

EFICIENCIA DE USO DE NITROGENO EN PASTURAS DE *Panicum maximum* y *Brachiaria sp.* SOLAS Y ASOCIADAS CON *Pueraria phaseoloides* EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA

Otoniel Pérez López

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia
Maestría en Producción Animal
Línea Nutrición Animal
Bogotá
2014

EFICIENCIA DE USO DE NITROGENO EN PASTURAS DE *Panicum maximum* y *Brachiaria sp.* SOLAS Y ASOCIADAS CON *Pueraria phaseoloides* EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA

Otoniel Pérez López

Tesis de Maestría en Producción Animal

Director

Germán Afanador Téllez

MVZ. MSc. PhD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Maestría en Producción Animal

Línea Nutrición Animal

Bogotá

2014

Dedicatoria

Dedico este trabajo

A mi esposa Carolina

A mis hijos Juan Felipe y Jerónimo

A mis padres Héctor y María

A mi tío Raúl y familia

Por su amor, confianza y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia por la financiación del trabajo.

Al Dr. Jaime Triana Restrepo (Q.E.P.D), por su apoyo desde la dirección del CI La Libertad.

Al Dr. Rubén Valencia, quien como director del CI La Libertad promovió la culminación del proceso.

Al Dr. German Afanador Tellez, por su decidida y acertada orientación como director del trabajo.

Al Dr. Oscar Pardo, por su amistad y apoyo en el desarrollo de las actividades en campo y el trabajo realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal.

Al Dr. Edgar Cárdenas, por su amistad y orientación en la formulación de este trabajo.

A la Dra. Claudia Ariza, por su valiosa y efectiva asesoría estadística.

A Omar y Paola Pardo, quienes como pasantes fueron fundamentales en la toma de información en campo y laboratorio.

A José Armando Cumaco, por su amistad y compromiso en el desarrollo del trabajo en campo.

A Román Álvarez, quien apoyo decididamente las actividades en campo en la Estación Experimental Taluma.

A Marleny Roldan, por su gran disposición y colaboración.

A Yolanda Neuta, por su amistad y gran apoyo desde la Coordinación de Investigación del CI La Libertad.

A directivos, investigadores, personal de apoyo del CI La Libertad, y estudiantes que de alguna manera aportaron para cumplir este propósito.

Al grupo de profesores del programa de Maestría en Producción Animal de la Universidad Nacional de Colombia por su aporte al fortalecimiento de capacidades.

RESUMEN

En la búsqueda de soluciones para mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno en praderas de gramíneas forrajeras promisorias de los géneros *Panicum* y *Brachiaria* en monocultivo o asociadas con la leguminosa *Pueraria phaseoloides* como alternativa para la producción sostenible de carne en la Altillanura Colombiana, se desarrolló el presente trabajo de tesis. A través de cinco capítulos aborda en forma detallada aspectos relacionados con la introducción general al análisis de la problemática del nitrógeno en sistemas de producción animal, una revisión del estado del arte sobre la economía del nitrógeno y los resultados de la inclusión de la leguminosa *Pueraria phaseoloides* y el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa, composición botánica y calidad nutricional de gramíneas de *Brachiaria* sp. (*B. brizantha* CIAT 6387, *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 26124, *B. brizantha* CIAT 16467, *B. brizantha* CIAT 26990, híbrido Mulato II) y *Panicum* sp. (cultivares Tanzania, Mombaza, Massai y Guinea), en condiciones de la Altillanura Colombiana, la productividad de praderas asociadas (gramínea-leguminosa) y de praderas en monocultivo fertilizadas con nitrógeno y la aceptabilidad de estas nuevas pasturas por bovinos en pastoreo. Finalmente se realiza una discusión general sobre los resultados obtenidos en este proceso de investigación, que demuestra la importancia de la fertilización nitrogenada en la producción y calidad nutricional de forraje de las praderas en condiciones de la Altillanura, así como, el papel de la leguminosa *Pueraria phaseoloides* como alternativa tecnológica que contribuye en forma económica, eficiente y sostenible a una mejor producción y calidad nutricional del forraje en relación con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

Los resultados indican que en condiciones de la Altillanura, entre los materiales de *Brachiaria* sp., las accesiones más promisorias desde el punto de vista de

producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 6387 y *B. brizantha* CIAT 16467, mientras que entre los materiales de *P. maximum*, superiores los cultivares Massai, además, del testigo Mulato II y Guinea en relación con Mombaza y Tanzania. Así mismo, la fertilización con nitrógeno contribuyó al incremento del valor nutritivo del forraje producido por las gramíneas forrajeras de los géneros *Panicum* y *Brachiaria*. Entre las accesiones de *Brachiaria* se destacaron por su mayor contenido de proteína cruda *B. brizantha* CIAT 16315 y CIAT 26124 con valores similares al pasto Mulato II, y entre las praderas de *P. maximum* se destacó el pasto Guinea. Se observó una mayor aceptabilidad de los bovinos por materiales como *P. maximum* cv. Guinea, *P. maximum* cv. Massai, Mulato II, *B. brizantha* CIAT 16315 y *P. maximum* cv. Mombaza.

En general las praderas de gramíneas fertilizadas con 46 y 92 kg de N por hectárea, presentaron un balance negativo del nitrógeno o de ineficiencia en la utilización del mismo, por lo que contribuyeron al deterioro ambiental causado por las pérdidas del nitrógeno en el sistema. Los cultivares de *P. máximo* son más exigentes en fertilización nitrogenada, dado que extrajeron una mayor cantidad de nitrógeno del suelo, para suplir sus necesidades. Existen alternativas de gramíneas que asociadas con la leguminosa *Pueraria phaseoloides*, permiten mantener un balance positivo del N en las praderas, en relación con las gramíneas en monocultivo. Entre las asociaciones de gramíneas – leguminosa + N46 se destacaron las praderas de Guinea, Tanzania, Mombaza, y Massai que presentaron un balance de nitrógeno positivo.

Palabras claves: Praderas, asociación, *Brachiaria*, *Panicum*, *Pueraria*, nitrógeno.

ABSTRACT

The well drained savanna in Colombia is called Altillanura Colombiana. This is a microregion that it typifies an extensive cattle production system which requires the use of adapted grasses responding to nitrogen fertilization to improve yield and nutritional quality grassland. The objective of this study was to evaluate the efficiency of nitrogen use in new accessions of *Brachiaria brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 26124, 6387 and Mulato II, in monoculture and associated with the legume *Pueraria phaseoloides* as an alternative for sustainable beef production. The study was conducted at the experimental station Taluma CORPOICA, located in the town of Puerto López - Meta, under conditions of climate and soil of the Colombian Altillanura. Design of randomized complete block arrangement in divided stripes where the plot corresponded to the forage grass strip and the level of nitrogen fertilization was used (N46, N92, and N46 + *P. phaseoloides*). Accessions with greater biomass production ($p < 0.001$) were *B. brizantha* CIAT 16315 (2040 kgDM.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (2033 kgDM.ha⁻¹) and *B. brizantha* CIAT 16467 (1864 kgDM. ha⁻¹). Treatment grasses + N92 values had significantly ($p < 0.001$) higher in PC (9.55%) and degradability of forage (65.7%) and lower dry matter content (37.05 %%), NDF (61.97%) and FDA (30.55%) compared with the response of grasses fertilized with 46 kgN.ha⁻¹ and grasses associated with kudzu and fertilized with 46 kgN.ha⁻¹. In relation to crude protein content, materials *B. brizantha* CIAT 16315 (8.34%) and CIAT 26124 (8.06%) which did not differ significantly with grazing Mulato II (8.18%) ($p < 0.001$) were highlighted. The results demonstrated the importance of nitrogen fertilization on the production and nutritional quality pastures *B. brizantha*.

Key words: Pastures, association, *Brachiaria*, *Panicum*, *Pueraria*, Nitrogen.

CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	10
INTRODUCCION GENERAL	17
CAPITULO 1. ECONOMÍA DEL NITRÓGENO Y LA ASOCIACIÓN GRAMÍNEA X LEGUMINOSA EN CONDICIONES TROPICALES	22
1.1 INTRODUCCION.....	22
1.2 EL NITROGENO Y SU DISPONIBILIDAD EN EL SUELO.....	24
1.3 LA FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO.....	25
1.3.1 Factores que afectan la fijación de N ₂ por las leguminosas.....	26
1.3.2 Importancia de las leguminosas en el valor nutricional de pasturas.....	28
1.3.3 Papel de las leguminosas en la calidad del forraje.....	28
1.3.4 Papel de las leguminosas en la producción de biomasa vegetal.....	29
1.3.5 Mejoras en la productividad animal.....	30
1.3.6 Uso de leguminosas y su efecto sobre el ambiente.....	30
1.4 BALANCE DE NITROGENO.....	31
1.4.1 Excreción de nitrógeno en la orina.....	34
1.4.2 Excreción del nitrógeno en las heces.....	35
1.5 IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LA FERTILIZACION NITROGENADA.....	37
BIBLIOGRAFIA	40
CAPITULO 2. COMPORTAMIENTO AGRONOMICO, PRODUCTIVO Y NUTRICIONAL DE PRADERAS DE <i>BRACHIARIA SPP.</i> EN MONOCULTIVO Y ASOCIADAS CON <i>PUERARIA PHASEOLOIDES</i> MANEJADAS CON FERTILIZACION NITROGENADA EN CONDICIONES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA	51
2.1 INTRODUCCION.....	51
2.2 MATERIALES Y METODOS.....	54
2.2.1 Localización del estudio.....	54
2.2.2 Preparación de terreno y fertilización de establecimiento.....	55
2.2.3 Dosis de semilla y siembra.....	56
2.2.4 Tratamientos.....	56

2.2.5 Diseño experimental.....	57
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
2.3.1 Comportamiento agronómico y productivo de materiales de <i>Brachiaria</i> sp.....	60
2.3.2 Contenido nutricional del forraje de accesiones <i>Brachiaria brizantha</i>	73
BIBLIOGRAFIA.....	84
CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO AGRONOMICO, PRODUCTIVO Y NUTRICIONAL DE PRADERAS DE <i>PANICUM SP.</i> EN MONOCULTIVO Y ASOCIADAS CON <i>PUERARIA PHASEOLOIDES</i> MANEJADAS CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA EN CONDICIONES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA	94
3.1 INTRODUCCION.....	94
3.2.1 Localización del estudio	96
3.2.2 Preparación del terreno y fertilización de establecimiento	96
3.2.3 Dosis de semilla y siembra	97
3.2.5 Diseño experimental.....	98
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
3.3.1 Comportamiento agronómico y productivo de materiales de <i>Panicum maximum</i>	100
3.3.2 Contenido nutricional de materiales de <i>Panicum maximum</i>	104
BIBLIOGRAFIA.....	121
CAPITULO 4. PRODUCTIVIDAD DE LA PRADERA ASOCIADA GRAMINEA – LEGUMINOSA COMPARADA CON LA PRADERA FERTILIZADA CON NITROGENO Y EVALUACION DE LA ACEPTABILIDAD POR BOVINOS EN PASTOREO EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA.	128
4.1 INTRODUCCION.....	128
4.2 MATERIALES Y METODOS.....	131
4.2.1 Localización	132
4.2.2 Tratamientos	132
4.2.3 Diseño experimental.....	133
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	135
4.3.1 Comportamiento de bovinos en pastoreo de nuevos materiales forrajeros.....	135
4.3.2 Índice de aceptabilidad relativa (IAR).....	140
4.3.3 Contenido de nitrógeno	142
4.3.4 Balance de nitrógeno	150
BIBLIOGRAFIA.....	157
CAPITULO 5. DISCUSION GENERAL	166

5.1 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE MATERIALES DE <i>Brachiaria</i> sp. y <i>Panicum maximum</i>	167
5.1.1 Producción de forraje	167
5.1.2 Cobertura del suelo.....	169
5.1.3 Altura de plantas.....	171
5.1.4 Composición botánica de praderas	173
5.1.5 Contenido nutricional del forraje de materiales de <i>Brachiaria</i> sp. y <i>Panicum maximum</i>	174
5.1.6 Aceptabilidad relativa de nuevas gramíneas forrajeras por bovinos en pastoreo en la Altillanura Colombiana	178
5.1.6.1. Comportamiento de bovinos en pastoreo sobre nuevos materiales forrajeros	179
5.1.6.2. Índice de aceptabilidad relativa (IAR).....	180
5.1.7 Contenido de nitrógeno	182
5.1.8 Aplicación del modelo de simulación de balance de nitrógeno.....	183
5.1.9 Balance de nitrógeno	188
CONCLUSIONES	191
RECOMENDACIONES	193
BIBLIOGRAFIA	194

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo en el area de estudio	55
Tabla 2. Contrastes ortogonales planteados para materiales de <i>Brachiaria</i> en monocultivo y asociados con kudzu manejados con diferentes niveles de nitrógeno.....	59
Tabla 3. Variables agronómicas y productivas de accesiones de <i>Brachiaria brizantha</i> en monocultivo y asociadas con kudzu en condiciones de la Altillanura.	64
Tabla 4. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de praderas de <i>Brachiaria</i> sp. en monocultivo y asociadas con kudzu fertilizadas con N, durante la época de lluvias en la Altillanura.....	68
Tabla 5. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de praderas de <i>Brachiaria</i> sp. en monocultivo y asociadas con kudzu fertilizadas con N, en época seca en la Altillanura.....	71
Tabla 6. Contenido nutricional del forraje de accesiones de <i>Brachiaria</i> sp. durante la época de lluvias en la Altillanura.	75
Tabla 7. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de accesiones de <i>Brachiaria brizantha</i> durante la época de lluvias en la Altillanura. .	80
Tabla 8. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de accesiones de <i>Brachiaria brizantha</i> durante la época seca en la Altillanura.....	83
Tabla 9. Contrates ortogonales planteados para materiales de <i>Panicum</i> en monocultivo y asociados con kudzu manejados con diferentes niveles de N.	100
Tabla 10. Variables agronómicas y productivas de materiales de <i>Panicum maximum</i> en condiciones de la Altillanura.	101
Tabla 11. Contenido nutricional del forraje en praderas de <i>Panicum maximum</i> en condiciones de la Altillanura colombiana.	106
Tabla 12. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de cultivares <i>Panicum maximum</i> durante la época de lluvias en la Altillanura colombiana	110

Tabla 13. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de cultivares <i>Panicum maximum</i> durante la época seca en la Altillanura colombiana.....	113
Tabla 14. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de cultivares de <i>Panicum maximum</i> durante la época de lluvias en la Altillanura colombiana.	116
Tabla 15. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de cultivares de <i>Panicum maximum</i> durante la época seca en la Altillanura colombiana.	119
Tabla 16. Características fisicoquímicas del suelo en el área de estudio	132
Tabla 17. Índice de Aceptabilidad Relativa (IAR) para gramíneas forrajeras en condiciones de la Altillanura Colombiana.	141
Tabla 18. Contenido de nitrógeno total en praderas de <i>P. maximum</i> y <i>B. brizantha</i> en monocultivo y asociadas con kudzu y fertilizadas con dos niveles de nitrógeno.	144
Tabla 19. Balance del nitrógeno según producción de forraje y contenido de nitrógeno en praderas de <i>P. maximum</i> y <i>B. brizantha</i> en monocultivo y asociadas con kudzu bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en la Altillanura.....	152
Tabla 20. Balance total del nitrógeno en praderas de <i>P. maximum</i> y <i>B. brizantha</i> en monocultivo y asociadas con kudzu bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en la Altillanura.	155

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Precipitación (mm) mensual en la Estacion Experimental Taluma en el periodo julio de 2009 a junio de 2010.	55
Figura 2. Distribucion en campo de materiales forrajeros de <i>Brachiaria</i> en monocultivo y asociados con kudzu, manejados con diferentes niveles de nitrógeno.	59
Figura 3. Distribucion en campo de materiales forrajeros de <i>Panicum</i> en monocultivo y asociados con kudzu, manejados con diferentes niveles de N.	99
Figura 4. Tiempo de consumo por material forrajero durante el dia.	139

INTRODUCCION GENERAL

El nitrógeno es el nutriente más importante para la producción de cultivos forrajeros. Las fuentes de este nutriente corresponden: al suelo, a la fijación biológica del nitrógeno y a la oferta de fuentes químicas. El nitrógeno orgánico del suelo en los diferentes ecosistemas tiene una tendencia a perderse a través de la remoción de la vegetación y las pérdidas producidas por lixiviación, denitrificación y volatilización del amonio, siendo la fijación de nitrógeno biológico, a partir de la conversión microbiana de nitrógeno atmosférico, la forma más expedita para mejorar en el suelo, el balance de nitrógeno. Los cultivos forrajeros en el paradigma de la revolución verde han tratado de buscar un estatus sostenible de nitrógeno en el suelo, mediante un balance entre pérdidas y ganancias a partir de la aplicación de nitrógeno biológico por parte de leguminosas o por el uso óptimo de fertilizantes químicos. En este contexto, el reto se enmarca en sostener una fertilidad adecuada de nitrógeno en el suelo, operando altos niveles de productividad de estos cultivos.

Todos los cultivos con excepción de las leguminosas requieren del N del suelo para proveer relativamente grandes cantidades de nitrógeno, que en el caso de las pasturas podrían asimilar más de 100 kg de N por hectárea por año, de las cuales el 50 al 90% serían consumidas por los animales (Thomas, 1995). Sin embargo, del 75 a 95% de nitrógeno ingerido es retornado como excretas, entonces grandes cantidades pueden ser lixiviadas o perdidas como emisiones gaseosas (Peoples, *et al.*, 1995), de tal forma que la demanda anual de nitrógeno para una pastura es continua y sustancial. La aplicación de fertilizantes nitrogenados a los cultivos es una buena estrategia con implicaciones prácticas. Sin embargo, el uso de este tipo de fertilizantes está regulado por consideraciones económicas (ingreso per cápita de los productores, facilidades de crédito, valor del producto animal y expectativas

de productividad a nivel de la finca) así como la disponibilidad de una adecuada infraestructura de producción y distribución. De otra parte, la pobre eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados por los cultivos (menor del 50%) aumenta las preocupaciones de los costos ambientales por las pérdidas de nitrógeno, a partir de este tipo de fertilizantes (Peoples, *et al.*, 1995). En contraste, la contribución de la fijación biológica de nitrógeno puede ser controlada mediante manipulación de factores físicos, ambientales, nutricionales o biológicos (Hansen, 1994). En el contexto de la fijación biológica de nitrógeno, la mayor atención ha sido puesta en las leguminosas considerando su probada habilidad para fijar nitrógeno y contribuir a una producción forrajera más integral y productiva; sin embargo, las leguminosas sólo están presentes en algunas de las áreas en pasturas temporales y permanentes (Becker, *et al.*, 1995).

La Altillanura Colombiana es una microrregión con características relevantes desde el punto de vista de la oferta de recursos hídricos y sus potencialidades tanto económicas como ambientales; así como para la explotación de especies animales de acuerdo con las características del paisaje. Esta subregión se extiende sobre la margen derecha del río Meta desde el municipio de Puerto López hasta su desembocadura en el río Orinoco, con un área aproximada de 4.5 millones de hectáreas. El paisaje está conformado por una sábana herbácea y con zonas aisladas de bosque denominado de galería, que bordean los cursos de agua. El suelo se caracteriza por su elevada acidez y alta saturación de aluminio (pH: 3.8-5.0, mayor de 80%, respectivamente), una baja capacidad de intercambio catiónico y una pobre fertilidad debido a los limitados contenidos de materia orgánica, con deficiencias en la disponibilidad de nutrientes como P, N, Ca, Mg y K.

La principal actividad económica de la Altillanura Colombiana es la ganadería bovina que enfrenta limitantes de disponibilidad, calidad y productividad de las pasturas, las cuales están compuestas principalmente por gramíneas nativas y

algunas introducidas de bajo potencial productivo. Además, se presentan períodos secos prolongados que limitan una disponibilidad de forrajes para cubrir los requerimientos nutricionales del animal, en términos de mantenimiento, crecimiento y producción (Romero *et al.*, 2004). En estos ecosistemas, la producción ganadera puede ser incrementada modificando la cantidad de nutrientes y su flujo estacional. Un mejor entendimiento de los procesos involucrados en el reciclaje, pérdidas y ganancias (fijación biológica del nitrógeno) y la utilización de nutrientes a través de varios componentes del sistema de pastoreo es probablemente la opción más clara y sostenible para la producción de carne en dichos sistemas. Igualmente, la productividad de nuevas pasturas generalmente declina después de algunos años, debido a una reducción en las tasas de mineralización de nutrientes. En este contexto, la inclusión de leguminosas forrajeras persistentes en las pasturas puede incrementar a sostenibilidad de la producción de biomasa forrajera de una manera más amplia debido a la disponibilidad de nitrógeno a partir de la fijación realizada por la leguminosa. Esta estrategia no solamente mejora la calidad del forraje y la fertilidad del suelo, sino la producción animal y las tasas de retención de proteína por los animales (Deenen y Lantinga 1994; Haynes y Williams 1993; Thomas *et al.* 1992).

Una visión de la producción sostenible de carne en condiciones de la Altiplanicie Colombiana exige la utilización de mejores gramíneas solas o asociadas con leguminosas de alta productividad. Esto implica usar nuevos cultivares productivos y bien adaptados, mas nutritivos, para atender los requerimientos nutricionales de los animales. La introducción de *Brachiaria decumbens* a los Llanos Orientales, marco un paso importante para el desarrollo económico de la región dado que la productividad animal que se obtenía en las sabanas nativas de 30 kg.ha⁻¹.año⁻¹, se incrementó a 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹. Sin embargo, estas pasturas han perdido su capacidad productiva con el tiempo, asociada a la falta de reposición de los nutrientes extraídos del suelo, al ataque del mién de los pastos (*Aeneolamia sp.*) y

al sobrepastoreo que menoscaba la producción de biomasa por consumo de los sitios de almacenamiento de los nutrientes de reserva de los pastos, por parte de los animales (Rincón, 2005) y genera procesos de compactación en los suelos.

En general, los productores de ganado de carne se enfrentan en estas condiciones a una disponibilidad limitada de materiales forrajeros, ya que sólo se dispone de tres especies de gramíneas (*B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*) y una leguminosa (*S. capitata*) para suelos de sabana de baja fertilidad; y dos gramíneas (*B. brizantha* y Mulato II) y dos leguminosas (*A. pintoii*, *P. phaseoloides*) para suelos de mejor fertilidad. Actualmente se encuentra en el mercado *Pueraria phaseoloides* cv kudzú, leguminosa que puede ser establecida dada su adaptación a condiciones de suelo y clima de los Llanos Orientales y su compatibilidad, persistencia en asociación con gramíneas del género *Brachiaria* y *Panicum* y disponibilidad de semilla (Lascano y Estrada, 1989; Miles, Maass y do Valle, 1998)

En este contexto, con este trabajo se busca determinar la eficiencia del uso del nitrógeno en pasturas seleccionadas de gramíneas forrajeras promisorias de los géneros *Panicum* y *Brachiaria* en monocultivo o asociadas con *Pueraria phaseoloides*. La hipótesis es que la selección de asociaciones de gramíneas promisorias con una leguminosa como Kudzú tropical (*P. phaseoloides*), podría ser una alternativa tecnológica que mejora la producción y calidad nutricional del forraje, en comparación con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

El esquema de la tesis aborda una introducción general al análisis de la problemática del nitrógeno en sistemas de producción animal. El capítulo uno realiza una revisión del estado del arte sobre la economía del nitrógeno y la asociación gramínea x leguminosa en condiciones tropicales. Los capítulos dos y tres, evalúan la inclusión de la leguminosa *Pueraria phaseoloides* y el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa, composición botánica y

calidad nutricional de gramíneas de *Brachiaria* sp. y *Panicum* sp., respectivamente, en condiciones de la Altillanura Colombiana. El capítulo cuatro incluye la productividad de praderas asociadas (gramínea-leguminosa) y de praderas en monocultivo fertilizadas con nitrógeno y evalúa la aceptabilidad de las nuevas pasturas por bovinos en pastoreo. En el capítulo cinco se realiza una discusión general sobre los resultados obtenidos en este proceso de investigación, que están relacionados con la eficiencia de uso del nitrógeno en pasturas de la Altillanura Colombiana y su importancia en la producción de carne bovina.

CAPITULO 1. ECONOMÍA DEL NITRÓGENO Y LA ASOCIACIÓN GRAMÍNEA X LEGUMINOSA EN CONDICIONES TROPICALES

1.1 INTRODUCCION

El nitrógeno (N) es un nutriente que en períodos cortos de tiempo presenta fenómenos de pérdidas y ganancias que determinan una baja eficiencia de utilización, generando apatía en la aplicación a las praderas por parte de los productores y en los casos en que es utilizado en forma indiscriminada, muestra grandes impactos negativos sobre el ambiente, como el incremento en la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación de fuentes hídricas. El incremento en los costos de fertilizantes como la urea, reduce las posibilidades de uso del nitrógeno, generando un cambio en la visión de la producción primaria de pasturas en donde cobra importancia la fijación biológica del nitrógeno por parte de las leguminosas, la cual puede complementar o reemplazar la fertilización nitrogenada, contribuir a mejorar la fertilidad del suelo y mejorar la respuesta productiva de los bovinos.

La incorporación de leguminosas en las praderas tropicales es una tecnología de bajo costo que se basa en la capacidad de aumentar la disponibilidad de nitrógeno vía fijación biológica de la leguminosa con beneficios tangibles sobre la calidad de la pradera, que se ofrece a los animales de pastoreo. Lo anterior es particularmente importante en estas condiciones debido a que las gramíneas (principalmente tipo C4) contienen frecuentemente niveles muy bajos de nitrógeno (menos de 1.3%) que limitan la producción animal en estos sistemas de

producción (Humphreys, 1991). Los estimativos de oferta anual de nitrógeno proveniente de fijación biológica señalan que alrededor del 30% (45 millones de toneladas de nitrógeno) provienen de pasturas permanentes. Para el año 2000 se estimaba que de 80 a 90 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados serían reemplazados con la fijación biológica del nitrógeno (Bumb, 1994). Sin embargo, la contribución final del nitrógeno fijado por las leguminosas, depende del balance de nitrógeno a la cosecha, el cual es determinado por la diferencia entre la cantidad de nitrógeno fijado por la planta y el removido por la semilla. Teniendo en cuenta que los niveles de proteína de la semilla de leguminosas son mayores del 20%, éstas tienen una alta demanda de nitrógeno que puede ser superior a $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno.

En este contexto, la discusión se centra en los efectos de las leguminosas sobre la economía de nitrógeno en los suelos, aunque existen riesgos potenciales asociados con la pérdida de N por mineralización del suelo. La acelerada acidificación de muchos suelos bajo el esquema del mejoramiento de las pasturas basadas en nitrógeno se observa en muchas partes del mundo (Coventry y Slattery, 1991), lo cual es ampliamente atribuido a un mal manejo del N haciendo ineficiente su utilización por parte de las plantas, lixiviando en forma de nitrato, el N no utilizado (Helyar, 1991). Esta parte del nitrógeno participa en una amplia proporción de la acidificación de los suelos, estimándose que entre 14 a 80 kg de nitrógeno en forma de nitrato puede ser lixiviado por hectárea por año. Lo anterior es soportado porque las pasturas perennes al tener una mayor capacidad para utilizar los nitratos del suelo y el agua través del año, tienen la oportunidad de que estas pérdidas sean minimizadas (Ridley, *et al.*, 1990), mientras que en la asociación gramínea x leguminosa, la lixiviación de nitrato es fundamentalmente debida a la descomposición de residuos durante la época de crecimiento de la planta (Peoples, *et al.*, 1995). Este aspecto es importante en condiciones tropicales húmedas donde el potencial de descomposición de los residuos es alto y por lo tanto la nitrificación del suelo puede llegar a ser crítica (George, *et al.*,

1993). En este capítulo se revisa el nitrógeno y su disponibilidad en el suelo, la fijación simbiótica de nitrógeno, el balance de nitrógeno y los impactos ambientales causados por la fertilización nitrogenada en condiciones tropicales

1.2 EL NITROGENO Y SU DISPONIBILIDAD EN EL SUELO

El nitrógeno es un nutriente altamente móvil e inestable en el ambiente pudiendo hallarse en estado sólido, líquido o gaseoso, y pasar de uno a otro estado rápidamente. Las plantas pueden utilizar el N disponible (bajo la forma de NO_3^- y/o NH_4^+) provenientes de diversas fuentes, que en el caso de la producción animal corresponden a la solución del suelo, la fijación simbiótica por las leguminosas, las deyecciones de los animales, el suplemento alimenticio ofrecido a los animales y los fertilizantes.

En el proceso de desarrollo de los suelos, el N se ha derivado casi totalmente del N_2 de la atmósfera, con sólo cantidades insignificantes de la meteorización de las rocas. Hasta las últimas décadas, casi toda la fijación de N_2 atmosférico se produjo a través de la actividad de los microorganismos del suelo, pero ahora hay fijaciones adicionales a través de las actividades humanas (Whitehead, 2000). La temperatura, la luz solar y el agua actúan sobre la fijación de N por las leguminosas. Además, en pasturas asociadas la cantidad de N fijado simbióticamente depende de la tasa de crecimiento de las leguminosas, de su proporción en la pastura y de la eficiencia de fijación de los nódulos. Esta cantidad puede ser muy reducida (5 kg N ha^{-1}) en pastizales naturales no disturbados y puede alcanzar hasta 400 kg N ha^{-1} en pasturas de alta producción, aunque las últimas tienen elevadas pérdidas de N (hasta 200 kg N ha^{-1}) (West y Mallarino, 1996).

La disponibilidad de nutrientes en el suelo varía a lo largo del año dado que es afectada por factores climáticos (fundamentalmente la temperatura y la disponibilidad de agua) que controlan las reacciones químicas y la actividad microbiana. En verano, se registran altas tasas de mineralización de la materia orgánica y se registra la mayor disponibilidad de N en la solución del suelo, en contraste en invierno la disponibilidad es mínima (Echeverría y Bergonzi, 1995).

Por lo general, más del 95% del total de N del suelo proviene de la materia orgánica, y menos del 5% se encuentra en las formas inorgánicas y como nitrato de amonio. La concentración de N en la materia orgánica del suelo es regularmente constante y esta en torno al 5% del contenido de materia orgánica del suelo, por lo tanto, se refleja en el contenido total de N del suelo (Whitehead, 2000). El N total del suelo normalmente disminuye con la profundidad (salvo en algunos suelos turba) y es a menudo insignificante por debajo de 30-40 cm. Normalmente, la cantidad total de N del suelo a una profundidad de 40 cm oscila en el largo plazo entre 5000 y 15000 kg ha⁻¹ en los suelos de pastizales, y entre 2000 y 4000 kg ha⁻¹ en los suelos cultivados con cultivos herbáceos (Whitehead, 1995). Todos los suelos reciben algún aporte de N de la atmósfera, además de los que se derivan de la fijación microbiana de N₂.

1.3 LA FIJACION SIMBIOTICA DE NITROGENO

La fijación biológica es otra fuente de N para la agricultura, la cual evita la dependencia de los combustibles fósiles. La mayor fijación de N se da mediante las bacterias del género *Rhizobium*, las cuales viven simbióticamente en las raíces de las plantas leguminosas. Ésta simbiosis le permite a la leguminosa satisfacer sus requerimientos para su crecimiento, aportar N a las gramíneas acompañantes y, favorecer un mayor crecimiento y calidad nutricional, suministrando una mejor calidad de la dieta para el ganado que consume la pastura (Peoples *et al.* 1995,

Thomas *et al.* 1992). La simbiosis depende en la leguminosa del desarrollo de nódulos los cuales contienen colonias de bacterias de *Rhizobium*. Inicialmente la bacteria es ubicua en el suelo y coloniza la raíz de la planta en forma de una infección hasta llegar a la corteza de la misma (Orozco 1999, Peoples *et al.* 1995 y Thomas *et al.* 1992).

1.3.1 Factores que afectan la fijación de N₂ por las leguminosas

La mayoría de las plantas forrajeras dependen del N mineral del suelo para satisfacer sus requerimientos. Las reservas de N total en el volumen de suelo explotable por las raíces son mayores que los requerimientos anuales de los forrajes, sin embargo, el 90% de este elemento está fijado en forma orgánica estable y en condiciones normales es liberado lentamente para satisfacer el ritmo de productividad primaria. Por tanto, otras formas de N disponible deben estar al alcance del sistema (Unchupaico *et al.*, 1999).

Los microorganismos que participan en la fijación de N₂ pueden ser divididos en dos categorías principales: (i) organismos simbióticos, de los cuales el más importante son las bacterias rizobiales asociadas con las raíces de leguminosas plantas, y (ii) los organismos que viven libres en el suelo, tales como *Azotobacter*. En condiciones favorables, las bacterias rizobiales asociadas con los tréboles son capaces de fijar 200-400 kg N ha⁻¹ año⁻¹, sin embargo, en pastos naturales y seminaturales, las cantidades suelen ser mucho menos, posiblemente menos de 10 kg ha⁻¹ año⁻¹; las bacterias de vida libre del suelo rara vez fijan más de 15 kg N ha⁻¹ año⁻¹, y a menudo sólo 1-2 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Clark y Woodmansee, 1992). Por lo general, más del 95% del total de N del suelo se produce en la materia orgánica del suelo, y menos del 5% se produce en las formas inorgánicas y como nitrato de amonio.

Las cantidades de N₂ fijado varían también, con las condiciones ambientales y de manejo de la leguminosa. La cantidad de luz y la temperatura afectan indirectamente la cantidad de N₂ fijado, puesto que a una menor o mayor cantidad de radiación solar, la fotosíntesis es afectada y permite una mayor oferta de carbohidratos a la bacteria en simbiosis. De igual forma, una nubosidad por más de 2 a 3 semanas reduce la cantidad y el peso de los nódulos del *Rhizobium* por planta (Chu y Robertson, 1974).

La temperatura por su parte, es el mayor factor que incrementa la fijación. La activación de la fijación de N₂ requiere de un mínimo de temperatura en el suelo que es cerca de 9°C (Frame y Newbould, 1986) y la actividad de la nitrogenasa muestra un óptimo rango de expresión entre 13 – 26°C. Así mismo, la nodulación depende de la temperatura ambiente, la nodulación es pobre a bajas temperaturas, ya que se ve afectada por una menor cantidad de carbohidratos no estructurales en las plantas (Collins y Rodhes, 1995).

Otros factores, como el agua y el suelo han sido descritos por Simpson *et al.* (1987). En condiciones de estrés de sequía, la nodulación se deprime y por ende la fijación de N₂, también es necesario la presencia de ciertos nutrientes en el suelo necesarios para una efectiva nodulación, como son el P y el K y en pequeña proporción la presencia de molibdeno (Mo) y boro (B). Así mismo, la textura del suelo afecta la aireación del mismo, de tal forma que suelos de texturas arcillosas son menos favorables para una buena nodulación comparados con suelos de texturas francas a arenosas (Crush, 1987). La defoliación de las plantas o el pastoreo por los animales también afectan la nodulación.

La fijación simbiótica del nitrógeno ambiental en las regiones tropicales tiene problemas por la acidez del suelo y la disponibilidad de nutrientes, también, los altos niveles de fertilización nitrogenada inhiben ésta fijación biológica, por lo que

la recomendación es no aplicar fertilizantes nitrogenados a las leguminosas (Vázquez, 1996).

1.3.2 Importancia de las leguminosas en el valor nutricional de pasturas

La proteína de las leguminosas es utilizada más eficientemente que la proveniente de gramíneas por los microorganismos del rumen y consecuentemente, en un equivalente del consumo de la materia orgánica, la cantidad de proteína entérica en el duodeno es mucho mayor en las leguminosas que en las gramíneas. Las leguminosas en las pasturas, desarrollan las siguientes funciones: **a-** proveen una entrada de nitrógeno vía fijación biológica, **b-** mejoran el valor nutritivo del forraje (proteínas y minerales), **c-** mejoran el reciclaje de nutrientes, incrementando la calidad de la hojarasca, su minealización y aumentando las cantidades de nutrientes que pasan a través de los animales y **d-** estimulan la actividad biológica del suelo mediante la calidad y los exudados de la hojarasca, y pueden ayudar a controlar los arvenses y las plagas y enfermedades por incremento de la biodiversidad en las pasturas (Thomas *et al.* 1992). Además, desde el punto de vista nutricional, praderas asociadas con gramíneas + leguminosas frente a praderas puras de gramíneas (recibiendo fertilización nitrogenada), presentan mejores producciones animales por unidad de área, bien sea en términos de leche, carne o lana (Peoples *et al.* 1995; Giller y Cadisch, 1995), posiblemente debido a un aporte más persistente de N a las praderas.

1.3.3 Papel de las leguminosas en la calidad del forraje

Las leguminosas incrementan el valor nutritivo de las gramíneas asociadas, particularmente en lo que se refiere a los contenidos de proteína cruda y de minerales (Hernández *et al.*, 2005). Las gramíneas tropicales presentan generalmente, contenidos de proteína cruda bajos, inferiores al 7 % durante la época seca, cuando el aporte de nitrógeno es deficiente, lo cual afecta el consumo voluntario y consecuentemente, la producción animal (Villaquirán y Lascano,

1986). Romero y González (1999) reportan incrementos de 15.5% de proteína cruda en la praderas de *B. decumbens* + *A. pintoii*, pero no encontraron un efecto significativo en la digestibilidad de la biomasa. También González *et al.* (1996) evidenciaron que la asociación de pasto Estrella + *A. pintoii* tuvo los valores más altos de proteína cruda y DIVMS (12.0% y 53.0%, respectivamente), contra 9.0% y 45.0% de proteína cruda y DIVMS para el estrella solo.

