco-arenosos, resulta beneficiosa para el establecimiento de cultivos puros de alfalfa (16).

Sobre los efectos de la fertilización en la asociación alfalfa-kikuyo, Urbano (30) señala, para un ensayo realizado

en Cacute, Edo. Mérida, Venezuela, sobre el mantenimiento de la asociación alfalfa-kikuyo, durante el cuarto año después de la siembra de la alfalfa y manejada bajo régimen de corte, que: los rendimientos de la asociación aumentaron por el agregado de fertilizantes nitrogenados, sin afectar la proporción de leguminosa en la mezcla; el suministro de fósforo no afectó los rendimientos; el suministro de potasio causó aumento en el rendimiento de la asociación y la adición de boro, cobre, molibdeno y zinc aumentó los rendimientos de la alfalfa.

Como una contribución para tratar de mejorar la producción de forrajes en el sistema de producción lechera en la zona alta se ha realizado este estudio, cuyo objetivo principal es evaluar la influencia que tienen distintos elementos: nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, involucrados en la fertilización mineral y orgánica (gallinazo), suministrados antes de la siembra, sobre los rendimientos y contenido proteínico de los componentes del forraje en la asociación de alfalfa y kikuyo, manejada con un método de pastoreo rotativo.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica y características agroecológicas. El experimento de campo se realizó en la Finca Santa Elena, ubicada en la localidad de Cacute ($8^{\circ} 41' N$ y $71^{\circ} 01' W$), en el Estado Mérida, a una altitud de 2100 msnm, en la margen izquierda del río Chama.

La zona de vida del área corresponde al Bosque húmedo montano bajo. El clima en la localidad se caracteriza por un régimen bimodal de precipitación: dos períodos lluviosos y húmedos (abril a mayo y septiembre a noviembre) alternados con dos períodos secos (diciembre a febrero y junio a agosto), diferenciándose estos últimos en que el primero presenta días con mayor insolación y temperaturas más bajas que el segundo. El mes de marzo es de transición. La precipitación media anual es de 1160 mm y la temperatura media es de $16^{\circ} C$.

Los potreros donde se localizaron las parcelas experimentales están

situados sobre una terraza aluvial del río Chama con una pendiente de 15 %. El suelo es un Inceptisol de textura franco arenosa, estructura granular, alto contenido de piedras (la fracción del esqueleto grueso $> 2mm$ es aproximadamente de 50 %) y drenaje interno de moderado a rápido.

Diseño experimental y tratamientos. El experimento se realizó en un potrero de kikuyo de $1400 m^2$ que venía siendo manejado, durante los últimos ocho años, en condiciones de pastoreo rotativo y con una fertilización aproximada de 500 kg de N/ha año, 40 kg de P_2O_5 /ha año y 40 kg de K_2O /ha/año. Se le suministró: cal agrícola en cantidad de 2 t/ha y herbicida Glifosato [sal propiónica de N-(fosfona metil) glicina, al 41 %], preparado al 1 % v/v en agua y agregado en proporción de 400 L/ha sobre todo el potrero, nueve y cuatro meses, respectivamente, antes de la siembra de la semilla de la alfalfa.

Después que se secó el kikuyo, se dieron dos pases de arado y dos pases de rastra alternadamente; se extrajeron piedras grandes y estolones de kikuyo seco que estorbaban para la siembra y se añadieron 150 kg de $MgSO_4$ anhidro/ha (17).

El diseño experimental fue de bloques al azar con 20 tratamientos de fertilización y tres repeticiones.

Los 20 tratamientos de fertilización suministrados, se clasifican en tres grupos y fueron (cuadro 1):

Doce tratamientos correspondientes a un arreglo factorial de N, P y K con los siguientes niveles: 0, 160, 320 kg de N/ha; 0, 160 kg de P_2O_5 /ha y 0, 160 kg de K_2O /ha. Siendo las fuentes de fertilizantes: urea, superfosfato triple y sulfato de potasio para N, P y K respectivamente.

Cuatro tratamientos correspondientes a las combinaciones de dos niveles de fertilizante fórmula completa 15-15-15 SP equivalentes a 160, 160, 160 y 320, 320, 320, kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O con y sin adición de micronutrientes (B, Mo, Co, Cu, Mn y Zn). Las cantidades utilizadas fueron: 30 kg de $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$; 0.5 kg de $Na_2MoO_4 \times 2H_2O$ y 5 kg de cada uno de los siguientes compuestos: $CoSO_4 \times 7H_2O$, $CuSO_4 \times 5H_2O$, $MnSO_4 \times H_2O$ y $ZnSO_4$ /ha. Las sustancias: sulfato de zinc, sulfato de cobalto y sulfato de manganeso, eran reactivos grado técnico; el molibdato de sodio era grado analítico.

Cuatro tratamientos con gallinazo seco en niveles de: 2, 4, 8 y 16 t/ha (ver niveles equivalentes de N, P, K y micronutrientes en el cuadro 1).

