

USO DE FERTILIZANTES NÍTRICOS Y POLIFOSFATOS EN LA FERTILIZACIÓN DEL PASTO KIKUYO (*PENNISETUM CLANDESTINUM*)

MICHAEL BASTEN

Maestría en Agricultura.

Científico Senior

Desarrollo de Productos YARA Internacional,

Centro de Investigación Duermen, Alemania

Investigador, Universidad de Kiel, Alemania.

E-mail: michael.basten@yara.com

Alemania.

Resumen

La producción de leche con base en pastos está limitada por el contenido de energía del forraje. Dado que esto aplica particularmente al pasto Kikuyo, se requiere que sus prácticas de manejo se enfoquen en el incremento del contenido energético con el fin de aumentar la producción de leche, así como sus sólidos totales. Cuando se acortan los intervalos de pastoreo, se incrementa tanto el contenido energético del forraje como el consumo voluntario de pasto. Aquellos fertilizantes que aportan una relación balanceada entre sus nutrientes y formas eficientes de los mismos, permiten no sólo un rápido rebrote del pasto, sino también llenar los requerimientos deseados de proteína del forraje. Experimentos realizados en 2006 en Colombia demostraron que la aplicación de un fertilizante compuesto del tipo NPK 27-5-5+3S produjo mayor rendimiento de materia seca (MS) y mejor calidad del Kikuyo en comparación con las prácticas corrientes de la granja, y por tanto una mejora significativa en la rentabilidad de la fertilización de la pastura.

Introducción

La economía de la producción de leche depende mucho de la calidad y cantidad del forraje producido por la pastura. Tal como se muestra en la Tabla 1, la calidad del pasto determina no sólo la producción potencial de leche por vaca derivada exclusivamente de la pastura, sino también el consumo voluntario de forraje por la vaca y el aporte energético del alimento. El consumo de un pasto de alta calidad permite un incremento del 100 % en la producción de leche (22.5 kg/día x vaca) en comparación con un pasto de calidad media. En general, la energía es el factor más limitante en la producción de leche basada en pastoreo de Kikuyo. El contenido energético de una pastura de Kikuyo bien manejada es suficiente para producir 17 L/vaca x día (Reeves et al., 1996) mientras que un contenido de proteína cruda del 18% alcanzaría para cerca de 27 litros. Las deficiencias nutricionales de los forrajes de pasturas pueden ser complementadas mediante el uso de concentrados y minerales. Sin embargo, dado que el concentrado cuesta cerca de 0.22 dólares/kg comparado con el costo de producción de cerca de 0.06 dólares/kg de materia seca proveniente de la pastura, la producción de leche se hace menos rentable a medida que se incrementa la cantidad de concentrado para compensar la baja calidad de los forrajes.

Tabla 1.

Impacto de la calidad del forraje sobre el consume de forraje y el efecto subsiguiente del nivel de ingestión de energía y proteína (Mott et al, 1984)

	Pasto de alta calidad	Pasto de calidad media
Consumo de forraje (kg forraje/vaca x día)	100	60
(kg MS/vaca x día)	16	13
Consumo de Energía (MJ ENL/día)	109	73
Potencial de producción de leche (kg/día)	22.5	11.1
Consumo de Proteína cruda (g)	3648	1469
Potencial de producción láctea (kg/día)	37.5	11.9

Idealmente, el forraje de pasturas debería contener mas de 16% de materia seca, 16-18% de proteína cruda y un contenido energético de 5.6 MJ de ENL (Energía Neta para la Lactación) por kilogramo de materia seca. A un nivel de digestibilidad superior al 60% y una cantidad ofrecida mediante pastoreo en franjas con un 20% de residuos post-pastoreo, las vacas pueden ingerir cerca de 13 a 16 kilos de materia seca de pasto por día. Dado que la producción lechera tiene por objetivo una alta producción de leche a partir del pasto, los criterios de calidad del forraje están determinados más por las necesidades metabólicas de los animales que por las demandas del pasto en sí mismas.

Las prácticas de manejo que más influyen la calidad del pasto Kikuyo son la frecuencia de pastoreo y la aplicación de fertilizante. Dada la interacción entre ambas prácticas, éstas deben estar bien coordinadas.

El objetivo de este artículo es describir los efectos del uso de fertilizante sobre la producción y calidad del pasto Kikuyo, así como el efecto de la interacción entre la fertilización y la frecuencia de pastoreo sobre dichos parámetros, basados en una revisión de literatura y en experimentos de campo realizados en Colombia.

1. Efectos de los nutrientes sobre la calidad del forraje

1.1 Demanda de nutrientes para la producción de forraje y leche

La producción de leche demanda una alta ingestión y absorción de minerales en el alimento. Por ejemplo, una vaca produciendo 30 kg de leche por día necesita ingerir cerca de 120 g de calcio, 74 g de fósforo, 30 g de magnesio, y 30 g de sodio. Los nutrientes orgánicamente ligados, tal como se encuentran en los forrajes de pasturas, son más eficientemente absorbidos en el tracto digestivo del ganado y por lo tanto son la fuente más importante de esos nutrientes.

El nivel de calcio y magnesio en el pasto Kikuyo es un parámetro particularmente importante, pues los contenidos requeridos de estos minerales para máximo crecimiento del pasto son inferiores a los contenidos requeridos en la ración total de las vacas lecheras (Tabla 2), teniendo que ser suplementados con sales minerales, como también sucede en el caso del fósforo. Todo lo contrario ocurre con el nitrógeno y el potasio. Frecuentemente se encuentra que hay un exceso de oferta de estos dos nutrientes en el alimento, lo que puede afectar adversamente la productividad de las vacas.

Tabla 2.

Concentración requerida de nutrientes en pasto Kikuyo para máximo crecimiento, y requerimiento de nutrientes para una nutrición balanceada de las vacas lecheras

Nutriente	Requerimientos Pasto	Requerimientos Vaca
Nitrógeno (%)	2.5 - 3.5	2.9 - 3.2
Fósforo (%)	0.24 - 0.35	0.45 - 0.55
Calcio (%)	0.25 - 0.45	0.6 - 0.8
Potasio (%)	2.4 - 4.0	2.0 - 2.5
Sodio (%)	0	0.3
Magnesio (%)	0.2 - 0.3	0.35
Azufre (%)	0.2 - 0.3	0.25
Manganeso (ppm)	30 - 50	50
Zinc (ppm)	30 - 45	40
Cobre (ppm)	6 - 10	12
Selenio (ppm)	0	0.15
Cobalto (ppm)	0	0.3
Yodo (ppm)	0	2.0

Producir pasturas de alta calidad en términos de concentración de nutrientes implica incrementar los contenidos de Ca, Mg y P, así como evitar los excesos de nitrógeno y potasio. Adicionalmente a la aplicación de fertilizantes que contengan calcio y magnesio, se puede lograr incrementar los contenidos de dichos nutrientes en el pasto mediante la aplicación de fertilizantes que contengan nitratos, ya que existe un sinergismo entre el nitrato y la absorción de magnesio y calcio. Esto se explica porque al incrementar la proporción de hojas (vs. tallos) del pasto mediante un pastoreo mas frecuente con aplicación de nitrógeno, se incrementa el tenor de Ca y Mg en el forraje, ya que normalmente se almacena más Ca y Mg en las hojas en comparación con los tallos, y lo contrario ocurre con el potasio (Marais et al., 1992).