1.3.4 Papel de las leguminosas en la producción de biomasa vegetal

Las leguminosas incrementan la producción de materia seca en las praderas cuando éstas se asocian con gramíneas, lo que permite incrementar la capacidad de carga animal por unidad de superficie (Hernández *et al.*, 2005). Al respecto Baars y Jenkin (1996) reportan que los rendimientos anuales de materia seca en algunas asociaciones superaron a *B. decumbens* (30.3 ton ha⁻¹) comparado con 26.2 ton ha⁻¹ asociada con *A. pintoii*, 32.8 ton ha⁻¹ con *M. atropurpureum*, 30.4 ton ha⁻¹, con *S. guianensis* y 32.7 ton ha⁻¹ con *S. hamata*.

El incremento en la productividad de biomasa y peso vivo animal, como producto de la inclusión de las leguminosas en las pasturas, es consecuencia de la incorporación de N atmosférico a través de la fijación simbiótica y su posterior acumulación y redistribución en las pasturas (Hernández *et al.*, 2005; Skerman *et al.*, 1991). Seiffert *et al.* (1988) evaluaron la contribución de *C. mucunoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *B. decumbens*, encontrando que el contenido de N varió entre 0.85 y 1.52% en la materia vegetal verde y entre 0.30 a 0.60% en la materia muerta. El contenido de N en la MS viva de la leguminosa varió entre 1.9 y 3% y en la MS muerta entre 1.2 y 2.5%. En la pastura asociada, el contenido de N en la materia verde de la gramínea varió entre 0.8 y 1.22%, y en la materia muerta entre 0.35 y 0.57%. Halliday *et al.* citado por Unchupaico *et al.*, 1999, muestran que el potencial estimado de fijación simbiótica anual de N varía de 110 kg ha⁻¹ para *Leucaena leucocephala* a 1.560 kg ha⁻¹ para *S. humilis*. La

acumulación anual de N por residuos foliares y el potencial de suministro al ecosistema por esta vía puede ser tan alto como 77.5 kg ha⁻¹ en una asociación de *A. gayanus* con *P. phaseoloides*.

1.3.5 Mejoras en la productividad animal

Las leguminosas benefician la productividad animal incrementando la capacidad de carga, debido a la mayor producción de biomasa por unidad de área y un incremento del valor nutritivo de la gramínea acompañante (Unchupaico *et al.*, 1999). Numerosos estudios muestran los beneficios de las leguminosas en la producción animal tropical. Lascano (1994) encontró que las ganancias de peso corporal pueden incrementarse hasta en un 200% en pasturas asociadas con *A. pintoi* en relación a gramíneas solas. La ganancia de peso corporal diaria obtenida en vaquillas durante 112 días en pastoreo de clitoria (*Clitoria ternatea*) fue superior en 70 y 50% a la obtenida en praderas de pangola (*Digitaria decumbens*) sola y asociada con *M. atropurpureum* (402 vs 273 y 279 g, respectivamente) (Villanueva *et al.*, 2004).

1.3.6 Uso de leguminosas y su efecto sobre el ambiente

Las principales fuentes de N liberadas al ambiente proveniente de la agricultura a nivel global y en particular de los países desarrollados, son los fertilizantes y los excrementos de los animales. El N gaseoso, junto con otros compuestos químicos, forman parte del fenómeno denominado calentamiento global de la atmósfera, mientras que los nitratos están relacionados con problemas de salud humana y animal a través del agua de bebida. Autores como Abreu (2003) y Valencia (2003) sugieren que la combinación de leguminosas con y sin taninos permitiría aprovechar las ventajas de cada uno de estos grupos de plantas. Por un lado las leguminosas libres de taninos (e.g. Caupí) aumentarían el suministro de nitrógeno fermentable y la actividad microbiana en el rumen (Hess *et al.*, 2003). Por otro lado los taninos presentes en leguminosas arbustivas como *Calliandra calothyrsus* y

Flemingia macrophylla protegerían parte de la proteína de la degradación ruminal (Salunkhe *et al.*, 1989) y aumentarían el suministro de proteína sobrepasante (Min y *et al.*, 2003). Hess *et al.*, (2006) encontraron que leguminosas taníferas pueden ser útiles en la limitación de las emisiones de metano, pero cuando se utilizan leguminosas con altos contenidos de taninos, pueden deprimir el valor nutritivo de la dieta. Sin embargo, esto podría ser diferente en el caso de leguminosas templadas con un moderado contenido de taninos (Waghorn *et al.*, 1997). A pesar de las ventajas competitivas y comparativas descritas para las leguminosas, su uso por los productores es limitado, particularmente en condiciones tropicales (Lascano *et al.* 2002).

1.4 BALANCE DE NITROGENO

La producción animal ha sido identificada como la mayor fuente de pérdida de nitrógeno. Por consiguiente, es importante reducir las pérdidas de N a través de las excretas, mejorando la utilización del nutriente por parte del animal. Tres vías han sido identificadas para mejorar la eficiencia de uso del N en bovinos en pastoreo, las cuales pueden ser alcanzadas mediante la manipulación de la composición química de los forrajes: cubrir los requerimientos de proteína del animal, balancear y sincronizar la oferta de carbohidratos y de N en el rumen y mejorar la proporción de proteína no degradable o pasante a nivel ruminal.

Los requerimientos nutricionales de los animales en pastoreo a través de la manipulación de la biomasa cubren un balance entre la manipulación de los contenidos de carbono y nitrógeno, durante el crecimiento de las pasturas. Los contenidos de carbono y nitrógeno varían tanto espacial, como temporalmente dentro de la pradera. Bajo condiciones de pastoreo, el manejo de la pastura en términos de la longitud del período de rebrote, la intensidad de pastoreo, la tasa de

aplicación de fertilizantes nitrogenados y el tipo de pastura son las principales formas para manipular la dinámica de carbono y nitrógeno. La aplicación de fertilizantes nitrogenados y el periodo de rebrote son las más promisorias herramientas de manejo de la pradera, con respecto a la calidad y subsecuente eficiencia de uso del nitrógeno por parte del bovino. Sin embargo, el balance de estas herramientas es complejo, ya que interactúan entre sí y muchas veces producen efectos adversos sobre la producción.

En el contexto de pasturas, el concepto de balance básicamente envuelve la sumatoria de todas las entradas de N al sistema y de todas las salidas del mismo; la diferencia entre la suma de las entradas y la suma de las salidas debe ser igual al cambio en el total del nitrógeno del sistema (Lazzari, 1982). En una pastura, incluyendo las praderas asociadas gramíneas + leguminosas, el potencial de entradas desde fuentes externas son: deposiciones húmedas y secas de N_2 de la atmósfera; fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico; fijación biológica no simbiótica del nitrógeno atmosférico; aplicación de fertilizante nitrogenado; aplicación de estiércoles o lodos.

Las potenciales salidas del N del sistema son: remoción por corte del forraje, ganancias de peso corporal y producción de leche o lana; lixiviación, principalmente del nitrato; volatilización del amonio; volatilización del N_2 , N_2O y NO a través de la nitrificación o desnitrificación. La diferencia entre el total de las entradas y salidas, pueden ser corroboradas mediante medición del cambio del N_2 total en el suelo. Sin embargo, es extremadamente difícil obtener las mediciones de todas las entradas y salidas del N_2 que ocurren dentro de una pastura durante el año (Bowen y Baethgen 1998, Hanks y Ritchie 1991 citados por Whitehead 1995 y Thomas *et al.* 1992).

A nivel del animal, los balances de N están definidos por las excreciones de heces y orina que contribuyen a la contaminación ambiental de nitrógeno, ya sea a través de amonio o de N oxidado en el aire, o como nitrato en el suelo y en las fuentes de

agua (Tamminga, 1992). En este contexto, es importante reducir la salida de N a través de las excretas animales mejorando la utilización por parte del animal (Jonker, *et al.*, 1998)

En condiciones confinadas es posible incrementar la utilización de N por parte de los bovinos de una manera sustancial cambiando la dieta (Krober, *et al.*, 2000). Utilizando en el sistema una combinación de forrajes más suplementos es una vía importante para alcanzar estos objetivos (Castillo, *et al.*, 2009); sin embargo, en la mayoría de los sistemas de producción tropical los animales se explotan exclusivamente en pastoreo, resultando en un reto complejo, ya que es difícil controlar la ingestión de alimento y compensar la composición óptima con la productividad en la medida que una aplicación alta de N, se requiere para una alta productividad, reduciendo en estas circunstancias la utilización de nitrógeno.

Uno de los mayores retos asociados con los sistemas de pastoreo es la baja eficiencia de utilización de la proteína, la cual es ampliamente atribuida a la alteración de la función ruminal debido a las amplias concentraciones de proteínas solubles y al desbalance en la oferta de carbohidratos y proteína (Lantinga y Groot, 1996). Cuando la disponibilidad de energía es alta, principalmente por la provisión de carbohidratos solubles, los microorganismos crecen y una cantidad importante de proteína microbiana es disponible; sin embargo, cuando la disponibilidad de estos carbohidratos solubles es relativamente baja, ni los aminoácidos o los carbohidratos estructurales son usados por los microorganismos ruminales para proveer de energía para su crecimiento. La baja degradación de estos componentes produce como resultado un débil balance y sincronización de N y de liberación de energía en el rumen. Lo anterior conduce a una formación de amonio en el rumen, el cual es absorbido a través de la pared ruminal y subsecuentemente convertido a urea (Miller, *et al.*, 2001). Esta urea es principalmente excretada a través de la orina y rápidamente convertida a amonio,

el cual se caracteriza por sus altos niveles de volatilización (Jarvis, *et al.*, 1996), o también se forman nitratos, los cuales pueden ser usados por cultivos o perdidos a través de procesos de lixiviación (Smith y Frost, 2000)

La eficiencia de utilización de N en bovinos comprende la relación del nitrógeno exportado en la leche y la carne dividida por la cantidad de nitrógeno ingerido en la dieta. La proporción del nitrógeno de la dieta que no es utilizado por el animal en la producción de carne y leche es excretado. La cantidad excretada, va a depender del tipo de ganado y de la concentración y forma del N en la dieta. Una vaca lechera, generalmente excreta entre 75 – 80% del nitrógeno que consume y el ganado de carne entre 90 – 95%. Parte de ese N es excretado en las heces o la orina y la distribución del N en heces y orina depende principalmente de la concentración del N en la dieta. La excreción en las heces de los bovinos es aproximadamente de 0.8 g N por cada 100 g de materia seca (MS) consumida; sin embargo, se puede aumentar o disminuir según la concentración de N en la dieta (Blaxter *et al.* 1971). En general, en bovinos, la proporción de N excretado que hay en la orina se incrementa desde 45% cuando las dietas en base seca contienen alrededor de 1.5% de N hasta cerca del 80% cuando las dietas contienen un 4.0% de N. En todos los casos, los efectos de estiércol y la orina se limitan a relativamente pequeñas zonas de la pradera, y estos reciben muy altas tasas de N. En estas áreas con orina, la entrada puede ser equivalente a $> 500 \text{ kgNha}^{-1}$ y, excepcionalmente, hasta 1000 kgNha^{-1} (Clough *et al.*, 1996). Mucho de este N es perdido por lixiviación.

1.4.1 Excreción de nitrógeno en la orina

El ciclaje de nitrógeno en sistemas de pastoreo no es un proceso eficiente dada la variabilidad espacial en la redistribución de nutrientes a través de las heces y la orina. Las heces son razonablemente constantes en su contenido de nitrógeno en términos de materia seca, siendo aproximadamente 0.8 g de N por cada 100 g consumidos (Whitehead, 1995). En consecuencia, los cambios en las

concentraciones de nitrógeno en la dieta, se reflejan más en proporción de N excretado en la orina estimándose que estas pérdidas corresponden al 45% de una dieta con un contenido de 1.5% de N y alrededor del 80% con una dieta de 4% de N (Whitehead, 1995). La orina de los bovinos contiene entre 2 a 20 g de N por litro, con alrededor de 8 a 12 eventos de orina por día a un volumen de alrededor de 1.5 a 3.5 litros, cubriendo un área aproximada de 0.4 a 0.8 m² por orina (Simpson, 1987). En este contexto, los parches de orina pueden por consiguiente recibir una tasa efectiva entre 75 a 875 kg de N ha⁻¹.

Una vaca típica (500 kg de peso vivo) puede producir diariamente entre 10 a 40 litros de orina (Haynes y Williams 1993; Holmes 1989). Sin embargo, la cantidad de orina puede ser afectada por la dieta y la frecuencia de las micciones diarias. De esa cantidad, la orina contiene alrededor de 4 – 12% de material sólido disuelto, del cual la mayoría consiste en compuestos nitrogenados (Frame, 1971). Para el ganado bovino normalmente, la concentración de N es de 2 – 20 g l⁻¹ (Betteridge *et al.* 1986), con un rango promedio de 8 – 10 g l⁻¹. Esta concentración varía según la condición fisiológica del animal, como también de la concentración de N en la dieta. En la orina, aparte de la urea que corresponde alrededor del 60 – 90%, se incluyen otros compuestos nitrogenados como son: el ácido hipúrico, la alantoína, ácido úrico, xantina, hipoxantina, creatina y creatinina, en una menor proporción.

1.4.2 Excreción del nitrógeno en las heces

El nitrógeno fecal se encuentra ampliamente en forma orgánica y requiere de un proceso de mineralización por los microorganismos del suelo, antes de que sea disponible para las plantas (Simpson, 1987). Las heces de los bovinos en base seca contienen entre 1.5% a 4% N con alrededor de 7 a 15 eventos de defecación por día, a una tasa relativamente constante de masa de alrededor de 0.3 kg y con un contenido de materia seca de 8% al 16%, cubre un área de aproximadamente 0.7 m² por defecación (Simpson, 1987). En este contexto, los parches de heces

reciben una tasa efectiva entre 800 y 1070 kg de N ha⁻¹ (Whitehead, 1995). En general y sobre una base anual las entradas de nitrógeno son de alrededor de 160 a 240 kg N ha⁻¹ para la orina y de 50 a 80 kg de N ha⁻¹ para las heces (Whitehead, 1995)

Como se observa una parte del N contenido en el forraje consumido por el ganado retorna al suelo a través de las deyecciones de los animales. La producción de heces varía con la cantidad y la digestibilidad del alimento que consume el animal. En una vaca lechera, un rango típico es de alrededor de 2.5 – 5.0 kg MS día⁻¹, mientras que para un bovino joven es alrededor de 1.2 – 2.0 kg MS día⁻¹ (Haynes y Williams, 1993). La excreción diaria de N₂ en las heces de una vaca lechera de 500 kg, es de alrededor de 100 – 150 g, de una defecación normal diaria. El nitrógeno en las heces de los animales está presente en formas insolubles, del cual, cerca del 45 – 65% del N₂ fecal es N₂ amino, cerca del 5% es de ácidos nucleicos y un 3% es amonio, con un remanente que consiste parcialmente de ácidos nucleicos degradados, paredes celulares de bacterias y glicoproteínas y N₂ ligado a la fibra (Deenen y Middelkoop, 1992).

El uso de modelos de simulación permite estimar el balance de N en el sistema (Bowen y Baethgen, 1998). Uno de los modelos más conocidos es CERES-N descrito por Jones y Kiniry (1986), el cual permite simular la disponibilidad de diferentes materiales de fertilizantes, tal como, la descomposición de los residuos de las plantas. Sin embargo, requiere del uso de técnicas sofisticadas y costosas como el uso de isotopos de ¹⁵N (Bowen y Baethgen, 1998). Aunque existen diferentes modelos para simular todos los procesos que incurren en el ciclo del N, también se pueden emplear algunos más sencillos que se acercan a la realidad del problema y donde se emplean valores comunes y procesos que se pueden obviar y asumir (Thomas *et al.*, 1992).

1.5 IMPACTOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LA FERTILIZACION NITROGENADA

No se puede desconocer que el uso de los fertilizantes en especial el nitrogenado, ha incrementado la producción en la agricultura y mejorado la oferta de alimentos y la seguridad alimentaria a nivel mundial, pero también su empleo ha contribuido a generar serios costos ambientales (Simpson 1987; Whitehead 1995). Costos como el empleo de grandes cantidades de energía para la manufactura de fertilizante nitrogenado de síntesis, parte de la polución causada por la volatilización de compuestos derivados de la fertilización y parte de la pérdida de diversidad botánica (Rosswall *et al.*, 1990). La desaparición de especies nativas es significativa, en áreas donde se ha incorporado nuevas plantaciones agrícolas o de pastos mejorados, en forma de monocultivo, que para una buena producción requieren de altas tasas de fertilización nitrogenada (<biblio>).

El uso de fertilizantes nitrogenados ha sido un importante factor para la producción animal, ya que afecta la producción de materia seca y la concentración de proteína cruda de las praderas y por consiguiente establece un balance con la cantidad y concentración de proteína cruda de los suplementos alimenticios y el tamaño de pérdida de nitrógeno a través de la utilización de amonio, la lixiviación de nitratos, las emisiones de óxido nitroso y la desnitrificación (Jarvis, 1996; Whitehead, 2000). Hasta antes de los años 90's, el criterio de aplicación de fertilizantes nitrogenados fue meramente económico a través de aplicaciones que optimizaban el uso de fertilizante; sin embargo, un cambio de énfasis ha sido fundamental, el cual combina las metas económicas, con las metas ambientales.

En condiciones en las cuales el estatus del nitrógeno orgánico del suelo es bajo, el N generalmente se acumula en la superficie del suelo en la medida que la pastura se desarrolla (Simpson, 1987). La tasa de acumulación en el tiempo en el cual se alcanza un equilibrio depende de muchos factores que incluyen: otros nutrientes

limitantes, la composición botánica de la pradera, el clima, el manejo del pastoreo y el retorno o remoción de nutrientes (Simpson, 1987). La perturbación del sistema en cualquiera de estos factores puede iniciar un cambio hacia un nuevo equilibrio en los niveles de N del suelo.

A niveles altos de pastoreo se observa un descenso global del nitrógeno orgánico del suelo por una redistribución espacial de las heces. En general es difícil de controlar la acumulación de nitrógeno orgánico en el suelo, en la medida que la precipitación y el nitrógeno orgánico inicial son los factores dominantes no sólo para la mineralización, sino también para la inmovilización (Simpson, 1987).

Las vías de egreso o pérdidas de N son varias, algunas deseables (como la carne, leche o lana producidas a partir del consumo de la pastura) y otras indeseables (lavado de nitratos, escurrimiento del N disuelto en la solución del suelo, pérdidas gaseosas a partir de la desnitrificación o volatilización, etc.). Estas últimas pérdidas pueden reducir la cantidad de N disponible y dificultar su captura por las plantas.

En los suelos de las zonas tropicales húmedas, cuando los sistemas de drenaje subterráneo remueven los excesos de agua, aceleran la lixiviación de N-NO_3^- y N-NH_4^+ de los campos de cultivo, contribuyendo a la contaminación de aquellos cuerpos de agua que reciben las descargas del drenaje (Acevedo *et al.*, 2002). El N es lixiviado desde los suelos hacia el agua subterránea en donde permanece en forma de nitrato y cuando el agua subterránea es empleada para uso doméstico, puede ocasionalmente constituirse en riesgo para la salud humana. En éste caso, el nitrato se convierte en un riesgo para la población infantil, puesto que son los más susceptibles a desarrollar la metahemoglobinemia, al consumir nitratos en mayores cantidades (Royal Society, 1983).

En la atmósfera, las concentraciones de óxidos de nitrógeno y amonio, se han incrementado por décadas, los óxidos de N incluyen óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), los cuales son referidos como NO_x, como también el óxido nitroso (N₂O). La principal fuente de NO_x, son los procesos de la combustión (particularmente aquellos de vehículos y generadores de energía), la cual resulta de la oxidación del N₂ atmosférico a NO. Sin embargo, es posible que, a escala global, las grandes cantidades atmosféricas de NO estén relacionadas con el suelo, por la combinación de la quema de la vegetación y de residuos de cosechas (Warneck, 1988).

El óxido nitroso es producido principalmente desde el suelo por una combinación de la nitrificación y la desnitrificación, especialmente donde la concentración de nitritos es alta, seguida de la aplicación de fertilizantes y la deposición de orina. Mucho del amonio en la atmósfera es derivado de la hidrólisis de la orina del ganado y de las grandes pérdidas de la interacción de los suelos con fertilizantes que contienen amonio o urea y de la descomposición de la materia orgánica. A pesar que, alguna volatilización del amonio ocurre en los ecosistemas naturales, éste es mucho mayor en las áreas donde se tiene ganadería. Últimamente, mucho del N en NO_x y el amonio liberado a la atmósfera es depositado sobre la superficie de la tierra o del mar, donde éste se puede potencializarse en efectos dañinos, dado que el NO_x y el amonio, contribuyen al efecto de acidificación por lluvia ácida sobre el suelo con daños causados a los bosques por la polución atmosférica (Rosen *et al.* 1992) y a la eutroficación de lagos, costas o acuíferos, como el caso del mar Báltico (Schroder, 1990). Sin embargo, los efectos del óxido nitroso (N₂O) pueden ser mucho más peligrosos que aquellos del NO_x en el largo plazo, como son el efecto gas de invernadero y su contribución a la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera.

BIBLIOGRAFIA

Abreu, A., J. E. Carulla, M. Kreuzer, C. E. Lascano, E. Diaz, A. Cano y H. D. Hess, H. D. 2003. Efecto del fruto, del pericarpio y del extracto semipurificado de saponinas de *sapindus saponaria* sobre la fermentación ruminal y la metanogénesis in vitro en un sistema Rusitec. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 16: 147-154.

Acevedo, D.C.; Palacios, V.O., Gavrilov, N.I.; Gavi, R.F.; Palma, L.D.; Carrillo, Á.E.; Peña, C.J.J. Lixiviación de nitrógeno en función del espaciamento entre drenes subterráneos en Tabasco. *Colegio de Postgraduados México. Agrociencia*, vol. 36, núm. 3, mayo-junio, 2002, pp. 291-304.

Baars, R. M. y Jenkins, E. 1996. Establecimiento de leguminosas forrajeras en asociación con gramíneas en fincas de Tilarán, Costa Rica. *Pasturas Tropicales*. 18 (3):54-59

Becker, C. Dustin and Elinor Ostrom. 1995. "Human Ecology and Resource Sustainability: The Importance of Institutional Diversity." *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 113-33.

Betteridge, K.; Andrewes, W. and Sedcole, J. 1986. Intake and excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *Journal of Agricultural Science. Cambridge, England*. 106: 393 – 404.

Blaxter, K.; Wainman, F.; Dewey, P.; Davison, J. Denerley, H. and Gunn, J. 1971. The effects of nitrogenous fertilizer on the nutritive value of artificially dried grass. *Journal of Agriculture Science. Cambridge, England*. 76: 307 – 319.

Bowen W and Baethgen W. 1998. Simulation as a tool for improving nitrogen management. In: Tsuji, G.; Hoogenboom, G. y Thornton, P. Understanding options for agricultural production. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. Pág. 189 – 204.

Bumb, B.L. 1994. Global Fertilizer Perspective. 1980 – 2000. Unpublished IFDC draft paper.

Castillo, G. E., Valles, M. B., Ocaña, Z. E., Jarillo, R. J. 2009. Rendimiento de materia seca de diez gramíneas en la época de lluvias en un clima cálido húmedo y suelos Ultisoles. Memorias, XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, México. Octubre 19-21. p. 311.

Chu, A.; Robertson, A. 1974. The effects of shading and defoliation on nodulation and nitrogen fixation by white clover. Plant and soil. London, England. 41: 509 – 519.

Clark, F.E.; Woodmanse, R.G. 1992. Nutrient cycling. In: R.T Coupland (ed.) Natural Grasslands. Vol. 8A. Ecosystems of the world. Elsevier Science. Amsterdam. Pp 137-146.

Clough T.J., Sherlock R.R., Cameron K.C., Ledgard S.F. 1996. Fate of urine nitrogen on mineral and peat soils in New Zealand. J. Environ. Qual. 25:785-790.

Collins, R.; Rhodes, I. 1995. Stolon characteristics related to winter survival in white clover, Journal Of Agricultural Science, Cambridge, England. 124: 11 – 16.

Crush, J.R. 1987. Nitrogen fixation. In: Baker, M.J.; Williams, W.M. (eds). White clover. CAB International, Wallingford, U.K. pp. 185–202

Coventry D. R.; Slattery W.J. 1991. Acidification of soil associated with lupins grown in a crop rotation in North-eastern Victoria. *Aust. J. Agric. Res.* 42, 391-397.

Deenen, P. and Lantinga, E. 1994. Herbage and animal production responses to fertilizer nitrogen in perennial ryegrass swards. II. Rotational grazing and cutting. In: Deenen, P. Nitrogen use efficiency in intensive grassland farming. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. Wageningen Agricultural University. Netherlands. 40: 43 – 69.

Jonker, J.S., R.A. Kohn and R.A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:2681- 2692.

_____ and Middelkoop, N. 1992. Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. In: Deenen, P. Nitrogen use efficiency in intensive grassland farming. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. Wageningen Agricultural University. Wageningen, Netherlands. 40: 469 - 482.

Krober, T.F., Kulling, DR., Menzi, H., Sutter, F., Kreuzer M. .2000. Quantitative Effects of Feed Protein Reduction and Methionine on Nitrogen Use by Cows and Nitrogen Emission from Slurry. *J Dairy Sci* 83:2941–2951

Echeverria, H.; Bergonzi, R. 1995. Estimación de la mineralización del nitrógeno en suelos. *Boletín técnico No. 135*. EEA INTA Balcarce. p.28

Frame, J. 1971. *Fundamentals of grassland management*. 10. The grazing animal. *Scottish Agriculture*. London, England. 50: 251 – 259.

Frame, J.; Newbould, P. 1986. Agronomy of white clover. *Advances in agronomy* 40:1-88.

Frame, J. 1990. Herbage productivity of a range of species in association with white clover. *Grass and Forage Science*. Washington D.C. E.U. 45: 57 – 64.

George T., Singleton P.W., van Kessel C., 1993. The use of nitrogen-15 natural abundance and nitrogen yield of non nodulating isolines to estimate nitrogen fixation by soybean (*Glycine max L.*) across three elevations. *Biol. Fert. Soils* 15:81-86

Giller K., Wilson K. J. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. *Assessment of the role of nitrogen fixation*. CAB – International. Londres, Inglaterra. p. 67 – 85.

Giller, K., Cadisch, G. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. In: Ladha, J y Peoples, M. *Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems*. Plant and soil. London, England. 174: 255 – 277.

González, M. S., Van Heurck, L. M., Romero, F., Pezo, D. A. y Argel, P. J. 1996. Producción de leche en pasturas de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales*. 18 (1): 2-12.

González, J; Jiménez, C; Méndez, J; Ortiz, L; Ruiz, A y Vargas, A. 1997. Levantamiento edafológico del centro Agropecuario Marengo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. p. 1-64.

Griffith, S.M.; Owen, W.; Hortwath, P.; Wiginton, Jr.; Baham, J. and Elliot, L. 1997. Nitrogen movement and water quality at a poorly-drained agricultural and riparian site in the Pacific Northwest. In: Ando, T.; Fujita, K.; Mae, T.; Matsumoto, H. y Mori, S. (eds.) *Plant nutrition for sustainable food production and environment*.

Proceedings of the XIII international Plant Nutrition Colloquium, 13 – 19 September 1997, Tokyo, Japan. p. 521 – 526.

Hank, J.; Ritchie, J.T. 1991. Modeling plant and soil systems.. *Agron. Monograph*, No. 31. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

Haynes, R., Williams, P. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*. London, England. 49: 119 – 199.

Hansen, A. P.1994. Symbiotic N₂ fixation of crop legumes. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany, 275 pp.

Helyar K.R. 1991. Nitrogen cycling and soil acidification. *J Aust. Inst. Agric. Sci.* 42, 217-221.

Hernández, S. R., O. P. Jaime., J. G. Régul y H. Elías 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica REDVET*. <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.

Hess, H.D.; Monsalve, L.M.; Lascano, C.; Carulla, T.E.; Kreuzer, M. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits. Effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*. 54: 703-713.

Hess, H.D., T.T. Tiemann, F. Noto, S. Franzel, C. E. Lascano, and M. Kreuzer. 2006. The effects of cultivation site on forage quality of *Calliandra calothyrsus* var. Patulul. In. *Agroforest syst.* April 2006. Back to cited text no. 11

Holmes, W. 1989. *Grass: its production and utilization*, 2nd edn. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. 306p.

Humphreys, L.R. 1991. Tropical pastures utilization. Cambridge, U.K. Cambridge University Press. 200pp.

Jarvis, S.C.; Stockdale, E.A.; Sheperd, M.A.; Powlson, D.S. 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: process and measurement *Advances in agronomy* 57:187-235.

Jones, C.A., Kiniry, J. R. 1986. CERES – N. A simulation model of maize growth and development. Texas A&M University press, College station. Texas, USA. 194 p.

Kirchmann, H., Witter, E. 1992. Composition of fresh, aerobic and anaerobic farm animal dungs. *Biosource Technology*. London, England. 40: 137 – 142.

Lantinga E.A., Groot, J.C.J. 1996. Optimization of grassland production and herbage feed quality in an ecological context. A.F. Groen, J. Van Bruchem (Eds.), *Utilization of Local Feed Resources in Dairy Cattle*. Publication No 84, European Association for Animal Production (EAAP), Wageningen Pers, Wageningen (1996), pp. 58–66.

Lascano, C.; Estrada, J. 1989. Long term productivity of legume – based and pure grass pastures in the Eastern Plains of Colombia. En: *Proc. XVI Int. Grassl. Congr.* Nice, Francia, p.1179-1180.

Lascano, C.E. 1994. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. P. Kerridge y B. Hardy (eds.). CIAT. Cali, Colombia. pp. 109-121.

Lascano, C.; Perez, B.R.A.; Plazas, C.; Medrano, J.; Perez L., O.; Argel, P. 2002. Pasto toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Gramínea de crecimiento vigoroso

para intensificar la ganadería colombiana. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 18 p.

Lazzari, M. A. 1982. Distribution of N15 fertilizer in field-lysimeters sown with garlic (*Allium sativum*) and foxtail millet (*Setaria italica*). In: Nijhoff, M. y Junk, W. Plant and soils. The Hague, Netherlands. 67, 187 – 191.

Miles, J.W.; Maass, B.L.; do Valle, C.B. 1998. Brachiaria: Biology agronomy and improvements. CIAT. Cali. Colombia. Embrapa. Campo Grande, Brasil. Publicacion CIAT No. 295. 312p.

Miles, J.W. 2006. Mejoramiento genético en Brachiaria. Objetivos estratégicos, logros y proyección. Pasturas Tropicales. 28 (1):26

Miller, L. A., Moorby, J. M., Davies, D. R., Humphreys, M. O., Scollan, N. D., Macrae, J. C. 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Milk production from late-lactation dairy cows Grass and Forage Science 56 (4) 383-394

Min, B.R. Barry; T.N; Attwood, G.T., McNabb, W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. En: Animal Feed Science and Technology. Vol. 106. 2003. p. 3 – 19.

Orozco, F. H. 1999. La biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 231 Pág.

Peoples, M.; Herridge, D. and Ladha, J. 1995. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. In: Ladha, J. y

Peoples, M. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Plant and soil. Symposium on biological nitrogen fixation for sustainable agriculture at the 15th congress of soil science. Acapulco, México. 1994. 174: 3 – 28.

Ridley A M, Slattery WJ, Helyar K R and Cowling A 1990 Acidification under grazed annual and perennial grass based pastures. Aust. J. Exp. Agric. 30, 539-544.

Rincón, A. 2005. Ceba de bovinos en pasturas de *Brachiaria decumbens* suplementados con caña de azúcar y *Cratylia argentea*. Pasturas Tropicales, CIAT. 27(1):2-12.

Romero, F. y González, J. 1999. Produciendo más leche mediante pasturas asociadas con *Arachis pintoi*. Tropileche. Hoja Informativa No. 6.

Romero, O. 2004. Pradera permanente en la zona sur trébol blanco: clave en los sistemas pastoriles. Tierra Adentro (Chile) 64: 21-23.

Rosen, ME., Pankow, JR., Gobs, J., Imbrigiotta, TE. 1992. Comparison of downhole and surface sampling for the determination of volatile organic compounds in ground water. Ground water monitoring review. 12(1): 126-133.

Rosswall, T.; Berstrom, L.; Johansson, C; Klemedtsson, L. and Svensson, B. H. 1990. 6. Inorganic nitrogen cycling processes and flows. In: Andrén, O.; Lindberg, T. Paustian, K y Rosswall, T. Ecology of arable land organisms, carbon and nitrogen cycling. Ecological bulletins. Copenhagen, Dinamarca. No. 40: 127 – 152.

Royal Society. 1983. The nitrogen cycle of the United Kingdom: Report of a Royal Society Study Group. Royal Society. London, England. 264 p.

Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. 1989. Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Volume I. Ed: Salunke, D.K. and Kadam S.S CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 310 p.

Schroder, H. 1990. Agricultural production and the eutrophication of the Baltic and adjacent seas. In: Merckz, R.; Verecken, H y Balzac, K. Fertilization and the environment. Leuven University Press, Leuven, France. 11 – 19 p.

Seiffert, N.F., Ademir, H.Z., Schunke, R.M., Behling-Miranda, C.H. 1985. Reciclagem de nitrogenio em pastagem consociada de Calopogonium mucunoides com Brachiaria decumbens. Boletim de Pesquisa No. 3, Embrapa-CNPQC, Campo Grande, Brazil.

Simpson, J. 1987. Nitrogen nutrition of pastures. In: Temperate pastures, their production, use and management. Australian Wool Corporation. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia. Pag. 143 –154.

Simpson J., Stobbs J. 1981. Nitrogen supply and animal production from pastures. In: Morley, F. Grazing animals. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. Pág. 261 – 287.

Skerman, P. et al. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma. 326 p.

Smith, K.A.; Frost, J.P. 2000. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requeriments and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 1: Cattle and sheep. Bioresource Technology, 71, 173-181.

Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. J. Dairy Sci. 75, 345-357.

Thomas, R.; Lascano, C.; Sanz, J.; Ara, M.; Spain, J.; Vera, R. and Fisher, M. 1992. The role of pastures in production systems. In: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pastures for the tropical lowlands. Cali, Colombia. Pág. 121 – 144.

Thomas R. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. In: Ladha, J. y Peoples, M. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Plant and soil. Symposium on biological nitrogen fixation for sustainable agriculture at the 15th congress of soil science. Acapulco, México. 1994. 174: 103 – 118.

Unchupaico, P.; Ara, M.; Torre, M.; San Martin, F. 1999. Leguminosas em la alimentación del ganado em el tropico. Ver. Inv. Vet. Peru. 10:2.

Valencia, F. L. 2003. Efecto de la mezcla de leguminosas tropicales en relación con la presencia de taninos y emisiones de metano en un sistema in Vitro (RUSITEC). Tesis de grado presentada para obtener título de Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 83 p.

Vázquez, G. J. 1996. La fertilidad del suelo para la producción sostenible bajo pastoreo intensivo. Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. Primer Foro Internacional, Banco de México. FIRA. Veracruz, México de 7 al 9 de Noviembre.

Villanueva FF., Avalosa, JÁ., Bonilla J., Vidal R., C., Bustamante G., JJ. 2004. Agrotecnia y utilización de Clitoria ternatea en sistemas de producción de carne y leche. Téc Pecu Méx 2004;42(1):79-96

Villaquiran, M.; Lascano, C. 1986. Caracterizacion nutritiva de cuatro leguminosas forrajeras tropicales. Pasturas Tropicales. 8(2):2-6.

Waghorn, G.C; Ulyatt, M.J; Jhon, A; Fisher, M.T. 1987. The effect of condensed tannins on the site of digestion of aminoacids and other nutrients in sheep fed on *L. corniculatus* L. En: British Journal of nutrition. Vol. 57. p. 115 – 126.

Warneck, P. 1988. Chemistry of the natural atmosphere. Academic press. San Diego, E.U. 230 Pág.

Whitehead, D.C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International. Oxon, Inglaterra. 396 Pág.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil–Plant–Animal relationships. CABI Publishing is a division of CAB International. 369p.

CAPITULO 2. COMPORTAMIENTO AGRONOMICO, PRODUCTIVO Y NUTRICIONAL DE PRADERAS DE *Brachiaria spp.* EN MONOCULTIVO Y ASOCIADAS CON *Pueraria phaseoloides* MANEJADAS CON FERTILIZACION NITROGENADA EN CONDICIONES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

2.1 INTRODUCCION

En las Sabanas de Colombia los suelos Oxisoles cubren un área de 17 millones de hectáreas, de las cuales 4.2 millones de hectáreas corresponden a Sabanas bien drenadas denominadas Altillanura Colombiana. La intensificación de la ganadería en este tipo de suelos requiere del uso de gramíneas y leguminosas tolerantes a suelos ácidos, además de prácticas de manejo físico, químico y biológico de los suelos (Amézquita *et al.*, 2005). El 94% de la Altillanura plana está dedicada a la explotación de la ganadería bovina, en donde predominan pasturas naturales con bajo valor nutritivo y una baja carga animal (0,1 a 0,25 animales ha⁻¹). La mayor limitante nutricional de las especies nativas, es su baja energía disponible debido a que la digestibilidad de esta vegetación raramente excede el 55-60% de materia seca digestible y la proteína cruda también es un factor limitante, frecuentemente por debajo de 8% (Lascano, 1991).