Se delimitaron tres bloques,

orientados perpendicularmente a la pendiente y en cada uno de éstos, 20 parcelas de 4m x 5m con un área efectiva de muestreo de 3m x 4m con el objeto de evitar la influencia de los tratamientos de las parcelas vecinas.

Los fertilizantes fueron añadidos dos días antes de la siembra e incorporados en los primeros 10 cm del suelo con escardilla.

La siembra de la semilla de alfalfa de la variedad "AS13", previamente inoculada con *Rhizobium melilotis* soportado sobre carbón esterilizado, se realizó el 23 de marzo de 1990, empleando una dosis de 25 kg de semilla/ha, distribuidas en hileras separadas 25 cm. Por cada kg de semilla de alfalfa se agregaron y se mezclaron justamente antes de la siembra: 200 g del inoculante, 150 mL de goma arábiga al 10 % y 50 g de fosforita. El establecimiento del kikuyo se basó en los rebrotes de estolones y germinación de semillas que no fueron afectadas por el herbicida y además por la germinación de semillas contenidas en las excretas animales.

Manejo del área experimental. El potrero (1400 m²) donde se localizó el experimento fue manejado con un método de pastoreo rotativo, 40 días de descanso y 2 días de ocupación con 20 vacas lecheras, en cada uno de los 8 pastoreos que se efectuaron durante el año. El primer pastoreo se realizó a los 84 días después de la siembra de la semilla de alfalfa.

Después de cada pastoreo se efectuaron sobre el forraje residual cortes de nivelación a 8 cm de altura con una máquina desmalezadora portátil con la finalidad de combatir

las malas hierbas y emparejar el residuo.

En los períodos secos se efectuaron riegos variables hasta 30 mm de lámina/semana. No se agregaron fertilizantes ni pesticidas adicionales durante el experimento.

Evaluaciones. Un mes antes de la siembra de la semilla de alfalfa se tomaron tres submuestras de suelo (0 a 25 cm) por bloque y se realizaron análisis de las muestras compuestas.

Al gallinazo empleado se le determinó el contenido de N, P y K. También se le estimó su contenido de micronutrientes utilizando "Test kits" de Merck (Merckquantâ y Microquantâ) para detectar la presencia de: Co, Cu, Mn, Mo y Zn.

Para determinar los rendimientos de materia seca de alfalfa y de kikuyo se cortaba, con hoz a una altura de 8 cm sobre el suelo, el forraje presente en un área circular de 0.5 m², cuyo centro era localizado al azar dentro del área efectiva de cada una de las parcelas, antes de cada uno de los pastoreos. Las muestras así tomadas, fueron separadas manualmente en alfalfa, kikuyo y otras especies para medir sus pesos frescos, luego se secaron en estufa a 70 °C, durante 72 horas y se midieron los

pesos del material seco (18). Con estos datos se calcularon los contenidos porcentuales de materia seca y producciones (t MS/ha) de alfalfa y de kikuyo.

Se calculó el contenido de proteína cruda, en base a materia seca, de cada una de las muestras de alfalfa y kikuyo tomadas antes de los pastoreos primero, quinto y octavo como: % de proteína cruda = % de nitrógeno total x 6.25 (1).

La determinación del % de nitrógeno en las muestras de alfalfa y de kikuyo se realizó previa molienda, hasta un tamaño de malla 1 mm, por triplicado, por el método de Kjeldahl (1).

Los resultados fueron analizados con las técnicas normales de análisis de varianza, empleando el programa SAS, procedimientos ANOVA y GLM tanto para el conjunto de todos los tratamientos como para cada uno de los grupos de tratamientos.

Con el objeto de determinar si las plantas de alfalfa fijaban nitrógeno del aire a los 80 días después de la siembra, se tomaron muestras de las raíces con sus nódulos de 10 plantas en cada uno de los tratamientos del experimento y se realizó el dosaje de la capacidad de reducción de acetileno (28).

Resultados y discusión

Efectos de la fertilización en la producción de materia seca. El análisis de varianza de la producción anual de materia seca, indica que existen variaciones altamente significativas ($P < .01$) en alfalfa y en alfalfa + kikuyo, entre los tratamientos. No así

para la producción de kikuyo ($P > .1$).