1.2. Presupuesto de nitrógeno para un contenido balanceado de proteína en raciones de vacas lecheras

El nitrógeno es el nutriente que controla más efectivamente la producción de materia seca y la calidad de la pastura. Por lo tanto, el nivel, el momento de aplicación y la forma química del nitrógeno usado, juegan un papel muy importante en la producción de forraje de Kikuyo de alta calidad.

Del balance de nitrógeno mostrado en la Tabla 3 se puede obtener una idea sobre la cantidad de nitrógeno involucrado en la producción de leche, basado en una hectárea de pastura de Kikuyo. A una densidad de tres vacas por hectárea, se exportan 105 kg de nitrógeno de la granja cuando se tiene una producción de leche de 20.000 kilos (como “salida”) y una “entrada” de alrededor de 230 kg de nitrógeno en total, proveniente del pasto y del concentrado. En estas condiciones, cerca de 325 kg de nitrógeno se excretan nuevamente en orina y heces, retornando principalmente a la pastura.

Tabla 3.

Balance anual de nitrógeno en pasturas para producción de leche, asumiendo una densidad de carga de tres vacas lecheras por hectárea.

		kgN/ha x año
Salida de nutrientes:	20.000 kg leche/ha x año @ 3.23% proteína	105
Entrada de nutrientes:	375 kg N de pasto, 55 kg N del concentrado	430
Entrada de alimento		
Pasto:	13.000 kg (MS) @ 18% proteína cruda	
Concentrado:	2.700 kg (MS) @ 13% proteína cruda	
Nitrógeno reciclado en orina y heces que regresa a la pastura		325

La cantidad de nitrógeno requerida por la pastura, para obtener 13 toneladas de nitrógeno del Kikuyo (MS) proveniente de las excretas, se debe considerar como entrada de nitrógeno (Tabla 4). Sin embargo, debido a las pérdidas de amoníaco vía gaseosa, así como a la lixiviación de nitratos, sólo cerca de un 50% del nitrógeno resulta reciclado por la cosecha de pasto. Para sostener la remoción de 375 kg de nitrógeno por hectárea, cerca de 304 kilos de nitrógeno proveniente de fertilizante tienen que ser aplicados por año, asumiendo una eficiencia del 70% en el uso del nitrógeno. Si se tiene un intervalo entre pastoreos de 45 días, se requerirán de 30 a 50 kilos de nitrógeno por cada pastoreo. Intervalos más cortos de pastoreo, mayor eficiencia en el uso del nitrógeno y mayor producción de forraje, permiten menores cantidades de nitrógeno, mientras que las condiciones contrarias implican incrementar la cantidad del mismo.

Tabla 4.

Cálculo de la demanda de fertilizante nitrogenado
basado en balance anual.

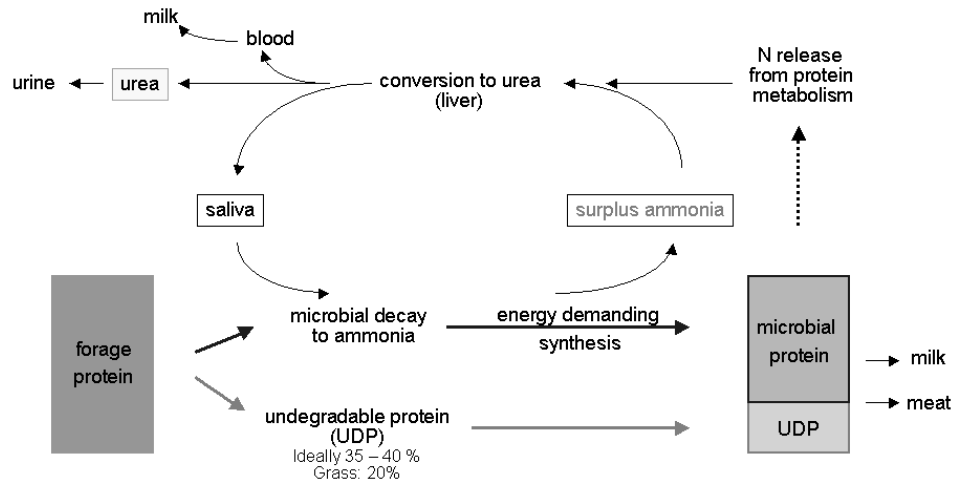
	de nitrógeno kg/ ha x año
Remoción por el forraje	375
(-) Entrada de orina y heces 325 kg/ha @ 50% de eficiencia	162
(=) Faltante a ser provisto por fertilizante nitrogenado	213
Demanda de fertilizante nitrogenado @ 70% de eficiencia	304
Kg N/intervalo de pastoreo Repartido en 8 aplicaciones para 8 intervalos de pastoreo de 45 días	30-50

La tasa de nitrógeno aplicada controla el contenido de proteína del forraje. Como se muestra en la Figura 1, la proteína ruminal degradable es convertida en amoníaco y luego en proteína microbiana por la actividad microbiana.

Si el suministro de energía del alimento es insuficiente, el amoníaco excedentario es liberado en el torrente sanguíneo y detoxificado luego a urea en el hígado.

Dicha urea puede ser recirculada vía saliva hacia el rumen nuevamente –en caso de haber una deficiencia de nitrógeno- o excretada en la leche y orina.

Figura 1:
 Metabolismo y ciclo del nitrógeno en rumiantes



La determinación del nitrógeno ureico en leche (MUN) puede ser una manera efectiva de evaluar si la cantidad de proteína ofrecida al ganado lechero en el alimento es la adecuada.

Si el MUN excede el rango normal de 84-126 ppm (Tabla 5) es porque el contenido total de proteína de la ración es demasiado alto o porque existe un desbalance en el suministro de proteína y energía. En ambos casos, habría desperdicio de proteína del alimento. Además, la detoxificación del amoniacó requiere energía adicional que dejaría de estar disponible para producción de leche (Arias et al., 1999).

Tanto un incremento de energía como de proteína no degradable en el rumen (UDP) podrían solucionar el problema de altos contenidos de MUN y contribuir a un incremento de la disponibilidad de proteína para producción de leche y carne. Un contenido de MUN menor de 84 ppm indica un déficit proteico, demandando el incremento de la proteína de la ración para alcanzar una adecuada nutrición proteica.