La baja productividad ganadera de la Altillanura Colombiana es influenciada por un manejo ineficiente de la explotación especialmente en los sistemas de alimentación. Avances en investigación han permitido la liberación de especies forrajeras adaptadas a las condiciones de clima y suelo de la Orinoquia Colombiana, especialmente del género *Brachiaria* desarrollados bajo el paradigma de “mínimos insumos”. En los últimos años se ha observado cierto éxito con la

introducción de leguminosas forrajeras en las praderas, tales como *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides* y *Stylosanthes* spp para formar praderas mixtas (Embrapa, 2007). La leguminosa *Pueraria phaseoloides* que es nativa del este y sur este de Asia, se encuentra ampliamente difundida en Colombia y la accesión CIAT 9900 multipropósito, denominada Kudzú tropical, puede ser empleada como forraje dada su compatibilidad en mezcla con gramíneas, o como cobertura en cultivos perennes, como la palma africana y para abono verde. Su valor nutricional es alto en términos de contenido de proteína (15-23% en el forraje, y con una amplia variación en términos de digestibilidad de la materia seca (49 a 74%) (Belalcázar *et al.*, 1994).

La introducción de nuevos pastos ha mejorado la producción ganadera de la Orinoquia; sin embargo, el cambio de la diversidad florística de las sabanas naturales por el monocultivo de *Brachiaria*, ha hecho insostenible los rendimientos obtenidos inicialmente con las praderas. La utilización de praderas asociadas de gramínea y leguminosa para la alimentación animal ha sido documentada como alternativa por varios trabajos realizados en diferentes escenarios tropicales. La transformación del nitrógeno que realizan las leguminosas gracias a la simbiosis con bacterias en sus raíces es de vital significancia, si se tiene en cuenta que este nutriente es el más deficitario en los forrajes que consume el ganado, con un contenido de proteína cruda que no supera el 6%. Estas plantas tienen la capacidad de fijar entre 70 y 200 kg ha⁻¹ año⁻¹ de nitrógeno (Cadish, 1985). La casi exclusiva confianza en pasturas únicamente de gramíneas, en oposición a las mezclas gramínea-leguminosa, u otros medios para mantener pasturas productivas y de largo plazo, continúa siendo el principal desafío de la gestión científica y tecnológica para la Altillanura Colombiana (Pérez y Pérez, 2006).

Evaluaciones realizadas por el CIAT y CORPOICA en los Llanos Orientales han permitido seleccionar numerosos materiales promisorios por su adaptación, producción y resistencia al mión de los pastos, en diversas localidades de la

geografía nacional (Cuadrado y Patiño, 1999). En la Altillanura del departamento del Meta la evaluación bajo pastoreo de bovinos de las accesiones *B. brizantha* CIAT 26110, 16121, 26318, arrojó rendimientos de forraje superiores a 1024 kgMSha⁻¹ con periodos de pastoreo de solo 28 días. En el mismo estudio se determinó que las praderas solas de *B. brizantha*, y asociadas con kudzú tropical permitieron incrementos en la carga animal de más del 135% en relación con el promedio de la zona (0.8 animales.ha⁻¹). Las ganancias diarias y por hectárea en praderas de gramínea sola oscilaron entre 226 y 476 g.animal⁻¹ y entre 202.3 a 469.1 kg.ha⁻¹.año⁻¹. En las asociaciones gramínea-leguminosa la producción de carne varió entre 300 y 749 g.animal⁻¹.día⁻¹ y 219 a 642.6 kg.ha⁻¹.año⁻¹ (Pérez y Pérez, 2003 y 2006)

Las especies de *Brachiaria* liberadas en las décadas de los años 80 y 90, son las de mayor impacto en regiones tropicales, y recientemente los híbridos de *Brachiaria* como el pasto Mulato, principalmente en sistemas de producción de doble propósito de Méjico (Juárez y Bolaños, 2007). De otra parte, las leguminosas incrementan el valor nutritivo de las gramíneas asociadas particularmente en lo que se refiere a los contenidos de proteína total y de minerales en el forraje para mantener su calidad a través del tiempo, incluso durante la época seca, cuando son más consumidas por los animales (Hernández *et al.*, 2005).

En general, para incrementar los niveles de producción y la rentabilidad en los sistemas agropecuarios, sin deteriorar el ambiente, es importante desarrollar estrategias tendientes a incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes. Esta estrategia plantea la evaluación de nuevas *Brachiaris*, en condiciones locales de producción. El costo de manejo de las praderas sería reducido con el uso de asociaciones gramínea-leguminosa, lo cual trae efectos benéficos relacionados con la conservación y productividad de las praderas y la disminución de la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003). En este contexto y en la

búsqueda de soluciones tecnológicas para la Altillanura Colombiana se desarrolla el presente capítulo de la tesis que busca determinar el comportamiento de seis (6) gramíneas forrajeras evaluadas del género *Brachiaria* por: producción de forraje, valor nutritivo, proporción de especies y cobertura del suelo.

2.2 MATERIALES Y METODOS

En el desarrollo del estudio se utilizaron praderas de *Brachiaria* sp en monocultivo y asociadas con la leguminosa Kudzú tropical establecidas durante la época de lluvias, en el marco del proyecto “Evaluación y desarrollo de nuevas alternativas forrajeras con potencial de rendimiento para la alimentación bovina en el Piedemonte y Altillanura Colombiana” financiado con recursos del MADR.

La hipótesis es que el uso de gramíneas promisorias asociadas con una leguminosa como Kudzú tropical (*P. phaseoloides*), podría ser una alternativa tecnológica que mejora la producción y calidad nutricional del forraje, en comparación con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

2.2.1 Localización del estudio

El estudio se desarrolló en la estación experimental Taluma de CORPOICA, ubicada en el municipio de Puerto López – Meta, a una altura de 150 msnm, precipitación anual de 2135 mm (Figura 1), y 26.8°C de temperatura promedio. La humedad relativa varía entre los períodos lluviosos y los más secos, con valor máximo cercano al 90% y mínima aproximada del 65% (Jaime *et al.*, 2003). Los suelos son Oxisoles fuertemente ácidos, con alta saturación de Al y bajo contenido de bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), materia orgánica y fósforo (Tabla 1). La microrregión corresponde al ecosistema de sabana isohipertérmica bien drenada (Cochrane, 1982).

Tabla 1. Características físicoquímicas del suelo en el area de estudio

Parámetros										
Profundidad	Textura	pH	P	M.O.	Salt.	Sat.	Ca	Mg	K	CIC
			mg.kg ⁻¹ , Bray	%			(cmol.kg ⁻¹)			
0 – 20	FA	4.7	5	2.3	63.49	28.57	0.5	0.14	0.08	2.62

Fuente: Laboratorio de Suelos. Corpoica. 2008.

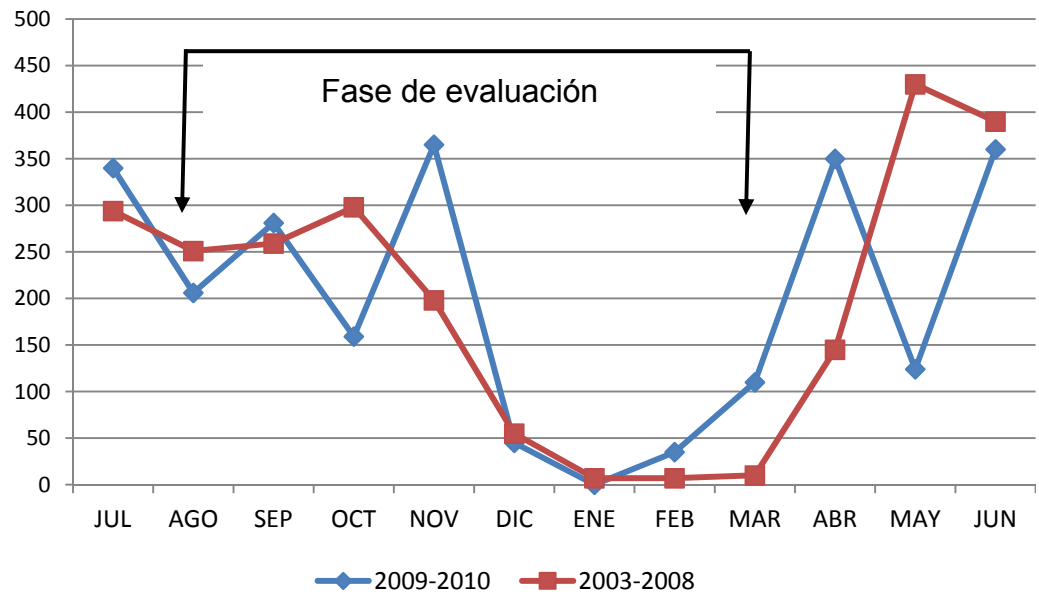


Figura 1. Precipitación (mm) mensual en la Estación Experimental Taluma en el periodo julio de 2009 a junio de 2010 y Periodo 2003-2008.

2.2.2 Preparación de terreno y fertilización de establecimiento

Para el establecimiento de las praderas se seleccionó un lote de 5,6 hectáreas de sabana nativa. La preparación del terreno consistió en un pase de rastra y posteriormente un pase de cincel y un pase de rastrillo pulidor; durante la preparación se incorporó una mezcla de cal dolomítica, roca fosfórica y yeso agrícola que aportó Ca 440 – Mg 70 – P 40 – S 15 kg.ha⁻¹. A los 45 días después de la siembra se aplicó una fertilización general que aportó N 23 – K 30 – Ca 9 – S 4,5 – Mg 4,5 kg.ha⁻¹.

2.2.3 Dosis de semilla y siembra

La siembra de materiales forrajeros se realizó en agosto de 2008. Se utilizó semilla de accesiones de *Brachiaria brizantha* provenientes de la Unidad de Semillas del CIAT, y de Mulato II comercial con una emergencia del 50 al 70% y pureza superior al 90%. La dosis de siembra fue de 5 kg.ha⁻¹ para *Brachiaria* sp., la legumibosa forrajera kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* CIAT 9900) se distribuyó en campo a una dosis de 3 kg/ha. Una vez se adecuaron los lotes con labranza se realizó la siembra con una voleadora manual marca Lhaura.

2.2.4 Tratamientos

-Materiales forrajeros y pastoreo: Se establecieron seis (6) gramíneas forrajeras: *Brachiaria brizantha* CIAT 6387, 16315, 16467, 26124, 26990 y Mulato II en monocultivo y asociados con la leguminosa *P. phaseoloides* CIAT 9900. En diciembre de 2008 finalizó la fase de establecimiento de las praderas y se inició el pastoreo con bovinos de raza cebu comercial con peso inicial promedio de 240 kg. El pastoreo se realizó en forma rotacional con periodos de descanso de 28 días en época de lluvias y 40 días en época seca.

-Fertilización Nitrogenada: en Agosto de 2009 se aplicó una fertilización usando DAP (100 kg.ha⁻¹), Cloruro de potasio (50 kg.ha⁻¹), Sulpomag (100 kg.ha⁻¹) y se ajustó con urea hasta lograr la aplicación de los siguientes niveles de nitrógeno: N46; N92 y *P. phaseoloides* + N46 por hectárea.

Durante la fase de producción de las praderas se determinaron las siguientes variables:

-Producción de forraje: Para la evaluación se utilizó un marco de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) en 10 sitios de cada unidad experimental y se cortó el pasto con una hoz a una altura de 20 cm. Posteriormente se midió el peso de este forraje verde

mediante una balanza electrónica y luego se sometió a una temperatura de 70°C durante tres días en un horno secador de forraje, para determinar el contenido de humedad y materia seca de las muestras. En época de lluvias las evaluaciones se realizaron a los 28 días del rebrote y en época seca a los 40 días del rebrote. Los muestreos se realizaron en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2008 correspondientes a la época de lluvias y en diciembre, enero y marzo de 2009 en la época seca.

-**Cobertura del suelo (%)**: Área que cubre la planta en un marco de 0.25m².

-**Altura de planta (cm)**: Desde el suelo hasta el pecíolo de la hoja más alta.

-**La composición botánica (%)**: se estimó realizando mediciones del número o densidad de plantas, cobertura de especies, y pesaje de las especies presentes (Toledo y Schutze-Kraft, 1982).

-**Calidad nutricional del forraje**: se tomaron muestras de forraje de la gramínea y la leguminosa por separado en cada muestreo así como una muestra pluck de 200 g, y se analizó el contenido de nitrógeno total (Kjeldahl AOAC, 1984), fibra detergente neutro (Van Soest, 1967), fibra detergente ácida (Van Soest *et al.* 1991) y digestibilidad in vitro de la materia seca (Tilley y Terry, 1963) en el Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA. Se estimó el promedio de producción de biomasa y la cantidad de N de los materiales evaluados en época seca y lluviosa.

2.2.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en franjas divididas (Steel y Torrie, 1990) en donde la parcela correspondió a la gramínea forrajera (25m*75m) y la franja (25m*250m) al nivel de fertilización nitrogenada (N46, N92, y *P. phaseoloides* + N46) con tres repeticiones (Figura 2).

El modelo estadístico utilizado en el estudio fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \epsilon_{ij} + \beta_k + \theta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + x_x + \xi_{ijkl},$$

En donde:

$i = 1, 2, 3$ ($r =$ número de bloques)

$j = 1, 2, \dots, 10$ ($a =$ número de niveles factor A o accesión)

$k = 1, 2, 3$ ($b =$ número niveles factor B o manejo agronómico)

$l = 1, 2$ ($c =$ número de niveles del factor C o época del año)

μ : Promedio de la respuesta general

ρ_i : Efecto de los bloques

α_j : Efecto del factor A asignado a las accesiones

β_k : Efecto del factor B asignado al manejo agronómico (N46, N92, P.p + N46)

efecto del factor C asignado a la época del año

l : Efecto del factor C asignado a la época del año (seca, lluvia)

$(\alpha\beta)_{jk}$: Efecto de la interacción accesión – manejo agronómico

ϵ_{ij} : Error experimental asociado a las accesiones

θ_{ik} : Error experimental asociado al manejo agronómico

ξ_{ijk} : Error experimental asociado a la interacción accesión–manejo agronómico

Los tratamientos de fertilización se aplicaron en agosto de 2009 durante la temporada de lluvias. Las variables agronómicas y productivas, así como el contenido nutricional del forraje (PC, FDN, FDA y DIVMS) se analizaron mediante PROG GLM/ANOVA, para los materiales *Brachiaria brizantha* CIAT 26124, 16315, 16467, 26990, 6387 y el testigo Mulato II. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. Mediante contrastes ortogonales se compararon diferentes variables relacionadas con el efecto de la fertilización y las accesiones de *Brachiaria* (Tabla 2). Se utilizó la opción CONTRAST, mediante el procedimiento GLM de SAS versión 9.2 (2007).

La distribución en campo de los materiales forrajeros de *Brachiaria* y de los tratamientos de fertilización con nitrógeno se observa en la figura 2, en donde se describe el ordenamiento de las réplicas.

Figura 2. Distribucion en campo de materiales forrajeros de *Brachiaria* en monocultivo y asociados con kudzu, manejados con diferentes niveles de nitrógeno.

RI			RII			RIII		
N92	N46	N46	N46	N92	N46	N92	N46	N46
Bb 26124	Bb 26124	Bb 26124 - kudzu	Bb 26990	Bb 26990	Bb 26990 - kudzu	Bb 16467	Bb 16467	Bb 16467 - kudzu
Bb 16315	Bb 16315	Bb 16315 - kudzu	Bb 16467	Bb 16467	Bb 16467 - kudzu	Bb 16315	Bb 16315	Bb 16315 - kudzu
Bb 16467	Bb 16467	Bb 16467 - kudzu	Bb 26124	Bb 26124	Bb 26124 - kudzu	Mulato II	Mulato II	Mulato II - kudzu
Bb 6387	Bb 6387	Bb 6387 - kudzu	Bb 16315	Bb 16315	Bb 16315 - kudzu	Bb 26124	Bb 26124	Bb 26124 - kudzu
Bb 26990	Bb 26990	Bb 26990 - kudzu	Bb 6387	Bb 6387	Bb 6387 - kudzu	Bb 26990	Bb 26990	Bb 26990 - kudzu
Mulato II	Mulato II	Mulato II - kudzu	Mulato II	Mulato II	Mulato II - kudzu	Bb 6387	Bb 6387	Bb 6387 - kudzu

Tabla 2. Contrastes ortogonales planteados para materiales de *Brachiaria* en monocultivo y asociados con kudzu manejados con diferentes niveles de nitrógeno.

Contrastes
Asociación + N46 vs. Fertilización
Fertilización N92 vs. Fertilización N46
Mulato II+kudzu+N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> +kudzu+N46
<i>B. brizantha</i> 26124+kudzu+N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + kudzu
<i>B. brizantha</i> 16315+Kudzu+N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387+Kudzu+N46
Mulato II+N92 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N92
<i>B. brizantha</i> 26124+N92 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + N92
<i>B. brizantha</i> 16315+N92 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387+N92

Mulato II+N46 vs. Resto <i>Brachiaria</i> + N46
<i>B. brizantha</i> 26124+N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16315, 16467, 26990, 6387 + N46
<i>B. brizantha</i> 16315+N46 vs. <i>B. brizantha</i> 16467, 26990, 6387+N46

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Comportamiento agronómico y productivo de materiales de *Brachiaria* sp.

2.3.1.1. Producción de biomasa aérea

La producción promedia de biomasa aérea fue significativamente mayor ($p < 0.001$) durante la época de lluvias ($2111 \text{ kgMS ha}^{-1}$) en relación con la época seca ($1375 \text{ kgMS ha}^{-1}$), esta diferencia representó una reducción del 34.8% en la oferta de biomasa de las praderas (Tabla 3). Bennett *et al.* (2008) plantea que los niveles superiores de precipitación durante el período de crecimiento de las plantas contribuyen de manera significativa al aumento de los rendimientos de materia seca y proteína cruda del forraje. El efecto negativo del estrés hídrico en los cultivos forrajeros se manifiesta por una reducción en el peso seco y el retraso de la elongación de la hoja. De acuerdo con Drummond (2005), el número de hojas nuevas disminuye cuando hay escasez de agua. Este comportamiento está directamente relacionado con un mayor rendimiento de las hojas y los tallos en el período lluvioso con respecto al periodo seco. Chamorro (1998) en una evaluación de materiales forrajeros en el departamento del Tolima, reporta que *B. brizantha* en la época de lluvia alcanzó producciones de $3697 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y en la época seca $602,5 \text{ kgMS ha}^{-1}$.

Desde el punto de vista del manejo agronómico, los mayores rendimientos de forraje se alcanzaron con la aplicación de 92 kg ha^{-1} de N a gramíneas en monocultivo ($2010 \text{ kgMS ha}^{-1}$), que superó en forma significativa ($p < 0.001$) a la

asociación gramínea-leguminosa+N46 (1635 kgMS.ha⁻¹) que presentó rendimientos promedio similares a las gramíneas fertilizadas con N46 (1584 kgMS.ha⁻¹) (Tabla 3). Estos resultados demuestran los beneficios que el nitrógeno causa sobre las praderas, al aumentar la producción de forraje (Santos *et al.*, 2009) y mejorar el valor nutritivo del pasto, especialmente por el incremento de los contenidos de proteína bruta del forraje (Alves *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2009).

Las accesiones más promisorias desde el punto de vista de producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315 (2040 kgMS.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (2033 kgMS.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 16467 (1864 kgMS.ha⁻¹); en contraste, los materiales con menor oferta de forraje fueron *B. brizantha* CIAT 26124 (1333.7 kgMS.ha⁻¹) y pasto Mulato II (1439.3 kgMS.ha⁻¹). Estos rendimientos son superiores a los reportados por Pérez *et al.*, 2011, en el Piedemonte del Meta, en donde observaron que la población de plantas fue afectada por excesos de humedad en el suelo durante la época de lluvias, lo que limitó la oferta de forraje. En praderas en monocultivo con cortes cada 28 días los mejores rendimientos se obtuvieron con *B. brizantha* CIAT 26124 (500.2 kgMS.ha⁻¹). Keller-Grein, Maass y Hanson (1996), en ensayos realizados con una colección del género *Brachiaria*, determinaron que la especie *B. brizantha* presentó una producción más alta que *B. ruzizensis*, pero similar a otras especies como *B. decumbens*, *Brachiaria* híbrido y *B. humidicola*. En este estudio, además de *B. brizantha* cv. Toledo y *B. brizantha* CIAT 26318, se destacaron *B. brizantha* CIAT 16467, 16315 y 26124 con las mejores producciones de MS (4700 – 5800 kgMS.ha⁻¹).

2.3.1.2. Cobertura del suelo

El estrés hídrico durante la época seca afectó en forma significativa ($p < 0.001$) la cobertura de las praderas, al pasar de un promedio general de 89.97% en época de lluvias a 29.97% en la época seca (Tabla 3). La cobertura es un parámetro importante en la conservación del suelo. Según Santos, (1993) en regiones con periodos de deficiencia hídrica marcados se observa una menor cobertura vegetal

del suelo y se generan mayores riesgos de erosión, agravada por las condiciones físicas del suelo que comprometen la sostenibilidad de estos ecosistemas. Chamorro (1998) en estudios realizados en el municipio de Alpujarra indicó que existen accesiones de *B. brizantha* con cobertura del 85 al 96%. De estos estudios se deriva que las accesiones de *B. brizantha* presentan un buen comportamiento en términos de cobertura especialmente durante la época de lluvias, ya que para definir que una planta posee dificultades con el área poblada, esta debe estar por debajo del 60% (Machado *et al.* 1997).

La cobertura del suelo fue afectada en forma significativa ($p < 0.05$) por el nivel de fertilización nitrogenada, la aplicación de $92 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno a las gramíneas en monocultivo, generó una mayor cobertura del suelo (63.5%) superando ($p < 0.001$) a los demás grupos experimentales. La asociación de gramíneas con leguminosas combinada con la adición de $46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno permitió una cobertura promedio de 59.5%, similar a la obtenida por gramíneas fertilizadas con $46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N con 56.4%. Entre materiales forrajeros se observó diferencias significativas ($p < 0.001$) para la cobertura del suelo, siendo superior en praderas de *B. brizantha* CIAT 16467 (65.5%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (63.2%) (Tabla 3). En el Piedemonte del Meta, Pérez *et al.*, 2011, en una evaluación de praderas de *Brachiaria* sp. y *Panicum maximum* en monocultivo, reportan una buena cobertura del suelo, con valores medios que oscilaron entre 72,03 y 82,22%, mientras que en praderas de gramínea - leguminosa, la cobertura del suelo varió entre 76,16 y 85,89%. Clarkson (1985) afirma que especies adaptadas a suelos ácidos de baja fertilidad natural tienen en general, un crecimiento inicial lento. Botrel *et al.*, 1987, reportan que *B. decumbens* y *B. brizantha* son unas buenas alternativas para producción de forraje y cobertura del suelo en suelos ácidos.

2.3.1.3. Altura de plantas

En general, las praderas presentaron una mayor altura promedio ($p < 0.001$) durante la época de lluvias comparado con la época seca (54.76 vs 31.65 cm)

(Tabla 3). De acuerdo con Da Silva (2008), las variaciones que presentan las plantas en su crecimiento en épocas climáticas contrastantes son debidas a factores abióticos como la temperatura, que, estimula la actividad específica de meristemas a través de un efecto coordinado entre el proceso de división y la expansión celular. Así, cuando se somete a temperaturas crecientes, las plantas responden linealmente incrementando la tasa de aparición de hojas. Sin embargo, el déficit de agua reduce esta variable. La restricción en el crecimiento de la parte aérea de la planta es una forma de expresión de la "economía" de los recursos, con alteraciones en los patrones de partición y distribución de carbono en la planta. Olivera *et al.*, (2006) indican que *B. brizantha* es una especie perenne, que presenta macollas vigorosas, de hábito erecto o semierecto, con tallos que alcanzan hasta 2,0 m de altura.

En la época de lluvias la altura de las gramíneas forrajeras fue afectada en forma significativa ($p < 0.001$) por la fertilización nitrogenada, lo que confirma los resultados encontrados en la literatura (Garcez Neto, 2002; Fagundes *et al*, 2006), que observaron que la tasa de elongación se incrementó linealmente con la dosis de nitrógeno. Un desarrollo significativamente superior fue observado con la aplicación de N92 (47.5 cm) en relación con los tratamientos gramínea + N46 (41.3 cm) y gramínea + leguminosa + N46 (40.7 cm). De acuerdo con Oliveira *et al.* (2007), en condiciones de alta disponibilidad de N, ocurre un aumento en el crecimiento de la planta, con elongación de los entrenudos, empujando a las hojas nuevas por encima de la hoja precedente y puede ocasionar entonces un aumento en la tasa de aparición de hojas. El impacto positivo del N en la elongación de las gramíneas forrajeras ha sido reportado por varios autores (Garcez Neto *et al*, 2002; Fagundes *et al*, 2006). El nitrógeno estimula la producción de nuevas células, que es el medio por el cual la planta cambia de tamaño (Garcez Neto *et al.*, 2002). Algunos estudios indican una correlación positiva entre la tasa de alargamiento y la longitud de la lámina de la hoja (Mazzanti *et al*, 1994.; Garcez Neto *et al.*, 2002).

En relación con la altura de plantas, *B. brizantha* CIAT 16315 (53.4 cm) superó ($p < 0.001$) a los demás materiales forrajeros. El pasto Mulato II (Testigo) presentó la menor altura de planta con 32.1 cm. Según dos Santos *et al.*, 2010, Los genotipos más productivos de gramíneas forrajeras normalmente son aquellos que presentan mayor elongación de plantas. Gómez *et al.*, (2000) en una evaluación de 24 accesiones e híbridos de *Brachiaria* en Caquetá encontraron que materiales de *Brachiaria brizantha* alcanzaron una altura de hasta 80 cm a los 42 días de rebrote en época de lluvias.

Tabla 3. Variables agronómicas y productivas de accesiones de *Brachiaria brizantha* en monocultivo y asociadas con kudzu en condiciones de la Altillanura.

Parametro ¹	Materia seca		Cobertura	Altura	Composición botánica	
	%	kg/ha			%	cm
			%			
Lluvia	27.29 b	2111.0 a	89.67 a	54.76 a	91.79 b	8.20 a
Seca	52.59 a	1374.9 b	29.97 b	31.65 b	98.55 a	0.32 b
SEM	0.567	38.66	0.81	0.49	0.44	0.42
Significancia	***	***	***	***	***	***
Gramínea + N46	37.63 b	1584.0 b	56.4 b	41.3 b	99.0 a	NA
Asociación + N46	43.74 a	1634.8 b	59.5 b	40.7 b	87.2 b	12.8
Gramínea + N92	38.44 b	2010.1 a	63.5 a	47.5 a	99.2 a	NA
SEM	0.69	47.35	0.99	0.60	0.54	0.52
Significancia	***	***	***	***	***	***
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	35.16 c	2040.0 a	63.2 ab	53.4 a	94.3	4.7
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	35.26 c	1333.7 c	56.9 c	44.5 c	94.8	4.4
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	45.78 a	1747.0 b	57.0 c	37.9 d	97.1	2.3
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	38.16 bc	1864.4 ab	65.5 a	48.1 b	95.7	4.1
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	43.45 a	2033.4 a	59.3 bc	43.0 c	94.1	5.0
Mulato II	41.82 ab	1439.3 c	56.8 c	32.1 e	94.6	4.8
SEM	4.17	284.11	5.95	3.65	3.24	3.12
Significancia	***	***	***	***	ns	ns

SEM=Error Estándar de la Media, *** ($p<0.001$), ns= no significativa; N46= 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92= 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, ¹= promedio de 3 muestreos en época seca y lluviosa respectivamente.

2.3.1.4. Composición botánica de praderas

La composición florística de las praderas fue significativamente diferente ($p<0.001$) entre épocas del año, tanto para las gramíneas como para la leguminosa kudzu tropical en las asociaciones. Las gramíneas presentaron un dominio en las praderas con valores superiores ($p<0.001$) en época seca (98.55%) en relación con la época de lluvias (91.79%). Por su parte la leguminosa kudzu tropical presentó una proporción baja de participación en la composición botánica de las praderas con un promedio general de 8.2% en época de lluvias, el cual fue significativamente superior ($p<0.001$) al observado en época seca (0.32%). Entre los ecotipos de *Brachiaria* no se observó diferencias estadísticas ($p>0.05$) en las praderas con valores que oscilaron entre 94.1 y 97.1% (SEM=3.24); igual comportamiento se observó para la presencia de kudzu tropical asociada a diferentes praderas de gramíneas del género *Brachiaria*, que presentó valores ponderados en la composición botánica de 2.3 a 5.0% (SEM=3.12) (Tabla 3).

2.3.1.5. Producción de materia seca en época de lluvias

Durante la época de lluvias, el contraste asociación + N46 vs fertilización nitrogenada presentó un estimador de tendencia de la diferencia entre las medias de -130.37 ± 83.76 ($T=0.10<0.15$) para la variable producción de materia seca, lo que indica que las praderas asociadas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ que tienen un promedio de 2024 kgMS.ha⁻¹, disminuyen en aproximadamente 6.4% la producción de materia seca por corte, comparado con las gramíneas puras fertilizadas con nitrógeno (Tabla 4).

El contraste de praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ para la variable materia seca, presentó un estimador de la diferencia

entre las medias de 563.92 ± 96.71 ($p < 0.001$), que muestra un rendimiento superior del 30.1% con la dosis más alta de nitrógeno ($2436.4 \text{ kgMS.ha}^{-1}$) en relación con la aplicación de 46 kgN.ha^{-1} ($1872.5 \text{ kgMS.ha}^{-1}$).

El contraste Mulato II + kudzu + N46 (Testigo) vs *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + kudzu + N46 arrojó un estimador de la diferencia entre las medias de -676.91 ± 183.51 ($p < 0.001$), que indican que la pradera testigo presentó rendimientos de materia seca de $1460 \text{ kgMS.ha}^{-1}$, los cuales fueron inferiores en 31.6% con respecto a las accesiones de *B. brizantha* asociadas con kudzu fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} (Tabla 4).

Al comparar la producción de materia seca de la asociación *B. brizantha* CIAT 26124 + kudzu + N46 vs Praderas asociadas de *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 con kudzu + N46 se encontró un estimador de la diferencia entre las medias de -668.36 ± 187.29 ($p < 0.001$), lo que representa una reducción del 29.4% en los rendimientos de la pradera *B. brizantha* CIAT 26124 + kudzu + N46 ($1602.2 \text{ kgMS.ha}^{-1}$) en relación con las demás asociaciones de gramínea-leguminosa+N46.

El contraste *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 vs *B. brizantha* CIAT 16467, 26990, 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha^{-1} mostró un estimador de 293.81 ± 193.42 ($T=0.1 < 0.15$) para la producción de materia seca, que muestra una tendencia superior del 12.1% en los rendimientos de la pradera de *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 ($2286.6 \text{ kgMS.ha}^{-1}$) en relación con las demás praderas manejadas bajo las mismas condiciones. (Tabla 4).

Al contrastar las praderas de *B. brizantha* CIAT 26124+N46 vs praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26990, 16467, 6387 + N46, se observó un estimador de la diferencia entre las medias de -890.41 ± 187.29 ($p < 0.001$), que indica que las praderas de *B. brizantha* CIAT 26124 fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} ($1180 \text{ kgMS.ha}^{-1}$)

1) presentan una reducción del 43.0% en la producción de biomasa seca en comparación con las demás accesiones de *B. brizantha* evaluadas en iguales condiciones (Tabla 4).

Los rendimientos de materia seca de praderas de *B. brizantha* CIAT 16315 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ contrastadas con praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, presentaron un estimador de la diferencia entre las medias de 388.3 ± 193.4 (p<0.05). Los rendimientos de materia seca de la pradera de *B. brizantha* CIAT 16315 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (2361.6 kgMS.ha⁻¹) fueron superiores en 19.7% en relación con las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (Tabla 4).

2.3.1.7. Altura de planta en época de lluvias

El contraste praderas asociadas gramínea-leguminosa + N46 vs. Praderas fertilizadas con N para la variable altura de planta, fue altamente significativo (p<0.001) con un estimador de la diferencia entre las medias de -7.9±1.05, que indica que las praderas asociadas de gramíneas+kudzu+N46 (49.5 cm) presentaron una reducción del 15.9% en la altura de planta, en relación con las gramíneas fertilizadas con nitrógeno. El contraste de praderas de gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs. praderas de gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, presentó un estimador de la diferencia entre las medias de 10.3±1.21 (p<0.001), mostrando una altura de planta superior en 19.7% con la dosis más alta de nitrógeno (62.55 cm) en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ (52.25 cm). El contraste Mulato II + kudzu + N46 (Control) vs *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + kudzu + N46 con un estimador de la diferencia entre las medias de -18.66± 2.31 (p<0.001), indica que el tratamiento control presento una altura de planta menor en 43.5% con respecto a las accesiones de *B. brizantha* asociadas con kudzu fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. (Tabla 4).

Tabla 4. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de praderas de *Brachiaria* sp. en monocultivo y asociadas con kudzu fertilizadas con N, durante la época de lluvias en la Altillanura.

Contrastes	Materia seca (kg.ha-1)			Cobertura (%)			Altura (cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización	-130.37	83.76	T	1.52	1.75	Ns	-7.90	1.05	***
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	563.92	96.71	***	9.16	2.02	***	10.30	1.21	***
Mulato II+kudzu+N46 vs. Resto Brachiaria+kudzu+N46	-676.91	183.51	***	-0.83	3.84	Ns	-8.00	2.31	***
Bb. 26124+kudzu+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 +kudzu+N46	-668.36	187.29	***	-1.04	3.92	Ns	0.00	2.36	ns
Bb. 16315+Kudzu+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+Kudzu+N46	21.44	193.43	ns	-1.38	4.05	Ns	20.88	2.43	***
Mulato II+N92 vs. Resto Brachiaria + N92	-211.71	183.51	ns	-1.50	3.84	Ns	-18.66	2.31	***
Bb. 26124+N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-64.33	187.29	ns	-0.83	3.92	Ns	7.91	2.36	**
Bb. 16315+N92 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N92	293.81	193.43	T	-6.66	4.05	T	5.00	2.43	*
Mulato II+N46 vs. Resto Brachiaria + N46	-119.00	183.51	ns	1.50	3.84	Ns	-13.30	2.31	***
Bb. 26124+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-890.41	187.29	***	-0.20	3.92	Ns	1.29	2.36	ns
Bb. 16315+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N46	388.33	193.43	*	3.05	4.05	Ns	10.83	2.43	***

ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1<0.15$), + ($p<0.1$), ** ($p<0.05$), *** ($p<0.001$), ns= no significativa; Bb.= *Brachiaria brizantha*, N46= 46 kg.ha-1 de nitrógeno, N92= 92 kg.ha-1 de nitrógeno.

El pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ en contraste con las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ para la variable altura de planta, presentó un estimador de -18.66 con un error de 2.31 y una diferencia altamente significativa ($p<0.001$). Esto indica que el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (47 cm) presentó una altura de planta inferior en 39.7% respecto a las accesiones de *B. brizantha*. (Tabla 4).

El contraste *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 vs *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 presentó un estimador de 7.91 con un error de 2.36 y una diferencia significativa ($p < 0.01$). La accesión *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 presentó una altura de 72 cm, superando en 12.3% a las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹. (Tabla 4).

Al contrastar la altura de planta del pasto Mulato II fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹ vs praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, se encontró un estimador de -13.3 con un error de 2.31 y una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$). Las praderas de Mulato II (41.1 cm) fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron una reducción en la altura de planta del 32.3% en relación con las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 con igual manejo agronómico (Tabla 4).

2.3.1.8. Producción de materia seca en época de seca

Durante la época seca la producción de materia seca entre praderas asociadas gramínea-leguminosa + N46 vs. Praderas fertilizadas con N, fue altamente significativo ($p < 0.001$) con un estimador de -194.12 y un error de 83.76, que significa que las praderas asociadas de gramíneas+kudzu+N46 (1245.5 kgMS.ha⁻¹) presentaron una reducción del 15.5% en la producción en relación con las gramíneas fertilizadas con nitrógeno (Tabla 5).

El contraste de praderas de gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ vs praderas de gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ para la variable producción de materia seca, presentó un estimador de 288.24 con un error de 96.71 y una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$), mostrando que el rendimiento de forraje fue superior en 22.2% con la dosis de 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno (1583.7 kgMS.ha⁻¹ cm) en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ (1295.5 kgMS.ha⁻¹). (Tabla 5).

Al contrastar los rendimientos de materia seca entre el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ con las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ para la variable producción de materia seca, presentó un estimador de -489.21±183.51 (p<0.01). Esto indica que el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (1176.1 kgMS.ha⁻¹) presentó rendimientos de forraje seco inferiores en 41.5% con relación a las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (Tabla 5).

El contraste *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 vs. *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 presentó un estimador de -1006.66 ± 187.29 (p<0.01). La accesión *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 presentó rendimientos de 860 kgMS.ha⁻¹, que fue un 117.0% menor respecto a las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹. El contraste *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 vs. *B. brizantha* CIAT 16467, 26990, 6387 fertilizadas con N92, presentó un estimador de diferencia entre medias de 604.44±193.43 (p<0.01) para los rendimientos de forraje, que significa una producción de forraje 35.2% mayor en las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315 + N92 (2320 kgMS.ha⁻¹) comparada con las accesiones *B. brizantha* CIAT 16467, 26990, 6387 fertilizadas con N92 (Tabla 5).