En el cuadro 1, se puede observar que los tratamientos con los que se obtuvo mayor producción anual de materia seca de alfalfa y de alfalfa + kikuyo son: gallinazo en sus dos niveles mayores (16 y 8 t/ha año); micro-

Cuadro 1. Materia seca promedio de alfalfa, kikuyo y alfalfa + kikuyo, producida durante el año y % de alfalfa+kikuyo en la asociación, para cada uno de los tratamientos de fertilización suministrados.

| Fuente | Tratamientos | | | | Materia seca producida | | | |
|--------|--------------------------|-------------------------------|------------------|--------|------------------------|---------|-----------------|--------------------------------------|
| | Niveles (kg/ha t/ha/año) | | | | Alfalfa | Kikuyo | Alfalfa +Kikuyo | % de Alfalfa+Kikuyo en la asociación |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Micros | | | | |
| N | 0.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1.95i | 1.89bc | 3.84h | 51 |
| | 0.0 | 0.0 | 160 | 0.0 | 6.72efgh | 6.55ab | 13.27bcde | 51 |
| P | 0.0 | 160.0 | 0 | 0.0 | 5.23fghi | 1.31c | 6.54fgh | 80 |
| | 0.0 | 160.0 | 160 | 0.0 | 3.14hi | 3.09bc | 6.22gh | 50 |
| P | 160.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 5.33fghi | 2.46bc | 7.79efgh | 68 |
| | 160.0 | 0.0 | 160 | 0.0 | 4.51ghi | 3.50abc | 8.01efgh | 56 |
| P | 160.0 | 160.0 | 0 | 0.0 | 8.93defg | 3.03bc | 11.95cdef | 75 |
| | 160.0 | 160.0 | 160 | 0.0 | 5.18fghi | 3.27abc | 8.45defgh | 61 |
| K | 320.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 9.22def | 4.54abc | 13.76bcd | 67 |
| | 320.0 | 0.0 | 160 | 0.0 | 5.57efghi | 3.65abc | 9.22defgh | 60 |
| K | 320.0 | 160.0 | 0 | 0.0 | 7.53defgh | 3.45abc | 10.98defg | 69 |
| | 320.0 | 160.0 | 160 | 0.0 | 9.84cde | 4.12abc | 13.96bcd | 70 |
| FC | 160.0 | 160.0 | 160 | 0.0 | 6.45efgh | 2.89bc | 9.34defgh | 69 |
| | 320.0 | 320.0 | 320 | 0.0 | 11.48bcd | 5.11ab | 16.59abc | 69 |
| FC | 160.0 | 160.0 | 160 | 8.7 | 15.07ab | 1.55c | 16.61abc | 90 |
| | 320.0 | 320.0 | 320 | 8.7 | 15.28ab | 1.66bc | 16.93abc | 90 |
| G | 2 | 80.0 | 80 | 0.8 | 9.24def | 3.21abc | 12.45bcde | 74 |
| | 4 | 160.0 | 160.0 | 1.6 | 10.00cde | 2.81bc | 12.81bcde | 78 |
| G | 8 | 320.0 | 320.0 | 3.2 | 13.84abc | 4.05abc | 17.89ab | 77 |
| | 16 | 640.0 | 640.0 | 6.4 | 16.82a | 2.91bc | 19.73a | 85 |

N: Urea. P: Superfosfato triple. K: Sulfato de potasio. FC: Fórmula completa 15-15-15 (N-P-K). G: Gallinazo. a, b, c, d, e, f, g, h, i: Medias con las mismas letras no presentan diferencias significativas (Duncan, $\alpha = .05$).

nutrimentos en los dos niveles de fórmula completa NPK y fórmula completa NPK en el nivel de 320, 320, 320 sin micronutrientes.

Efectos del suministro de nitrógeno, fósforo y potasio. En el análisis de varianza de las producciones anuales de materia seca, en las parcelas con los tratamientos que integran el diseño factorial con N, P y K, se obtuvieron los siguientes resultados:

Nitrógeno. Las producciones anuales de materia seca de alfalfa y de alfalfa + kikuyo, aumentaron de manera altamente significativa ($P < .01$) al incrementar los niveles de nitrógeno agregado, tal como se puede observar en la figura 1.

Mediante el dosaje de la capacidad de reducción de acetileno se confirmó la fijación de nitrógeno atmosférico en las raíces de plantas de alfalfa de todos los tratamientos a los 80 días después de la siembra lo cual indica que la alfalfa respondió positivamente a la fertilización nitrogenada aún cuando ocurría fijación de nitrógeno.

Este efecto positivo de la fertilización nitrogenada sobre los rendimientos de la alfalfa es contradictorio con los resultados obtenidos por distintos autores en experiencias realizadas en zonas templadas (25) y coincide con los resultados informados sobre experiencias realizadas en regiones tropicales (13, 30) y con los resultados obtenidos en Lusignan (46° 25' de latitud Norte), Francia, en el verano (6, 7). Estas contradicciones, pudieran deberse a los factores edáficos y climáticos responsables de la dinámica del nitrógeno en el microambiente

donde crecen las plantas de alfalfa y que afecten el proceso de fijación del nitrógeno del aire por parte de las bacterias *Rhizobium* y/o la disponibilidad del nitrógeno del suelo, causando variaciones en la dinámica de crecimiento de la alfalfa.