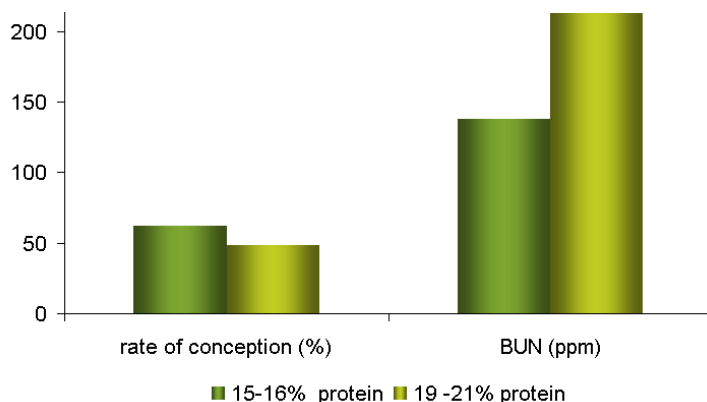
Sin embargo, dado que el exceso de proteína genera un estrés sobre las vacas lecheras, la tasa de concepción disminuye cuando el contenido de proteína del alimento excede un 19% (Figura 2):

Tabla 5:
Evaluación de riesgo del contenido de nitrógeno ureico en leche (MUN) para vacas lecheras

MUN	Nivel de Riesgo	
>154 ppm N	Patológico	
126 -154 ppm N	Alto riesgo	
	84 -126 ppm N	Normal
	56 - 84 ppm N	Bajo riesgo
	< 56 ppm N	Baja proteína, bajos carbohidratos

(Arias et. al., 1999)

Figura 2:
Efecto del contenido de proteína en el alimento sobre nitrógeno ureico en sangre (BUN) y la tasa de concepción en vacas lecheras (Arias et al., 1999)



(Eje X: tasa de concepción – BUN (nitrógeno ureico en sangre), ppm)

1.3. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre proteína, energía y digestibilidad del pasto Kikuyo

La aplicación de nitrógeno mejora tanto la digestibilidad de la materia orgánica como el consumo voluntario de forraje del pasto Kikuyo hasta un nivel de aplicación de 50 kg N/ha. Incrementos mayores de aplicación de nitrógeno no contribuyen a mejorar la calidad del forraje (Figura 3). De acuerdo al trabajo de Dugmore et al. (1986), aunque la aplicación excedentaria de nitrógeno contribuye a un exceso de proteína cruda del forraje, la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno y de la fibra –que comprenden el 75% de la hierba- se afecta negativamente (Figura 4). Los datos indican que cuando el Kikuyo alcanza contenidos de proteína cruda del 20 % o mayores, el pasto contiene niveles de nitrato, el cual puede ser perjudicial para los animales.

Figura 3:
 Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la digestibilidad y el consumo voluntario de forraje del pasto Kikuyo (Bernal et al., 2003)

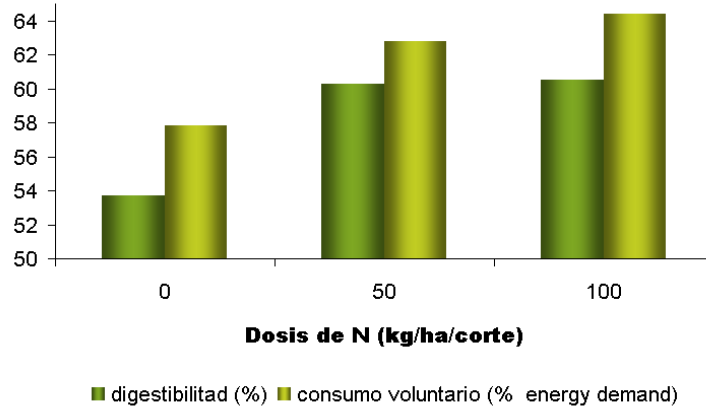
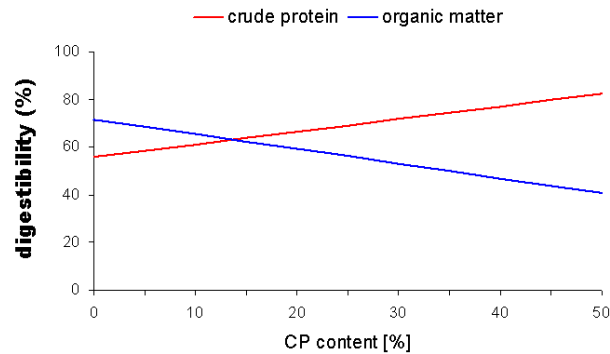
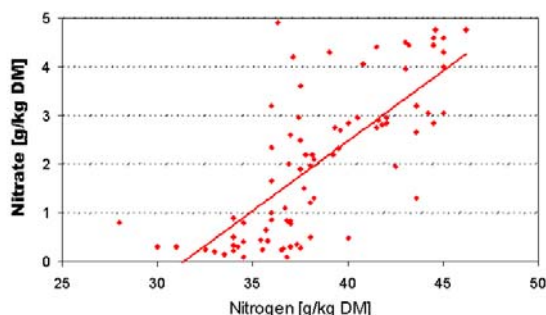


Figura 4:
 Relación entre el contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica en el pasto Kikuyo (Dugmore et al., 1986)



La Figura 5 muestra la relación entre los niveles de nitrato y nitrógeno. Por encima de 33 g N/kg de materia seca, equivalente a 20.6 % de proteína cruda, existe un incremento lineal en los niveles de nitrato como resultado del incremento de la tasa de aplicación de nitrógeno. Altos niveles de nitrato pueden reducir la digestibilidad del pasto Kikuyo debido a una acumulación de nitrito, el cual tiene un efecto detrimental sobre las poblaciones microbianas. El nitrito proviene de la reducción del nitrato a amoníaco en el rumen. Para evitar este riesgo, se requiere que el contenido de nitrato esté por debajo de 1.5 g nitrato/kg materia seca (Reeves et al., 1996).

Figura 5:
 Relación entre el nitrógeno total y el contenido de nitrato del pasto Kikuyo grass
 (Reeves et. al., 1996)

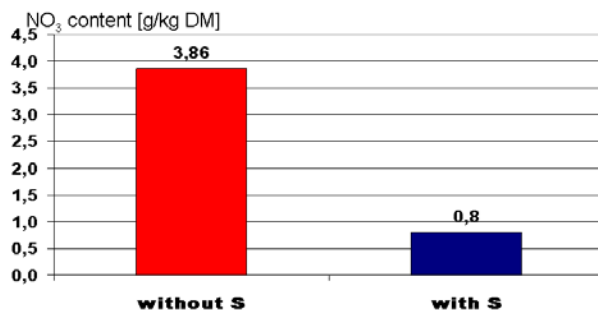


El contenido de proteína del material de hojas es mayor que el de los tallos, mientras que la mayor concentración de nitrógeno orgánico no proteico –como el nitrato- se presenta en los tallos (Marais, 1990). Por tanto, las prácticas de manejo deben dirigirse a una alta producción y consumo de materia seca de hojas con el fin de evitar altos contenidos de nitrato en el forraje.