Al contrastar los rendimientos de materia seca del pasto Mulato II fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹ vs. praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, se encontró un estimador de -618.66± 183.51 (p<0.01). Las praderas de Mulato II fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron una producción de 780 kgMS.ha⁻¹, que significó una reducción del 32.3% en relación con las praderas *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con N46 (Tabla 5).

Tabla 5. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de praderas de *Brachiaria* sp. en monocultivo y asociadas con kudzu fertilizadas con N, en época seca en la Altillanura.

Contrastes	MS (kg.ha ⁻¹)			Cobertura (%)			Altura (cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización	-194.12	83.76	*	-2.45	1.75	ns	0.39	1.05	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	288.24	96.71	**	4.91	2.02	*	1.98	1.21	T
Mulato II+kudzu+N46 vs. Resto Brachiaria+kudzu+N46	-70.66	183.51	ns	4.00	3.84	ns	-12.90	2.31	***
Bb. 26124+kudzu+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 +kudzu+N46	-446.66	187.29	*	-6.45	3.92	T	-5.29	2.36	*
Bb. 16315+Kudzu+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+Kudzu+N46	-151.11	193.43	ns	-8.61	4.05	*	9.16	2.43	***
Mulato II+N92 vs. Resto Brachiaria + N92	-489.21	183.51	**	-13.10	3.84	**	-13.77	2.31	***
Bb. 26124+N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-1006.66	187.29	***	-9.91	3.92	*	-6.75	2.36	**
Bb. 16315+N92 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N92	604.44	193.43	**	21.40	4.05	***	9.65	2.43	***
Mulato II+N46 vs. Resto Brachiaria + N46	-618.66	183.51	**	11.20	3.84	**	-12.82	2.31	***
Bb. 26124+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-448.33	187.29	*	-7.75	3.92	+	-4.03	2.36	+
Bb. 16315+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N46	-206.66	193.43	ns	7.88	4.05	+	6.61	2.43	**

ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1<0.15$), + ($p<0.1$), ** ($p<0.05$), *** ($p<0.001$), ns= no significativa; Bb.= *Brachiaria brizantha*, N46= 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92= 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno.

El contraste entre las praderas de *B. brizantha* CIAT 26124+N46 vs. praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26990, 16467, 6387 + N46 para la producción de forraje, presentó diferencias significativas ($p<0.05$) con un estimador de -448.33 y un error de 187.28, que significa una reducción del 43.1% en los rendimientos de MS de *B. brizantha* CIAT 26124+N46 (1040 kgMS.ha⁻¹) con respecto a las demás accesiones de *B. brizantha* (Tabla 5).

2.3.1.9. Cobertura del suelo en época de lluvias

Para la variable cobertura del suelo, el contraste entre la fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. la fertilización con 46 kgN.ha⁻¹ fue significativa ($p < 0.05$) con un estimador de 4.91 y un error de 2.02, que significa que con el nivel de fertilización alto (N92) se logró incrementar en 17.3% la cobertura del suelo en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ a las praderas (33.2% vs. 28.3%) (Tabla 5).

Para la variable cobertura del suelo, el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ vs. las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹, presentó un estimador de -13.1 ± 3.84 ($p < 0.01$), que indica que el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (22.3%) presentó una cobertura del suelo inferior en 58.7% respecto a las accesiones de *B. brizantha*. El contraste *B. brizantha* CIAT 26124 + N92 vs. *B. brizantha* CIAT 16315, 16467, 26990, 6387 + N92 presentó un estimador de -9.91 ± 3.92 ($p < 0.05$) (Tabla 5)

Las praderas de Mulato II (19%) fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron una reducción en la cobertura del suelo de 58.9% en relación con las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 en iguales condiciones de manejo agronómico.

2.3.1.10. Altura de planta en época seca

El contraste praderas asociadas gramínea-leguminosa + N46 vs. Praderas fertilizadas con N para la variable altura de planta, no fue significativo ($p > 0.15$). La altura de planta se vio favorecida en 6.4% por la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ en relación con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹, al presentar una tendencia ($T = 0.1 < 0.15$) con un estimador de 1.98 ± 1.21 . El contraste Mulato II + kudzu + N46 (Control) vs. *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + kudzu + N46 presentó un estimador de -12.9 con un error de 2.31 y una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$). El tratamiento control presentó una

altura de planta menor en 61.1% con respecto a las accesiones de *B. brizantha* asociadas con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (Tabla 5)

Al contrastar la altura de planta de la pradera de Mulato II fertilizada con 92 kgN.ha⁻¹ vs. las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹, se obtuvo un estimador de -13.77 con un error de 2.31 y diferencia altamente significativa (p<0.001), que indica que el Mulato II presentó un 65.5% menos de altura que las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467, 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹.

El pasto Mulato II fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹ en contraste con las accesiones de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, para la variable altura de planta, presentó un estimador de -12.82± 2.31 (p<0.001). Esto indica que el pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (19.8 cm) presentó una altura de planta inferior en 64.7% respecto a las accesiones de *B. brizantha* (Tabla 5)

2.3.2 Contenido nutricional del forraje de accesiones *Brachiaria brizantha*

En este estudio, el contenido promedio de materia seca (MS), al igual que las concentraciones de FDN (67.92% vs. 59.26%) y FDA (36.34% vs. 27.11%) del forraje fueron significativamente mayores (p<0.001) durante la época seca en relación con la época de lluvias (50.79% vs. 25.52%), mientras que los contenidos de proteína cruda (PC) (4.39 vs. 11.29%) y la degradabilidad del forraje (52.82 vs. 77%) fueron significativamente superiores (p<0.001) durante la época de lluvias (Tabla 6). Este comportamiento puede estar asociado a que la participación del follaje de los pastos en respuesta a la aplicación de N depende de la temporada, en general, sus valores son más altos en la estación lluviosa comparada con la temporada de sequía (Alvim *et al.*, 1996). Miles (2006) asegura que estos indicadores dependen del manejo integral que reciban las praderas.

Los recursos forrajeros estudiados respondieron positivamente a la fertilización nitrogenada en términos de contenido nutricional ($p < 0.001$). El tratamiento gramíneas+N92 presentó valores significativamente ($p < 0.001$) superiores de PC (9.55%) y degradabilidad del forraje (65.7%), así como los menores contenidos de materia seca (37.05%), FDN (61.97%) y FDA (30.55%) en relación con la respuesta de gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} y las gramíneas asociadas con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} (Tabla 6). Un comportamiento similar fue reportado por Cecato *et al.* (2001) que aseguran que el nitrógeno proporciona un aumento de la proteína cruda, y reducción de la FDN y FDA en la MS del forraje producido. La fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo de los forrajes, al promover cambios en la composición química de la MS de la planta (França *et al.*, 2007).

Las accesiones *B. brizantha* CIAT 26990 y CIAT 6387 presentaron los mayores ($p < 0.001$) contenidos de materia seca del forraje con valores de 43.53 y 51.75%, respectivamente, mientras que el pasto Mulato II (control) presentó un valor de 37.06%.

En relación con los contenidos de proteína cruda, se destacaron los materiales *B. brizantha* CIAT 16315 (8.34%) y CIAT 26124 (8.06%) que no presentaron diferencias significativas con el pasto Mulato II (8.18%), pero sí con los demás materiales evaluados ($p < 0.001$). Gomez *et al.* (2011) al evaluar varios materiales de *Brachiaria* spp. en México, encontraron que la media de proteína cruda (PC) fue 7.6 % con una degradabilidad de la MS del 65.1%. Cuadrado *et al.* (2004) alcanzaron entre 9 y 12% de PC en el forraje de accesiones de *B. brizantha*, condición que fue determinada por los niveles de fertilización empleados después de cada rotación. Según Arias y Hernández (2002), el valor nutritivo de *B. brizantha* se puede considerar como moderado en términos de su composición química, digestibilidad y consumo, los contenidos de proteína varían entre 6 y 8%, de acuerdo con la especie.

Tabla 6. Contenido nutricional del forraje de accesiones de *Brachiaria* sp. durante la época de lluvias en la Altillanura.

Tratamiento	MS	PC	FDN	FDA	DEG
	%				
Lluvia	25.52 b	11.29 a	59.26 b	27.11 b	77.00 a
Seca	50.79 a	4.39 b	67.92 a	36.34 a	52.82 b
SEM	0.66	0.07	0.39	0.33	0.46
Significancia	***	***	***	***	***
Gramínea + N46	36.40 b	6.97 b	63.93 a	32.30 a	65.42 ab
Asociación + N46	41.01 a	7.00 b	64.86 a	32.33 a	63.55 b
Gramínea + N92	37.05 b	9.55 a	61.97 b	30.55 b	65.76 a
SEM	0.81	0.08	0.48	0.4	0.56
Significancia	***	***	***	***	***
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	34.64 c	8.34 a	62.40 bc	31.87 abc	66.28 ab
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	36.55 c	8.06 ab	60.15 c	29.86 c	69.12 a
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	43.53 a	7.67 bc	67.02 a	31.62 abc	62.23 c
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	35.57 c	7.21 c	63.71 b	32.36 ab	64.45 bc
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	41.57 ab	7.56 bc	64.78 ab	33.66 a	62.08 c
Mulato II	37.06 bc	8.18 a	63.47 b	30.99 bc	65.31 bc
SEM	4.87	0.52	2.92	2.45	3.38
Significancia	***	***	***	***	***

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, SEM=Error Estándar de la Media, *** ($p<0.001$), N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno.

Los contenidos de FDN presentaron diferencias significativas ($p<0.001$) entre materiales, sobresaliendo con las menores concentraciones las accesiones *B. brizantha* CIAT 26124 (60.15%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (62.4%), mientras que las accesiones *B. brizantha* CIAT 26990 (67.02%) y *B. brizantha* CIAT 6387 (64.78%) expresaron los mayores contenidos de FDN. El aumento en los contenidos de FDN con la edad de rebrote se relaciona con cambios fisiológicos que se producen cuando avanza la edad de las plantas, que

conducen a una disminución en el citoplasma de células de compuestos altamente solubles (contenido de la célula), acompañados por un aumento en los componentes fibrosos de la pared celular (Nogueira *et al.* 2000). A pesar de la gran productividad de las gramíneas tropicales, a medida que avanza el desarrollo vegetativo ocurre una drástica disminución del valor proteico y un aumento en los contenidos de fibra, asociado al aumento de lignina, limitando la producción de carne y leche (Euclides, 2001).

Los contenidos de FDA de los materiales forrajeros fueron afectados de manera significativa ($p < 0.001$) por los niveles de fertilización nitrogenada utilizados en este estudio. Los valores más bajos de FDA se encontraron en el forraje de *B. brizantha* CIAT 26124 (29.86%), Mulato II (30.99%), *B. brizantha* CIAT 26990 (31.62%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (31.87%), mientras que los niveles significativamente superiores ($p < 0.001$) fueron para *B. brizantha* CIAT 6387 (33.66%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (32.36%) (Tabla 6) Gomez *et al.* (2011) reportan una media para FDA de 42.8% en materiales de *Brachiaria spp.*, además, pastos con una mayor eficiencia de crecimiento tienden a tener mayor calidad nutritiva (Cid *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009)

La degradabilidad del forraje fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre materiales, destacándose por su superioridad ($p < 0.001$) las accesiones *B. brizantha* CIAT 26124 (69.12%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (66.28%) en relación con los demás materiales. La menor degradabilidad del forraje se encontró en las accesiones *B. brizantha* CIAT 6387 (62.08%), *B. brizantha* CIAT 26990 (62.23%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (64.45%) que fueron similares estadísticamente ($p > 0.15$) con el control Mulato II (65.31%). Al respecto, Mena *et al.* (2007) al sur de Veracruz (México), encontraron a los 30 días de rebrote que las hojas y tallos de *B. brizantha* presentaron una DIVMS de 51,3% en época de lluvias y el 28,2% en época seca. Estos valores son inferiores a los encontrados en el presente estudio para esta especie.

2.3.2.1. Contenido nutricional del forraje de materiales de *Brachiaria brizantha* durante la época de lluvias

Al contrastar praderas asociadas gramínea – leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ vs gramíneas fertilizadas con nitrógeno, el contenido de materia seca del forraje no fue significativamente diferente ($p>0.15$) durante la época de lluvias; sin embargo, los contenidos de PC ($p<0.001$), FDN y la degradabilidad del forraje ($p<0.05$) presentaron diferencias estadísticas, mientras que la FDA mostró una tendencia ($p=0.1<0.15$) a favor de la asociación (Tabla 7). Comportamiento que confirma los resultados de França *et al.*, (2007) que afirman que la fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo del forraje, promoviendo variaciones en la composición química de la materia seca de las plantas.

La asociación gramínea – leguminosa presentó un promedio de 10% de PC en el forraje que es inferior un 19% frente a la fertilización nitrogenada, posiblemente debido a la baja proporción de la leguminosa en las praderas. Boddey y Thomas (1996) reportaron los beneficios en los contenidos de PC por la incorporación de la leguminosa *D. ovalifolium*, cuando esta fue asociada a un pastizal de *B. humidicola*. En el Piedemonte del Meta praderas de *Brachiaria sp.* asociada con las leguminosas *A. pintoj*, *P. phaseoloides* y *D. ovalifolium* con periodos de ocupación/descanso de 28 días, presentaron contenidos de PC entre 7.6 y 9.6%, FDN entre 59.4 y 64.1, FDA entre 31 y 34.4% y degradabilidad del forraje entre 65 y 71.6% (Pérez y Pérez, 2006). La FDN y la FDA fueron respectivamente 4% y 4.3%, superiores en la asociación gramínea-leguminosa (60.8% y 27.9%) frente a las praderas fertilizadas con nitrógeno. La degradabilidad fue menor 3.6% en las praderas asociadas (75.1%) en relación con las gramíneas fertilizadas con N (Tabla 7). Autores como Fagundes *et al.*, 2006 y Moraes *et al.*, 2006 aseguran que en la época de lluvias, la fertilización nitrogenada contribuye a mejorar la calidad de la pradera en razón a que el meristemo apical se convierte en un fuerte sumidero de nutrientes, entre estos de N, el cual juega un papel importante en la producción de nuevas hojas y tallos.

El contraste fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. fertilización con 46 kgN.ha⁻¹, evidencio una tendencia ($p=0.1<0.15$) a favor (11.7%) del nivel inferior de nitrógeno para la variable contenido de MS del forraje (26.6% vs. 23.8%), mientras que el contenido de PC fue superior ($p<0.001$) un 39.5% con la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ en relación con 46 kgN.ha⁻¹ (13.8% vs 9.9%). Botrel *et al.* (1990), al evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de N (0, 75 y 150 kg/ha) sobre el contenido de PC en la época lluviosa, en cinco accesiones de *Brachiaria*, encontraron promedios en *B. brizantha* de 7,6, 10,6 y 13,4% respectivamente, para cada dosis. Cuadrado *et al.* (2004) reportan entre 9 y 12% de PC en el forraje de accesiones de *B. brizantha*, condición que fue determinada por los niveles de fertilización empleados después de cada rotación. La FDN fue un 6% menor ($p<0.001$) en praderas fertilizadas con N92 (56.7%) en relación con praderas fertilizadas con N46 (60.1%). Gerdes *et al.* (2000) encontró para Marandú fertilizado con 100 kgN.ha⁻¹ niveles promedio de FDN de 65,42%, mientras que Bennett *et al.* (2008) y Cecato *et al.* (2004) al estudiar el efecto de la dosis de N en las características cualitativas de pasto Marandú también obtuvo respuesta significativa sobre los contenidos de FDN en el forraje. Por su parte, Castagnara *et al.* (2011) indican que los contenidos de FDN son influenciados significativamente por la dosis de N ($p <0,01$) y los forrajes ($p <0,01$).

La FDA fue significativamente superior ($p<0.05$) un 10% con la aplicación de N46 y la degradabilidad del forraje mostro una tendencia ($p=0.1<0.15$) superior en las praderas fertilizadas con N92 (78.8%) (Tabla 7). En Pará, Brasil, Bittencourt y Veiga (2001) al estudiar el pasto *B. brizantha* encontraron valores de DIVMS de 56,9% en la época de lluvias, nivel similar al observado en este estudio cuando se fertilizaron las praderas con 92 kg de nitrógeno por hectárea. Aunque, Bennett *et al.* (2008), trabajando con dosis de N en tres cortes de pasto Marandú no encontró un efecto significativo de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de FDA en época de lluvias. La fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo de los forrajes, al promover cambios en la composición química de la MS de la planta (França *et al.*, 2007). Pérez y

Pérez (2006) en una evaluación bajo pastoreo de bovinos de cuatro materiales de *B. brizantha* asociados con kudzú en condiciones de la Altillanura encontraron valores promedio para PC de 9.2%, FDN de 61.6% y degradabilidad del forraje de 73.1%, que son levemente inferiores a los obtenidos en el presente trabajo.

El pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ en contraste con las accesiones *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ mostraron para los contenidos de PC una leve tendencia ($p=0.1<0.15$) superior del 3.0% en las accesiones de *B. brizantha* fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ respecto al testigo (13.5%). De otro lado, la FDN del pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (60.4%) superó en forma significativa ($p<0.05$) por un 7.7% a los contenidos observados en las accesiones de *B. brizantha* con el mismo nivel de fertilización. En Veracruz, México, Mena *et al.* (2007) reportaron que en *B. brizantha* el contenido medio en la temporada de lluvias de PC fue 7,7% a los 30 días de rebrote; mientras que en Montería (Colombia), Cuadrado *et al.* (2004) encontraron que materiales de *Brachiaria* spp. cosechados a los 45 días de rebrote tenían entre 10.5 y 15,4% de PC.

Las praderas de Mulato II fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron contenidos de PC de 11.5%, significativamente superiores ($p<0.001$) en 19.0% a los encontrados en praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con N46 (Tabla 7). El nivel de PC fue similar al reportado por Argel *et al.* (2007) para el pasto Mulato II (11.4%) en Santander de Quilichao. Los niveles de FDA variaron significativamente ($p<0.05$) en las praderas de Mulato ii + N46 (24.6%) en relación con *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, que presentaron 16.5% más contenido de FDA. Una tendencia similar a la de esta investigación fue reportada por Rao *et al.* (2006), al evaluar el comportamiento de la fibra y la ceniza en materiales de *Brachiaria*. La FDA del estudio es levemente inferior a lo reportado por Cuadrado *et al.*, 2004, que encontraron valores medios de FDA de 30,1 % para *B. brizantha*. Avellaneda *et al.* (2008) reportan que la

Tabla 7. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de accesiones de *Brachiaria brizantha* durante la época de lluvias en la Altillanura.

Contraste ortogonal	MS			PC			FDN			FDA			Deg.		
	(%)														
	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización	0.74	1.58	ns	-1.90	0.15	***	2.35	0.85	**	1.17	0.74	T	-2.72	0.99	**
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	-2.79	1.83	T	3.92	0.17	***	-3.42	0.99	***	-2.55	0.86	**	1.87	1.15	T
Mulato II+kudzu+N46 vs. Resto Brachiaria+kudzu+N46	-0.20	3.47	ns	0.25	0.33	ns	-1.20	1.88	ns	-0.16	1.63	ns	-0.86	2.18	ns
Bb. 26124+kudzu+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387+kudzu+N46	0.23	3.54	ns	-0.26	0.34	ns	-6.79	1.92	***	-5.45	1.66	**	6.41	2.23	**
Bb. 16315+Kudzu+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+Kudzu+N46	-1.91	3.66	ns	0.66	0.35	ns	-5.45	1.98	**	-1.26	1.72	ns	1.35	2.30	ns
Mulato II+N92 vs. Resto Brachiaria + N92	-1.96	3.47	ns	-0.41	0.33	T	4.36	1.88	*	0.18	1.63	ns	0.60	2.18	ns
Bb. 26124+N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-0.97	3.54	ns	0.55	0.34	**	-3.80	1.92	+	-0.77	1.66	ns	4.12	2.23	+
Bb. 16315+N92 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N92	-0.94	3.66	ns	1.00	0.35	***	-4.66	1.98	*	-2.10	1.72	ns	4.90	2.30	*
Mulato II+N46 vs. Resto Brachiaria + N46	-2.91	3.47	ns	1.84	0.33	***	-2.03	1.88	ns	-4.08	1.63	*	0.87	2.18	ns
Bb. 26124+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-1.85	3.54	ns	-0.07	0.34	ns	-6.91	1.92	***	-3.47	1.66	*	2.58	2.23	ns
Bb. 16315+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N46	-2.23	3.66	ns	1.30	0.35	***	-0.35	1.98	ns	-1.30	1.72	ns	-4.08	2.30	+

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, Bb.= *B. brizantha*, ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1 < 0.15$), + ($p < 0.1$), ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno. Est.=Estimador

digestibilidad *in situ* de la materia seca de *B. brizantha* (74.94%) fue significativamente superior ($p > 0.05$) al pasto Mulato y *B. decumbens* (74.76% y 73.55%, respectivamente) a los 28 días de rebrote. Vega *et al.* (2006), manifiestan que la digestibilidad de la materia seca disminuye con el aumento de la edad de la planta. Resultados similares reportaron Ramírez *et al.* (2004), quienes obtuvieron mayor digestibilidad de la materia seca en edades tempranas.

2.3.2.2. Contenido nutricional del forraje de materiales de *Brachiaria brizantha* durante la época seca

Durante la época seca, el contraste praderas asociadas gramínea-leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ vs praderas fertilizadas con nitrógeno, presentó diferencias significativas para las variables contenido de materia seca ($p < 0.001$), contenido de proteína cruda ($p < 0.001$) y FDN ($p < 0.1$), mientras que los contenidos de FDA y la degradabilidad del forraje no fueron significativamente diferentes entre los tratamientos ($p > 0.15$) (Tabla 8).

Las praderas de gramínea-leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron niveles de MS del 56%, PC del 3.9% y FDN del 68.9% que representaron un 16.2% más contenido de MS, 15.6% menos PC y 2.1% más FDN que las gramíneas fertilizadas con nitrógeno (Tabla 8). Durante la época seca, un prolongado período de reposo o intervalo de pastoreo resulta en un aumento en la materia seca disponible para pastoreo en los praderas; sin embargo, este aumento de la masa de forraje se genera principalmente por la acumulación de tallos y material muerto, ya que la acumulación de hojas se estabiliza o disminuye (Barbosa, 2004; Carnevalli *et al.*, 2006; Pedreira, 2006; Zeferino, 2006).

Durante la época seca, la mayor acumulación de forraje por cada ciclo de pastoreo puede ser parcial o totalmente compensada por un menor número de pastoreos, en la fase de crecimiento (períodos de descanso más largos) (Carnevalli, 2003; Barbosa, 2004; Pedreira, 2006), y el valor nutritivo del forraje ofrecido se verá reducido (Bueno, 2003). Al incrementarse la presencia de tallos y material muerto en los estratos superiores del dosel, se puede afectar el periodo de descanso y el consumo de forraje (Trindade, 2007).

Al comparar la aplicación a las praderas de 92 kgN.ha⁻¹ vs. 46 kgN.ha⁻¹ no se encontró diferencias significativas ($p > 0.15$) para los niveles de FDN, FDA y degradabilidad del forraje, mientras que los contenidos de MS ($p < 0.05$) y PC

($p < 0.001$) presentaron diferencias. Las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha^{-1} (50.2%), acumularon 8.8% más materia seca que las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} , sin embargo, alcanzaron 5.2% de PC en el forraje que significó un incremento del 31.7% en la oferta de PC del forraje en relación con las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} (Tabla 8). Dias *et al.* (2000), reporta que dosis crecientes de nitrógeno, dependiendo de las condiciones ambientales pueden alterar el contenido de FDN de los forrajes. Hay que señalar, sin embargo, que el efecto del N en el FDN es altamente dependiente de las condiciones edafoclimáticas y de manejo (Oliveira *et al.*, 2011).

El contraste entre Mulato II + kudzu + N46 y las praderas *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 asociadas con kudzu y fertilizadas con N46, no presentó diferencias significativas ($p > 0.15$) para las variables nutricionales MS, PC, FDN, FDA y degradabilidad del forraje. Además, un aumento en los coeficientes la degradabilidad del forraje con el aumento de la dosis de N puede explicarse, en parte por la reducción en los contenidos de FDN con la fertilización nitrogenada (Oliveira *et al.*, 2011).

El contenido de materia seca en la pradera de pasto Mulato II+N92 (45.3%) superó por un 15.0% al contenido observado en el grupo conformado por *B. brizantha* CIAT 16315, 26124, 26990, 16467 y 6387 + N92, de igual manera el Mulato II (5.6%) presentó una PC superior en 10.2% respecto a las accesiones de *B. brizantha*. El nivel de FDA fue 8.3% menor en el pasto Mulato II+N92 (33.3%) y la degradabilidad del forraje (56.2%) superior en un 8.1% en relación con las accesiones de *B. brizantha* fertilizadas con 92 kgN.ha^{-1} (Tabla 8). Argel *et al.* (2007) reportan valores de PC de 8.4% y degradabilidad del forraje de 61% en praderas de pasto Mulato II bajo pastoreo en Santander de Quilichao (Colombia).

Tabla 8. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de accesiones de *Brachiaria brizantha* durante la época seca en la Altillanura.

Contraste ortogonal	MS			PC			FDN			FDA			Deg.		
	(%)														
	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización	7.82	1.58	***	-0.61	0.15	***	1.46	0.85	+	0.62	0.74	ns	-1.35	0.99	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	4.09	1.83	*	1.24	0.17	***	-0.50	0.99	ns	-0.95	0.86	ns	-1.19	1.15	ns
Mulato II+kudzu+N46 vs. Resto Brachiaria+kudzu+N46	4.12	3.47	ns	0.08	0.33	ns	-0.84	1.88	ns	1.60	1.63	ns	0.33	2.18	ns
Bb. 26124+kudzu+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 +kudzu+N46	5.46	3.54	T	0.60	0.34	+	-2.67	1.92	ns	-0.50	1.66	ns	5.97	2.23	**
Bb. 16315+Kudzu+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+Kudzu+N46	-0.51	3.66	ns	0.53	0.35	T	-1.43	1.98	ns	-0.40	1.72	ns	8.03	2.30	***
Mulato II+N92 vs. Resto Brachiaria + N92	-5.92	3.47	+	0.52	0.33	T	-1.18	1.88	ns	-2.83	1.63	+	4.22	2.18	+
Bb. 26124+N92 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N92	-8.33	3.54	*	0.65	0.34	+	-3.10	1.92	T	-1.66	1.66	ns	6.96	2.23	**
Bb. 16315+N92 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N92	-13.45	3.66	***	1.06	0.35	**	-2.66	1.98	ns	0.58	1.72	ns	3.41	2.30	T
Mulato II+N46 vs. Resto Brachiaria + N46	-1.00	3.47	ns	0.21	0.33	ns	0.02	1.88	ns	-0.02	1.63	ns	-2.25	2.18	ns
Bb. 26124+N46 vs. Bb. 16315, 16467, 26990, 6387 + N46	-8.22	3.54	*	0.70	0.34	+	-2.72	1.92	ns	-3.27	1.66	+	6.12	2.23	**
Bb. 16315+N46 vs. Bb 16467, 26990, 6387+N46	-14.42	3.66	***	0.60	0.35	+	-2.03	1.98	ns	0.43	1.72	ns	6.56	2.30	**

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1 < 0.15$), + ($p < 0.1$), ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Est.=Estimador

BIBLIOGRAFIA

Alves MJ, Pereira OG, Cecon PR, Rovetta R, Ribeiro KG & Martins FH (2001) Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim Tifton 85, sob diferentes doses de nitrogênio, colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba. Anais, SBZ. p.169-170.

Alvim, M.J.; Resende, H.; Botrel, M.A. 1996. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “coast-cross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 181p.

Amézquita, E; Rao, I; Bernal, J; Barrios, E; Rondón, M; Ayarza, M. 2005. Management of acid soils in the Llanos of Colombia. In: Advances in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils held at Brasilia. IRD – CIAT – EMBRAPA. Brasilia. 2005. pp. 10.

Argel M.P.J., Miles J.W., Guiot J.D., Cuadrado H., Lascano C.E. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2007. 22p.

Avellaneda C., J.; Cabezas G., F.; Quintana Z., G.; Ricardo Luna M., R.; Montañez V., O.; Espinoza G., I.; Zambrano M., S.; Romero G., D.; Vanegas R., J y Pinargote M., E. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de

tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. En *Ciencia y Tecnología* 1: 87-94. 2008.

Barbosa, R.A.; Nascimento JR., D.; Euclides, V.P.B.; Vilela, H.H.; da Silva, S.C.; Sbrissia, A.F.; de Lana S., B.M. 2002. Características morfogênicas e acúmulo de forragem do capim- tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós- pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.583-593.

Belalcazar, D. y Lemus, L. 1994. Especies forrajeras Tropicales de interés para pasturas en suelos ácidos de Colombia. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Capacitación en Tecnología de producción de pastos. Fascículo 2. Cali, Colombia. 447p.

Benett, C.G.S., Buzetti, S., Silva, K.S., Bergamaschine, A.F. e Fabricio, J.A. 2008. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciênc. Agrotecnol.*, 32: 1629-1636.

Bittencourt, P. C. S., da Veiga J. B. 2001. Avaliação das pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em propriedades leiteiras de Uruará, região da Transamazônica, Pará, Brasil. *Pasturas Tropicales*. 23: 2-9.

Botrel, M.A., Alvim, M.J., Mozzer, O.L. 1987. Evaluación agronômica de gramíneas forrajeras bajo pastoreo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 22:1019-1025.

Bueno, A.A.O. 2003. Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 124p.

Cadish, G.; Carvalho, E.; Sueth, A. ; Vilela, L. ; Soares, W. and Spain, J. 1985. The importance of legume - fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. Embrapa - CPAC, Brasilia, Brasil. 11 p.

Cardenas, E.A. 2003. Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia, Bogota. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá. Colombia. Vol. 50 p. 20 – 24.

Carnevali, R.A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 136p.

Castillo, G. E., Valles, M. B., Ocaña, Z. E., Jarillo, R. J. 2009. Rendimiento de materia seca de diez gramíneas en la época de lluvias en un clima cálido húmedo y suelos Ultisoles. Memorias, XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, México. Octubre 19-21. p. 311.

Chamorro, D. 1998. Sistemas de evaluación de especies forrajeras: conceptos y procedimientos técnicos. Gramíneas y leguminosas: Consideraciones agrozootécnicas para ganaderías del trópico bajo. Boletín de investigación, CORPOICA, Regional 6. Centro de Investigación “Nataima”. El Espinal, Tolima, Colombia. p. 21

Cecato, U., Castro, C.R. C., Canto, M.W., Peternelli, M., Almeida Junior, J., Jobim, C.C. e Cano, C.C.P. 2001. Perdas de forragem em capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sobre diferentes alturas de pastejo. Rev. Bras. Zootecn. 30: 295-301.

Cecato, U., Pereira, L.A.F., Jobim, C.C., Martins, E.N., Branco, A.F., Galbeiro, S. e Machado, A.O. 2004. Influência das adubações nitrogenadas e fosfatadas sobre a composição químicobromatológica do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) (Hochst) Stapf cv. Marandu). Acta Scient., 26: 409-416.

Cid, M. S., Ferri, C. M., Brizuela, M. A., Sala, O. 2008. Structural heterogeneity and productivity of a tall fescue pasture grazed rotationally by cattle at four stocking densities. Grassland Science. 54: 9-16.

Clarkson, D. T. 1985. Adaptaciones morfológicas y fisiológicas de plantas em ambientes de baja fertilidad. En: Simposio sobre reciclaje de nutrientes y agricultura de bajos insumos en el trópico. Anales. CEPLAC, Ilheus, Brasil.p. 168.

Cuadrado, H. y Patiño, R. 1999. Evaluación y selección de 24 accesiones e híbridos de *Brachiaria* por adaptación edafoclimática y resistencia al mión de los pastos. CORPOICA, SENA. Boletín técnico. C.I. Turipaná, Cereté. 14p.

Cuadrado, H. et al. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. Revista MVZ Córdoba. 9 (2): 438

Da Silva, S.C.; Nascimento Jr., D.; Sbrissia, A.F. et al. 2008. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., 2008, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.75-100.

Drumond, L.C.D.; Aguiar, A.P.A. 2005. Irrigação de pastagem. Uberaba: L.C.D. Drumond. 210p.

EMBRAPA-CNPGC. 2007. Programa Produção Animal. Subprojeto 06.0.99.188.01. 13p.

EUCLIDES, V.P.B. 2001. Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens Tanzânia e Braquiárias na região dos Cerrados. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 13p. (EMBRAPA. Programa Produção Animal. Subprojeto 06.0.99.188.01)

Fagundes, J.L.; Fonseca, D.M.; Mistura, C. 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.1, p.21-29.

França, A.F.S., Borjas, A.L.R., Oliveira, E.R., Soares, T.V., Miyagi, E.S. e Sousa, V.R. 2007. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. Ciênc. Anim. Bras., 8: 695-703.

Garcez Neto, A.F.; Nascimento Junior, D.; Regazzi, A.J. et al. 2002. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.5, p.1890-1900.

Gerdes, L., Werner, J.C., Colozza, M.T., Possenti, R.A. e Schammass, E.A. 2000. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. Rev. Bras. Zootecn, 29: 955-963.

Hernández, S. R., O. P. Jaime., J. G. Régul y H. Elías 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista Electrónica REDVET. <http://www.veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>. 65p.

Herrero, M., do Valle, C. B., Hughes, N. R. G., de O Sabatel V., Jessop, N. S. 2001. Measurements of physical strength and their relationship to the chemical composition of four species of *Brachiaria*. *Animal Feed Science and Technology*. 92: 149-158.

Jaime, A. W. E.; Navas, G. Salamanca, C. R. Conde, A. 2003. Estudio detallado de suelos de la Estación Experimental CORPOICA "Sabanas" en la Altillanura Colombiana. 123p.

Keller-Grein, G.; Maass, B.L. & Hanson, J. 1996. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. & do Valle, C.B.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 16

Lascano, C.A.; Ávila, P.; 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. *Pasturas Tropicales*. Vol 13 No. 3:2-10.

Lascano, C.; Perez, R.; Plazas, C.; Medrano, J.; Perez, O.; Argel, P.J. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT-26110). Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 18 p.

Machado, R.; Seguí, Esperanza, Alonso, O. 1997. Metodología para la evaluación de especies herbáceas. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo). 35 p.

Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastal, F. 1994. Effect of nitrogen fertilization upon herbage production of a Tall fescue sward continuously grazed by sheep. 1) Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*, v.49, n.3, p.111-120.

Mena, U. M. A., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Zaragoza, R. J. L., Velasco, Z. M. E., Avellaneda, C. J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia*. 41: 1-12.

Miles, J.W. 2006. Mejoramiento genético en *Brachiaria*. Objetivos estratégicos, logros y proyección. *Pasturas Tropicales*. 28 (1): 26

Nogueira, J. C. M., Fondevila, M., Barrios, U. A., González, R. M. 2000. In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Animal Feed Science and Technology*. 83: 145-157.

Olivera, Y.; Machado, R.; del Pozo, P. P. 2006 Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos y Forrajes*, Vol. 29, No. 1, 2006, p.5

Olivera, Yuseika et al. 2009. Evaluación agronómica de una asociación de 20 accesiones de *Brachiaria brizantha* con *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. Memorias. VIII Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. [cd-rom]. p. 96

Oliveira, A.B.; Pires, A.J.V.; Matos Neto, U. et al. 2007. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1006-1013.

Oliveira M.A.; Pereira O.G.; Ribeiro K.G. Santos M.E.R.; Chizzotti F.H.M., Cecon P.R. 2011. Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, n.3, p.694-703.

Pedreira, B.C. 2006. Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 86p.

Pérez, L.O., Pérez, R. 2003. Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Convenio 071 MADR-CIAT-CORPOICA. Villavicencio-Meta. 87p.

Pérez, L.O., Pérez, R. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para Sistemas de Producción de Ganadería Bovina. Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Convenio 071 MADR-CIAT-CORPOICA. Villavicencio-Meta 2006. 95p.

Ramírez, J., Acosta, I., López, Y., Álvarez, Y. y López, B. 2004. Efecto de la edad de rebrote en el valor nutritivo de dos especies de pastos tropicales (King grass CT 115 y *brachiaria decumbens* (Consultado el 18 de octubre del 2006) Disponible en <http://www.visionveterinaria.com>. 6p.

Rao, I.M. et al. 2006. Selección de híbridos de *Brachiaria* con resistencia al aluminio. *Pasturas Tropicales*. 28 (3):20

Santos, D. 1993. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epiálico) dos Campos da Mantiqueira (MG). Dissertacao – Mestrado em solos e Nutricao de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. 99p.

Santos, I.P.A., Pinto, J.C., Siqueira, J.O., Morais, A.R. e Santos, C.L. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 605-616.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1990. *Principles and procedures of statistics*. 2.ed. New York: McGraw- Hill. 633p.

Tilley, J.M.A.; Terry, R.A.1963. The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, Lucerne and sainfoin, as measured by an in vitro procedure. *Grass and Forage Science*. v.19, n.4, p.363-372.

Trindade, J.K. 2007. Modificações na estrutura do pasto e no comportamento ingestivo de bovinos durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotacionado. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 162p.

Valle, C. B. do., Jank, L., Simeao, R. R. M. 2007. Genética de nuevas especies forrajeras tropicales. *Memorias XI Seminario Manejo y Utilizacion de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal*. UPEL, Barquisimeto, 12-14 de abril de 2007, pp 142-145.