El hecho de que no se observara un aumento significativo en las producciones de kikuyo, al aumentar los niveles de nitrógeno añadido, tal como lo han informado varios investigadores (9, 11, 19, 24, 33) para cultivos de kikuyo puro y como lo informa Pearson *et al.* (24) para cultivos de kikuyo y trébol (*Trifolium repens*); parece indicar que la alfalfa es capaz de competir con el kikuyo por el nitrógeno agregado, de manera similar al caso informado por Cruz y Lemaire (6, 7) donde la alfalfa compitió con el pasto dactilo (*Dactylis glomerata* L.) por el nitrógeno mineral suministrado.

Fósforo. No se observan variaciones significativas ($P > .1$) en las producciones de materia seca de alfalfa, de kikuyo ni de alfalfa + kikuyo, debidas a la adición de fósforo y tampoco a las interacciones de este elemento con nitrógeno y/o potasio. Estos resultados unidos a los del análisis de suelo (cuadro 4) indican que el fósforo se encontraba en este suelo, en cantidad suficiente para el crecimiento de las dos especies.

Potasio. La producción de materia seca de kikuyo aumentó significativamente ($P < .1$) con la aplicación de potasio (figura 2).

La variación entre dos especies en cuanto a la absorción de potasio depende de sus diferencias en la

capacidad de tomar K de la solución del suelo y de la exploración radical; añadiendo que en general las gramíneas absorben el K en solución a una velocidad mayor que las leguminosas (26). Entonces el hecho de que se observe una respuesta positiva del kikuyo al suministro de K sin que la alfalfa se vea afectada pudiera deberse a que el potasio originalmente presente en el suelo no es suficiente para el kikuyo mientras que la alfalfa lo podría absorber del subsuelo gracias a la profundidad de su sistema radical.

Efectos de la aplicación de micronutrientos. En el análisis de varianza de las producciones de materia seca en las parcelas con los tratamientos N,P,K fórmula completa en dos niveles sin y con suministro de micronutrientos resultó que existen variaciones significativas en las producciones anuales de materia seca

de alfalfa ($P < .01$) y de kikuyo ($P < .05$) debido a la adición de micronutrientos.

Los resultados de este análisis se evidencian de manera gráfica en la figura 3, donde podemos observar que la producción media anual de alfalfa aumenta drásticamente con la adición de micronutrientos para los dos niveles de fórmula completa y que la producción media de materia seca de alfalfa en los tratamientos con micronutrientos, pero con distintos niveles de aplicación N, P, K, son muy parecidas. Es posible que este hecho se deba a que uno o más micronutrientos contribuyan a aumentar la fijación de nitrógeno por las bacterias *Rhizobium*, como es el caso del Mo y el Co, o a aumentar la capacidad de utilización del N del suelo por las plantas, al intervenir en ciertos procesos: activación de enzimas,

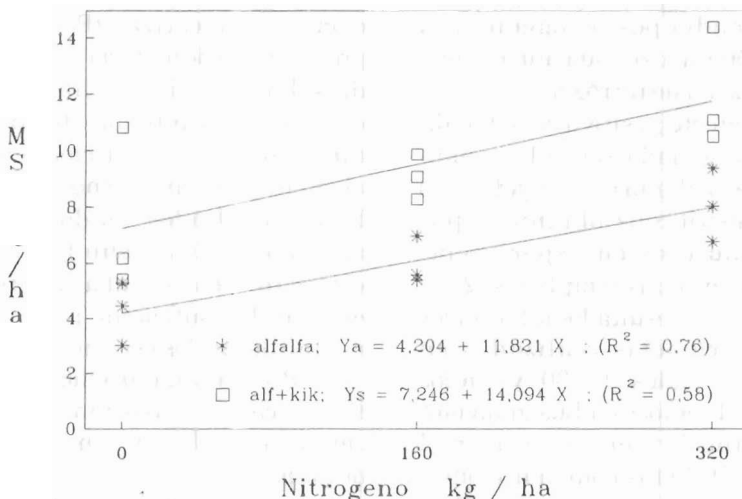


Figura 1. Producción anual de materia seca de alfalfa y de alfalfa + kikuyo, en relación con el nivel de nitrógeno suministrado. (Los puntos representan los valores medios por bloque).

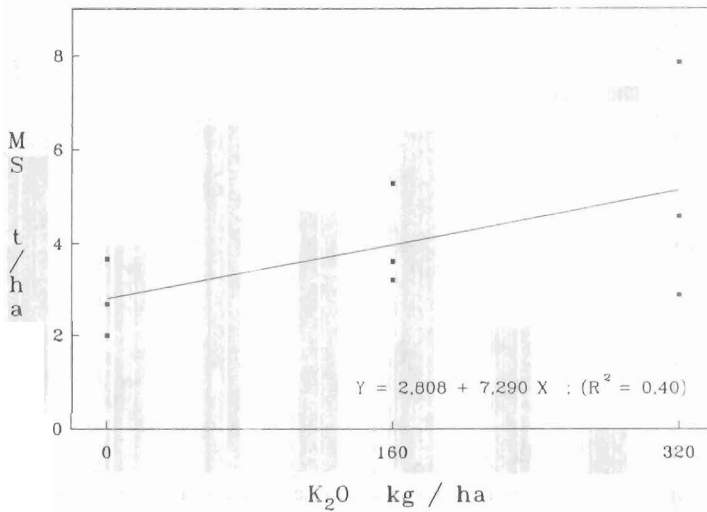


Figura 2. Producción anual de materia seca de kikuyo en relación con el nivel de potasio suministrado (Los puntos representan los valores medios por bloque).

reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos y proteínas, como es el caso del B, Cu, Mo, Mn y Zn (14).