1.4. Efecto del azufre sobre los compuestos nitrogenados proteicos y no proteicos

El azufre (S), como nutriente esencial para las plantas, es parte integral de sus proteínas y juega un papel vital en la reducción de nitrato a amoníaco y subsecuentemente a aminoácidos. Por lo tanto, cuando hay un déficit de azufre, el nitrato se acumula en el pasto (Figura 6). El sulfato es la única forma de azufre que absorben las plantas. Dado que el azufre es móvil en el suelo, se puede perder por lixiviación, así como el nitrato. En consecuencia, se requiere que el azufre sea aplicado al suelo frecuentemente junto con el nitrógeno. El nivel crítico de azufre en el pasto Kikuyo es 0.22% y la proporción N:S en el tejido debe ser < 12.

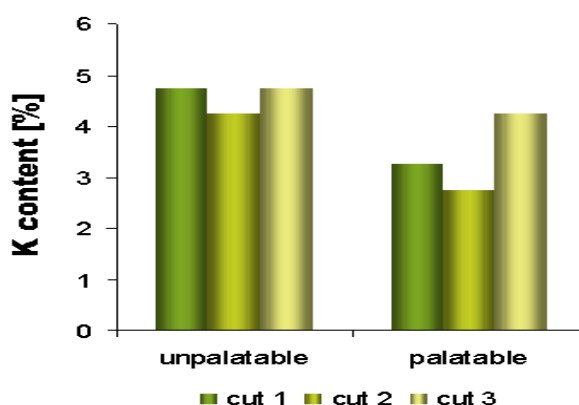
Figura 6:
 Efecto de la aplicación de azufre (S) sobre el contenido de nitrato (NO_3) del pasto ryegras.



1.5. Efecto del potasio sobre la palatabilidad y sobre la absorción de magnesio y calcio

Dada la facilidad con que el potasio es absorbido, las plantas tienden a acumular excesivas cantidades del mismo si hay un exceso en el suelo. El contenido de un 2% de potasio en el Kikuyo es probablemente apropiado para su óptimo crecimiento. Sin embargo, los análisis de forraje evidencian que los niveles de potasio están frecuentemente muy por encima del 3% (Marais, 1987).

Figura 7.
 Efecto del contenido de potasio (K) sobre la palatabilidad del forraje
 (Marais et al, 1987)



A menudo se asocia un alto contenido de potasio con altos niveles de nitratos. En contraste con la mayoría de los pastos forrajeros, en los cuales los tallos se elongan solamente durante la etapa de floración, los tallos del pasto Kikuyo se elongan continuamente. Por lo tanto, el material de tallo, potencialmente alto en nitrato y potasio, está disponible para el animal forrajero durante todo el período de crecimiento del pasto. Un exceso de potasio y de nitrato reduce la palatabilidad (Figura 7) y por tanto el consumo de pasto significativamente. Más aún, a altos índices de potasio en el suelo, se produce menos absorción de magnesio y calcio. Por lo tanto, un forraje con exceso de potasio normalmente será bajo en calcio y magnesio y se afectará la absorción de esos dos nutrientes y del sodio a través de la pared ruminal y del tracto digestivo.

La nutrición balanceada de potasio y nitrógeno es de vital importancia para prevenir desórdenes nutricionales como por ejemplo la tetania de los pastos.

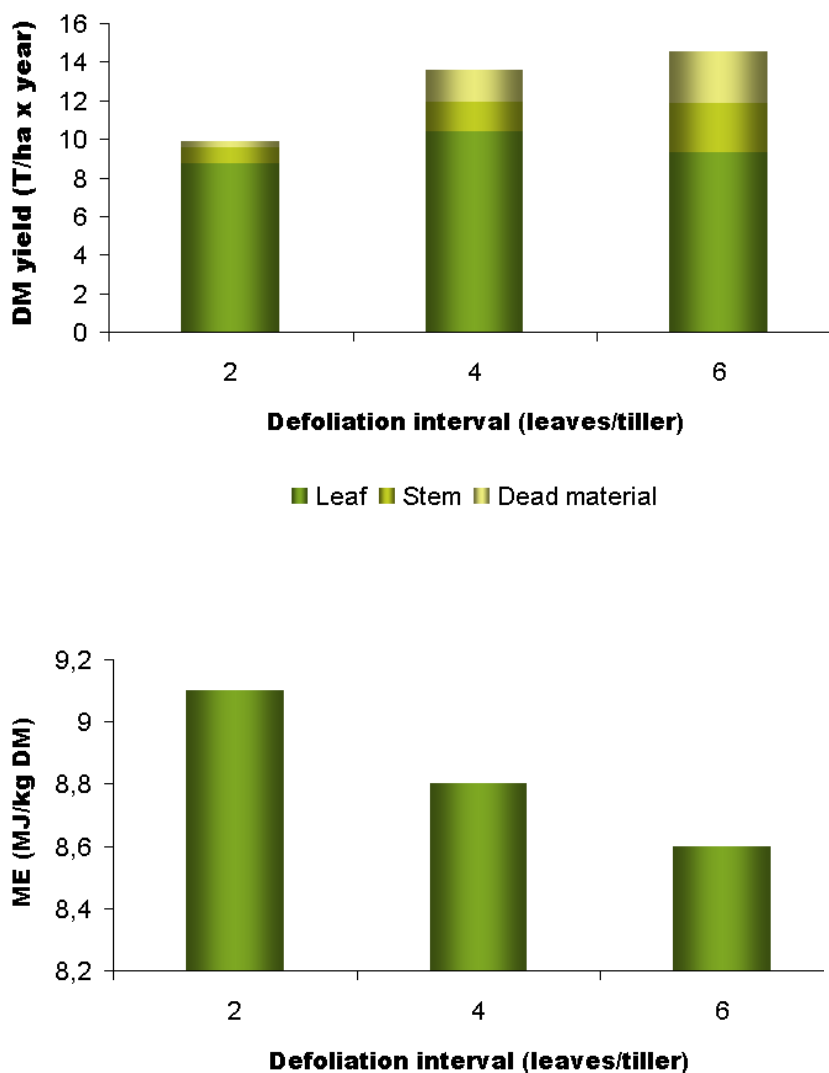
Las plantas con excesivo contenido de nitrógeno y potasio son más vulnerables a insectos chupadores como por ejemplo la *Collaria* ssp., lo que se puede deber a dos razones: primero, las células de la planta están muy turgidas, y segundo, las paredes celulares pueden estar debilitadas debido a una falta de calcio.