Van Soest, P. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for determination of fiber and lignin. *Journal of A. O. A. C.* 46:830. 1963.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

Verdecia, D. M.; Ramirez, J. L.; Leonard, I.; García, F. 2009. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v. Mombasa y Uganda) en la provincia Granma. REDVET Revista electrónica de Veterinaria, Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2009, pp. 1-9. .

Waidyanatha, U., Wijesinghe, D. y Stauss, R. 1982. Zero-grazed pasture under immature Hevea rubber: improved productivity of *Panicum maximum* and *Pueraria phaseoloides* and their competition with Hevea. In: Journal of the Rubber Research Institute Sri Lanka. 60: 17-24.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil–Plant–Animal relationships. CABI Publishing is a division of CAB International. 369p.

Zeferino, C.V. 2006. Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 193p.

CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO AGRONOMICO, PRODUCTIVO Y NUTRICIONAL DE PRADERAS DE *Panicum sp.* EN MONOCULTIVO Y ASOCIADAS CON *Pueraria phaseoloides* MANEJADAS CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA EN CONDICIONES DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

3.1 INTRODUCCION

El género *Panicum* es uno de los más importantes para la producción de bovinos en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Herling *et al.*, 2000). Es un pasto africano que crece en los márgenes del bosque donde ocupa tierras recientemente deforestadas y en pasturas bajo sombra. Su hábitat abarca altitudes desde el nivel del mar hasta los 1800m (Euclides *et al.*, 2008). Su introducción a América data del siglo XVIII y se estima que fue introducido en la cama de los barcos de esclavos (Parsons, 1972). Su posterior expansión se realizó a través del viento, los pájaros y la gente. Las especies de este género han sido valoradas de manera exitosa por productores de diferentes regiones tropicales por su alto potencial de producción de materia seca, con un papel importante en la producción de carne y leche (Herling, *et al.*, 2000)

El potencial forrajero del genero *Panicum* ha sido valorado en Brasil obteniendo producciones de 3-53 toneladas por hectárea por año de materia seca (Jank, *et al.*, 1994). França *et al.*, (2007) indica que puede alcanzar 50 t.ha⁻¹.año⁻¹ de materia seca, si se usan altos niveles de fertilización y se combinan con otros factores de manejo. La respuesta a la fertilización nitrogenada es significativa

(Setelich, 1999). En el caso de Tanzania se ha observado una producción de 33 t.ha⁻¹.año⁻¹ de materia seca con promedios de 12.7% de proteína cruda en las hojas y del 9% en los tallos (Savidan *et al.*, 1990). El rendimiento potencial de Mombaza y Tanzania se ha estimado en 5.6 a 5.2 t de materia seca por hectárea por corte, respectivamente (Santos, *et al.*, 2003)

La fijación de nitrógeno por ecotipos de *Panicum*, ha sido estimada en 24-38% y es equivalente a 5 a 10 kg de nitrógeno por hectárea por mes durante el verano, usando *Brachiaria arrecta*, como planta de referencia (Miranda, *et al.*, 1990). El enriquecimiento de los ecotipos de *Panicum* con nitrógeno disminuyó con el tiempo, mientras el control, con *Brachiaria* tendió a incrementarse. En un segundo estudio, se estimó que del 16 al 36% del nitrógeno fue fijado y esta se correlacionó con el total de nitrógeno producido (Miranda y Boddey, 1987). De otra parte, el CIAT ha introducido ecotipos de *P. maximum* en áreas de Sabana con suelos ácidos de baja fertilidad, observando que materiales como *P. maximum* CIAT 36000 son promisorios para estos ecosistemas. Evaluaciones realizadas por el CIAT y CORPOICA en los Llanos Orientales han permitido seleccionar numerosos materiales promisorios por su adaptación, producción y resistencia al mión de los pastos, en diversas localidades de la geografía nacional (Cuadrado y Patiño, 1999). En general, para incrementar los niveles de producción y la rentabilidad en los sistemas agropecuarios, sin deteriorar el ambiente, es importante desarrollar estrategias tendientes a incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes. Esta eficiencia varía en función del nutriente, la época del año, las condiciones climáticas, el estado de desarrollo de las plantas, la disponibilidad del nutriente en el sistema suelo-planta y el manejo de la pastura (Whitehead, 2000). En este contexto y en la búsqueda de soluciones tecnológicas para la Altillanura Colombiana se desarrolla el presente capítulo de la tesis que busca determinar el comportamiento de cuatro (4) gramíneas forrajeras comerciales del género *Panicum* por: oferta de forraje, valor nutritivo, proporción de especies y cobertura del suelo.

3.2 MATERIALES Y METODOS

En el desarrollo del estudio se utilizaron praderas de *Panicum* sp. en monocultivo y asociadas con la leguminosa kudzú tropical establecidas durante la época de lluvias del año 2008, en el marco del proyecto “Evaluación y desarrollo de nuevas alternativas forrajeras con potencial de rendimiento para la alimentación bovina en el Piedemonte y Altillanura Colombiana” financiado con recursos del MADR.

La hipótesis es que el uso de gramíneas de *P. maximum* con una leguminosa como Kudzú tropical (*P. phaseoloides*), podría ser una alternativa tecnológica que mejora la producción y calidad nutricional del forraje, en comparación con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

3.2.1 Localización del estudio

El estudio se desarrolló en la estación experimental Taluma de CORPOICA, ubicada en el municipio de Puerto López – Meta, a una altura de 150 msnm, precipitación anual de 2135 mm, y 26.8°C de temperatura promedio. La humedad relativa varía entre los períodos lluviosos y los más secos, con valor máximo cercano al 90% y mínima aproximada del 65% (Jaime *et al.*, 2003). Las características físico-químicas del suelo se describen en el capítulo 2. La microrregión corresponde al ecosistema de sabana isohipertérmica bien drenada (Cochrane, 1982).

3.2.2 Preparación del terreno y fertilización de establecimiento

Para el establecimiento de las praderas se seleccionó un lote de sabana nativa, y se realizó la preparación del terreno con un pase de rastra, un pase de cincel y un pase de rastrillo pulidor; durante la preparación se incorporó una mezcla de cal dolomítica, roca fosfórica y yeso agrícola que aportó Ca 440 – Mg 70 – P 40 – S

15 kg.ha⁻¹. A los 45 días después de la siembra se aplicó una fertilización general que aportó N 23 – K 30 – Ca 9 – S 4,5 – Mg 4,5 kg.ha⁻¹.

3.2.3 Dosis de semilla y siembra

La siembra de materiales forrajeros se realizó en agosto de 2008. Los materiales utilizados *Panicum maximum* fueron Tanzania, Mombaza, Massai y Guinea común y pasto Mulato II fue utilizado como control. La dosis de siembra fue de 8 kg.ha⁻¹ de *Panicum* (90% de pureza) y 3 kg.ha⁻¹ de Kudzú tropical. La siembra se realizó con una voleadora manual marca Lhaura.

3.2.4 Tratamientos

Materiales forrajeros: Los cultivares de *Panicum maximum* Tanzania, Mombaza, Massai y Guinea común fueron sembrados en monocultivo y asociados con la leguminosa *P. phaseoloides* CIAT 9900. En diciembre de 2008 finalizó la fase de establecimiento de las praderas y se inició el pastoreo con bovinos de raza cebu comercial con peso inicial promedio de 240 kg. El pastoreo se realizó en forma rotacional con periodos de descanso de 28 días en época de lluvias y 40 días en época seca.

Fertilización Nitrogenada: en agosto de 2009 se aplicó una fertilización basal nitrogenada, la cual fue ajustada con urea hasta lograr la aplicación de los siguientes niveles de nitrógeno: N46; N92 y *P. phaseoloides* + N46 por hectárea como se describe en detalle en el capítulo 2.

Durante la fase de producción de las praderas se determinaron las siguientes variables: producción de forraje (marco de 1 m²) y calidad nutricional del forraje durante la época de lluvias y la época seca. La calidad nutricional del forraje fue estimada a partir de las variables: nitrógeno total, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, como se describe en

detalle en el capítulo 2. Igualmente se determinó la cobertura del suelo (%), la altura de planta (cm) y la composición botánica (%).

En época de lluvias las evaluaciones se realizaron a los 28 días del rebrote y en época seca a los 40 días del rebrote. Los muestreos se realizaron en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2008 correspondientes a la época de lluvias y en diciembre, enero y marzo de 2009 en la época seca.

3.2.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas divididas (Steel y Torrie, 1990) en donde la parcela correspondió a la gramínea forrajera (25m*75m) y la franja (25m*250m) al nivel de fertilización nitrogenada (N46, N92, y *P. phaseoloides* + N46) con tres repeticiones. La distribución en campo de los materiales forrajeros de *Panicum* y de los tratamientos de fertilización con nitrógeno se observa en la figura 2, en donde se describe el ordenamiento de las réplicas.

El modelo estadístico utilizado en el estudio fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \epsilon_{ij} + \beta_k + \theta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + \gamma_l + \xi_{ijkl},$$

En donde:

$i = 1, 2, 3$ ($r =$ número de bloques)

$j = 1, 2, \dots, 10$ ($a =$ número de niveles factor A o accesión)

$k = 1, 2, 3$ ($b =$ número niveles factor B o manejo agronómico)

$l = 1, 2$ ($c =$ número de niveles del factor C o época del año)

μ : Promedio de la respuesta general

ρ_i : Efecto de los bloques

α_j : Efecto del factor A asignado a las accesiones

β_k : Efecto del factor B asignado al manejo agronómico (N46, N92, P.p + N46)

efecto del factor C asignado a la época del año

I: Efecto del factor C asignado a la época del año (seca, lluvia)

($\alpha\beta$)_{jk}: Efecto de la interacción accesión – manejo agronómico

ϵ_{ij} : Error experimental asociado a las accesiones

θ_{ik} : Error experimental asociado al manejo agronómico

ξ_{ijk} : Error experimental asociado a la interacción accesión–manejo agronómico

Figura 3. Distribucion en campo de materiales forrajeros de *Panicum* en monocultivo y asociados con kudzu, manejados con diferentes niveles de N.

RI			RII			RIII		
N92	N46	N46	N46	N92	N46	N92	N46	N46
Pm Tanzania	Pm Tanzania	Pm Tanzania - kudzu	Pm Guinea	Pm Guinea	Pm Guinea – kudzu	Pm Mombaza	Pm Mombaza	Pm Mombaza - kudzu
Pm Mombaza	Pm Mombaza	Pm Mombaza - kudzu	Pm Tanzania	Pm Tanzania	Pm Tanzania – kudzu	Pm Massai	Pm Massai	Pm Massai – kudzu
Pm Massai	Pm Massai	Pm Massai – kudzu	Pm Mombaza	Pm Mombaza	Pm Mombaza – kudzu	Pm Tanzania	Pm Tanzania	Pm Tanzania – kudzu
Pm Guinea	Pm Guinea	Pm Guinea – kudzu	Pm Massai	Pm Massai	Pm Massai – kudzu	Pm Guinea	Pm Guinea	Pm Guinea – kudzu

Los tratamientos de fertilización se aplicaron en agosto de 2009 durante la temporada de lluvias. Las variables agronómicas y productivas, así como el contenido nutricional del forraje (PC, FDN, FDA y DIVMS) se analizaron mediante PROG GLM/ANOVA, para materiales comerciales del género *Panicum*: Tanzania, Mombaza, Massai y Guinea común y el testigo Mulato II. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. Mediante contrastes ortogonales se compararon diferentes variables relacionadas con el efecto de la fertilización y los cultivares de *Panicum* (Tabla 9). Se utilizó la opción CONTRAST, mediante el procedimiento GLM de SAS versión 9.2 (2007).

Tabla 9. Contrastes ortogonales planteados para materiales de *Panicum* en monocultivo y asociados con kudzu manejados con diferentes niveles de N.

Contrastes
Asociación + N46 vs. Fertilización N
Fertilización N92 vs. Fertilización N46
Mulato II+kudzu+N46 vs. <i>Panicum</i> +kudzu+N46
Guinea+kudzu+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+kudzu+N46
Mulato II+N92 vs. <i>Panicum</i> +N92
Guinea+N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N92
Mulato II+N46 vs. <i>Panicum</i> +N46
Guinea+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N46

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Comportamiento agronómico y productivo de materiales de *Panicum maximum*

En general la condición climática afectó de manera altamente significativa ($p < 0.001$) los contenidos de materia seca del forraje, la producción de biomasa seca, la cobertura del suelo, la altura de planta y la participación del kudzu en la composición botánica de las praderas (Tabla 10). Durante la época seca las praderas presentaron mayor contenido de materia seca (52.62 vs. 25.9%) y menor oferta de forraje (867.57 vs. 1800.2 kgMS.ha⁻¹) en relación con la época de lluvias. Según Bennett *et al.* (2008) los niveles superiores de precipitación durante el período de crecimiento de las plantas contribuye al aumento de los rendimientos de materia seca y proteína cruda del forraje. El efecto negativo del estrés hídrico en los cultivos forrajeros se manifiesta por una reducción en el peso seco y el retraso de la elongación de la hoja.

La cobertura del suelo (26.34 vs. 90.5%) y la altura de plantas (28.4 vs. 60.6 cm) también fueron inferiores durante la temporada seca. La participación de las gramíneas en la composición botánica de las praderas fue similar en época seca y lluviosa (87.4 vs. 84.6%), mientras que la presencia de kudzu fue restringida drásticamente por el déficit de humedad (0.15 vs. 12.6%) en relación con la época de máxima precipitación (Tabla 10).

El manejo nutricional de las praderas incidió significativamente ($p < 0.001$) sobre los contenidos de materia seca, oferta de forraje, cobertura del suelo, altura de planta y participación de la gramínea en la composición botánica. La aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ a las praderas permitió una oferta de forraje de 1628 kgMS.ha⁻¹, seguida por la asociación gramínea-leguminosa fertilizada con 46 kgN.ha⁻¹ con 1262 kgMS.ha⁻¹ y finalmente las praderas de gramínea fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ con 1111.7 kgMS.ha⁻¹ (Tabla 10). De acuerdo con Santos *et al.*, (2002) una de las razones que afecta la producción ganadera es la baja fertilidad de los suelos, con énfasis en una baja disponibilidad de nitrógeno, que es considerado uno de los factores que limitan con mayor intensidad la producción de forraje en los suelos tropicales.

Tabla 10. Variables agronómicas y productivas de materiales de *Panicum maximum* en condiciones de la Altillanura.

Tratamiento ¹	Materia seca		Cobertura	Altura	Composición Botánica	
	%	kg/ha			%	cm
			(%)			
Época de Lluvia	25.90 b	1800.27 a	90.55 a	60.61 a	84.66	12.61 a
Época Seca	52.62 a	867.57 b	26.34 b	28.42 b	87.44	0.15 b
SEM	0.71	28.88	0.63	1.66	1.15	0.78
Significancia	***	***	***	***	ns	***
N46	37.00 b	1111.7 c	54.61 c	39.32 b	88.63 a	NA
Asociación G-L+ N46	43.25 a	1262.0 b	58.58 b	44.26 ab	80.85 b	19.15

N92	37.53 b	1628.0 a	62.15 a	49.95 a	88.85 a	NA
SEM	0.87	35.37	0.77	2.03	1.41	0.95
Significancia	***	***	***	***	***	
Pasto Guinea	32.91 b	1423.3 a	53.94 c	63.10 a	77.00 c	7.8
Pasto Mombaza	40.13 a	1132.9 b	58.47 b	46.38 b	84.13 bc	6.69
Pasto Massai	42.58 a	1472.8 a	63.33 a	39.32 bc	91.05 ab	5.0
Pasto Tanzania	38.86 a	1201.1 b	59.61 ab	41.59 bc	83.38 c	7.61
Pasto Mulato II	41.82 a	1439.3 a	56.88 bc	32.17 c	94.69 a	4.8
SEM	4.81	193.76	4.23	11.13	7.73	5.25
Significancia	***	***	***	***	***	ns

SEM=Error Estándar de la Media, *** (p<0.001), ns= no significativa; N46= 46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92= 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno. NA= no aplica, ¹= promedio de 3 muestreos en época seca y lluviosa respectivamente.

La cobertura del suelo fue significativamente superior en las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (62.15%) en relación con la asociación gramínea-leguminosa + N46 (58.58%) y las gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (54.61%). La altura promedio de planta no presentó diferencias significativas entre los tratamientos gramíneas + N92 (49.95 cm) y praderas asociadas de gramínea-leguminosa+N46 (44.26 cm), mientras que con el nivel N46 (39.92 cm) si presentó diferencias significativas. En relación con el efecto de diferentes niveles de N (0-40-80-160 kgha⁻¹) sobre gramíneas forrajeras, Castagnara *et al.* (2011) reportan que el dosel respondió cuadráticamente (p<0,01) a la fertilización con N, alcanzando la mayor altura de planta a una dosis de 160 kgha⁻¹ de N, coincidiendo con los resultados obtenidos por Quadros *et al.* (2002), que en un estudio con dosis crecientes de N en los pastos Tanzania y Mombaza, encontró que la altura de la pradera aumentó con el nivel de N.

La composición botánica fue dominada por las gramíneas con valores promedio de 88.85 y 88.63%, respectivamente, para las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ y 46 kgN.ha⁻¹, que superaron de manera altamente significativa (p<0.001) a la gramínea de las asociaciones gramínea-leguminosa (80.85%). En forma general la

leguminosa kudzu tropical represento el 19.15% de la composición botánica de las praderas asociadas (Tabla 10). Los resultados son similares a los encontrados en la literatura (Garcez Neto, 2002; Fagundes *et al*, 2006), que observaron que la tasa de elongación se incrementó linealmente con la dosis de nitrógeno. Garcez Neto *et al.* (2002), evaluaron el efecto de cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) sobre el pasto Mombaza y observaron su importancia en el aumento de la tasa de emisión de hojas.

Entre los materiales evaluados se observó contenidos de MS del forraje similares ($p > 0.15$) al testigo Mulato II (38.86 a 42.58%), excepto para el pasto Guinea (32.91%) que fue significativamente inferior ($p < 0.001$). Los rendimientos de materia seca fueron significativamente superiores para los cultivares Massai (1472.8 kgMS.ha⁻¹), Mulato II (1439.3 kgMS.ha⁻¹) y Guinea (1423.3 kgMS.ha⁻¹) en relación con Mombaza (1132.9 kgMS.ha⁻¹) y Tanzania (1201.1 kgMS.ha⁻¹) que presentaron menor producción de forraje. Pérez *et al.*, (2011), reportan valores inferiores de producción de biomasa de materiales forrajeros de *P. maximum* y *Brachiaria* sp. en monocultivo y asociados con kudzu tropical en condiciones del Piedemonte del Meta. En praderas de gramíneas solas, encontraron valores superiores con los pastos Massai (775,21 kgMS.ha⁻¹), Tanzania (669.6 kgMS.ha⁻¹), Guinea (571.6 kgMS.ha⁻¹) y Mombaza (563.2 kgMS.ha⁻¹). En este mismo estudio, en praderas asociadas gramínea-leguminosa la mayor producción de forraje seco se encontró en Guinea (1028.3 kgMS.ha⁻¹), Massai (693,6 kgMS.ha⁻¹), Mombaza (611.1 kgMS.ha⁻¹) y Tanzania (558,8 kgMS.ha⁻¹).

En relación con la cobertura del suelo se destacaron los pastos Massai y Tanzania con 63.3 y 59.6%, mientras que la menor cobertura se observó en praderas de pasto Guinea (53.9%) y del pasto Mulato II (56.88%). Estos valores fueron inferiores a los reportados por Passoni *et al.* (1992), quienes en un periodo de 12 semanas observaron que gramíneas de *P. maximum* presentaron una cobertura de 100%.

La altura de planta fue superior ($p < 0.001$) en praderas de Guinea (63.1 cm) e inferior en praderas de pasto Mulato II (32.17 cm), Massai (39.3 cm) y Tanzania (41.5 cm). La planta del pasto Guinea es de porte alto, con alturas que varían desde 0.80 m hasta 3 m (Rodríguez-Carrasquel, 1983). En el Piedemonte del Meta, las plantas de *P. maximum* alcanzaron una mayor altura destacándose en su orden Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania, comportamiento similar se observó cuando se asociaron con la leguminosa kudzu tropical (Pérez *et al.*, 2011). Embrapa Gado de Carne, (2001) indica que el cultivar Massai es una planta macolladora de porte bajo con altura aproximada de 60 cm. Castagnara *et al.* 2011, reporta una menor altura de planta del pasto Mulato en relación con los pastos Tanzania y Mombaza, coincidiendo con Souza *et al.* (2006) y Quadros *et al.* (2002). El cultivar Tanzania es una planta macollosa de aproximadamente 1.30 m de altura.

La participación de las gramíneas forrajeras en la composición botánica de las praderas fue mayor ($p < 0.001$) para los pastos Mulato II (94.6%) y Massai (91.0%), y significativamente ($p < 0.001$) menor en las praderas de Guinea (77.0%), Tanzania (83.3%) y Mombaza (84.1) que no presentaron diferencias significativas entre si ($p > 0.15$). En las praderas asociadas gramínea-leguminosa, no se observó diferencia significativa ($p > 0.15$) para la participación de kudzu tropical en la composición botánica de la pradera (Tabla 10).

3.3.2 Contenido nutricional de materiales de *Panicum maximum*

El contenido promedio de materia seca (MS) (51.0 vs 27.1%), fibra en detergente neutro (FDN) (69.3 vs 62.4%), y fibra en detergente ácido (FDA) (41.4 vs 30.2%) en el forraje, fueron significativamente mayores ($p < 0.001$) durante la época seca en relación con la época de lluvias, mientras que los contenidos de proteína cruda

(PC) (11.2 vs 4.7%) y la degradabilidad del forraje (73.9 vs 51.8%) fueron significativamente superiores ($p < 0.001$) durante la época de lluvias (Tabla 11).

La condición nutricional de las praderas respondió de manera favorable a la aplicación de nitrógeno. La fertilización con 92 kgN.ha^{-1} presentó valores significativamente ($p < 0.001$) superiores de PC (9.68%) y degradabilidad del forraje (63.86%), así como los menores contenidos de materia seca (37.02%) y valores similares ($p > 0.15$) de FDN (65.6%) y FDA (35.6%) a los observados en gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} . El forraje de las praderas asociadas y fertilizadas con 46 kgN.ha^{-1} presentó los valores más altos de MS (41.7%), FDN (67.0%) y FDA (36.4%) y en consecuencia los menores niveles de PC (7.0%) y degradabilidad del forraje (61.6%). Dias *et al.* (2000), reporta que dosis crecientes de nitrógeno, dependiendo de las condiciones ambientales pueden alterar el contenido de FDN de los forrajes. Castagnara *et al.* (2011) indican que los contenidos de FDN son influenciados significativamente por la dosis de N ($p < 0,01$) y los forrajes ($p < 0,01$), pero sin importancia para la interacción ($p > 0,05$), en el estudio Mombaza presentó una FDN superior al pasto Mulato, pero ambos no diferían de Tanzania. Resultados similares a los de Gerdes *et al.*, (2000), quienes encontraron para Tanzania fertilizado con 100 kgN.ha^{-1} niveles promedio de FDN de 72,97%.

Los cultivares Massai (43.4%), Mombaza (41.8%) y Tanzania (39.0%) presentaron contenidos de materia seca significativamente superiores ($p < 0.001$), mientras que el pasto Guinea (35.0%) fue similar al testigo Mulato II (37.0%) (Tabla 11).

En relación con el contenido de proteína cruda, se destacó el pasto Guinea (9.6%) que fue significativamente superior ($p < 0.001$) a los demás materiales. Mientras que Tanzania (7.5%) y Mombaza (8.0%) presentaron los niveles inferiores de PC, y fueron superados por el Mulato II (8.18%). Al respecto, en el norte de Veracruz (México), Juárez *et al.*, (2009), reportaron contenidos medios de PC de 8,1%. En Minas Gerais, Brasil, Vasconcelos *et al.*, (2009), reportaron 7,0% de PC a los 50 días de rebrote de Mombaza. También en Brasil, Balsalobre (2002) encontró

valores de PC que van desde 11,4% al 14,6% para Tanzania; por su parte Mesquita y Neres (2008) encontraron valores medios de 15,2% y 14,6% para Mombaza y Tanzania, respectivamente. En general, el contenido de PC de los cultivares de *P. maximum* en este estudio fueron similares a los reportados en América del Sur, y en Veracruz, México.

Tabla 11. Contenido nutricional del forraje en praderas de *Panicum maximum* en condiciones de la Altillanura colombiana.

Tratamiento	MS	PC	FDN	FDA	DEG.
	(%)				
Época de Lluvia	27.18 b	11.25 a	62.46 b	30.24 b	73.98 a
Época Seca	51.04 a	4.78 b	69.38 a	41.42 a	51.84 b
SEM	0.86	0.09	0.45	0.52	0.42
Sign	***	***	***	***	***
N46	39.02 ab	7.30 b	65.07 b	35.33	63.25 ab
Asociación G-L + N46	41.75 a	7.08 b	67.06 a	36.49	61.61 b
N92	37.02 b	9.68 a	65.63 ab	35.67	63.86 a
SEM	1.05	0.11	0.56	0.64	0.52
Sign	***	***	***	ns	***
Pasto Guinea	35.00 c	9.6 a	64.86 bc	36.21 a	62.42 bc
Pasto Mombaza	41.83 ab	8.07 bc	67.07 ab	37.96 a	60.41 c
Pasto Massai	43.40 a	6.69 d	69.83 a	38.10 a	62.88 abc
Pasto Tanzania	39.02 abc	7.55 c	64.37 bc	35.88 a	63.51 ab
Pasto Mulato II	37.06 bc	8.18 b	63.47 c	30.99 b	65.31 a
SEM	5.8	0.63	3.07	3.51	2.85
Significancia	***	***	***	***	***

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, SEM=Error Estándar de la Media, *** (p<0.001), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Asociación G-L= asociación Gramínea-leguminosa.

La FDN presentó valores inferiores, pero similares entre los materiales Mulato II (63.4%), Tanzania (64.3%) y Guinea (64.8%), mientras que, Massai (69.8%) y Mombaza (67.0%) mostraron los niveles significativamente superiores de FDN. El pasto Mulato II (30.9%) sobresalió con el nivel significativamente inferior de FDA, en relación con todos los materiales de *P. maximum* que presentaron niveles similares ($p > 0.15$) de FDA. La FDA se refiere a la fracción no digestible del forraje (García *et al.* 2005 y Crowder *et al.* 1982) e incluye la celulosa, lignina y las cenizas insolubles en ácido (sílice). Gómez *et al.*, (2011), al evaluar varios materiales de *P. maximum* en México, encontraron que la media de proteína cruda fue 8.7%, la degradabilidad de la MS de 59.7% y la fibra detergente ácido (FDA) 47.6%.

La degradabilidad del forraje fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre materiales forrajeros, destacándose el pasto Mulato II (65.3%), Tanzania (63.5%) y Massai (62.8%) con los valores más altos (Tabla 11). Costa *et al.*, (2001), en Pará, Brasil, encontró que la digestibilidad in vitro de MS de *P. maximum* cv. Tobiata en pastoreo rotacional fue del 60% para las hojas y del 56% en los tallos. De otra parte, dos Santos *et al.*, (2011), reportan diferencias entre genotipos de *P. maximum* para la digestibilidad in vitro de la materia seca a diferentes edades de corte, demostrando un gran efecto genético sobre ese parámetro. El cultivar Massai presentó uno de los menores valores de digestibilidad in vitro de la materia seca, comportamiento que puede estar asociado a una menor elongación del tallo y a que mantiene una mayor proporción de hojas.

Durante la temporada lluviosa, el contraste asociación gramínea – leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ vs. Fertilización nitrogenada presentó una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) para los rendimientos de materia seca, pero no fue significativamente diferente ($p > 0.15$) para las variables cobertura y altura de planta. Las praderas asociadas gramínea – leguminosa + N46 (1593.3 kgMS.ha⁻¹) presentaron un rendimiento de materia seca inferior en 19.4% frente a las

praderas fertilizadas con nitrógeno (Tabla 15). En el Piedemonte del Meta, Pérez *et al.*, (2011), en una evaluación de praderas de *Brachiaria* sp. y *Panicum maximum*, reportan una buena cobertura del suelo en praderas en monocultivo, con valores medios que oscilaron entre 72,03 y 82,22%, mientras que cuando las gramíneas se asociaron con kudzu tropical, la cobertura del suelo de las praderas varió entre 76,16 y 85,89%. Estudios previos han demostrado que *P. maximum* cv. Massai (87%) presenta una mejor cobertura del suelo en comparación con Tanzania (83%) y Mombaza (76%) (Embrapa, 2002 y MAPA, 2002).

El contraste fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. fertilización con 46 kgN.ha⁻¹ en praderas de gramíneas fue significativamente diferente (p<0.001) para la producción de materia seca, cobertura del suelo y altura de planta. La fertilización con el nivel más alto de nitrógeno permitió incrementar un 53.8% la producción promedio de forraje en relación con la fertilización con 46 kgN.ha⁻¹ (2307.4 vs. 1500 kgMS.ha⁻¹), además se obtuvo una mayor cobertura del suelo (8.2%) y un aumento significativo en la altura de planta (37.3%) (Tabla 12). En estudios previos el Mulato II mostró buena respuesta a la fertilización nitrogenada. En Atenas (Costa Rica), el Mulato II rindió significativamente (p<0.05) más forraje que el Mulato (2.6 t.ha⁻¹ vs 1.9 t.ha⁻¹) con la aplicación cada 30 días de 30 kgN.ha⁻¹, con cuatro aplicaciones en época de lluvias, equivalentes a 120 kgN.ha⁻¹ por año (Argel *et al.* 2007).

Al contrastar la pradera de Mulato II + kudzu + N46 vs. *Panicum* + kudzu + N46 se constató que no hubo diferencias (p>0.15) en la producción de biomasa y la cobertura del suelo, pero la altura de planta fue significativamente diferente (p<0.001). Las plantas de Mulato II asociadas con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (31.6 cm) fueron un 67% más bajas que los materiales de *P. maximum* involucrados en la evaluación (Tabla 12).

El contraste entre materiales de *P. maximum* asociados con kudzu y fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹ (Guinea + kudzu + N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania + kudzu + N46) presentó diferencias significativas ($p < 0.001$) para los rendimientos de materia seca y altura de planta, mientras que la cobertura no fue significativamente diferente ($p > 0.15$). El pasto guinea + kudzu + N46 superó por 57.4% y 36.2%, respectivamente, los rendimientos de forraje y la altura de planta de los demás cultivares de *P. maximum* manejados en iguales condiciones (Tabla 12). En Brasil Valle *et al.* (2007), reportan que el pasto Tanzania en parcelas bajo corte produjo 26 tMS.ha⁻¹ con 10% de la producción en periodo seco y valores de proteína de 16% en hoja, mientras que el pasto Massai produce cerca de 14.3 tMS.ha⁻¹año⁻¹, el 70% en época de lluvias. Esta alta productividad para una planta de porte bajo se debe a su capacidad 30% mayor para emitir hojas con valores de proteína cruda promedio de 12.5%.

El contraste Mulato II + N92 vs. *Panicum* + N92 no fue significativamente diferente ($p > 0.15$) para la producción de forraje y cobertura del suelo. Sin embargo, la altura de planta fue significativamente menor un 62.7% en las praderas de Mulato II + N92 en relación con los materiales de *P. maximum* durante la época de lluvias. Según CIAT (2007) el pasto Mulato II ha presentado rendimientos significativamente superiores ($p < 0.05$) de forraje como respuesta a mayores dosis de nitrógeno, al pasar de 2.2 t.MS.ha⁻¹ con una aplicación de N (30 kgN.ha⁻¹) hasta 3.1 t.ha⁻¹ con tres aplicaciones de N (90 kgN.ha⁻¹) al año. El contraste Guinea + N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania + N92, no presentó diferencia significativa ($p > 0.15$) para el contenido de materia seca, pero la cobertura del suelo y la altura de planta fueron significativamente diferentes ($p < 0.001$). En las praderas de Guinea fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (87.5%) la cobertura del suelo fue 10.4% menor que en las praderas de Massai, Mombaza+Tanzania+N92, aunque la altura de planta fue mayor un 10.1% (Tabla 12).

Tabla 12. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de cultivares *Panicum maximum* durante la época de lluvias en la Altillanura colombiana

Tratamientos	MS			Cobertura			Altura		
	(kg.ha ⁻¹)			(%)			(cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización N	-310.40	89.04	***	0.41	1.39	ns	-1.26	3.60	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	807.46	102.81	***	7.16	1.61	***	19.20	4.16	***
Mulato II+kudzu+N46 vs. <i>Panicum</i> +kudzu+N46	-166.66	181.75	ns	-1.04	2.85	ns	-21.16	7.35	***
Guinea+kudzu+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+kudzu+N46	817.77	187.72	***	-3.61	2.94	ns	21.33	7.60	***
Mulato II+N92 vs. <i>Panicum</i> +N92	-58.33	181.75	ns	-1.87	2.85	ns	-29.54	7.35	***
Guinea+N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N92	143.11	187.72	ns	-9.16	2.94	***	20.83	7.60	***
Mulato II+N46 vs. <i>Panicum</i> +N46	341.66	181.75	+	-1.25	2.85	ns	-12.83	7.35	+
Guinea+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N46	455.55	187.72	*	-12.77	2.94	***	26.88	7.60	***

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, ES=Error Estándar, T=Tendencia (p=0.1<0.15), + (p<0.1), ** (p<0.05), *** (p<0.001), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Est.=Estimador

Al contrastar praderas de Mulato II+N46 vs. praderas de *Panicum*+N46 los contenidos de materia seca y la altura de planta fueron diferentes (p<0.1), y la cobertura del suelo fue similar (p>0.15). La pradera de Mulato II+N46 (1773.3 kgMS.ha⁻¹) presentó 23.8% más rendimiento de forraje que las praderas de *Panicum maximum*, a pesar de presentar una altura de planta menor en 31.2%.

Durante la época seca, el contraste pradera asociada gramínea-leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ vs. pradera fertilizada con nitrógeno, no presentó diferencias significativas ($p>0.15$) para las variables contenido de materia seca, cobertura del suelo y altura de planta (Tabla 13).

Al contrastar la aplicación a las praderas de 92 kgN.ha⁻¹ vs. 46 kgN.ha⁻¹ no se encontró diferencia significativa ($p>0.15$) para la altura de planta, mientras que los contenidos de MS ($p<0.05$) y la cobertura del suelo ($p<0.001$) presentaron diferencias. Las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (948.5 kgMS.ha⁻¹) incrementaron un 31.1% la producción de materia seca en relación con las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, y con una cobertura del 30.3% superaron por un 35.2% a las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Pérez *et al.*, (2011) encontraron que la cobertura de praderas de *P. maximum* en monocultivo en el Piedemonte llanero, osciló entre 55,96% y 66,46%, valores superiores a las encontradas en este estudio. Además, durante la época seca en praderas de gramíneas puras de *P. maximum* no encontraron diferencias significativas para la variable altura de planta, aunque el pasto Guinea presentó mayor desarrollo seguido por Massai, Mombaza y Tanzania. La producción de forraje de los cultivares Guinea, Mombaza y Tanzania bajo las condiciones de manejo agronómico del estudio, se consideran bajos, especialmente durante la época seca, posiblemente debido a la exigencia de niveles nutricionales superiores en el suelo. *Panicum maximum* es considerada una de las especies de plantas forrajeras más importantes para la producción de bovinos en regiones de clima tropical y subtropical (Souza, 1999), debido a su gran potencial productivo en especial en época de lluvias (Difante *et al.*, 2009).

El contraste entre Mulato II + kudzu + N46 y las praderas *P. maximum* Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania asociadas con kudzu y fertilizadas con N46, no presentó diferencias significativas ($p>0.15$) para la variable altura de planta, pero fue significativamente diferente para los rendimientos de materia seca ($p<0.1$) y

cobertura del suelo ($p < 0.05$). El tratamiento Mulato II + kudzu + N46 con 1186.6 kgMS.ha⁻¹ superó por un 36.9% los rendimientos de materia seca de los cultivares de *P. maximum* asociados con kudzu y fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹, de la misma forma, la cobertura del suelo fue superior 26.5% en las praderas de Mulato II + kudzu + N46 (31.6%) (Tabla 13).

El contraste Mulato II + N92 vs. cultivares de *P. maximum* + N92 presentó una diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) para la variable cobertura del suelo, con una pendiente de -9.95 que indica una reducción del 44.6% en la cobertura de la pradera de Mulato II fertilizada con 92 kgN.ha⁻¹ (22.3%) en relación con los materiales de *P. maximum* fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹. La producción de materia seca presentó un estimador de 284.45 que significa un 31.8% adicional en los rendimientos de la pradera de Mulato II + N92 (1176.1 kgMS.ha⁻¹) en relación con las praderas de cultivares de *P. maximum* fertilizadas con N92. La altura de planta no fue significativamente diferente ($p > 0.15$) entre tratamientos durante la época seca (Tabla 13).

El contraste Mulato II + N46 vs. Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania + N46 no presentó diferencias significativas ($p > 0.15$) para la producción de materia seca y altura de planta, mientras que la cobertura del suelo tendió ($p = 0.1 < 0.15$) a ser 22.3% menor en las praderas de Mulato II fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ en relación con las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ durante la época seca. El contraste entre las praderas de Guinea+N46 vs Massai, Mombaza, Tanzania + N46 no presentó diferencia estadística ($p > 0.15$) para el rendimiento de forraje, pero fue significativamente diferente para la cobertura del suelo ($p < 0.1$) y altura de planta ($p < 0.05$). La cobertura del suelo de la pradera de pasto Guinea fertilizada con 46 kgN.ha⁻¹ (27%) fue 22.7% mayor que los demás cultivares de *P. maximum* fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹. La altura de planta con un estimador de 18.26, fue 74.2% mayor en la pradera de Guinea + N46 (42.7 cm) con respecto a las praderas de Massai, Mombaza, Tanzania + N46.