Por otra parte, se observa que la producción media anual de materia seca de kikuyo disminuye con la aplicación de micronutrientes, para los dos niveles de fórmula completa. Este hecho, probablemente se deba a que al desarrollarse mejor las plantas de alfalfa, estas interceptan gran parte de la luz que de otra forma llegaría a las plantas de kikuyo, cuya tasa de crecimiento disminuye, no obstante la adición de micronutrientes al suelo.

El resultado de estas dos tendencias opuestas, trae como consecuencia que la producción media de alfalfa + kikuyo aumente debido al incremento en la producción de alfalfa con la adición de micronutrientes, para el nivel menor de fertilización N, P, K; pero no se modifica para el nivel mayor de fertilización N, P, K, debido a que

el aumento en la producción de materia seca de alfalfa al aplicar los micronutrientes, es contrarrestada por una disminución en la producción de kikuyo.

Efectos del suministro de gallinazo. El análisis de varianza de las producciones anuales de materia seca obtenidas en las parcelas testigo y en las parcelas que recibieron tratamientos con gallinazo, indica que existe variación altamente significativa ($P < .01$) en alfalfa y en alfalfa + kikuyo, debido al suministro de gallinazo. No así para las producciones de kikuyo.

En la figura 4 se observa como aumentan las producciones medias anuales de materia seca de alfalfa y de alfalfa + kikuyo a medida que se incrementan los niveles de gallinazo agregado.

Estos aumentos en las producciones de materia seca, podemos

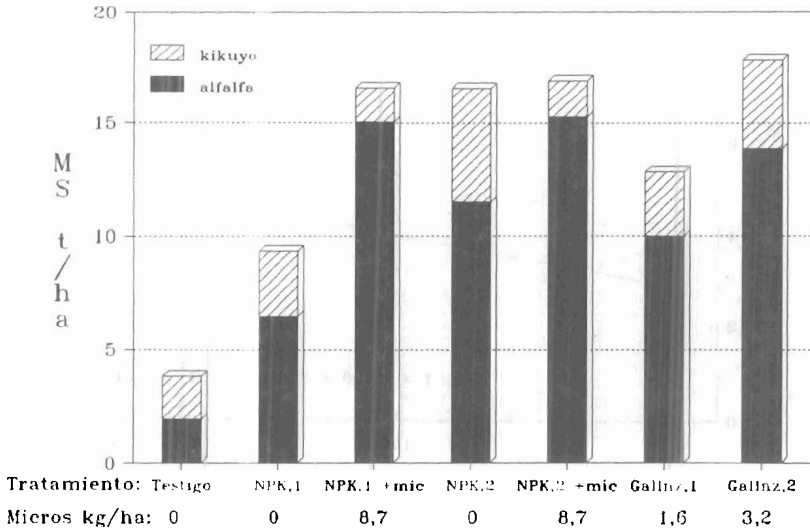


Figura 3. Producción media anual de materia seca de alfalfa y de kikuyo, en relación con el suministro de micro-nutrientes, para dos niveles de fórmula completa y de gallinazo: 1 = 160, 160, 160; 2 = 320, 320, 320 kg de N, P₂O₅ y K₂O/ha/año, respectivamente.

interpretarlos, en vista de los resultados previos obtenidos en este mismo trabajo, como una consecuencia del aumento en la producción de materia seca de alfalfa, debido a la adición simultánea de N y micronutrientes presentes en el gallinazo, cuyas cantidades aproximadas se muestran en el cuadro 2.

En la figura 3 podemos observar que las producciones anuales de alfalfa en los tratamientos con gallinazo tienen valores intermedios entre las producciones de los tratamientos sin y con micronutrientes correspondientes a los mismos niveles de fertilización N, P, K, evidenciándose el efecto positivo que tienen los micronutrientes sobre la alfalfa. Schmitt *et al.* (27), basándose en sus experiencias realizadas sobre cultivos puros de al-

falfa en Minnesota, E.E.U.U., informan que el suministro de abono orgánico de origen animal (porcino y vacuno), antes de la siembra, produce rendimientos de alfalfa superiores a los obtenidos con fertilizantes minerales agregados en cantidades comparables de fósforo y potasio, pero no logran explicar a que se debe la diferencia. La explicación sería que la presencia de nitrógeno y micronutrientes en el abono orgánico corrige las deficiencias de estos elementos en el suelo.