2. Interacción entre los intervalos de pastoreo y el uso de fertilizante sobre la calidad del pasto Kikuyo

En la Figura 8 se ilustra el efecto del intervalo de defoliación sobre la producción anual de materia seca y el contenido de energía metabolizable. Cuando la pastura es más intensamente defoliada (a 2 hojas por tallo) provee el mayor contenido de energía. Sin embargo, el máximo rendimiento en materia seca de las hojas se puede esperar cuando la pastura es pastoreada a 4 hojas por tallo.

Figura 8.

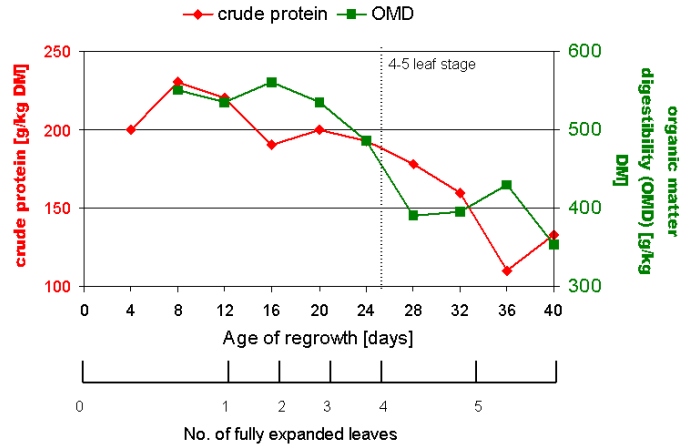
Efecto del intervalo de pastoreo sobre la distribución de la materia seca (arriba) y la energía metabólica (ME, abajo) del pasto Kikuyo (*Fulkerson et al., 1999*)



Una mayor extensión del intervalo entre pastoreos incrementará la cantidad de material muerto y por tanto el riesgo de enfermedades fúngicas de las hojas, lo cual merma la palatabilidad del Kikuyo y disminuye su calidad, puesto que el forraje es menos digestible y contiene menor energía (Fulkerson et al., 1999).

Figura 9.

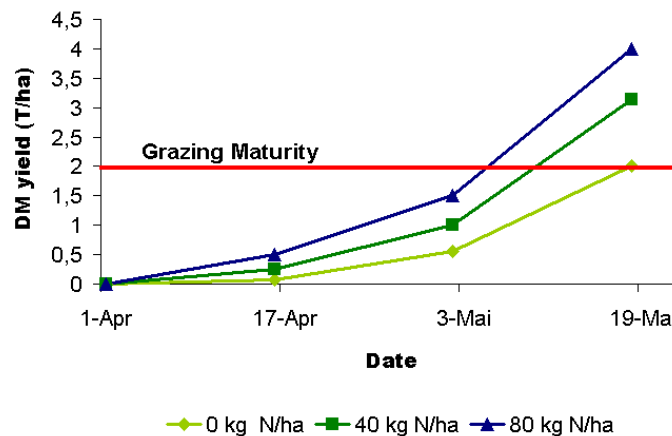
Efecto de la edad del pasto Kikuyo sobre el contenido de proteína cruda y la digestibilidad de la materia orgánica (OMD) (Reeves et al., 1996)



Por lo tanto, el tiempo de rebrote que parece coincidir con el mejor momento para pastorear el Kikuyo con el fin de optimizar el consumo y la calidad del forraje para vacas de leche en lactancia, es 4-5 hojas por tallo. En esta etapa los componentes de la planta y consecuentemente la calidad del pasto Kikuyo por encima de 5 cm de altura del rebrote, tienen un marcado cambio y una fuerte caída en la proporción de hojas de alta calidad y un incremento en tallos y material muerto (Reeves et al., 1996, Figura 9).

Figura 10.

Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la producción de materia seca de la pastura



Como resultado, tanto la digestibilidad de la materia orgánica como el contenido de proteína cruda, declinan después de ese momento de crecimiento. Se puede concluir que el pasto Kikuyo está maduro para pastoreo cuando tiene 4 hojas por tallo y un rendimiento de materia seca cercano a 2 toneladas por hectárea. Este rendimiento puede lograrse en 30 a 50 días dependiendo de las condiciones climáticas. Para lograr este crecimiento, alrededor de 60 kilogramos de nitrógeno son absorbidos. Como lo muestra la Figura 10, la madurez para pastorear la pradera se puede alcanzar más temprano mediante el incremento de la cantidad de nitrógeno, o más tarde con menos nitrógeno aplicado.

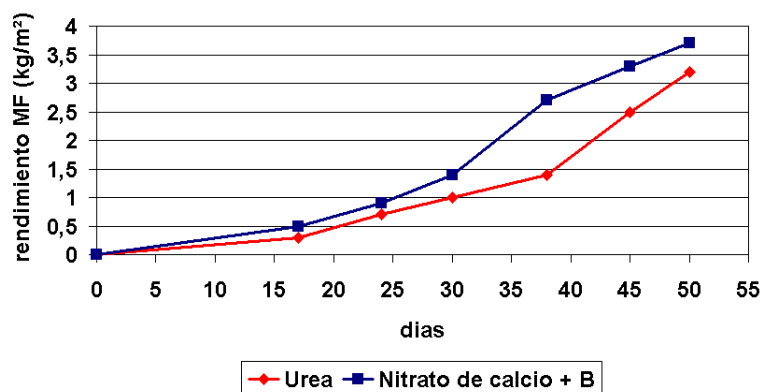
3. Resultados de ensayos colombianos con pasturas de Kikuyo

3.1. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento y la calidad del pasto Kikuyo

El pasto Kikuyo es una cosecha de rápido crecimiento, que demanda alta absorción de nutrientes en un corto período de tiempo. Como lo muestra la Figura 11, una forma de nitrógeno altamente disponible como lo es el nitrato puede sostener este intenso crecimiento mejor que la urea, la cual requiere ser convertida en amonio y nitrato antes de que su nitrógeno pueda ser absorbido a velocidad adecuada. Debido a esto, el pasto Kikuyo fertilizado con fertilizantes que contengan nitrato está normalmente 7-10 días más avanzado en desarrollo comparado con el pasto que recibe urea. Adicionalmente, debido a la mayor eficiencia en el uso de los nitratos, 10-30% más materia seca se puede producir bajo la misma cantidad de nitrógeno aplicado (Basten, 2004).

Figura 11.

Efecto de la fuente de nitrógeno sobre la producción de materia fresca del pasto Kikuyo



Como consecuencia, las pasturas de Kikuyo fertilizadas con nitrógeno más eficiente alcanzan madurez de pastoreo más rápido y por tanto pueden ser pastoreadas más frecuentemente obteniéndose así mayor eficacia.