Tabla 13. Contrastes ortogonales para variables agronómicas de cultivares *Panicum maximum* durante la época seca en la Altillanura colombiana

Tratamientos	MS			Cobertura			Altura		
	(kg.ha ⁻¹)			(%)			(cm)		
	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign	Estimador	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización N	94.65	89.04	ns	-0.01	1.39	ns	0.51	3.60	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	225.08	102.81	*	7.90	1.61	***	2.05	4.16	ns
Mulato II+kudzu+N46 vs. <i>Panicum</i> +kudzu+N46	320.00	181.75	+	6.66	2.85	*	-9.50	7.35	ns
Guinea+kudzu+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+kudzu+N46	97.77	187.72	ns	-14.44	2.94	***	14.55	7.60	*
Mulato II+N92 vs. <i>Panicum</i> +N92	284.45	181.75	T	-9.95	2.85	***	-10.30	7.35	ns
Guinea+N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N92	-655.55	187.72	***	-4.16	2.94	ns	17.14	7.60	*
Mulato II+N46 vs. <i>Panicum</i> +N946	70.65	181.75	ns	-4.25	2.85	T	-9.22	7.35	ns
Guinea+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N46	67.54	187.72	ns	5.00	2.94	+	18.26	7.60	*

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, ES=Error Estándar, T=Tendencia (p=0.1<0.15), + (p<0.1), ** (p<0.05), *** (p<0.001), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Est.=Estimador

Chamorro, 1998 reporta producciones por corte con *P. maximum* de 2.5 a 3.4 tMS.ha⁻¹, mientras que en Brasil, Valle *et al.* (2007), reportan para el pasto Tanzania rendimientos de 26 tMS.ha⁻¹año⁻¹ con 10% de la producción en periodo seco, para el pasto Massai 14.3 tMS.ha⁻¹año⁻¹ con el 70% producida en época de lluvias, mientras que el pasto Mombaza alcanza hasta 33 tMS.ha⁻¹año⁻¹, con un 11% de la producción en época seca (Embrapa Gado de

Carne, 1994), resultados que superan los rendimientos obtenidos en este trabajo y que demuestran el potencial productivo de la especie *P. maximum*.

Durante la época de lluvias, al contrastar praderas asociadas gramínea – leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ vs. gramíneas fertilizadas con nitrógeno, el contenido de materia seca, FDN, FDA y la degradabilidad del forraje no fueron significativamente diferentes ($p>0.15$); sin embargo, los contenidos de PC si presentaron diferencias significativas ($p<0.001$). Las gramíneas asociadas con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (9.9%) presentaron 47.6% menos contenido de proteína cruda que las praderas fertilizadas con nitrógeno (Tabla 14). Pérez y Pérez (2006) en una evaluación en la Altillanura de materiales de *P. maximum* que incluyo al cultivar Tanzania, reportan niveles de proteína cruda que varían entre 8.8 y 9.7%, FDN entre 64.9 y 67.1% y degradabilidad del forraje entre 65.3 y 65.5% con cortes cada 28 días. El empleo de praderas asociadas gramínea-leguminosa es importante porque facilita la transferencia de N de la leguminosa a la gramínea con lo que se mejora el valor nutritivo del pasto y el contenido proteico de la ración (Quiroz y Marín, 2003). El efecto de la asociación puede, incluso, superar al de la fertilización, como lo comprobaron Espinoza *et al.*, (2001) con el pasto King grass con fertilización nitrogenada a razón de 50 kg.ha⁻¹ después de cada corte y sin fertilizar pero asociado con cuatro leguminosas (*Psophocarpus* sp. y *Centrosema* spp.), la concentración de PC para las asociaciones fue, en todos los casos, superior a la fertilización, con valores entre 8.7 y 10.5%.

El contraste fertilización con 92 kgN.ha⁻¹ vs. fertilización con 46 kgN.ha⁻¹, presentó diferencias significativas ($p<0.001$) para las variables PC y degradabilidad del forraje, mientras que los niveles medios de materia seca, FDN y FDA del forraje fueron similares ($p>0.15$) entre los tratamientos. El contenido de PC en el forraje de las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (13.9%) superó por un 39.8% al nivel observado con la aplicación de 46 kgN.ha⁻¹ a las gramíneas forrajeras. La degradabilidad del forraje fue inferior un 5.3% en las praderas fertilizadas con 46

kgN.ha⁻¹ (72.4%) en relación con el nivel más alto de fertilización nitrogenada. Smith (2004), en una evaluación de dosis crecientes de nitrógeno (200, 400 y 600 kgN.ha⁻¹) en la composición química del pasto Tanzania obtuvo valores de PC de 9,26, 10,58 y 13,12%, respectivamente. En México, Guiot (2005) indica que Mulato II presentó valores de PC entre 12 y 16% y DIVMS entre 55 y 62% en rebrotes de 25 y 35 días de edad. Un aumento en los coeficientes de la degradabilidad del forraje con el aumento de la dosis de N puede explicarse, en parte por la reducción en los contenidos de FDN con la fertilización nitrogenada (Oliveira *et al.*, 2011).

El contraste Mulato II + kudzu + N46 (Control) vs. *P. maximum* Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania + kudzu + N46 no presentó diferencias significativas ($p > 0.15$) para los contenidos de materia seca, proteína cruda y degradabilidad del forraje; pero los contenidos de FDN ($p < 0.05$) y FDA ($p < 0.1$) fueron significativamente diferentes. La pradera de Mulato II + kudzu + N46 (59.8%) presentó 7.1% menos contenido de FDN en el forraje con respecto a las praderas de materiales de *P. maximum* asociados con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Igual comportamiento se observó para los contenidos de FDA, que fueron 16.2% menores en la pradera de Mulato II + kudzu + N46 (27.7%).

El pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ en contraste con los cultivares Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ no presentó diferencias estadísticas ($p > 0.15$) para los contenidos de materia seca, PC, y FDN del forraje, mientras que los contenidos de FDA ($p < 0.1$) y la degradabilidad del forraje ($p < 0.05$) fueron diferentes. (13.5%). La FDA del pasto Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (25.6%) se redujo en un 16.2% respecto a los contenidos observados en los demás ecotipos de *P. maximum* con el mismo nivel de fertilización. De otra parte la degradabilidad del forraje fue 4.9% mayor en la pradera de Mulato II fertilizado con 92 kgN.ha⁻¹ (79.3%) en relación con las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹.

Tabla 14. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de cultivares de *Panicum maximum* durante la época de lluvias en la Altillanura colombiana.

Tratamientos	MS			PC			FDN			FDA			Deg.		
	(%)														
	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización N	2.07	2.15	ns	-2.03	0.20	***	1.18	0.96	ns	1.67	1.15	ns	-1.22	0.90	ns
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	-3.00	2.48	ns	3.95	0.23	***	0.42	1.11	ns	-1.50	1.33	ns	3.94	1.04	***
Mulato II+kudzu+N46 vs. <i>Panicum</i> +kudzu+N46	-3.77	4.39	ns	0.41	0.40	ns	-4.27	1.97	*	-4.49	2.36	+	1.62	1.84	ns
Guinea+kudzu+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania +kudzu+N46	-0.94	4.53	ns	1.80	4.22	***	-2.36	2.04	ns	0.90	2.44	ns	1.50	1.90	ns
Mulato II+N92 vs. <i>Panicum</i> +N92	-3.82	4.39	ns	-0.45	0.40	ns	-2.35	1.97	ns	-4.17	2.36	+	3.73	1.84	*
Guinea+N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N92	-4.31	4.53	ns	3.13	0.42	***	-4.73	2.04	*	-4.50	2.44	+	5.98	1.90	**
Mulato II+N46 vs. <i>Panicum</i> +N946	-5.07	4.39	ns	1.92	0.40	***	-4.20	1.97	*	-7.30	2.36	**	6.60	1.84	***
Guinea+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N46	-3.00	4.53	ns	3.23	0.42	***	-4.13	2.04	*	-2.26	2.44	ns	1.53	1.90	ns

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1 < 0.15$), + ($p < 0.1$), ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Est.=Estimador

Al comparar Mulato II fertilizado con 46 kgN.ha⁻¹ vs. cultivares de *P. maximum* Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹, el contenido de materia seca no fue significativamente diferente ($p > 0.15$), mientras que los contenidos de PC ($p < 0.001$), FDN ($p < 0.05$), FDA ($p < 0.01$) y la degradabilidad del forraje presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.001$). Las praderas de Mulato II fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (11.5%) mostraron una superioridad del 20% en los contenidos de PC en relación con las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹.

El contenido de FDN en las praderas de Mulato II + N46 (58.5%) fue 7.1% menor que los niveles encontrados en las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Los niveles de FDA observados en las praderas de Mulato II + N46 (24.6%) fueron 29.6% menores a los reportados para los materiales de *P. maximum* fertilizados con 46 kgN.ha⁻¹. La pradera de Mulato II + N46 con una degradabilidad del forraje de 77.7%, superó por un 9.2% a las demás praderas experimentales. Avellaneda *et al.*, (2008) reporta que la digestibilidad in situ de la materia seca del pasto Mulato fue 74.76% a los 28 días de rebrote.

El contraste entre las praderas de pasto Mulato II + N46 vs. praderas de *P. maximum* cv. Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania + N46 para el contenido de materia seca, FDA y degradabilidad del forraje, no presentó diferencias significativas ($p > 0.15$), pero los niveles de PC ($p < 0.001$) y FDN ($p < 0.05$) si fueron diferentes (Tabla 14). Para el contenido de PC con un estimador de 3.23, indica que la pradera de pasto Guinea + N46 (12%) superó por un 36.8% el nivel promedio de las praderas de Massai, Mombaza, Tanzania + N46. Por su parte la FDN con un estimador de -4.13, mostró una reducción del 6.9% en el forraje del pasto Guinea+N46 (59.6%) con respecto a los demás ecotipos de *P. maximum* (Tabla 14).

Durante la época seca, el contraste pradera asociada gramínea-leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹ vs. praderas fertilizadas con nitrógeno, presentó diferencias significativas para las variables contenido de materia seca ($p < 0.05$), contenido de proteína cruda ($p < 0.001$), FDN ($p < 0.05$) y degradabilidad del forraje ($p < 0.01$), mientras que el contenido de FDA no fue significativamente diferente entre los tratamientos ($p > 0.15$). Las praderas de gramínea-leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentaron niveles de MS del 54.6%, PC del 4.2%, FDN del 70.8% y degradabilidad del 50% que representaron 10.9% más contenido de MS, 18.3%

menos PC, 3.2% más FDN y 5.3% menos degradabilidad del forraje que las gramíneas fertilizadas con nitrógeno (Tabla 15).

Al contrastar la aplicación a las praderas de 92 kgN.ha⁻¹ vs. 46 kgN.ha⁻¹, no se encontró diferencias significativas para los contenidos de materia seca y FDN del forraje ($p>0.15$), mientras que los contenidos de PC ($p<0.001$), FDA ($p=0.1<0.15$) y degradabilidad ($p<0.05$) fueron diferentes. En relación con el contenido de PC, las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (5.4%), aportaron 17.3% más proteína cruda que las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹, aunque la degradabilidad del forraje fue inferior en un 5.3% (51.3 vs. 44.0%). La FDA fue superior 5.4% en las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (42.4%) respecto a las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (40.2%). Según França *et al.*, (2007) la fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo del forraje, promoviendo variaciones en la composición química de la materia seca de las plantas.

El contraste entre Mulato II + kudzu + N46 y los cultivares Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania asociados con kudzu y fertilizados con N46, no presentó diferencias significativas ($p>0.15$) para los contenidos de MS, PC y degradabilidad del forraje. Los contenidos de FDN y FDA fueron significativamente diferentes ($p<0.1$). La FDN en la pradera de Mulato II+Kudzu+N46 (68.2%) fue inferior un 4.9% en relación con los cultivares de *P. maximum*+Kudzu+N46. La FDA del forraje también fue menor (11.5%) en las praderas de Mulato II+kudzu+N46 (38.1%) a la observada en las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania asociados con kudzu y fertilizados con N46 (Tabla 15).

El contraste Mulato II+N92 vs. *P. maximum* cv. Guinea, Massia, Mombaza, Tanzania + N92 no presentó diferencias significativas ($p>0.15$) para los contenidos de materia seca y PC, mientras que fueron significativamente diferentes la FDN ($p<0.1$), la FDA ($p<0.001$) y la degradabilidad del forraje ($p<0.01$).

Tabla 15. Contrastes ortogonales para la composición nutricional del forraje de cultivares de *Panicum maximum* durante la época seca en la Altillanura colombiana.

Tratamientos	MS			PC			FDN			FDA			Deg.		
	(%)														
	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign	Est.	ES	Sign
Asociación + N46 vs. Fertilización N	5.38	2.15	*	-0.77	0.20	***	2.24	0.96	*	0.30	1.15	ns	-2.66	0.90	**
Fertilización N92 vs. Fertilización N46	-1.00	2.48	ns	0.81	0.23	***	0.69	1.11	ns	2.18	1.33	T	-2.72	1.04	*
Mulato II+kudzu+N46 vs. <i>Panicum</i> +kudzu+N46	6.02	4.39	ns	-0.27	0.40	ns	-3.35	1.97	+	-4.40	2.36	+	2.66	1.84	ns
Guinea+kudzu+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+kudzu+N46	-10.56	4.53	*	0.23	4.22	ns	-0.33	2.04	ns	-0.13	2.44	ns	-3.78	1.90	+
Mulato II+N92 vs. <i>Panicum</i> +N92	-4.31	4.39	ns	0.25	0.40	ns	-3.47	1.97	+	-11.38	2.36	***	6.03	1.84	**
Guinea+N92 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N92	-9.01	4.53	+	3.13	0.42	***	-2.36	2.04	ns	-3.65	2.44	T	0.91	1.90	ns
Mulato II+N46 vs. <i>Panicum</i> +N946	-5.56	4.39	ns	-0.61	0.40	T	-0.73	1.97	ns	-4.53	2.36	+	-2.61	1.84	ns
Guinea+N46 vs. Massai, Mombaza, Tanzania+N46	-10.68	4.53	*	1.45	0.42	**	0.55	2.04	ns	3.01	2.44	ns	-5.21	1.90	**

MS=Materia seca, PC=proteína cruda, FDN=Fibra en detergente neutro, FDA=Fibra en detergente ácido, DEG=Degradabilidad, ES=Error Estándar, T=Tendencia ($p=0.1 < 0.15$), + ($p < 0.1$), ** ($p < 0.05$), *** ($p < 0.001$), ns= no significativa; N46=46 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, N92=92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, Est.=Estimador

Los contenidos de FDN y FDA fueron menores 5.2% y 34.1% respectivamente, en las praderas de Mulato II+N92 (66.2%) en relación con el promedio de las praderas de Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹. La degradabilidad del forraje en la pradera de pasto Mulato II+N92 (56.2%) superó por un 12.0% al promedio de las praderas Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania + N92. Castagnara *et al.* (2011), reportan que el contenido de FDA del pasto Mombaza es estadísticamente superior al pasto Mulato II, pero no presenta diferencias con Tanzania. Los resultados sugieren que el forraje producido por materiales del género *Panicum* sp. en época seca presentan mayores restricciones de calidad para consumo de animales, ya que, según Nussio *et al.* (1998),

con valores de FDA alrededor de 40% o más, se baja el consumo de energía y baja la digestibilidad.

El contraste Mulato II + N46 vs. Guinea, Massai, Mombaza, Tanzania + N46, no presentó diferencias ($p > 0.15$) para las variables MS, FDN y degradabilidad del forraje. El contenido de PC presentó una tendencia ($p = 0.1 < 0.15$) menor 14.8% en la pradera de Mulato II + N46 (4.1%); al igual que la FDA que fue significativamente ($p < 0.1$) menor un 12.3% en Mulato II + N46 (36.6%).

BIBLIOGRAFIA

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16th Edn., AOAC International, Washington, USA., Pages: 1141.

Argel M.P.J., Miles J.W., Guiot J.D., Cuadrado H., Lascano C.E. 2007. Cultivar Mulato II (Brachiaria híbrido CIAT 36087): Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2007. 22p.

Avellaneda C., J.; Cabezas G., F.; Quintana Z., G.; Ricardo Luna M., R.; Montañez V., O.; Espinoza G., I.; Zambrano M., S.; Romero G., D.; Vanegas R., J y Pinargote M., E. 2008. Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha. En Ciencia y Tecnología 1: 87-94. 2008.

Balsalobre, M. A. A. 2002. Valor alimentar do capim Tanzania irrigado. Tesis de Doctorado. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo. 113p.

Benett, C.G.S., Buzetti, S., Silva, K.S., Bergamaschine, A.F. e Fabricio, J.A. 2008. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. Ciênc. Agrotecnol., 32: 1629-1636.

Castagnara, D.D.; Ames, J.P.; Neres M.A.; Rabello de O., P.S.; Batista, F.; Mesquita, E.E.; Stangarlin, J.R.; Franzener, G. 2011. Use of conditioners in the production of Tifton 85 grass hay. R. Bras. Zootec., v.40, n.10, p.2083-2090.

CIAT. 2007. Informe Anual del CIAT 2006-2007. 72p.

Costa, N. A., Braga, C. M., Veiga, J. B., Moura, L. O. 2001. Avaliacao de pastagem de cv. Tobiata (*Panicum maximum* BRA 001503) em sistema de pastejo intensivo. Pasturas Tropicales. 23: 12-21.

Crowder, L. V. y Chleda H.L. 1982. Tropical grassland husbandry. Tropical Agriculture Series, Published in United State of America by Longman Inc. New York. 346-397 p.

Cuadrado, H. y Patiño, R. 1999. Evaluación y selección de 24 accesiones e híbridos de *Brachiaria* por adaptación edafoclimática y resistencia al mión de los pastos. CORPOICA, SENA. Boletín técnico. C.I. Turipaná, Cereté. 14p.

Difante, G.S; Nascimento JR., D.; Euclides, V.P.B. et al. 2009. Sward structure and nutritive value of tanzânia guineagrass subjected to rotational stocking managements. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.1, p.9- 19.

Embrapa Gado de Corte. 1994. Mombaza: *Panicum maximum*. Embrapa Gado de Corte. 6 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Capim-massai (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 8p. (Comunicado Técnico, 65).

Embrapa y MAPA. 2002. Catálogo de productos e servicios. Internet. Consultado en mayo de 2013.

Espinoza, F., Aranque, C., Leon, L., Quintana, H., Perdomo, E. 2001. Efecto del banco de proteína sobre la utilización de past estrela (*Cynodon nlemfluensis*) en pastoreo con ovinos. *Zootecnia Tropical* 19 (3): 59-71.

Euclides, V.P.B. 2008. Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens tanzânia e braquiárias na região dos Cerrados. Campo Grande: EMBRAPA- CNPGC, 2008. p.13.

Fagundes, J.L.; Fonseca, D.M.; Mistura, C. 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.21-29.

França, A.F.S., Borjas, A.L.R., Oliveira, E.R., Soares, T.V., Miyagi, E.S. e Sousa, V.R. 2007. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. *Ciênc. Anim. Bras.*, 8: 695-703.

Garcez Neto, A.F.; Nascimento Junior, D.; Regazzi, A.J. et al. 2002. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.1890-1900.

Gerdes, L., Werner, J.C., Colozza, M.T., Possenti, R.A. e Schammass, E.A. 2000. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. *Rev. Bras. Zootecn*, 29: 955-963.

Gómez, M.M.; Velásquez, J.E; Miles, J.W. & Rayo, F.T. 2000. Adaptación de Brachiaria en el Piedemonte amazónico colombiano. Pasturas Tropicales. 22 (1):19.

Guiot, G.J., Melendez, N.F. 2002. Composición morfológica de Brachiaria híbrido cv. Mulato y Brachiaria brizantha cv. Insurgente. XV Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Tabasco 2002. México. <http://www.una.edu.ni>. [3/5/2012]

Herling, R. W., Weinberger, L., & Harris, L. 2000. Case study research: Defined for application in the field of HRD. St. Paul: University of Minnesota, Human Resource Development Research Center. August 2002 4: 335-354,

Jaime, A. W. E.; Navas, G. Salamanca, C. R. Conde, A. 2003. Estudio detallado de suelos de la Estación Experimental CORPOICA "Sabanas" en la Altillanura Colombiana. 123p.

Jank, L., Savidan, Y.H., Souza, M.T.C. & Costa, J.C.G. 1994. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 23:433.

Juárez, R. A. S., Cerrillo, S. M. A., Gutiérrez, O. E., Romero, T. E. M., Colín, N. J., Bernal, B. H. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. Técnica Pecuaria en México. 47: 55-67.

Machado, R.; Seguí, Esperanza & Alonso, O. 1997. Metodología para la evaluación de especies herbáceas. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo). 35 p.

Mesquita, E. E., Neres, M. A. 2008. Morfogenese e composicao bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em funcao de adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Saúde e Produccion Animal. 9: 201-209.

Miranda, C.H.; Boddey, R.M. 1987. Estimation of Biological Nitrogen Fixation Associated with 11 Ecotypes of *Panicum maximum* Grown in Nitrogen-15-labeled Soil. In: Agronomy Journal. Vol. 79 No. 3, p. 558-563

Nussio, L.G., Manzano, R.P. e Pedreira, C.G.S. 1998. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15. Anais... FEALQ/ESALQ. Piracicaba. pp. 203-242.

Oliveira M.A.; Pereira O.G.; Ribeiro K.G. Santos M.E.R.; Chizzotti F.H.M., Cecon P.R. 2011. Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.3, p.694-703.

Parsons JJ. 1972. Spread of African grasses to tha American Tropics. J. of range management. 25:12-17.

Passoni, F.; Rosemberg, M. & Flores, A. 1992. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Satipo, Perú. Pasturas tropicales. 14 (1):32

Pérez, L.O., Pérez, R. 2003. Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Convenio 071 MADR-CIAT-CORPOICA. Villavicencio-Meta. 86p.

Pérez, L.O., Pérez, R. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para Sistemas de Producción de Ganadería Bovina. Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Convenio 071 MADR-CIAT-CORPOICA. Villavicencio-Meta 2006. 93p.

Quadros, D.G.; Rodrigues, L.R.A.; Favoretto, V. et al. 2002. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins tanzânia e mombaça adubadas com quatro doses de NPK. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.3, p.1333-1342.

Quiroz A.I., Marin D. 2003. Rendimiento en granos y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. Bioagro 15(2):121-128.

Rodriguez C., S. 1983. Pastos Guinea, Yaragua, Capim Melao, Cadillo bobo, Angleton, Pangola, Barrera, Ruzi, Bermuda, Estrella Africana, Estrella de Puerto Rico. FONAIAP Divulga No. 12. 11p.

Santos, D. 1993. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epialíco) dos Campos da Mantiqueira (MG). Dissertacao – Mestrado em solos e Nutricao de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. 99p.

Santos, I.P.A., Pinto, J.C., Siqueira, J.O., Morais, A.R. e Santos, C.L. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. Rev. Bras. Zootecn., 31: 605-616.

Savidan, Y.H.; Jank, L. & Costa, J.C.G. 1990. Registro de 25 accesos seleccionados de *Panicum maximum*. EMBRAPA-CNPGC. Documentos. 44. 68 p.

Souza, F.H.D. 1999. *Panicum maximum* in Brazil. In: Loch, D.S., Ferguson, J.E. Forage seed production. v. 2. Tropical and subtropical species. CABI. New York. pp. 363-370.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1990. Principles and procedures of statistics. 2.ed. New York: McGraw- Hill. 633p.

Valle, C. B. do., Jank, L., Simeao, R. R. M. 2007. Genética de nuevas especies forrajeras tropicales. Memorias XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. UPEL, Barquisimeto, 12-14 de abril de 2007, pp 142-145.

Vasconcelos, W. A., Santos, E. M., Zanine, A. M., Pinto, T. F., Lima, W. C., Edvan, R. L., Pereira, O. G. 2009. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaca (*Panicum maximum* Jacq) colhido em função de idades de rebrotacao. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 10: 874-884.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal relationships. CABI Publishing is a division of CAB International. 369p.

CAPITULO 4. PRODUCTIVIDAD DE LA PRADERA ASOCIADA GRAMINEA – LEGUMINOSA COMPARADA CON LA PRADERA FERTILIZADA CON NITROGENO Y EVALUACION DE LA ACEPTABILIDAD POR BOVINOS EN PASTOREO EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA.

4.1 INTRODUCCION

Las deficiencias nutricionales de los suelos de los Llanos Orientales afectan directamente la calidad y la producción de los forrajes nativos e introducidos, pero es posible incrementar la capacidad de carga y la ganancia de peso corporal por animal, mediante estrategias de fertilización. En los sistemas de producción de pasturas tropicales, la problemática para esta asociada a la baja capacidad de sus suelos para proveer de nitrógeno y otros nutrientes a las pasturas, las cuales declinan rápidamente desde el momento en que se interviene el suelo, por tanto, dependen de fuentes exógenas, para mantener una productividad alta (Rosswall *et al.*, 1960; Godwin y Jones 1991; FAO 1994). En las plantas, el nitrógeno favorece la utilización de los demás nutrientes, de tal forma, que la aplicación de N en las pasturas ha contribuido de manera importante a su productividad. Actualmente, el empleo de la fertilización nitrogenada en diferentes sistemas agrícolas está siendo regulada por factores económicos, debido a la pobre eficiencia de utilización del fertilizante, raramente mayor del 50% (Ladha y Peoples 1995; Royal Society 1983; Scroder 1990; Van der Meer 1996) y al incremento de los costos ambientales, favorecidos por la pérdidas del nitrógeno aplicado (Godwin y Jones 1991; Peoples *et al.* 1995; Rosswall *et al.*, 1990; Ryden 1984; Whitehead 1995). En este sentido a nivel mundial, la agricultura ha orientado la producción

hacia el empleo de fuentes renovables que promuevan un desarrollo sostenible donde cobra vital importancia el empleo del potencial de fijación biológica del nitrógeno, la cual puede complementar o reemplazar la fertilización nitrogenada y en general contribuir a la fertilidad del suelo (Cruz 1987; Giller y Cádiz 1995; Haque 1992).

La introducción de nuevos pastos ha mejorado la producción ganadera de los Llanos Colombianos; sin embargo, el cambio de la diversidad florística de las sabanas naturales por monocultivos de *Brachiaria*, ha hecho insostenible el proceso de producción ante la baja persistencia de los rendimientos en carne y leche. Dentro de las tecnologías para el mejoramiento de una producción sostenible de pasturas se ha considerado la introducción de leguminosas en sistemas predominantes de gramíneas puras. La asociación con leguminosas ha mejorado la producción de biomasa, como la calidad de la dieta, la calidad del suelo y la retención del nitrógeno en el animal, además, reduce las pérdidas de nitrógeno, dentro de su ciclo (Deenen y Lantinga 1994; Frame 1971; Haynes y Williams 1993; Thomas *et al.*, 1992).

La utilización de praderas asociadas de gramínea y leguminosa para la alimentación de rumiantes ha sido documentada en varios estudios realizados en diferentes escenarios de producción. En las praderas asociadas el potencial de acumulación de carbono de las gramíneas de raíz profunda resulta en incrementos de la actividad biológica y de la biomasa de la fauna del suelo, en menor infección por micorrizas y en el mejoramiento de la fertilidad del suelo, de la calidad de la materia orgánica y de algunas propiedades físicas del suelo (Thomas, 1995). La transformación del nitrógeno que realizan las leguminosas gracias a la simbiosis con bacterias en sus raíces es de especial importancia si se tiene en cuenta que este nutriente es el más deficitario en los forrajes que consumen los bovinos, con un contenido de proteína cruda que no supera el 6%. De tal forma, que estas

plantas tienen la capacidad de transformar de 70 a 200 kg de nitrógeno/ha/año (Cadish, 1985).

En la actualidad existe una limitada oferta de materiales forrajeros para suelos ácidos que incluyen cuatro gramíneas (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria dictyoneura*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha*) y tres leguminosas (*Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides*). La evaluación y desarrollo de materiales forrajeros para ecosistemas específicos involucra desde la introducción del nuevo germoplasma a una localidad hasta la evaluación bajo pastoreo de las pasturas seleccionadas (CIAT, 1986; Cárdenas, 2003). La aceptabilidad de las plantas forrajeras por el animal es considerada la mayor limitante de la producción animal ya que su consumo normalmente está asociado a características propias de las plantas o a factores de manejo de las praderas. Al respecto, Humphreys (1980) señala que en la búsqueda de mejores pasturas no es suficiente considerar la adaptación al ecosistema, sino que se requiere de la identificación previa del agro ecosistema y del nicho de producción para mejorar su impacto tecnológico y no tecnológico. En consecuencia, la evaluación y desarrollo de especies forrajeras no puede prescindir de la utilización de animales, que tiene como propósito básico hacer que los resultados obtenidos sean más representativos de las condiciones de los sistemas de producción, los cuales son afectados de dos maneras: a) la selección de material forrajero o del sistema de manejo y b) la respuesta de aceptabilidad por parte de los animales.

En este sentido, una mayor comprensión de la actividad del pastoreo permite asegurar la sustentabilidad y productividad de las pasturas (Dumont *et al.* 2002), ya que existen diferencias inter e intra específicas en la expresión fisiológica de las plantas y en los animales predominan respuestas asociadas con los requerimientos funcionales y la actividad voluntaria que pueden afectar la forma como el animal utiliza la pastura. Adicionalmente, para la selección de forrajes no es lo mismo evaluar gramíneas puras que cuando están asociadas con una

leguminosa, observando un efecto aditivo o sinérgico de la asociación sobre las variables consideradas en el proceso de evaluación de sus características nutricionales.

En este contexto, este capítulo involucra la evaluación de 10 ecotipos de gramíneas forrajeras en monocultivo y asociadas con *P. phaseoloides* fertilizadas con dos niveles de nitrógeno (46 y 92 kgN.ha⁻¹), como también la determinación de la aceptabilidad relativa de los animales de los ecotipos de gramíneas. El estudio tuvo como objetivos: a) Determinar el balance de nitrógeno en 10 gramíneas en monocultivo y asociadas con *P. phaseoloides* fertilizadas con dos niveles de N y b) Definir el índice de aceptabilidad relativa de 10 gramíneas por bovinos de ceba en la Altilanura Colombiana. Las praderas evaluadas incluyeron *P. maximum* cv. Mombaza, *P. maximum* cv. Tanzania, *P. maximum* cv. Guinea, *P. maximum* cv. Massai, *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II (testigo), *B. brizantha* CIAT 26124, *B. brizantha* 16467, *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 26990 y *B. Brizantha* CIAT 6387, en monocultivo y asociadas con *P. phaseoloides* CIAT 9900, las cuales se manejaron con dos niveles de fertilización nitrogenada (N46 y N92 kg ha⁻¹)

4.2 MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el marco del proyecto “Evaluación y desarrollo de nuevas alternativas forrajeras con potencial de rendimiento para la alimentación bovina en el Piedemonte y Altilanura Colombiana” financiado con recursos del MADR, que incluyó praderas de *P. maximum* y *Brachiaria* sp. en monocultivo y asociadas con la leguminosa Kudzú tropical, las cuales fueron establecidas durante la época de lluvias del año 2008.

4.2.1 Localización

El estudio se desarrolló en la estación experimental Taluma de CORPOICA, ubicada en el municipio de Puerto López – Meta, a una altura de 150 msnm, con una precipitación anual de 2135 mm (Figura 3), y 26.8°C de temperatura promedio. La humedad relativa varía entre los períodos lluviosos y los más secos, con valor máximo cercano al 90% y una mínima aproximada del 65% (Jaime *et al.*, 2003).

Los suelos son Oxisoles fuertemente ácidos, con alta saturación de Al y bajo contenido de bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), materia orgánica y fósforo (Tabla 16). La microrregión corresponde al ecosistema de Sabana Isohipertérmica bien drenada (Cochrane, 1982).

Tabla 16. Características fisicoquímicas del suelo en el área de estudio

Parámetros										
Prof.	Textura	pH	P	M.O	Sat. Al	Sat. Bases	Ca	Mg	K	CIC
(cm)			(ppm)	(%)	(%)	(%)	(meq.100 gr ⁻¹)			
0 – 20	FA	4.7	5	2.3	63.49	28.57	0.5	0.14	0.08	2.62

Fuente: Laboratorio de Suelos. Corpoica. 2008.

4.2.2 Tratamientos

Materiales forrajeros: Se utilizaron 10 gramíneas forrajeras: *Brachiaria brizantha* CIAT 6387, 16315, 16467, 26124, 26990, y Pasto híbrido Mulato II (CIAT 36087) además de los cultivares de *Panicum maximum* Tanzania, Mombaza, Massai y Guinea común en monocultivo y asociados con la leguminosa *P. phaseoloides* CIAT 9900.

Tratamientos de fertilización: Posterior al pastoreo con bovinos se realizó un corte de nivelación (julio de 2009) con una desbrozadora y a los ocho días se aplicó una

fertilización basal de mantenimiento con fuentes solubles que aportaron K45 – N18 - P45 - S9 – Ca18 y Mg9 kg ha^{-1} . Además, se aplicó urea (N46%) y se ajustaron los niveles de nitrógeno a 46 kgN. ha^{-1} (N46), 92 kgN. ha^{-1} (N92) y *P. phaseoloides* + 46 kgN. ha^{-1} .

4.2.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo en franjas divididas (Steel y Torrie, 1990) en donde la parcela correspondió a la gramínea forrajera (25m*75m) y la franja (25m*250m) al nivel de fertilización nitrogenada (N46, N92, y *P. phaseoloides* + N46) con tres repeticiones. Los tratamientos de fertilización se aplicaron en agosto de 2009 durante la temporada de lluvias.

Las variables de producción de biomasa y nitrógeno se analizaron mediante PROG GLM/ANOVA, para los 10 materiales forrajeros, la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey (SAS, 2008)

Durante la fase de evaluación de las praderas se determinaron las siguientes variables:

-Producción de forraje: Para la evaluación de *Brachiaria sp.* se utilizó un marco de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) y para *P. maximum* un marco de 1 m² en 10 sitios de cada unidad experimental y se cortó el pasto con una hoz a una altura de 20 cm. En estos mismos marcos se evaluó la cobertura y altura. Posteriormente se midió el peso de este forraje verde mediante una balanza electrónica y luego se sometió a una temperatura de 70°C durante tres días en un horno secador de forraje, para determinar el contenido de humedad y materia seca de las muestras. En época de lluvias las evaluaciones se realizaron a los 28 días del rebrote y en época seca a los 40 días del rebrote.

-Contenido de nitrógeno: se tomaron muestras de forraje de la gramínea y la leguminosa por separado en cada muestreo así como una muestra pluck de 200 g, y se analizó el contenido de nitrógeno total (Kjeldahl AOAC, 1984) en el laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA.

Se estimó el promedio de producción de biomasa y la cantidad de N de los materiales evaluados en época seca y lluviosa.

4.2.3.1. Modelo de simulación de balance de nitrógeno

El balance de N se realizó empleando el modelo de simulación propuesto por Thomas *et al.* (1992). En este modelo el ciclo del N se maneja asumiendo las siguientes premisas: la cantidad de biomasa forrajera es el punto de partida, el cual se asume como una base promedia anual en toneladas (t) de N producido en un rango de tiempo de 1 a 5 años. Los bovinos de carne retienen solamente el 10% del N ingerido, el sobrante lo excretan. Las ganancias de peso corporal requieren de un 2.0% de N, mientras que la producción de leche requiere entre 2.0 – 2.5% diario (Deenen y Latinga 1994; Thomas, 1995 y Whitehead, 2000). De la excreta de N, solamente el 30% es retomado por las plantas durante 1– 5 años. El resto se pierde por volatilización, lixiviación y desnitrificación (Bowen y Baethgen, 1998 y Deenen y Middelkoop, 1992). Un máximo de 40% del N de la hojarasca (para éste estudio solo es la biomasa aérea que se seca e ingresa al suelo) es retomado por las plantas durante 1 – 5 años. El sobrante permanece estable en el suelo, el cual generalmente no es disponible para que las plantas lo tomen durante los siguientes 5 años (Simpson (1985) y Thomas (1995)). El 50% del N del forraje es reciclado internamente (removilizado) desde las hojas viejas y los tallos a los tejidos jóvenes o en el proceso de crecimiento (Hutchinson *et al.*, 1994 y Van der Meer, 1996). Con excepción de las excretas, las pérdidas de N son pequeñas y están balanceadas por las entradas de la atmósfera cuando no se aplica N (Powlson y Jenkinson 1994; Thomas *et al.* 1992; Whitehead, 1995). Las leguminosas forrajeras fijan cerca del 90% de sus requerimientos, el resto es

tomado del remanente del suelo (Giller y Wilson (1991), Peoples *et al.* (1995) y Thomas (1995)).