Efectos de la fertilización en el contenido de proteína cruda. En el análisis de varianza de los contenidos de proteína cruda, en la alfalfa y en el kikuyo, no se observaron diferencias significativas debidas a los tratamientos.

Para todas las muestras proce-

Cuadro 2. Contenido de humedad, nitrógeno, fósforo, potasio y de algunos micro nutrientes, en el gallinazo utilizado.

| % en base a MS | | | | ppm en base a materia seca | | | | |
|--------------------|-----|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------|---------|-----|---------|
| % H ₂ O | NT | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Co | Cu | Mn | Mo | Zn |
| 12 | 4.6 | 4.8 | 4.7 | 1-10 | 20-30 | 130-300 | 1-5 | 100-200 |

sadas (180 de alfalfa y 180 de kikuyo), el contenido porcentual promedio de proteína cruda, en base a materia seca, en alfalfa y en kikuyo con sus respectivas desviaciones típicas *s*, fueron: 21.7 ± 1.8 % para la alfalfa y 16.1 ± 2.0 % para el kikuyo. Entre estos valores se observa una diferencia altamente significativa ($P < .01$) que indica que la alfalfa tiene mayor contenido de proteína cruda que el kikuyo.

Efectos de bloque. En la región andina, en los terrenos pendientes con terrazas en los cuales se rota agricultura con pastoreo se observa un gradiente de fertilidad en el suelo. Por esta razón, en este experimento los

bloques se conformaron de acuerdo a su posición en la terraza y se considera que es un factor importante que ha de ser tomado en cuenta para controlar la variabilidad del material experimental.

El análisis de varianza de la producción anual de materia seca, indica que entre los bloques, existen diferencias significativas en la producción de materia seca de: alfalfa+kikuyo ($P < .01$); kikuyo ($P < .01$) y alfalfa ($P < .1$).

En el cuadro 3, podemos observar que la materia seca producida, de alfalfa, de kikuyo y de alfalfa + kikuyo, aumenta a medida que se desciende en la terraza. En el cuadro 4, podemos

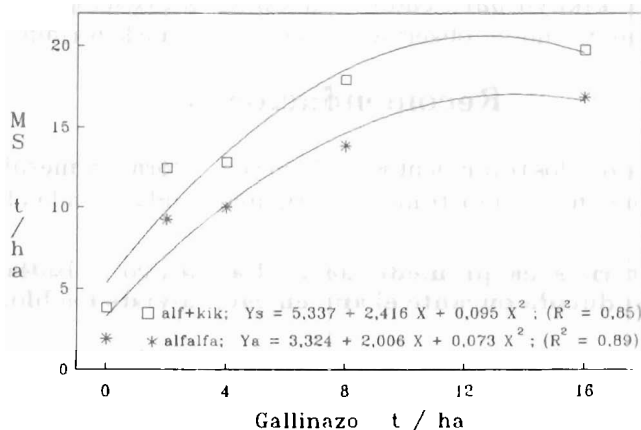


Figura 4. Producción media anual de materia seca de alfalfa y de alfalfa+kikuyo en relación con el nivel de gallinazo suministrado.

observar que a medida que se desciende en la terraza también aumentan las cantidades de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio contenidos en el suelo antes de aplicar los tratamientos.

Estos resultados parecen indicar que la variación significativa de los rendimientos de materia seca de los componentes de la asociación con los bloques, se deben a la variación en el contenido de nutrimentos del suelo antes de aplicar los tratamientos, la cual pudiera atribuirse al fenómeno de lavado y arrastre superficial por efecto de la pendiente.

Contribución de los componentes a la producción de la mezcla. El análisis de la producción anual de materia seca de alfalfa, kikuyo y alfalfa + kikuyo, obtenidas en todas las parcelas indica que la producción de materia seca de la alfalfa resultó en promedio el 72 % de la producción de la asociación y que existe una alta correlación ($r = 0.92$) entre la producción anual de materia seca de alfalfa y la de alfalfa + kikuyo para cada parcela. En cambio no se observa

correlación importante entre la producción anual de materia seca de alfalfa y de kikuyo, ni entre la de kikuyo y alfalfa + kikuyo. Todo esto indica que en promedio, la producción de materia seca de la asociación durante el primer año, estuvo determinada fundamentalmente por la producción del componente alfalfa. Los tratamientos en donde la proporción de alfalfa en la asociación resultaron mayores (cuadro 1) son los correspondientes al suministro de micronutrimentos en los dos niveles de fórmula completa (90 % de alfalfa) y aquel con gallinazo en su mayor nivel (85 % de alfalfa), lo cual ratifica el efecto determinante de la adición de micronutrimentos sobre la producción de materia seca de alfalfa. Dado que en las asociaciones de alfalfa con gramíneas, durante los años subsiguientes al establecimiento, existe la tendencia general hacia la disminución de la proporción de alfalfa en la mezcla (5), es aconsejable lograr establecer la asociación de alfalfa y kikuyo con una alta proporción inicial de alfalfa para así esperar una mayor persistencia de la misma.