Sin embargo, pasturas intensivamente manejadas requieren también una aplicación dirigida y frecuente de otros nutrientes como fósforo, potasio y azufre. Por tanto, en 2006 se evaluó el rendimiento de un nuevo fertilizante compuesto de NPK (mezcla química) en comparación con la práctica estándar de la granja, para evaluar el impacto de la nutrición balanceada sobre la calidad y producción del pasto Kikuyo en 4 granjas Colombianas.

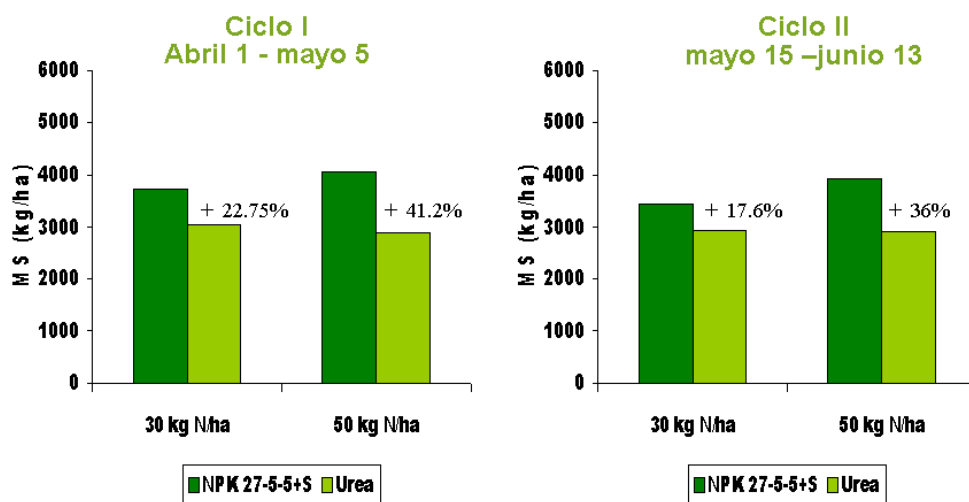
El fertilizante usado de NPK contiene 27% de nitrógeno, del cual 44% es nitrato y 56% amonio. El bajo contenido de fosfato y potasio analizado se tuvo en consideración con el fin de proveer suficientes cantidades de nutrientes "frescos" que estimularan el desarrollo de nuevas raíces y tallos después de cada pastoreo, y para prevenir la excesiva absorción de potasio. Con un 3% de sulfuro de sulfato, la fórmula provee la proporción requerida menor de 12 para la relación N:S, y por tanto provee una adecuada cantidad de azufre para la asimilación de nitrato y síntesis proteica.

En dos fincas (fincas Moro y Cortes), localizadas en la Sabana de Bogotá, se aplicó este compuesto NPK 27-5-5+3S en dos cantidades, 30 y 50 kg N/ha, sobre dos parcelas diferentes cerca a parcelas con urea que recibieron la misma cantidad de nitrógeno. Los cuatro tratamientos fueron localizados en la misma pastura y pastoreados de acuerdo al manejo de la granja. Dado que el índice de fósforo del suelo para el pasto en la finca Moro estaba bajo, la aplicación de fósforo se balanceó con DAP (Fosfato diamónico). En la finca Cortes no se hicieron aplicaciones adicionales de nutrientes, pues los índices de P y K en el suelo eran adecuados.

Antes del pastoreo, se evaluó la producción de materia fresca y materia seca, y se analizaron muestras de forraje para contenido de materia seca, proteína cruda, fibra cruda, calcio y fósforo. Después del pastoreo se midió la cantidad de residuos para calcular el consumo neto de pasto por el hato lechero. Dado que los resultados fueron bastante similares en ambos sitios, solo se presentan los rendimientos de materia seca obtenidos en la finca Cortes (Figura 12). Después de ambos intervalos de pastoreo, los tratamientos NPK 27-5-5+3S produjeron cerca de 20 y 40 % mayor cantidad de materia seca para tasas de aplicación de 30 y 50 kg N respectivamente, en comparación con los tratamientos de urea. En los tratamientos NPK 27-5-5+3S hubo un pequeño incremento en producción como respuesta a la aplicación adicional de 20 kg/ha de nitrógeno, lo cual no ocurrió en los tratamientos de urea. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que un retraso en la disponibilidad de nitrógeno, y por tanto un retraso en el desarrollo del pasto durante su fase temprana de rebrote, no se puede compensar en las etapas posteriores de crecimiento con mayores tasas de aplicación de nitrógeno proveniente de urea.

Figura 12.

Efecto de la tasa de aplicación de nitrógeno y fertilizante sobre el rendimiento en materia seca de la mezcla Kikuyo-rye-gras-trébol producido en dos períodos en la finca Cortes, Sabana de Bogotá, 2006



Como se muestra en la Figura 13, el incremento total en producción de materia seca obtenido con NPK27-5-5+3S puede ser parcialmente atribuido a un mayor contenido (cerca a 2%) de materia seca del pasto. Con un contenido de 61% de fibra detergente neutra (FDN) y 31% de fibra detergente ácida (FDA), el pasto de los tratamientos NPK tuvo una proporción adecuada entre las fracciones de fibra para controlar el pH ruminal entre 6.2 a 7, que es el objetivo para lograr alto contenido de grasa en la leche (Cerón, 2006). El contenido de proteína cruda fue más bajo en el tratamiento NPK a la tasa de aplicación de nitrógeno de 30 kilos, mientras que a la tasa de aplicación de 50 kilos de nitrógeno, el contenido de proteína estuvo al mismo nivel (alrededor de 21 %) para ambos fertilizantes.

En general, los resultados aportan evidencia de que la fuente eficiente de nitrógeno y la fórmula balanceada de NPK contribuyen significativamente a una mayor producción y mejor calidad de forraje.

Con el fin de probar la eficacia del NPK 27-5-5+S, similares ensayos de campo se realizaron en dos granjas de Antioquia. Como lo muestra la Figura 14, los resultados confirman que un incremento de la tasa de aplicación de nitrógeno de 41 kg/ha a 98 kg/ha por intervalo de pastoreo no es apropiado para producir mayor cantidad de materia seca del pasto ni mejor calidad de forraje. Un contenido de proteína del 22% en ambos tratamientos de fertilizante indica que incluso una tasa de aplicación menor a 41 kg N/ha aplicada usando NPK con nitrato de amonio sería suficiente para alcanzar un contenido de proteína cruda de menos del 20% en la pastura. Esto está de acuerdo con hallazgos en Costa Rica (Castillo et. al, 1983) donde el

rendimiento máximo en producción de materia seca del Kikuyo se obtuvo a 250 kg N/ha/año cuando se aplicó como nitrato de amonio, mientras que se requirieron 500 kg N/ha/año como urea para obtener el mismo rendimiento.