4.2.3.2. Índice de aceptabilidad relativa (IAR)

En noviembre de 2009 al final de la época de lluvias, luego de un rebrote de 28 días, se evaluó la aceptabilidad de los materiales forrajeros con bovinos machos de la raza Cebú. El índice de aceptabilidad relativa (IAR) fue evaluado mediante la metodología descrita por Maass, *et al.* (1999). Se utilizó un grupo de 30 bovinos con un peso promedio de 300 kg, 5 de los cuales se identificaron con pintura en ambos costados. Los animales fueron acostumbrados previamente al consumo de los diferentes materiales durante 15 días y posteriormente se introdujeron en las franjas respectivas para realizar el monitoreo desde una plataforma o torre de observación construida a una altura de 4 metros. Las observaciones se realizaron cada 5 minutos entre las 7:00 a.m y las 3:00 p.m durante dos ciclos de 4 días cada uno. Para facilitar la evaluación se identificaron las parcelas con los materiales forrajeros utilizando cintas de colores y una numeración de 1 a 10. Con el resultado de las observaciones se calculó el índice de aceptabilidad relativa (IAR) para cada accesión dividiendo la frecuencia de pastoreo observada en cada accesión específica por el total de las frecuencias de pastoreo, relativo al total de accesiones incluidas así:

$$IAR = \frac{\text{CONSUMO ACCESION}}{\frac{\text{CONSUMO TODAS ACCESIONES / REPETICION}}{\text{No DE ACCESIONES}}}$$

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Comportamiento de bovinos en pastoreo de nuevos materiales forrajeros

En general durante el periodo de evaluación se observó que los animales destinaron entre el 67 y 71% del total de tiempo (7am a 3pm) para actividades

diferentes al consumo de los materiales forrajeros y entre el 29 y 33% al pastoreo de los forrajes. La actividad diaria de un bovino en pastoreo se distribuye en períodos de pastoreo, rumia, bebida y ocio (Guimarães, 2007). Los principales componentes de la ingestión voluntaria de alimento en bovinos son: los tiempos de pastoreo, rumia, bebida, ocio, tasa y masa del bocado (Provenza, 1992).

Con base en la frecuencia de pastoreo de los materiales forrajeros, se estableció que los forrajes más consumidos por el grupo de animales fueron *P. maximum* cv. Guinea, *B. brizantha* CIAT 16315 y *P. maximum* cv. Massai. Euclides *et al* (1991), al evaluar los cultivares de *P. maximum* Colonião, Tobiata y Tanzania en comparación con *B. decumbens* y *B. brizantha* encontraron tiempos de pastoreo de 10.17, 9.67, 9.83, 9.91 y 10.08 horas por día, respectivamente, valores muy superiores a los encontrados en el presente trabajo, dado que el estudio incluyo las 24 horas del día.

Euclides y Euclides (1998) afirman que la evaluación de forrajeras con animales sobre sistemas de pastoreo se constituye en un área de extrema importancia para la producción bovina, en especial en el trópico en donde la actividad productiva está fundamentada en el uso de las pasturas. Según Hodgson *et al.*, (1994), el pastoreo ocupa de 6 a 11 h por día normalmente y éste se presenta en dos períodos uno al amanecer y otro al atardecer. En cuanto al tiempo de rumia, se ha observado que los animales adultos dedican aproximadamente 8 h por día con variaciones entre 4 y 9 h, divididas en 15 a 20 períodos (Van Soest, 1992); sin embargo, el tiempo de rumia es influenciado por la naturaleza de la dieta y parece ser proporcional a la concentración de la pared celular presente en el forraje y a otros factores, especialmente el tamaño de partícula de la dieta (Van Soest, 1996). Burns y Sollenberg (2002), afirman que cuando la biomasa forrajera disminuye, la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo tienden a aumentar.

En relación con el comportamiento de los bovinos, se observó que para el primer día, los animales destinaron mayor tiempo al pastoreo de los materiales forrajeros, con una mayor selección de *P. maximum* cv. Guinea, que es consumido rápidamente debido posiblemente a la alta palatabilidad del forraje (Figura 3), condición que cambia para los días 3 y 4. Además del pasto Guinea los bovinos mostraron preferencia por el pasto Mulato II, *B. brizantha* CIAT 16315, Massai y Mombaza. Según Sollenberger y Burns (2001) la altura, la densidad, las partes de la planta, la composición botánica y la disponibilidad de forraje, son factores que afectan la ingesta y digestión de las plantas forrajeras y que directamente influyen sobre el comportamiento de consumo voluntario de los herbívoros. Dos especies de gramíneas manejadas con alturas similares pueden presentar disponibilidad de forraje y características estructurales diferentes, promoviendo alteraciones en el comportamiento de los animales en pastoreo (Graselli, 2002; Sbrissia, 2004).

Al realizar el análisis del comportamiento de los bovinos durante 8 horas diarias al cabo de ocho días de evaluación, se evidencia que las horas de mayor actividad de pastoreo se inicia hacia las 10:30 am y se extiende hasta las 3:00 pm, con un pico de consumo entre las 11:00 am y 12:00m (Figura 4), contrario a lo que se ha encontrado en diversos estudios que indican que cuando se presentan temperaturas elevadas durante el día, el consumo de forraje disminuye siendo las condiciones ambientales específicas, las que determinan los hábitos alimenticios del ganado bovino. Al respecto, cada especie de herbívoro tiene sus propios umbrales de la zona de confort, con niveles de temperatura máximos y mínimos. Esta zona de confort conocida como zona termoneutral (ZTN), permite que el consumo de forraje no sea afectado, pero cuando la temperatura excede los límites máximos de la ZTN, se reduce el consumo. Por ejemplo, en razas de bovinos no tolerantes al calor, el consumo puede reducirse hasta un 35% cuando la temperatura máxima de día excede los 35°C y no hay enfriamiento durante la noche. Con la misma temperatura máxima diaria, pero con enfriamiento durante la noche, esta reducción puede ser de sólo un 20% (Lyons *et al.*, 1987). Por su parte

Zanine *et al.*, (2006), indican que animales en pastoreo poseen la habilidad para modificar su comportamiento, en respuesta a los cambios del ambiente, lo cual determina en alto grado el bienestar en la búsqueda de los recursos alimenticios.

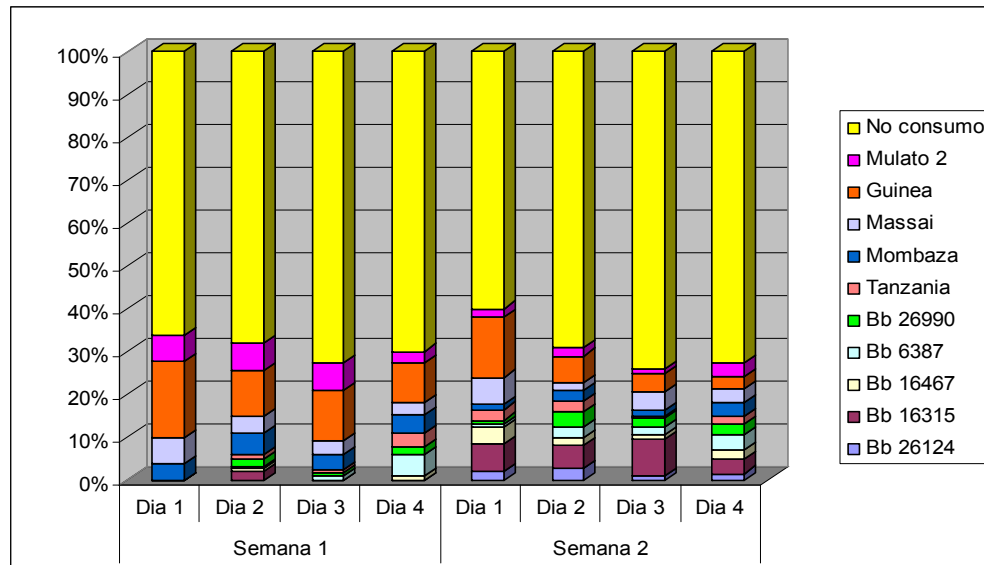


Figura 3. Selección de materiales forrajeros por días de pastoreo

Durante la evaluación se pudo observar que los bovinos consumieron forraje por un periodo de tiempo de 30 a 45 minutos y posteriormente realizaban la rumia por 1.5 a 2.5 horas, para nuevamente iniciar un segundo ciclo de ingesta (Figura 4). En términos generales, Di Marco y Aello (2002) afirman que el tiempo de pastoreo diario de un vacuno, varía entre 8 a 10 h con una tasa de bocados girando en torno de 35 a 45 bocados por minuto. Patiño *et al.* (2003) observaron tiempos diurnos de rumia total entre 68 y 133.8 minutos cuando evaluaron el comportamiento de consumo voluntario de novillos tipo carne; valores similares a los observados en este estudio.

Las características físicas y químicas del forraje, afectan algunos aspectos de la fisiología digestiva de los rumiantes, como es el caso de la rumia. Welch y Smith (1969) y Van Soest, *et al.* (1992), afirman, que existe una tendencia al aumento en los tiempos de rumia, cuando acontece los componentes fibrosos de la pared

celular de los forrajes se incrementan. Patiño *et al.* (2008), observaron tiempos diurnos de rumia total entre 68.0 y 133.8 minutos, cuando evaluaron el comportamiento de consumo voluntario de novillos, valores que fueron similares a los observados en el presente estudio. Diferentes valores han sido reportados por Zanine *et al.*, (2008), quienes evaluaron el comportamiento del consumo voluntario en diversas categorías de bovinos de raza Girolanda, en pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Los tiempos de rumia diurnos fueron de 3.70, 2.36 y 2.60 h para vacas, novillas y novillos, respectivamente. Estas diferencias entre los dos estudios, pueden ser debidas a las características cuantitativas y cualitativas de las pasturas, a la carga animal y a efectos ambientales relacionados con la temperatura, humedad relativa y radiación solar, que ocasionan en conjunto pérdidas de bienestar animal.

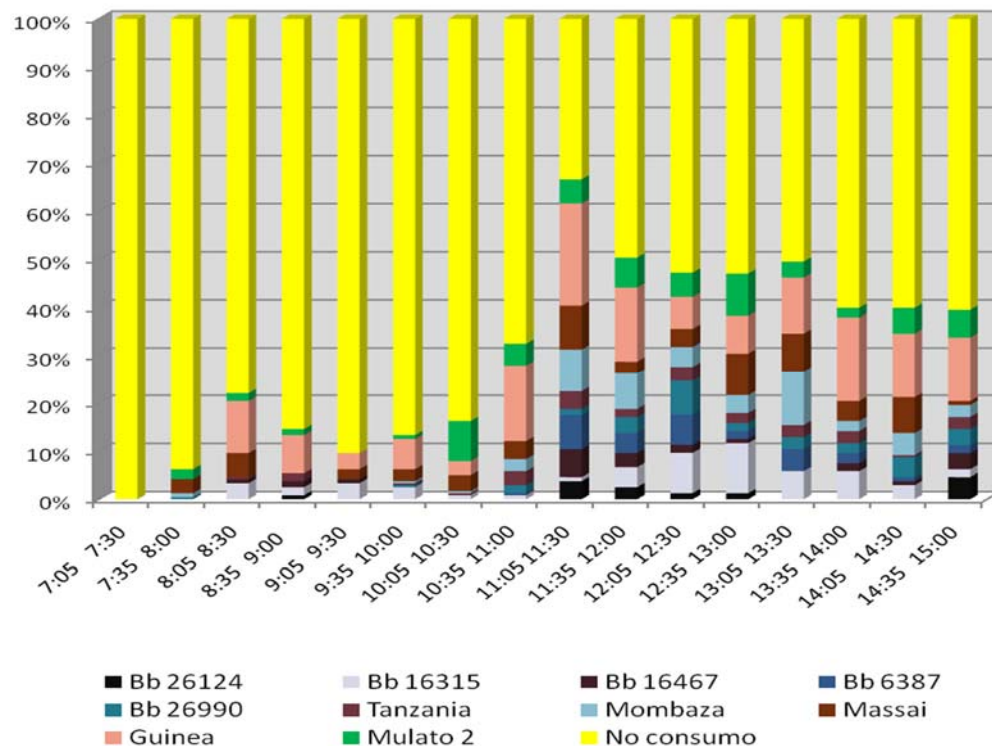


Figura 4. Tiempo de consumo por material forrajero durante el día.

4.3.2 Índice de aceptabilidad relativa (IAR)

El IAR indica la preferencia de consumo que tienen los animales por un determinado forraje, en otras palabras es el forraje que más le apetece a los animales, o el forraje con mayor palatabilidad. Los resultados observados indican que la mayoría de las praderas con mayor aceptabilidad relativa por los animales, también presentaron una mejor calidad nutricional, constituyéndose en un indicador del potencial para el posterior uso de estas gramíneas en sistemas de producción. En este estudio se observó que el forraje más consumido por los animales fue *P. maximum* cv. Guinea con un IAR de 3.11, con una marcada frecuencia de pastoreo especialmente durante los dos primeros días, seguido por el pasto Massai (1.30), Mulato II (1.22), *B. brizantha* CIAT 16315 (1.06) y Mombaza (0.98). Posteriormente la reducción en la oferta de forraje de materiales como Guinea, aparentemente genera un cambio en los hábitos de consumo de los bovinos reflejado en un incremento en la frecuencia de pastoreo de materiales como *P. maximum* cv. Massai, *B. brizantha* CIAT 16315 y pasto Mulato II. Los menores IAR se encontraron para materiales como *B. brizantha* CIAT 26124, *B. brizantha* CIAT 16467 y Tanzania (Tabla 17). En un trabajo de Gómez *et al.* (2000) en el Piedemonte Amazónico Colombiano se reportan valores de IAR de 1.42, 0.93, 0.98, 0.87, y 1.53, para las accesiones de *Brachiaria brizantha* CIAT 26124, 16467, 16315, 6387 y pasto Mulato II, respectivamente, valores superiores a los encontrados en este estudio, situación que puede explicarse porque los animales tienden a seleccionar más a las gramíneas de crecimiento erecto como *Andropogon gayanus*, *Paspalum plicatulum*, *Hyparrhenia rufa* y *Panicum maximum* animales en relación con especies como *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* (81% vs. 49%) Abaunza *et al.* (1991).

Pérez y Corralillo (2005) reportan que el pasto Tanzania en estado tierno presenta altos valores de proteína y digestibilidad, pero con la madurez estos valores se reducen afectando su palatabilidad y consumo voluntario. Euclides y Euclides (1998) explican la importancia de vincular al animal en la evaluación de gramíneas

forrajeras, ya que actúan como una herramienta y las observaciones se hacen con el único propósito de evaluar la respuesta de las praderas, con esto se economizan recursos de investigación en el proceso de priorización permitiendo eliminar especies de forrajes con una baja aceptabilidad, antes de continuar con la costosa fase de producción animal. En efecto, la selectividad puede ser considerada como el aspecto más importante del comportamiento de un rumiante en pastoreo.

Tabla 17. Índice de Aceptabilidad Relativa (IAR) para gramíneas forrajeras en condiciones de la Altillanura Colombiana.

Material forrajero	INDICE DE ACEPTABILIDAD RELATIVA (IAR)
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	0.29
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	1.06
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	0.40
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	0.58
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	0.56
<i>P. maximum</i> cv. <i>Tanzania</i>	0.49
<i>P. maximum</i> cv. <i>Mombaza</i>	0.98
<i>P. maximum</i> cv. <i>Massai</i>	1.30
<i>P. maximum</i> cv. <i>Guinea</i>	3.11
<i>Mulato II</i> (testigo)	1.22

A pesar de la variación morfológica significativa de las especies evaluadas, los resultados demuestran la importancia que la estructura del follaje tiene en la acumulación y el valor nutricional del forraje producido y en consecuencia, sobre el comportamiento de consumo voluntario y el rendimiento de los animales de pastoreo (Carnevalli, 2003; Silva, 2004; Barbosa, 2004; Zeferino, 2006; Pedreira, 2006). En este contexto, la idealización y la formulación de estrategias de manejo del pastoreo sobre la base de objetivos de pastoreo, particularmente la altura, son una alternativa real a la premisa básica de mejorar e incrementar la eficiencia de producción de sistemas ganaderos en pasturas tropicales.

4.3.3 Contenido de nitrógeno

La interacción material x nivel de nitrógeno fue significativamente diferente ($p < 0.05$) para la variable contenido de nitrógeno total en el forraje de las gramíneas, tanto en época seca como de lluvias (Tabla 18). Durante la época de lluvias se observó que el contenido de N en el forraje fue significativamente superior ($p < 0.05$) en gramíneas+N92 (2.23%), en relación con gramínea+N46 (1.57%) y gramínea+leguminosa+N46 (1.59%), las cuales no mostraron diferencias entre sí ($p > 0.05$). En la época seca el contenido promedio de nitrógeno total no fue significativamente diferente ($p > 0.05$) entre los tratamientos gramíneas+N46 (1.33%), gramínea+N92 (1.85%) y gramínea+leguminosa+N46 (1.34%). En términos generales, el contenido de nitrógeno total en el forraje de gramíneas forrajeras fue mayor durante la época de lluvias (1.80%) comparado con la época seca (1.51%).

Durante la época de lluvias se destacaron con el mayor contenido de N total las gramíneas fertilizadas con N92, como pasto Guinea (2.60%), *B. brizantha* CIAT 16315 (2.33%), Mombaza (2.30%), *B. brizantha* CIAT 26124 (2.30%) y *B. brizantha* CIAT 26990 (2.23%), mientras que niveles inferiores se observaron cuando las gramíneas fueron fertilizadas con N46, en particular en materiales como pasto Massai (1.37%), Tanzania y *B. brizantha* CIAT 16467 (1.40%) (Tabla 18)

En la época seca se destacaron las praderas de Guinea (1.23%) con la aplicación de N92 que superó en forma significativa el nitrógeno total de las demás praderas manejadas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Un nivel intermedio de nitrógeno total se encontró en el forraje de materiales como *B. brizantha* CIAT 16315 (0.93%), *B. brizantha* CIAT 26124 y Mulato II (0.90%), Mombaza (0.83), Tanzania (0.80%) *B. brizantha* CIAT 26990 (0.8%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (0.77%) fertilizadas con N92, que no presentaron diferencias significativas con

pasto Guinea (0.93%) y Mombaza (0.77) fertilizado con N46, ni con Mombaza (0.77%) y Guinea (0.73%) cuando se asociaron con la leguminosa *P. phaseoloides*+N46 (Tabla 18).

Al calcular el contenido ponderado anual de N total, se observó un nivel superior en praderas fertilizadas con 92 kg ha^{-1} de nitrógeno, especialmente en los materiales Guinea (2.23%), *B. brizantha* CIAT 16315 (1.95%), *B. brizantha* CIAT 26124 (1.92%) y Mombaza (1.90%) (Tabla 18). van Niekerk *et al.* 2002, reportan niveles superiores a los encontrados en este estudio, en el forraje de *P. maximum* cv. Gatton fertilizado con 0, 75 y 150 kgN ha^{-1} , con valores 2.4, 2.6 y 2.9%, respectivamente, de nitrógeno total. Cadish *et al.* (1994) estiman que el déficit anual de N, en gramíneas tropicales cultivadas en suelos ácidos, es de 60 a 100 kg ha^{-1} . En consecuencia, para mantener la sustentabilidad de producción, es necesario realizar el mantenimiento con fertilización nitrogenada de las praderas y considerar el balance económico de este tipo de prácticas. Los resultados coinciden con los reportes de Werner *et al.* (1996), que proponen fertilizaciones de mantenimiento de 40 a 80 kg ha^{-1} de N dependiendo de la especie forrajera y el grado de exigencia nutricional de los animales.

Las gramíneas Guinea y *B. brizantha* CIAT 16315 asociadas con la leguminosa kudzu tropical combinada con la adición de 46 kg ha^{-1} de N, mostraron mayores niveles de N total con valores de 1.48 y 1.39%. Por su parte con la aplicación de 46 kg ha^{-1} de N, materiales como Guinea, Mulato II y *B. brizantha* CIAT 16315 presentaron los niveles más altos de N total con 1.66, 1.52 y 1.43%, respectivamente (Tabla 18). Arosemena *et al.* (1996) reportan niveles promedio de N total en el forraje de *Brachiaria brizantha* de 2.98%, por su parte Sanchez (2000) encontró niveles de N total en el forraje de *B. brizantha*, Mulato y Guinea de 1.6, 1.84 y 1.76%, respectivamente, valores muy similares a los observados en el presente estudio.

Tabla 18. Contenido de nitrógeno total en praderas de *P. maximum* y *B. brizantha* en monocultivo y asociadas con kudzu y fertilizadas con dos niveles de nitrógeno.

Pradera	Ttos	Época de lluvia				Época seca				Promedio	
		PC		N total		PC		N total		PC	N Total
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	(%)
<i>P. maximum</i> cv. Guinea	N46	12.00	cdef	1.93	cdef	5.87	b	0.93	b	10.33	1.66
<i>P. maximum</i> cv. Mombaza	N46	9.37	ghi	1.50	ghij	4.70	bcdef	0.77	bcde	8.09	1.30
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania	N46	8.50	i	1.40	ij	4.50	bcdef	0.70	cdefg	7.41	1.21
<i>P. maximum</i> cv. Massai	N46	8.47	i	1.37	j	4.00	cdef	0.63	defg	7.25	1.17
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	N46	10.00	fghi	1.60	fghij	4.00	cdef	0.63	defg	8.36	1.34
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	N46	10.67	fghi	1.70	fghij	4.32	bcdef	0.70	cdefg	8.94	1.43
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	N46	8.90	i	1.40	ij	3.17	f	0.50	g	7.34	1.15
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	N46	9.60	ghi	1.53	ghij	4.50	bcdef	0.70	cdefg	8.21	1.31
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	N46	9.17	hi	1.47	ghij	3.80	def	0.63	defg	7.70	1.24
Mulato II	N46	11.50	defg	1.83	defg	4.17	bcdef	0.67	defg	9.50	1.52
<i>P. maximum</i> cv. Guinea	N92	16.37	a	2.60	a	7.77	a	1.23	a	14.02	2.23
<i>P. maximum</i> cv. Mombaza	N92	14.60	ab	2.30	abc	5.27	bcd	0.83	bcd	12.05	1.90
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania	N92	13.77	bc	2.20	bcd	4.90	bcdef	0.80	bcde	11.35	1.82
<i>P. maximum</i> cv. Massai	N92	11.30	efgh	1.80	efgh	3.70	def	0.60	efg	9.23	1.47
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	N92	13.77	bc	2.20	bcd	4.20	bcdef	0.70	cdefg	11.16	1.79
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	N92	14.60	ab	2.33	ab	5.80	bc	0.93	b	12.20	1.95
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	N92	13.10	bcde	2.10	bcde	4.97	bcdef	0.77	bcde	10.88	1.74
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	N92	14.40	ab	2.30	abc	5.67	bc	0.90	bc	12.02	1.92
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	N92	13.97	bc	2.23	abc	5.07	bcde	0.80	bcde	11.54	1.84
Mulato II	N92	13.57	bcde	2.20	bcd	5.67	bc	0.90	bc	11.41	1.85
<i>P. maximum</i> cv. Guinea+kudzu	N46	11.17	efgh	1.77	efghi	4.50	bcdef	0.73	bcdef	9.35	1.48
<i>P. maximum</i> cv. Mombaza+kudzú	N46	9.80	fghi	1.57	fghij	4.77	bcdef	0.77	bcde	8.43	1.35
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania+kudzú	N46	9.20	hi	1.47	ghij	4.47	bcdef	0.70	cdefg	7.91	1.26

<i>P. maximum</i> cv. Massai+kudzu	N46	9.10	hi	1.43	hij	3.60	def	0.60	efg	7.60	1.21
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387+kudzu	N46	10.07	fghi	1.63	fghij	3.40	ef	0.53	fg	8.25	1.33
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315+kudzú	N46	10.53	fghi	1.67	fghij	4.15	bcdef	0.67	defg	8.79	1.39
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467+kudzú	N46	9.50	ghi	1.53	ghij	3.70	def	0.60	efg	7.92	1.28
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124+kudzú	N46	9.77	ghi	1.57	fghij	4.47	bcdef	0.70	cdefg	8.32	1.33
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990+kudzú	N46	10.03	fghi	1.63	fghij	4.07	bcdef	0.63	defg	8.41	1.36
Mulato II + kudzu	N46	10.23	fghi	1.63	fghij	4.07	bcdef	0.63	defg	8.55	1.36
Prom. gramineas + N46		9.82	b	1.57	b	4.30	b	0.69	b	8.31	1.33
Prom. gramineas + N92		13.94	a	2.23	a	5.30	a	0.85	a	11.58	1.85
Prom. gramineas + kudzu + N46		9.94	b	1.59	b	4.12	b	0.66	b	8.35	1.34
Significancia ($p < 0.05$)			*				*				

Ttos: Tratamientos; PC: proteína cruda; N total: nitrógeno total.

4.3.4 Aplicación del modelo de simulación de Thomas

En la Tabla 19, se observan los resultados de la aplicación del modelo de simulación de Thomas que incluye la cantidad de nitrógeno aportado a través de los tratamientos (N46, N92 y Leguminosa + N46), el nitrógeno extraído en la biomasa de las gramíneas y la leguminosa, para determinar la cantidad del N reciclado (el que se devuelve al suelo por la hojarasca, el excretado por los animales, el reciclado interno de la misma planta y el fijado por la leguminosa).

En relación con la cantidad de N aportado anualmente por cada una de las praderas, se puede afirmar que la aplicación de 92 kg ha^{-1} de nitrógeno, permitió un mayor aporte de N en la biomasa forrajera de las gramíneas *B.*

brizantha CIAT 16315 (555.17 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 6387 (471.3 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 26990 (459.77 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 26124 (422.37 kg ha^{-1}), Tanzania (407.87 kg ha^{-1}) y Guinea + kudzu fertilizado con 46 kg ha^{-1} de N (423.92 kg ha^{-1}) (Tabla 22).

De otra parte, las praderas fertilizadas con 46 kg ha^{-1} de N presentaron la menor cantidad anual de N aportado especialmente cuando se analizaron los materiales Tanzania y Mombaza (127.03 y 129.63 kgN. ha^{-1}). Pirela *et al.* (2006), al estudiar la acumulación y distribución del nitrógeno en la planta de pasto Guinea, observaron que independientemente de los niveles, más de 50% del nitrógeno contenido en la planta se encuentra por encima de los 40 cm de altura coincidiendo con los reportados por Joffre (1990). Este hallazgo debe considerarse al momento de establecer la altura de pastoreo adecuada por los animales, para el mejor manejo del pasto guinea. Pirela *et al.* (2006) observaron que con la aplicación de 100 kg N. ha^{-1} la cantidad removida fue de 268,6 kgN. ha^{-1} .año $^{-1}$, nivel similar al encontrado en este estudio.

Entre las asociaciones de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN. ha^{-1} , se destacaron por su mayor aporte de N, las praderas de Guinea + kudzu (423.93 kg N. ha^{-1}) seguido por *B. brizantha* CIAT 16315 + kudzu (386.6 kgN. ha^{-1}) y *B. brizantha* CIAT 6387 + kudzu (384.84 kgN. ha^{-1}), lo cual se debió a una mayor presencia de la leguminosa. La mayor participación de la leguminosa en la composición botánica de las praderas asociadas de kudzu con las gramíneas Guinea, *B. brizantha* CIAT 6387, *B. brizantha* CIAT 16315 y Mombaza representó un aporte superior de N del orden de 255.9, 177.5, 160.1 y 157.2 kg. ha^{-1} , respectivamente (Tabla 19). Los resultados concuerdan con lo sugerido por Cantarutti *et al.* (2002) en el sentido que los pastos producen desechos de baja calidad que conlleva a la inmovilización de nutrientes y el aumento de la carga animal disminuye los desechos depositados pero aumenta las pérdidas de nutrientes a través de las excretas (Boddey *et al.*, 2004). Una posible forma de

superar estas dos situaciones y promover un ciclo más eficiente de nutrientes es tener una mejor calidad de los residuos vegetales, mediante el establecimiento de praderas de gramíneas y leguminosas mixtos (Cantarutti *et al.*, 2002) o la fertilización de los pastos (Dubeux *et al.*, 2006). Si se considera que la economía de la fertilización de los pastos en los países tropicales en desarrollo, no ha sido favorable en los últimos años (Martha *et al.*, 2004), la inclusión de una leguminosa forrajera en la pradera pura sigue siendo la mejor opción para mejorar la calidad del suelo (Cantarutti *et al.*, 2002, Dubeux *et al.*, 2006, Lira *et al.*, 2006).

En promedio se observó que las praderas fertilizadas con N92 aportaron 404.59 kgN.ha⁻¹, mientras que las asociaciones gramínea + leguminosa fertilizadas con N46 aportaron 315.92 kgN.ha⁻¹, de los cuales 171.01 kgN.ha⁻¹ (54.13%) provinieron del forraje de la gramínea y 144.9 kgN.ha⁻¹ (45.87%) de la leguminosa kudzu tropical, por su parte las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ aportaron 212.96 kgN.ha⁻¹. La inclusión de la leguminosa kudzu tropical representó un aporte del 48.3% (102.96 kgN.ha⁻¹) de N adicional sobre las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha. Estos datos son superiores a los reportados por Minson (1990) quien observó que al asociar praderas con *Lotus corniculatus* se favoreció la oferta del N debido al mayor contenido del N en la dieta, con incrementos del orden del 20%.

En relación con la ingestión de N por el animal (columna C) se observó en forma general, un promedio significativamente ($p < 0.05$) superior de N en las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (161.83 kgN.ha⁻¹), seguido por las praderas de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (126.36 kgN.ha⁻¹) y finalmente las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (85.18 kgN.ha⁻¹) (Tabla 19). Entre las praderas con aportes significativamente superiores ($p < 0.05$) de nitrógeno para los animales se destacan entre los materiales fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹: *B. brizantha* CIAT 16315 (222.07 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (188.53 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (183.91 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (169.56 kgN.ha⁻¹). Los menores aportes de N para el animal se observaron en

las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ constituidas por Tanzania (50.82 kgN.ha⁻¹), Mombaza (51.85 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (64.16 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (65.54 kgN.ha⁻¹)

De igual forma, las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315 (22.21 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (18.85 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (18.39 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (16.96 kgN.ha⁻¹) suministraron la mayor cantidad de N para la producción animal (asumiendo una utilización del N del 10% para bovinos de ceba) (columna D). Los menores aportes de N para la producción animal se observaron en las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ de Tanzania (5.08 kgN.ha⁻¹), Mombaza (5.18 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (6.42 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (6.56 kgN.ha⁻¹). El aporte de N para producción animal fue significativamente diferente entre niveles de N, siendo significativamente superior ($p < 0.05$) en las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (16.18 kgN.ha⁻¹), seguido por las praderas de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (12.64 kgN.ha⁻¹) y las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (8.52 kgN.ha⁻¹) (Tabla 19). Según Cardenas (2003) desde el punto de vista de respuesta zootécnica, los animales deben balancear su dieta con N y energía para permitir que los microorganismos del rumen hagan un uso estratégico del N, por tanto, es posible que el desbalance asociado a la mayor presencia de leguminosas en algunas de las praderas, no permita una relación adecuada energía: proteína que haga posible la utilización del N disponible (Pond 1996; Van Soest 1994; Minson 1991).

La excreción de N por su parte (columna E), la cual corresponde a un 90% del N consumido, también fue superior en praderas fertilizadas con 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, destacándose *B. brizantha* CIAT 16315 (199.87 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (169.67 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (165.5 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (152.63 kgN.ha⁻¹). En este sentido, la menor excreción de N se observó en praderas de Tanzania (45.73 kgN.ha⁻¹), Mombaza

(46.63 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (57.73 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (59 kgN.ha⁻¹).

De la cantidad excretada de N por los animales, se asume que el 30% es retomado por las plantas (columna F), razón por la cual la mayor excreción se observó en praderas de *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 6387, *B. brizantha* CIAT 26990 fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ con valores anuales de 59.96, 50.9 y 49.65 kgN.ha⁻¹, respectivamente; y la menor excreción en praderas de Tanzania, Mombaza, *B. brizantha* CIAT 26990 y *B. brizantha* CIAT 26124 fertilizadas con 46 gN.ha⁻¹ con niveles de 13.72, 14.0, 17.32 y 17.7 kgN.ha⁻¹ al año, respectivamente. El reciclaje interno del N por las plantas presentó el mismo comportamiento con niveles significativamente mayores ($p < 0.05$) en praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ con un promedio general de 121.38 kgN.ha⁻¹, seguidas por las asociaciones de gramínea+leguminosa+46 kgN.ha⁻¹ con 94.77 kgN.ha⁻¹ y finalmente las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ con 63.87 kgN.ha⁻¹ (columna G). En forma reiterada, el reciclado interno de N fue mayor en praderas fertilizadas con 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno como *B. brizantha* CIAT 16315 (166.57 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (141.4 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (137.9 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (127.17 kgN.ha⁻¹). De igual manera, el menor reciclaje interno de N se observó en praderas de Tanzania (38.1 kgN.ha⁻¹), Mombaza (38.9 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (48.13 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (49.13 kgN.ha⁻¹) (Tabla 19). Es importante señalar el efecto marcado de los niveles de nitrógeno, el cual se traduce en un aumento considerable de la remoción de nitrógeno, posiblemente debido a la capacidad que tiene el nitrógeno de acelerar la tasa de crecimiento de la planta a través de las transformaciones y síntesis de carácter bioquímico (Bokhari y Singh, 1975; Crespo y Rodriguez, 1975). Según Cardenas (2003) la cantidad del N fijado por la leguminosa y su comportamiento proporcional dentro de la asociación es muy importante, ya que favorece un mayor reciclado del N dentro del sistema, comportamiento que se confirma en este estudio. El uso de la asociación gramínea-leguminosa trae

efectos benéficos en la conservación y productividad de las praderas y disminuye la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003; Castro, 2004)

El impacto ambiental generado por los fertilizantes nitrogenados por volatilización de compuestos derivados de la fertilización o por lixiviación de alguno de sus componentes ha sido documentado por autores como Whitehead (1995), JICA (2000), Cárdenas (2003) y Murgueitio (2003). Debido a que no todo el nitrógeno (N) que se aplica es utilizado por las plantas, gran parte de este elemento se pierde por lixiviación e ingresa en forma de nitrito a los ríos y aguas subterráneas ocasionando problemas a largo plazo de contaminación e impacto sobre la salud pública o por volatilización en forma de óxido nitroso, aumentando el efecto invernadero de la atmósfera (Whitehead, 1995; Kohn *et al.*, 1997; Meyer, 2000).

4.3.4 Balance de nitrógeno

Se estima que los animales en pastoreo excretan del 85 al 90% del nitrógeno ingerido, pero esta ineficiencia es aparentemente corregida porque las pasturas son usualmente muy eficientes en capturar el nitrógeno aplicado como fertilizante o fijado por leguminosas, estimándose en condiciones de zonas templadas que del nitrógeno aplicado es removido por la pastura entre 300 a 400 kg de N por hectárea por año (Di *et al.*, 1998). En el presente estudio, la interacción genotipo x nivel de fertilización nitrogenada fue significativamente diferente ($p < 0.05$) para el balance de nitrógeno, el cual se define como la cantidad retornada por el sistema en relación con el extraído por las plantas (Columna J) (Tabla 20). Al comparar el promedio general de las praderas manejadas con tres niveles de fertilización nitrogenada se observó un balance negativo, siendo significativamente superior ($p < 0.05$) en las praderas fertilizadas con 92 kg ha^{-1} de nitrógeno ($190.96 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año), seguido por las praderas fertilizadas con 46 kg ha^{-1} de N ($100.52 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año) y las praderas asociadas gramínea + leguminosa + 46 kg ha^{-1} de N (4.21 kg ha^{-1} de N al año).

En las asociaciones gramínea + leguminosa + 46 kg.ha⁻¹ de N se destacaron las praderas de Guinea+kudzu (-55.84 kg.ha⁻¹ de N), Tanzania + kudzu (-33.50 kg.ha⁻¹ de N al año), Mombaza + kudzu (-27.29 kg.ha⁻¹ de N al año), y Massai + kudzu (-1.68 kg.ha⁻¹ de N al año) que presentaron un balance positivo (-), en las demás asociaciones la gramínea no recibió el aporte necesario de N de la leguminosa, por lo que debió utilizarse N extra (proveniente del mineralizado en el suelo o fijado por las excretas secas), con lo cual se presentó un déficit en el sistema (con faltantes de 4.1 a 83.3 kg.ha⁻¹ de N al año). Aunque no todas las asociaciones gramínea + leguminosa alcanzaron un balance de N positivo en el sistema, la presencia de la leguminosa en las praderas permitió aportes considerables de N en relación con las praderas de gramíneas en monocultivo. Lo anterior confirma la viabilidad de esta tecnología para aumentar la cantidad de N circunante, con lo cual se mejora la calidad de la hojarasca, la calidad del suelo y la productividad animal. Resultados similares han sido obtenidos por Whitehead (1995) en pasturas de ryegrass asociadas con tréboles en suelos bien drenados de 39 – 130 kgN.ha⁻¹año⁻¹. De otro lado, en las praderas fertilizadas con 46 kg.ha⁻¹ de N el faltante fue de 59.9 a 153.4 kgN.ha⁻¹ al año y en praderas en monocultivo fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ el déficit osciló entre 169.9 a 262.0 kgN.ha⁻¹ al año (Tabla 20). Las asociaciones con mayores tasas de devolución de N presentaron una mayor proporción de leguminosa en la composición botánica especialmente durante la época de lluvias, condición favorecida posiblemente por la arquitectura vertical y el macollamiento de las plantas del género *Panicum*, en relación con las praderas de *Brachiaria* que tienden a mantener una arquitectura decumbente y mas densa con mayor competencia sobre otras especies. La leguminosa en los sistemas de producción bovina, como especie componente de una pastura de gramínea, representa ventajas competitivas frente a las praderas puras de gramíneas: eliminan la aplicación de fertilizantes nitrogenados, aumenta el rendimiento y la calidad de la biomasa y de la oferta de la dieta (Mora, 2001).