Recomendaciones

En vista de que los tratamientos con micronutrimentos suministrados

bien sea en forma mineral o de abono orgánico conducen a la obtención de

Cuadro 3. Materia seca promedio de alfalfa, kikuyo y alfalfa + kikuyo, producida durante el año en cada uno de los bloques.

| N° de bloque Ubicación | Materia seca producida/ha año | | |
|---------------------------|-------------------------------|--------|------------------|
| | Alfalfa | Kikuyo | Alfalfa + Kikuyo |
| 1. arriba | 7.66 | 2.66 | 10.33 |
| 2. medio | 8.73 | 2.67 | 11.39 |
| 3. abajo | 9.31 | 4.29 | 13.74 |

Cuadro 4. Resultados de los análisis de suelo (0 a 25 cm) sobre la fracción < 2 mm para cada uno de los bloques.

| NBU | CT | pH 1:2 | CO % | N % | C/N | P (ppm) | K (ppm) | Mg (ppm) | Ca (ppm) |
|------------------|----|--------|------|-------|------|---------|---------|----------|----------|
| 1. arriba | Fa | 6.75 | 4.20 | 0.250 | 16.8 | 60 | 180 | 100 | 2 500 |
| 2. medio | Fa | 6.90 | 5.03 | 0.375 | 13.4 | 66 | 300 | 190 | 2 780 |
| 3. abajo | Fa | 6.55 | 6.70 | 0.398 | 16.8 | 68 | 350 | 230 | 2 450 |

NBU: Número de bloque, ubicación. CT: Clase textural. CO: Carbono orgánico. N: Nitrógeno (%). C/N: Relación carbono nitrógeno. K: Potasio (ppm). Mg: Magnesio (ppm). Ca: Calcio: (ppm). P: fósforo Olsen (ppm). K, Mg y Ca p.p.m.: extraíbles con acetato de amonio 1N.

mejores rendimientos de forraje con mayor proporción de alfalfa en la mezcla, recomendamos, para asegurar el establecimiento exitoso de la asociación de alfalfa y kikuyo, suministrar antes de la siembra, gallinazo en dosis de 8 a 16 t/ha o en su lugar fertilizante mineral fórmula completa en dosis que

aporten 160, 160 y 160 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, adicionado con micronutrientes (B, Mo, Co, Cu, Mn y Zn); dependiendo de la economía y la posibilidad del productor de disponer y suministrar la fuente orgánica o mineral.

Conclusiones

Debido a la adición de micronutrientes (B, Mo, Co, Cu, Mn y Zn) antes de la siembra de la alfalfa: la producción anual de materia seca de alfalfa aumentó significativamente; la producción anual de materia seca de kikuyo disminuyó significativamente y como resultado neto la producción de materia seca de la asociación aumentó.

Las producción anual de materia seca de alfalfa y la de alfalfa + kikuyo aumentaron significativamente al incrementar los niveles de nitrógeno agregado, antes de la siembra.

El suministro de abono orgánico (gallinazo), antes de la siembra, causó aumentos significativos en las producción de materia seca de alfalfa y de al-

falfa + kikuyo, debido fundamentalmente al contenido de N y de micronutrientes de este abono.

La producción anual de materia seca del kikuyo aumentó significativamente con el suministro de potasio antes de la siembra.

Las producción de materia seca de la asociación y la de sus componentes no variaron significativamente con el suministro de fósforo.

El contenido promedio de proteína cruda en la alfalfa resultó significativamente superior al contenido en el kikuyo. Ninguno de estos contenidos varió significativamente con los tratamientos de fertilización ensayados.

Literatura citada

1. AOAC, 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Fifteenth edition.
2. Benítez, J. F., 1981. Manejo del pasto kikuyo. Hojas divulgativas del programa de ganadería de altura (PROGAL). Mérida, Venezuela. 1, 2, 3, 4.
3. Betancourt, A. 1994. Estudio de un sistema de producción lechero basado en ganado Holstein partoreando kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en los Andes Venezolanos. Tesis de Magister Scientiarum. Postgrado en producción animal. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias, U.C.V., Maracay, Venezuela, 103 p.
4. Cassidy, N. G. 1972. Observations on nutrient deficiencies in kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). Queensland Journal of Agricultural and Animal Science. 29: 51 - 57.
5. Chamblee, D. S. 1972. Relaciones con otras especies en una asociación. Ciencia y tecnología de la alfalfa. American Society of Agronomy Inc. Ed. Hemisferio Sur. pp. 267 - 287.