Figura 13.

Efecto de la tasa de aplicación de nitrógeno y fertilizante sobre el contenido de materia seca y proteína de una pastura Kikuyo-rye-gras- trébol producida en el primer período de crecimiento en la finca Cortes, Sabana de Bogotá, 2006

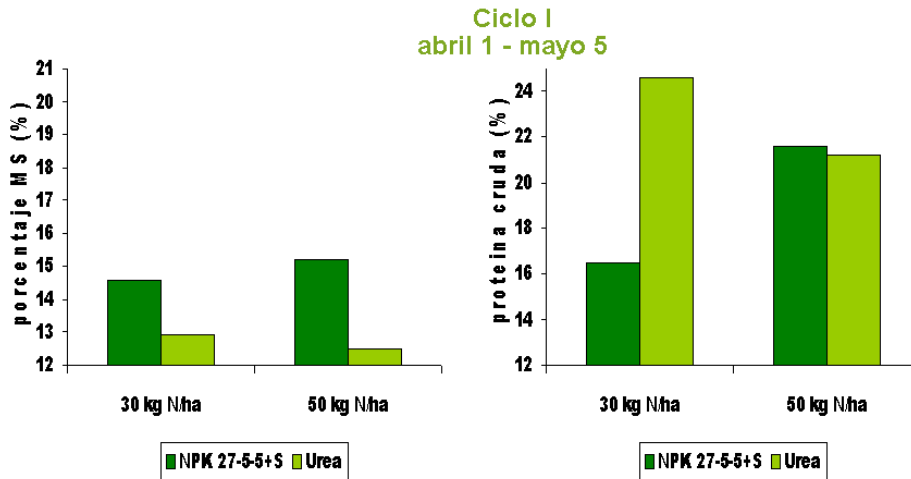
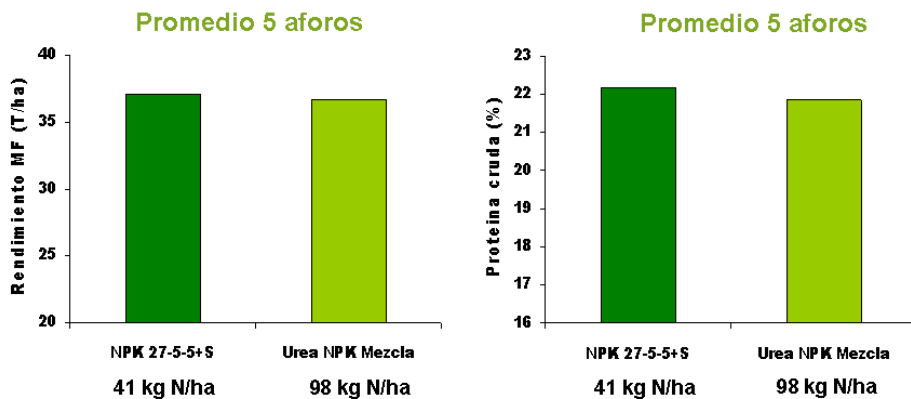


Figura 14:

Efecto de la tasa de aplicación de nitrógeno y fertilizante sobre la producción de materia seca y contenido de proteína del pasto Kikuyo. Promedio de 5 cosechas realizadas en la finca Palermo, La Unión, Antioquia, 2006



3.1. Economía del uso del fertilizante

En general, la producción de leche es rentable sólo bajo pasturas bien manejadas. La aplicación de fertilizante es esencial para producir buena calidad de forraje de Kikuyo en suficientes cantidades. La decisión basada en el costo-beneficio de diferentes estrategias de fertilización debe orientarse hacia el cálculo de ingresos por hectárea, sustrayendo el costo del fertilizante, como se muestra en la Tabla 6.

Los números están basados en los datos del ensayo durante el primer período de pastoreo en la finca Cortes. El consumo neto de forraje es la diferencia entre la producción de materia seca calculada antes del pastoreo y la materia seca residual después del pastoreo. Asumiendo que la energía de 1 kg de materia seca de forraje es suficiente para producir 1 kilogramo de leche, las utilidades por la leche producida por hectárea se calcularon a un precio de 0.31 dólares por kilo. Aunque los costos del fertilizante por hectárea en los tratamientos NPK 27-5-5+S fueron casi el doble comprados con la urea, el uso del fertilizante NPK tuvo un impacto significativo sobre las utilidades alcanzadas.

Tabla 6.

Impacto de la aplicación de fertilizante en praderas de Kikuyo sobre las utilidades. *Finca Cortes, Sabana de Bogota, 2006*

Ciclo I (abril 1 – mayo 5) Treatment	Net forage intake [*] (kg DM/ha)	Revenues for milk produced per hectare ^{**} (USD)	Fertiliser cost (USD/ha)	Fertilizer cost free revenues (USD/ha)
NPK 27-5-5+S 30 kg N/ha	2654	823	46	777
Urea 30 kg N/ha	1929	598	25	573
NPK 27-5-5+S 50 kg N/ha	2889	896	76	820
Urea 50 kg N/ha	1678	520	41	479

* DM yield – dry matter of residues after grazing

** 1 kg milk produced from 1 kg forage DM, milk price 0.31 USD/kg

Conclusión

La aplicación de fertilizante a pasturas de Kikuyo cambia la producción y calidad del forraje. Aunque la aplicación de nitrógeno tiene un efecto más fuerte sobre parámetros como contenido de materia seca y proteína cruda, una nutrición balanceada incluyendo fósforo, potasio y azufre también afecta significativamente la calidad del forraje, en términos de su contenido de calcio magnesio, así como su palatabilidad y consumo voluntario de pasto por las vacas lecheras. Sin embargo, el factor más limitante para la producción de leche y sólidos de la leche, tales como

proteína y grasa, es la disponibilidad de energía del pasto Kikuyo. No existen beneficios al incrementar el contenido de proteína en el forraje mediante la aplicación de mayores tasas de nitrógeno, dado que los microorganismos ruminales no pueden hacer uso de esta proteína debido a falta de energía. Como consecuencia, las vacas excretan la proteína excedentaria, lo cual tiene un costo energético y puede llegar a afectar negativamente la tasa de concepción. Se recomienda analizar el contenido de nitrógeno ureico en leche como herramienta para verificar si el contenido de proteína de la ración total es o no, el adecuado.