6. Cruz, P. & G. Lemaire. 1986. Analyse des relations de compétition dans une association de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.). I. Effets sur les dynamiques de croissance en matière sèche. *Agronomie*, 6(8): 727 - 734.
7. Cruz, P. & G. Lemaire. 1986. Analyse des relations de compétition dans une association de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.). II. Effets sur la nutrition azotée des deux espèces. *Agronomie*, 6(8): 735 - 742.
8. Dávila, C., 1989. La alfalfa en los Andes. Temas Agropecuarios. Editada por el Consejo de publicaciones de la Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. Año 2(2): 2 - 5.
9. Dávila, V. y H. Chaverra. 1987. Kikuyo. Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. TOA. Colombia. 5^{ta} Edición.
10. Del Pozo, M. 1983. La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Tercera edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 375p.
11. Gartner, J. A. 1969. Effect of fertilizer nitrogen on dense sward of kikuyu, paspalum and carpet grass. I. Botanical composition, growth and nitrogen uptake. *Queensland J. Agric. and Anim. Sci.* 26: 21 - 27.
12. López, C. A. y L. González. 1985. Respuesta del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a dosis crecientes de fósforo en un típico dystrandep, bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*. 9: 93-97.
13. López, M., J. J. Paretas y D. Pérez. 1972. Influencia de la fertilización N-P-K-Ca sobre la alfalfa (*Medicago sativa*). Memoria Anual Indio Hatuey. Matanzas, Cuba, 65 - 73.
14. Loué, A. 1988. Los microelementos en agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 354 p.
15. Machado, D. 1989. La alfalfa, una alternativa en estudio. Temas agropecuarios. Editada por el Consejo de publicaciones de la Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. Año 2(2): 16 - 18.
16. Machado, D. 1990. Importancia de las leguminosas, experiencias en Venezuela. La alfalfa. Curso sobre manejo de pastos para la producción de leche. Conferencia. FONAIAP. Mérida, Venezuela.
17. Machado, D. 1995. Estudio sobre el establecimiento y mantenimiento de la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de pastoreo rotativo. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela. 97p.
18. Mannelje, L't. 1978. Measuring quantity of grassland vegetation. Measurement of grassland vegetation and animal production. Edited by L't Mannelje. Published by the Commonwealth Agricultural Bureaux, 63-95.
19. Mears, P.T. and L.R. Humphreys. 1974. Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. *J. Agric. Sci. Camb.* 83: 451-467.
20. Mears, P.T. 1970. Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass, a review. *Trop. Grass.* 4(2): 139-152.
21. Medina, I. 1980. Utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para la producción de leche en las zonas altas de los Andes. Boletín Técnico del Programa de Ganadería de Altura (PROGAL). Mérida. Venezuela. 15: 1 - 11.
22. Monzón, G. 1977. Unidad de Producción Joque. Boletín Técnico del Programa de Ganadería de Altura (PROGAL). Mérida. Venezuela. 5: 1 - 26.
23. Morrison, J. 1966. The effects of nitrogen, phosphorus and cultivation on the productivity of kikuyu grass at high altitudes in Kenya. *African Agricultural and Forestry Journal*. 31: 291-297.
24. Pearson, C. J., H. Kemp, A. C. Kirby, T.E. Laundess and C. Mikled. 1985. Responsiveness to seasonal temperature and nitrogen among genotypes of kikuyu, paspalum and bermuda grass pastures of coastal New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.* 25: 10 - 16.

25. Rhykerd, C. L. y C. J. Overdhal. 1972. Nutrición y uso de fertilizantes. Ciencia y tecnología de la alfalfa. American Society of Agronomy Inc., Ed. Hemisferio Sur. pp. 533 - 569.
26. Robson, A. D. y J. F. Loneragan. 1978. Responses of pasture plants to soil chemical factors other than nitrogen and phosphorus, with particular emphasis on the legume symbiosis. Plant relations in pastures. Edited by John R. Wilson. Published by CSIRO. pp. 128-142.
27. Schmitt, M.A., C. C. Sheaffer and G.W. Randall. 1992. Preplant manure applications for alfalfa production. Better Crops with plant food. 76(2): 21-23.
28. Stewart, W., G. Fitzgerald and R. Burris. 1967. *In situ* studies on N₂ fixation using the acetylenen reduction technique. Biochemistry. 58: 2071- 2077.
29. Urbano, D. 1992. Pasto kikuyo. *Pennisetum clandestinum*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Mérida. Venezuela. 34 p.
30. Urbano, D., I. Arriojas y C. Dávila. 1994. Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum* x *Medicago sativa*). I. Producción de materia seca, altura y relación hoja/tallo. Zootecnia Tropical. 12(2): 281-305.
31. Villamizar, F. 1987. Alfalfa. Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. T.O.A. Colombia. Quinta edición. 134: 178-180.
32. Vough, L. and M. Decker. 1992. An alfalfa management program for optimum yields and quality. Better Crops with plant food. 76(2): 24-27.
33. Whitney, A. S. 1974. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. I. Effects of nitrogen fertilization, cutting intervals and season on yield and forage characteristics. Agronomy Journal. 66: 282-287.