La falta de energía se puede compensar con concentrados dirigidos a obtener mayor producción de leche por vaca. Esos concentrados deben ser altos en energía y bajos en proteína cruda para obtener una adecuada composición la dieta total. La proteína del concentrado debería preferiblemente ser en alta proporción proteína no degradable en el rumen. Los concentrados normalmente se ofrecen sólo dos veces al día en el sitio de ordeño, y no es recomendable ofrecer más de 1.5 kilogramos por vez, porque se puede producir una caída del pH ruminal que afectaría adversamente el contenido graso de la leche. Una oferta más pareja del concentrado durante el día, puede contribuir a un mayor uso de la proteína del Kikuyo, y subsecuentemente, a un mayor contenido de proteína y grasa de la leche.

Mediante la disminución de los intervalos de pastoreo hasta 30 a 40 días, el contenido de energía y la digestibilidad de la materia orgánica del pasto Kikuyo se pueden incrementar, pero esto requiere de la aplicación de fertilizantes balanceados y eficientes tales como el fertilizante compuesto NPK 27-5-5+S, el cual fue satisfactoriamente probado en ensayos de campo durante 2006. El más rápido rebrote observado y la mayor producción de materia seca en comparación con los tratamientos que recibieron sólo urea o mezclas de NPK con base en urea tuvieron un impacto significativo en las utilidades de la producción lechera basada en pasto Kikuyo.

Agradecimientos

El autor quisiera agradecer a los colegas de Yara-Colombia, quienes organizaron los ensayos en cooperación con COLANTA y Nutryr. Agradecimientos especiales a Juan M. Cerón (COLANTA), Guillermo Buitrago Gómez y Nohora Lucía Ortega (Yara), así como a Luis Castillo y Oscar González de Nutryr. Juntos condujeron los ensayos en Colombia para evaluar el impacto de diferentes fertilizantes sobre la producción y la calidad del pasto Kikuyo. Por último, agradece a los propietarios y administradores de las fincas Moro, Cortés, Pinar Verde y Palermo por su apoyo.

Referencias bibliográficas

- ARIAS, J., NESTI DE ALONSO, A.: Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 16, 553-561, 1999
- BASTEN, M.: Uso de nitratos en la fertilización de pasturas, Memorias IV. Seminario Internacional Competitividad en Carne y leche, Colanta, Medellín, 2004
- BERNAL, J. ESPINOSA, J.: Manual de nutrición y fertilización de Pastos, Potash and Phosphate institute, Inpophos, 2003
- BUITRAGO, A., GONZALES, A.L., Evaluación de Nitrabor en diferentes especies vegetales de importancia en la alimentación de ganado de leche, Yara Colombia, 2004
- CASTILLO, E; COWARD, J., SANCHEZ, J.M., JIMENEZ, C., LOPEZ, C.: Effect of nitrogenous fertilization on yield, chemical composition and in vitro dry matter digestibility of Kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) during the wet season in Coronado county (Costa Rica), *Agronomia Costarricense* 7(1-2): 9-16, 1983
- CERON, J.M.: Porque cambian los componentes de la leche: El caso de la grasa, *Despertar Lechero*, Vol 26, ISSN 0123-2096, 2006
- DUGMORE, T.J; van RYSEN, J.B.J, STIELAU, W.J.: Effect of fiber and nitrogen content on the digestibility of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), *S. Afr. J. Anim. Sci.* 16(4): 197-201, 1986
- DUGMORE, T.J.; TOIT du, J.H.: The chemical composition and nutritive value of kikuyu pasture, *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 18(2): 72-75, 1988
- FULKERSON, W.J., SLACK, K., HAVILAH, E.: The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*), *Tropical grasslands*, 33, 138 – 145, 1999
- GIRALDO, A.E., VALLEJO, J.A.: Partial Hydro inform, Three trials conducted on Kikuyo pasture to compare yield response to urea, Nitromag, Sodium nitrate and Nitrabor, YARA Colombia, 2004
- HENNING, W.P., Barnard, H.H ., VENTEN, J.J.: Effect of grazing cycle on milk production of cows on kikuyu pasture, *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 25, 7-12, 1995
- HOLMANN, F., RIVAS, L., CARULLA, J., RIVERA, B., GIRALDO, L.A., GUZMAN, S., MARTINEZ, M., MEDINA, A., FARROW, A.: Evolution of milk production systems in tropical Latin America and its interrelationship with Markets: An analysis of the Colombian case, *Livestock Research for rural Environment* 15(9), 2003
- HUGHES, R.M., ROYAL, A.J.E., AYRES, J. F.: Milk production of dairy cows grazing long or short kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*), and with access to forage luines (*Lupinus luteus*), *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28(3): 307-314, 1988
- KELLNER, O., DREPPER, K., ROHR, K.: Grundzüge der Fütterungslehre, 16. Edition, P. Parey Hamburg-Berlin, ISBN3-490-23015-9, 1984

- MARAIS, J.P.; FIGENSCHOU, D.L., DENNISON, C: The accumulation of nitrate in kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) *South African Journal of Plant and Soil* 4(2): 82-88, 1987
- MARAIS, J.P.: Relationship between nitrogen and other chemical components in kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 20(3): 147-151, 1990
- MARAIS, J.P.; FIGENSCHOU, D. L., Woodley, G. A. J. :Energy deficiency in kikuyu grass containing high levels of nitrogen, *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 20(1): 16-20, 1990
- MARAIS, J.P: Effect of nitrogen on the oxalate and calcium content of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* 7(2): 106-110, 1990
- MARAIS J.P.; FIGENSCHOU, D.L., FIGUEIREDO de, M.: Effect of nutrient calcium on the cell wall composition and digestibility of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), *Journal of the Grassland Society of Southern Africa* 9(2); 72-75, 1992
- MOTT, N., RIEDER, J. B., BUHLMANN, V., ERNST, P., ROEBERS, F.: *Wirtschaftliche Gruenlandpraxis*, Landwirtschaftsverlag GMBH, Muenster-Hiltrup, ISBN3-7843-1167-9, 1984
- REEVES, M; FULKERSON, W.J., KELLAWAY, R.C.: Production responses of dairy cows grazing well-managed kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures to energy and protein supplementation, *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36(7): 763-770, 1996
- REEVES, M; FULKERSON, W.J., KELLAWAY, R.C.: Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): The effect of time of defoliation and nitrogen fertiliser application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*), *Australian Journal of Agricultural Research* 47(8): 1349-1359, 1996
- URBANO, D., ARRIOJAS, I., DAVILA, C.: Efecto del la fertilizacion en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum*- *Medicago sativa*) I. Producción de materia seca, altura y relación hoja/tallo, *Zootécnia Tropical*, Vol. 12 (2):281-306, 1994
- URBANO, D., ARRIOJAS, I., DAVILA, C.: Efecto del la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum*- *Medicago sativa*) II. Contenido de proteína y digestibilidad, *Zootécnia Tropical*, Vol. 13 (2): 183- 198, 1995
- URBANO, D: Pasto kikuyu, *Pennisetum clandestinum*. Mérida, Ven, FONAIAP. Estación experimental Mérida.,1992