Tabla 19. Balance del nitrógeno según producción de forraje y contenido de nitrógeno en praderas de *P. maximum* y *B. brizantha* en monocultivo y asociadas con kudzu bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en la Altillanura.

Pradera	Estimados de la cantidad de nitrógeno total (Kg N/ha/año) en diferentes etapas										
	Fertilizante	N en Biomasa			Ingestión N animal	N para prodn. Animal	Excretas animales	Tomado x planta	Reciclado interno	Hojarasca	Total reciclado
	(Kg N/ha/año)	MS x N (%)	N Gramín.	N legum.	40%	C x 0.1	Consumo x 0.9	Excretado x 0.3	(B-C) x 0.5	G x 0.4	(F+G+H+ Fijado Leg)
	A	B			C	D	E	F	G	H	I
<i>P. maximum</i> cv. Guinea	46	196.87	196.87	0	78.75	7.87	70.87	21.26	59.06	23.62	103.95
<i>P. maximum</i> cv. Mombaza	46	129.63	129.63	0	51.85	5.19	46.67	14.00	38.89	15.56	68.44
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania	46	127.03	127.03	0	50.81	5.08	45.73	13.72	38.11	15.24	67.07
<i>P. maximum</i> cv. Massai	46	173.50	173.50	0	69.40	6.94	62.46	18.74	52.05	20.82	91.61
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	46	314.10	314.10	0	125.64	12.56	113.08	33.92	94.23	37.69	165.84
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	46	325.10	325.10	0	130.04	13.00	117.04	35.11	97.53	39.01	171.65
<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	46	288.20	288.20	0	115.28	11.53	103.75	31.13	86.46	34.58	152.17
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	46	163.87	163.87	0	65.55	6.55	58.99	17.70	49.16	19.66	86.52
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	46	160.40	160.40	0	64.16	6.42	57.74	17.32	48.12	19.25	84.69
Mulato II	46	250.93	250.93	0	100.37	10.04	90.33	27.10	75.28	30.11	132.49
<i>P. maximum</i> cv. Guinea	92	295.87	295.87	0	118.35	11.83	106.51	31.95	88.76	35.50	156.22
<i>P. maximum</i> cv. Mombaza	92	360.10	360.10	0	144.04	14.40	129.64	38.89	108.03	43.21	190.13
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania	92	407.87	407.87	0	163.15	16.31	146.83	44.05	122.36	48.94	215.36
<i>P. maximum</i> cv. Massai	92	300.77	300.77	0	120.31	12.03	108.28	32.48	90.23	36.09	158.81
<i>B. brizantha</i> CIAT 6387	92	471.33	471.33	0	188.53	18.85	169.68	50.90	141.40	56.56	248.86
<i>B. brizantha</i> CIAT 16315	92	555.17	555.17	0	222.07	22.21	199.86	59.96	166.55	66.62	293.13

<i>B. brizantha</i> CIAT 16467	92	378.30	378.30	0	151.32	15.13	136.19	40.86	113.49	45.40	199.74
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124	92	422.37	422.37	0	168.95	16.89	152.05	45.62	126.71	50.68	223.01
<i>B. brizantha</i> CIAT 26990	92	459.77	459.77	0	183.91	18.39	165.52	49.66	137.93	55.17	242.76
Mulato II	92	394.37	394.37	0	157.75	15.77	141.97	42.59	118.31	47.32	208.23
<i>P. m. cv. Guinea</i> + kudzú	46	423.93	168.00	255.93	169.57	16.96	152.61	45.78	127.18	50.87	479.77
<i>P. m. cv. Mombaza</i> + kudzú	46	275.23	118.03	157.20	110.09	11.01	99.08	29.72	82.57	33.03	302.52
<i>P. m. cv. Tanzania</i> + kudzú	46	207.20	75.90	131.30	82.88	8.29	74.59	22.38	62.16	24.86	240.70
<i>P. m. cv. Massai</i> + kudzú	46	263.73	137.57	126.16	105.49	10.55	94.94	28.48	79.12	31.65	265.41
<i>B. b.</i> CIAT 6387 + kudzu	46	384.83	207.33	177.50	153.93	15.39	138.54	41.56	115.45	46.18	380.69
<i>B. b.</i> CIAT 16315 + kudzu	46	386.60	226.50	160.10	154.64	15.46	139.18	41.75	115.98	46.39	364.22
<i>B. b.</i> CIAT 16467 + kudzu	46	341.67	207.97	133.70	136.67	13.67	123.00	36.90	102.50	41.00	314.10
<i>B. b.</i> CIAT 26124 + kudzu	46	260.13	153.27	106.86	104.05	10.41	93.65	28.09	78.04	31.22	244.21
<i>B. b.</i> CIAT 26990 + kudzu	46	349.33	267.77	81.56	139.73	13.97	125.76	37.73	104.80	41.92	266.01
Mulato II + kudzu	46	266.50	147.80	118.70	106.60	10.66	95.94	28.78	79.95	31.98	259.41
Promedios											
Gramíneas + N46		212.96	212.96		85.18 c	8.52	76.67	23.00	63.89	25.56	112.44
Gramíneas + N92		404.59	404.59		161.84 a	16.18	145.65	43.70	121.38	48.55	213.62
Gramíneas + kudzu + N46		315.92	171.01	144.90	126.37 b	12.64	113.73	34.12	94.78	37.91	311.71

Estos resultados indican que el conjunto de medidas de manejo agronómico de las especies forrajeras pueden generar niveles elevados de N en el suelo, especialmente cuando se utilizan altos niveles de fertilización química (Whitehead, 2000) y en algunos casos por la inclusión de praderas, en donde la leguminosa es dominante en la composición botánica. Vendramini *et al.*, (2007), aseguran que en pasturas bajo pastoreo fertilizadas con 200 y 250 kgNha⁻¹año⁻¹ con una fuente de N amoniacal, un 25% de la entrada de N se mantuvo en la materia orgánica del suelo y el sistema radicular (2 - 5%). El resto se pierde a través de la volatilización del amoníaco en el suelo (20%),

volatilización de amoníaco a partir de parches de orina (20 - 30%), desnitrificación (6 - 12%), ganancia de peso vivo animal (7 - 9%) o la producción de leche (14 - 18%), y la lixiviación o pérdidas no contabilizadas como la excreción del forraje (20-50%) (Kimura y Kurashima, 1991; Whitehead, 2000; Matthews *et al.*, 2004).

Los resultados indican que las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹año⁻¹ presentaron una mayor ineficiencia (Columna K) para la provisión del N requerido, demandando en promedio 98.97 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales, en relación con las praderas de gramínea en monocultivo fertilizadas con 46 kg N.ha⁻¹año⁻¹ que demandaron 54.5 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales, comportamiento diferente al observado en las asociaciones gramínea + leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹año⁻¹ que aportaron en promedio 41.79 kgN.ha⁻¹año⁻¹ al sistema. En general, todas las asociaciones de gramínea – leguminosa fertilizadas con 46 kg N.ha⁻¹ aportaron entre 18.43 y 101.84 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales al sistema, con excepción de la pradera de *B. brizantha* CIAT 26990 + kudzu con -37.32 kgN.ha⁻¹año⁻¹. Entre las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ la ineficiencia varió entre -13.9 y -107.4 kgN.ha⁻¹.año⁻¹; y en las praderas de gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ demandaron entre -47.6 y -170.0 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales (Tabla 22).

En la asociación de gramíneas con leguminosas el mayor beneficio se recibe del nitrógeno por la continua actividad nitrificante de las bacterias de los nódulos radiculares (Fedepalma, 1979) pertenecientes al género *Rhizobium* o *Bradyrhizobium* (Jayasinghe, 1991). Se sabe que las leguminosas tropicales con un crecimiento medio, fijan alrededor de 20-80 Kg N.ha⁻¹año⁻¹, en tanto que las leguminosas con un crecimiento exhuberante pueden fijar 290 KgN.ha⁻¹año⁻¹, y en el caso específico de *P. phaseoloides* fija 99 kgNha⁻¹año⁻¹ (Jayasinghe 1991).

Tabla 20. Balance total del nitrógeno en praderas de *P. maximum* y *B. brizantha* en monocultivo y asociadas con kudzu bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en la Altillanura.

Pradera	Cantidad de N (kg/ha/año) según estado				
	Fertilización aplicada	Extraído planta	Cantidad retornada	Déficit (B - I)	Ineficiencia (A-J)
	A	B	I	J	K
<i>Panicum maximum</i> cv. Guinea	46	196.87	103.95	92.92	-46.92
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	46	129.63	68.44	61.19	-15.19
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	46	127.03	67.07	59.96	-13.96
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	46	173.50	91.61	81.89	-35.89
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 6387	46	314.10	165.84	148.26	-102.26
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16315	46	325.10	171.65	153.45	-107.45
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16467	46	288.20	152.17	136.03	-90.03
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124	46	163.87	86.52	77.35	-31.35
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26990	46	160.40	84.69	75.71	-29.71
Brachiaria híbrido cv. Mulato II	46	250.93	132.49	118.44	-72.44
<i>Panicum maximum</i> cv. Guinea	92	295.87	156.22	139.65	-47.65
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	92	360.10	190.13	169.97	-77.97
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	92	407.87	215.36	192.51	-100.51
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	92	300.77	158.81	141.96	-49.96
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 6387	92	471.33	248.86	222.47	-130.47

<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16315	92	555.17	293.13	262.04	-170.04
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16467	92	378.30	199.74	178.56	-86.56
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124	92	422.37	223.01	199.36	-107.36
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26990	92	459.77	242.76	217.01	-125.01
Brachiaria hibrido cv. Mulato II	92	394.37	208.23	186.14	-94.14
<i>maximum</i> cv. Guinea + kudzu	46	423.93	479.77	-55.84	101.84
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza + kudzú	46	275.23	302.52	-27.29	73.29
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania + kudzú	46	207.20	240.70	-33.50	79.50
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai + kudzú	46	263.73	265.41	-1.68	47.68
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 6387 + kudzú	46	384.83	380.69	4.14	41.86
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16315 + kudzú	46	386.60	364.22	22.38	23.62
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 16467 + kudzú	46	341.67	314.10	27.57	18.43
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124 + kudzú	46	260.13	244.21	15.92	30.08
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26990 + kudzú	46	349.33	266.01	83.32	-37.32
Brachiaria hibrido cv. Mulato II + kudzú	46	266.50	259.41	7.09	38.91
Promedio gramineas + N46	46	212.96	112.44	100.52	-54.52
Promedio gramineas + N92	92	404.59	213.62	190.97	-98.97
Promedio gramineas + kudzu + N46	46	315.92	311.71	4.21	41.79

BIBLIOGRAFIA

Abaunza, M.A.; Lascano, C.; Giraldo, H.; Toledo, J.M. 1991. Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en suelos acidos. *Pasturas tropicales* 13:2-9.

AOAC. 1984. Official methods of analysis. Association of Official analytical chemist. 16a Ed. Off. Agric. Chem. Washington. D.C. USA.

Arosemena, E.; Pezo, D.A.; Kass, D.L.; Argel, P.J. 1996. Requerimientos externos de fosforo en pasto ratana (*Ischaemum indicum*) y *Brachiaria brizantha* Stapf. *Pasturas Tropicales* 18:34-40.

Bowen W and Baethgen W. Simulation as a tool for improving nitrogen management. In: Tsuji, G.; Hoogenboom, G. y Thorton, P. Understanding options for agricultural production. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. 1.998. Pág. 189 – 204.

Burns, J.; Sollemberg, L. 2002. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm season grasses. *Crop Science* 42:873-881.

Cadish, G.; Carvalho, E.; Sueth, A. ; Vilela, L. ; Soares, W. and Spain, J. 1985. The importance of legum - fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. Embrapa - CPAC, Brasilia, Brasil. 11 p.

Cadish, G.; Schunke, R.M.; Giller, K.E. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grassland* 28:43-52.

Cantarutti, R.B. et al. 2002. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the atlantic forest of the south of Bahia, Brazil, *Nutr Cycl Agroecosyst* 64:257-271.

Cardenas, E.A. 2003. Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia, Bogota. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá. Colombia. Vol. 50 p. 20 – 24.

Carnevali, R.A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 136p.

CIAT, 1986. Calidad y productividad de pasturas. En: Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1985. Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 17p. 295 – 317.

Cochrane T.T.; Sanchez, L.F.; Porras, J.A.; Azevedo, L.G.; Garver, C.C. 1985. Land in tropical America. ISBN 8489206-39-2. CIAT, Cali, Colombia, and Embrapa/CPAC, Planaltina, DF, Brasil. Vol 1. 114p. vol. 2, pt 1, 63p. and map pt2, 36p, vol. 3, 446p.

Cruz, P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C₄ perennial grass under field conditions. *Plant and soil* 188:227-237.

Deenen, P.J.A.G.; Middelkoop, N. 1992. Effects of dung acid urine in nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass *Netherlands journal of agricultural research* 40, 469-482.

Di Marco, N.; Aello, S. 2002 Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. Unidad Integrada Balcarce. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata/INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce Argentina p.7-8.

Dubeux, J.C.B.; Solleberger, L.E.; Interrante, S.M.; Vendramini, J.M.B.; Stewart, R.L. 2006. Litter decomposition and mineralization in bahía – grass pastures managed at different intensities. *Crop. Sci.* 46:1305-1310.

Dumont B, Carrère P and D'Hour P 2002 Foraging in patchy grasslands: diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and special distribution of preferred species. *Animal Research* 51: 367-381

Euclides, V.P.B. 2001. **Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens tanzânia e braquiárias na região dos Cerrados. Campo Grande:**

Fedepalma (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite). 1979. III Conferencia sobre la Palma Aceitera. Bucaramanga noviembre 22-23.

Giller, C.L.; Cadish, M.P.; 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation; an ecological approach to agriculture plant and soil. *147*: 255-277.

Giller K.E.; Wilson, K.J. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford, UK. 313 p.

Godwin, D. C. and Jones, A. C. (1991). Modeling Plant and Soil Systems. nitrogen dynamics in soil-plant systems. *American Society of Agronomy*, 31:297--302

Gómez, M.M.; Velásquez, J.E; Miles, J.W. & Rayo, F.T. 2000. Adaptación de Brachiaria en el Piedemonte amazónico colombiano. Pasturas Tropicales. 22 (1):19

Guimaraes, P.R. 2007. Producción y comportamiento animal en pasturas de aveia eazevem, sometida a diferentes alturas de manejo (tesis). Curitiba, Brasil. Universidad Federal de Parana. 80p.

Haque, M.C. 1992. Flood hydrology. In hydrological developments in India since independence. Roorkee, India National Institute of Hydrology. Pp 151-163.

Haynes, R.; Williams, P. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Advances in Agronomy. London, England. 1993. 49: 119 – 199.

Hodgson, G.W. 1994. Theories of economic evolution. Vol. 1, 218-224.

Jaime, A. W. E.; Navas, G. Salamanca, C. R. Conde, A. 2003. Estudio detallado de suelos de la Estación Experimental CORPOICA “Sabanas” en la Altillanura Colombiana. 123p.

Jayasinghe, C.K. 1991. The role of Leguminous cover crops in soil improvement with special reference to the Nitrogen economy of Tropical Rubber soils. En: Bulletin of the Rubber Research. Institute of Sri Lanka. 28: 23-26.

Ladha, J.K.; Peoples, M.B. 1995. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Dordrecht. Netherlands: Kluwer Aca. Pub. 287p.

Lira, M.A.; Santos, M.V.F.; Dubeux JR., J.C.B. et al. 2006. Sistemas de produção de forragem: alternativas para a sustentabilidade da produção. In: REUNIAO DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, João Pessoa. Anais...João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p.491-511.

Maass, B. L.; Lascano, C.; Cardenas, E.A. 1999. La Leguminosa arbustiva *Codariocalix gyroides*. 2. Valor nutritivo y aceptabilidad en el Piedemonte Amazónico. Caqueta, Colombia. *Pasturas Tropicales*, 3:12-18.

Martha Junior, G.B.; Barioni, L.G.; Vilela, L. & Barcellos, A.O. 2004. Dimensionamento da Área de Pastagem e da Taxa de Lotação no Pastejo Rotacionado. Comunicado Técnico, EMBRAPA Cerrados Planaltina (in press).

Matthews, N.S.; Brown, R.M.; Barling, K.S.; Lovering, S.L.; Herrig, B.W. 2004. Repetitive propofol administration in dogs and cats. *J. Anim Hosp. Assoc.* 40, 255-260.

Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic press, San Diego, USA. 483 pp.

Minson, D.J. 1991. Composición química y valor nutritivo de las leguminosas forrajeras. En: leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 2. Roma. 211p.

Mora, L. S.I. 2001. Caracterización y evaluación de adaptación de una colección núcleo de *Pueraria phaseoloides* en el Piedemonte Llanero de Colombia. Villavicencio, Meta. Tesis para optar el título de zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, D.C. 122p.

Patiño, P. R. M, Fischer V., Balbinotti M., Moreno C., Ferreira E., Vinhas R.; Monks P. 2003. Comportamiento ingestivo diurno de novillos en pastejo a niveles

crescentes de suplemento energético. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1408-1418. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n6/18430.pdf>

Patiño P.R.M.; González M.K.; Porras S.F.; Salazar R. L.; Villalba S. C.; Gil B. J.; 2008. Comportamiento ingestivo diurno y desempeño de novillos en pastoreo pertenecientes a tres grupos genéticos durante dos épocas climáticas. *Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #36*. Retrieved March 3, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/3/pati20036.htm>

Peoples, M.; Herridge, D. and Ladha, J. 1995. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production?. In: Ladha, J. y Peoples, M. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Plant and soil. Symposium on biological nitrogen fixation for sustainable agriculture at the 15th congress of soil science. Acapulco, México. 1994. 174: 3 – 28.

Pirela, M.F.; Clavero, T.; Fernandez, L.; Sandoval, L. 2006. Balance del nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq) en condiciones de bosque seco tropical. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23: 80-91.

Powlson D., Jenkinson D. 1994. Quantifying inputs of non-fertilizer nitrogen into an agro-ecosystem. In: Harrison, A.; Ineson, P. and Heal, O. Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Field Methods, application and interpretation. Elsevier Applied Science. London, England. 1994. Pp. 56 – 68.

Provenza, F.D.; Pfister, J.A.; Cheney, C.D. 1992. Mechanisms of learning in diet phytoxicosis in herbivores. *Journal of range management*. 45:36-45.

Santos, D. 1993. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epiálico)

dos Campos da Mantiqueira (MG). Dissertacao – Mestrado em solos e Nutricao de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. 99p.

Santos, I.P.A., Pinto, J.C., Siqueira, J.O., Morais, A.R. e Santos, C.L. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 605-616.

Sbrissia, A.F.; 2004. Morphogenesis, tillering and herbage accumulation dynamics in *Marandu* grass under continuous stocking. Ph.D. diss. Univ. of Sao Paulo, ESALQ, Piracicaba, Brazil. 171p.

Simpson J. and Stobbs J. Nitrogen supply and animal production from pastures. In: Morley, F. *Grazing animals*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 1981. Pág. 261 – 287.

Sollenberger LE., Burns JC. 2001. The Conduct of Grazing Trials: Rationale, Treatment Selection, and Basic Measurements. Proc. 56th Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference, Springdale, AR April 21-22.

Solfanelli, P. 2002. Consumo de bovinos en pastoreo. *Revista de la Sociedad Rural de Jesús María, Córdoba. Argentina*. N°. 114: 22-33

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1990. *Principles and procedures of statistics*. 2.ed. New York: McGraw- Hill. 633p.

Thiago, L.R.S.; Gill, M, 1993. The effect of conservation method and frequency of feeding on rumen microbial activity. *Proceeding of nutrition soc.* 45, 95.

Thomas, R.J., et al. 1992. Nutrient cycling via forage litter in tropical grass/legume pastures. Mimeo. CIAT: paper. Ref.nb.620/1. Cali. Colombia. 8p.

Valentim, J.F.; Andrade, C.M.S. 2005. Tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*) a success hist adoption in sustainable cattle production systems in the weswtern Brazilian. In: proceedings of the XX International Grassland Congress. Dublin. 221p.

Vandermeer, J.H. 1996. Reconstructing biology: Genetics and ecology in the new world order. Johh Wiley & Sons, Inc. New York. 478p.

Van Niekerck, T.G.; Reuvekamp, B.F.; Van Emous, R.A. 2002. Experiences with different models of enriched cages. Proc. 11th. Eur. Poult. Conf. Bremen. 9p.

Van Soest, P. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. A rapid meted for determination of fiber and lignin. Journal of A. O. A. C. 46:830.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

Vendramini, J.; Sollenberg, L. 2007. Impact of grazing methods on forage andcattle production. Publication SS-AGR.133p.

Welch, J.G.; Smith, A.M. 1969. Effect of varying amounts of forage intake on rumination. Anim. Sci. 29:827-832.

Whitehead, D.C. 1995. Grassland Nitrogen. Ediciones CAB International, Guildford (Gran Bretaña). 397p.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil–Plant–Animal relationships. CABI Publishing. 369p.

Zanine A, Santos E, Parente H, Ferreira D e Cecon P 2006 Comportamento ingestivo de bezerros em pastos de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*. Ciência Rural volume 36(5):1540- 1545 .

Zanine, A.M.; Vieira, B.R.; Ferreira, D.J.; Vieira, A.J.M.; Lana, R.P.; Cecon, P.R. 2008. Comportamento ingestivo de diversas categorias de bovinos de raza girolanda, em pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Arq. Cienc. Vet. Zool. Unipar Umuarama 11(1):35-40.

Zeferino, C.V. 2006. Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 193p.

CAPITULO 5. DISCUSION GENERAL

La baja productividad ganadera en la Atillanura está asociada a un manejo ineficiente de los sistemas de alimentación. Por un lado, se cuenta con un restringido número de materiales forrajeros de gramíneas especialmente del género *Brachiaria* y algunas leguminosas liberadas, que han mejorado la producción ganadera de la Orinoquia; y por otro lado falta información sobre el aporte de N de las leguminosas sobre la producción de las gramíneas en comparación con el uso de fertilizantes sintéticos.

En la Orinoquia un reducido número de productores no son ajenos a las prácticas que se han promovido y empleado en otras latitudes, por tanto, utilizan fuentes de fertilización nitrogenada para el mantenimiento de las praderas, mucho del cual va a depositarse en: acuíferos superficiales, subterráneos y en la atmósfera incrementando el contenido de nitrógeno en ellos (óxido nitroso, lluvia ácida, efecto invernadero y eutrofización de acuíferos) debido a la ineficiencia de su utilización por parte de las gramíneas (Castro, 2009)

En general, para incrementar los niveles de producción y la rentabilidad en los sistemas agropecuarios, sin deteriorar el ambiente, es importante desarrollar estrategias tendientes a incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes. Esta estrategia plantea la evaluación de nuevas accesiones de *Brachiaria* sp. y *Panicum maximum* en condiciones locales de producción, sobre la hipótesis que la asociación de las gramíneas con una leguminosa, podría ser una alternativa que permite reducir la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo como fertilizante. Se reconoce que el uso de asociaciones gramínea-leguminosa, traería efectos benéficos agregados relacionados con la conservación y productividad de las praderas y la disminución de la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas,

2003). En este contexto el trabajo denominado “Eficiencia de uso de nitrógeno en pasturas de *Panicum maximum* y *Brachiaria* sp. solas y asociadas con *Pueraria phaseoloides* en la Altillanura Colombiana” aborda la evaluación y desarrollo de opciones forrajeras adaptadas a las condiciones agroecológicas de la Orinoquia Colombiana, cuyo principal propósito es adelantar estudios que permitan la selección de nuevos materiales forrajeros para que los productores puedan disponer de estos e integrarlos a los sistemas de producción, como estrategia para mejorar la producción y competitividad de los sistemas ganaderos con enfoque en la preservación de los recursos naturales, el bienestar animal, la viabilidad económica del productor con repercusiones positivas en el nivel de renta y en la calidad de vida de la sociedad en general.

5.1 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE MATERIALES DE *Brachiaria* sp. y *Panicum maximum*

Los resultados del trabajo indican que en forma general la condición climática afectó de manera significativa ($p < 0.001$) los contenidos de materia seca del forraje, la producción de biomasa seca, la cobertura del suelo, la altura de planta y la participación del kudzu en la composición botánica de las praderas de *Brachiaria* sp. y *Panicum maximum*.

5.1.1 Producción de forraje

La producción de forraje de los materiales de *Brachiaria* sp. fue significativamente mayor ($p < 0.001$) durante la época de lluvias ($2111 \text{ kgMS ha}^{-1}$) en relación con la época seca ($1375 \text{ kgMS ha}^{-1}$). De acuerdo con Bennett *et al.* (2008), niveles superiores de precipitación contribuyen al aumento de los rendimientos de materia seca y proteína cruda del forraje. De otra parte en las praderas de *Panicum maximum* la oferta de forraje fue de $867.6 \text{ kgMS ha}^{-1}$ en época seca y $1800.2 \text{ kgMS ha}^{-1}$ en época de lluvias; comportamiento debido fundamentalmente, a la respuesta de las plantas a las condiciones climáticas, ya que procesos fisiológicos

tales como: fotosíntesis, respiración, fotorespiración y evapotranspiración están influenciados por la temperatura, el régimen de precipitación y su distribución, por lo que cualquier variación de estos factores, se refleja en la producción de materia seca y la productividad de la pradera (Verdecia, *et al.* 2009).

Desde el punto de vista del manejo agronómico, los mayores rendimientos de forraje en praderas de *Brachiaria* sp. se alcanzaron con la aplicación de 92 kg.ha⁻¹ de N a las gramíneas en monocultivo (2010 kgMS.ha⁻¹), superando en forma significativa ($p < 0.001$) a la asociación gramínea-leguminosa+N46 (1635 kgMS.ha⁻¹) que presentó rendimientos promedio similares a las gramíneas fertilizadas con N46 (1584 kgMS.ha⁻¹). Estos resultados demuestran los beneficios que el nitrógeno causa sobre las praderas, al aumentar la producción de forraje (Santos *et al.*, 2009) y mejorar el valor nutritivo del pasto (Alves *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2009). En praderas de *Panicum maximum* la aplicación de 92 kgN.ha⁻¹ permitió una oferta de forraje de 1628 kgMS.ha⁻¹, seguida por la asociación gramínea-leguminosa fertilizada con 46 kgN.ha⁻¹ con 1262 kgMS.ha⁻¹ y finalmente las praderas de gramínea fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ con 1111.7 kgMS.ha⁻¹. Condición que confirma Santos *et al.*, (2002) que indican que la baja disponibilidad de nitrógeno, es uno de los factores que limitan con mayor intensidad la producción de forraje en suelos tropicales.

Entre los materiales de *Brachiaria* sp. evaluados, las accesiones más promisorias desde el punto de vista de producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315 (2040 kgMS.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (2033 kgMS.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 16467 (1864 kgMS.ha⁻¹); en contraste, los materiales con menor oferta de forraje fueron *B. brizantha* CIAT 26124 (1333.7 kgMS.ha⁻¹) y pasto Mulato II (1439.3 kgMS.ha⁻¹). Estos rendimientos son superiores a los reportados por Pérez *et al.*, (2011) en el Piedemonte del Meta, en praderas en monocultivo con cortes cada 28 días, en donde los mejores rendimientos se obtuvieron con *B. brizantha* CIAT 26124 (500.2 kgMS.ha⁻¹). Keller-Grein, Maass y Hanson (1996), al evaluar una

colección del género *Brachiaria* en pequeñas parcelas, reportan que además de *B. brizantha* cv. Toledo y *B. brizantha* CIAT 26318, se destacaron *B. brizantha* CIAT 16467, 16315 y 26124 con las mejores producciones de MS (4700 – 5800 kgMS.ha⁻¹).

Entre los materiales de *P. maximum*, los rendimientos de materia seca fueron significativamente superiores ($p < 0.05$) para los cultivares Massai (1472.8 kgMS.ha⁻¹), Mulato II (1439.3 kgMS.ha⁻¹) y Guinea (1423.3 kgMS.ha⁻¹) en relación con Mombaza (1132.9 kgMS.ha⁻¹) y Tanzania (1201.1 kgMS.ha⁻¹) que presentaron menor producción de forraje. Ramirez *et al.*, (2009) reportan que la acumulación de forraje durante el año del pasto Mombaza puede variar de 12.1 a 24.3 t.MS.ha⁻¹, concentrándose el 83% durante la temporada de lluvias. Pérez *et al.*, (2011) reportan valores inferiores de producción de biomasa de materiales forrajeros de *P. maximum* y *Brachiaria* sp. en monocultivo y asociados con kudzu tropical en condiciones del Piedemonte del Meta, posiblemente relacionados con pérdida de plantas en la pradera por alta saturación de humedad en el suelo durante la época de lluvias. En praderas de gramíneas solas, encontraron valores superiores con los pastos Massai (775,2 kgMS.ha⁻¹) seguido por Tanzania (669.6 kgMS.ha⁻¹), Guinea (571.6 kgMS.ha⁻¹) y Mombaza (563.2 kgMS.ha⁻¹). En este mismo estudio, en praderas asociadas gramínea-leguminosa la mayor producción de forraje seco se encontró en Guinea (1028.3 kgMS.ha⁻¹), Massai (693,6 kgMS.ha⁻¹), Mombaza (611.1 kgMS.ha⁻¹) y Tanzania (558,8 kgMS.ha⁻¹). Embrapa, (2001) indica que el pasto Massai por ser menos exigente a la fertilidad del suelo, requiere menos fertilización que materiales como Tanzania y Mombaza. Su desempeño y persistencia son buenos en suelos de textura mediana y arcillosa, con una producción que se acerca en condiciones experimentales a las 25 t.MS.ha⁻¹ al año

5.1.2 Cobertura del suelo

El estrés hídrico afectó en forma significativa ($p < 0.001$) la cobertura de las praderas de *Brachiaria* sp. y *P. maximum*. Las praderas de *Brachiaria* sp. presentaron un promedio general del 89.97% en época de lluvias y del 29.97% en época seca, mientras que en las praderas de *P. maximum*, la cobertura del suelo fue del 26.34% en época seca y del 90.5% en época de lluvias. Según Santos, (1993) en regiones con periodos de deficiencia hídrica marcados se observa una menor cobertura vegetal del suelo y se generan mayores riesgos de erosión, agravada por las condiciones físicas del suelo que comprometen la sostenibilidad de estos ecosistemas.

La cobertura del suelo en praderas de *Brachiaria* sp. fue afectada en forma significativa ($p < 0.05$) por el nivel de fertilización nitrogenada, mientras que para las praderas de *P. maximum* el efecto fue altamente significativo ($p < 0.001$). La aplicación de $92 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno a las gramíneas del género *Brachiaria* en monocultivo, permitió una mayor cobertura del suelo (63.5%) superando ($p < 0.001$) a los demás tratamientos. La asociación de gramíneas con leguminosas combinada con la adición de $46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N permitió una cobertura promedio de 59.5%, similar a la obtenida por gramíneas fertilizadas con $46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N con 56.4%. De otra parte, la cobertura del suelo fue significativamente superior en las praderas de *P. maximum* fertilizadas con $92 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ (62.15%) en relación con la asociación gramínea-leguminosa + N46 (58.58%) y las gramíneas fertilizadas con $46 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ (54.61%).

Entre materiales de *Brachiaria* sp. la cobertura del suelo fue significativamente diferente ($p < 0.001$), siendo superior en praderas de *B. brizantha* CIAT 16467 (65.5%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (63.2%). Entre los cultivares de *P. maximum* se destacaron los pastos Massai y Tanzania con 63.3 y 59.6% por su mayor cobertura, mientras que la menor cobertura se observó en praderas de pasto Guinea (53.9%) y del pasto Mulato II (56.88%). Passoni *et al.*, (1992), exponen que en un periodo de 12 semanas, gramíneas de *P. maximum* presentaron una

cobertura de 100%. Por su parte, Pérez *et al.*, (2011), reportan en el Piedemonte del Meta, en praderas de *Brachiaria* sp. y *P. maximum* en monocultivo, que la cobertura del suelo varió entre 72,03 y 82,22%, mientras que en praderas de gramínea - leguminosa, la cobertura del suelo varió entre 76,16 y 85,89%.

5.1.3 Altura de plantas

En general, las praderas de *Brachiaria* sp. (54.76 cm vs 31.65 cm) y *P. maximum* (60.6 cm vs. 28.4 cm) presentaron una mayor altura ($p < 0.001$) durante la época de lluvias comparado con la época seca. De acuerdo con Da Silva (2008), las variaciones que presentan las plantas en su crecimiento en épocas climáticas contrastantes son debidas a factores abióticos como la temperatura, que, estimula la actividad específica de meristemas a través de un efecto coordinado entra el proceso de división y la expansión celular. Así, cuando se somete a temperaturas crecientes, las plantas responden linealmente incrementando la tasa de aparición de hojas. Sin embargo, el déficit de agua reduce esta variable. Algunos autores señalan que el mayor crecimiento de las especies forrajeras tropicales ocurre entre los 25 y 35°C, aunque una buena eficiencia fotosintética se da cuando la temperatura se encuentra en el rango entre 15 a 45°C (Sage y Kubein, 2007). Teniendo en cuenta que las temperaturas que se presentaron durante la época seca en la zona están entre los 20 y 36°C, se infiere que el factor limitante fue la precipitación.

En la época de lluvias la altura de las gramíneas del género *Brachiaria* fue afectada en forma significativa ($p < 0.001$) por la fertilización nitrogenada. Un desarrollo significativamente superior fue observado con la aplicación de N92 (47.5 cm) en relación con los tratamientos gramínea + N46 (41.3 cm) y gramínea + leguminosa + N46 (40.7 cm), lo que confirma los resultados encontrados en la literatura (Garcez Neto, 2002; Fagundes *et al*, 2006), que observaron que la tasa de elongación se incrementó linealmente con la dosis de nitrógeno.

La altura promedio de planta en praderas de *P. maximum* no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos gramíneas + N92 (49.95 cm) y praderas asociadas de gramínea-leguminosa + N46 (44.26 cm), mientras que con el nivel más bajo de N si presentó diferencias significativas para la altura de planta (39.32 cm). Comportamiento similar al reportado por Castagnara *et al.* (2011), en relación con el efecto de diferentes niveles de N (0-40-80-160 kg ha^{-1}), sobre gramíneas forrajeras, en donde el dosel respondió cuadráticamente ($p < 0,01$) a la fertilización con N, alcanzando la mayor altura de planta a una dosis de 160 kg ha^{-1} de N, coincidiendo con los resultados obtenidos en los pastos Tanzania y Mombaza por Quadros *et al.* (2002). De acuerdo con Oliveira *et al.* (2007), en condiciones de alta disponibilidad de N, ocurre un aumento en el crecimiento de la planta, con elongación de los entrenudos, empujando a las hojas nuevas por encima de la hoja precedente y puede ocasionar entonces un aumento en la tasa de aparición de hojas. El nitrógeno estimula la producción de nuevas células, que es el medio por el cual la planta cambia de tamaño (Garcez Neto *et al.*, 2002).

Entre los materiales de *Brachiaria* sp., el *B. brizantha* CIAT 16315 (53.4 cm) superó ($p < 0.001$) a los demás materiales forrajeros, mientras que el pasto Mulato II (Testigo) presentó la menor altura de planta con 32.1 cm. Por otro lado, entre materiales de *P. maximum*, la altura de planta fue superior ($p < 0.001$) en praderas de Guinea (63.1 cm) e inferior en praderas de pasto Mulato II (32.17 cm), Massai (39.3 cm) y Tanzania (41.5 cm). Para dos Santos *et al.*, (2010), los genotipos más productivos de gramíneas forrajeras normalmente son aquellos que presentan mayor elongación de plantas. En el Piedemonte del Meta, las plantas de *P. maximum* alcanzaron una mayor altura destacándose en su orden Guinea, Massai, Mombaza y Tanzania, comportamiento similar se observó cuando se asociaron con la leguminosa kudzu tropical (Pérez *et al.*, 2011). Castagnara *et al.*, (2011), reporta una menor altura de planta del pasto Mulato en relación con los pastos Tanzania y Mombaza, coincidiendo con Souza *et al.* (2006) y con Quadros *et al.* (2002).

5.1.4 Composición botánica de praderas

La composición florística de las praderas de *Brachiaria* sp. fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre épocas del año, tanto para las gramíneas como para la leguminosa kudzu tropical en las praderas asociadas. En general las gramíneas dominaron en las praderas con valores superiores ($p < 0.001$) en época seca (98.55%) en relación con la época de lluvias (91.79%). Por su parte la leguminosa kudzu tropical representó un 8.2% de la composición botánica de las praderas época de lluvias, el cual fue significativamente superior ($p < 0.001$) al observado en época seca (0.32%). Entre los ecotipos de *Brachiaria* no se observó diferencias estadísticas ($p > 0.05$) con valores que oscilaron entre 94.1 y 97.1%; igual comportamiento se observó para la presencia de kudzu tropical asociada a diferentes praderas de gramíneas del género *Brachiaria*, que presentó valores ponderados en la composición botánica de 2.3 a 5.0%.

De otra parte, la participación de gramíneas de *P. maximum* en la composición botánica fue similar en época seca y lluviosa (87.4 vs. 84.6%), mientras que la presencia de kudzu fue restringida drásticamente por el déficit de humedad (0.15 vs. 12.6%) en época seca en relación con la época de lluvias.

En praderas de *P. maximum* la composición botánica presentó una dominancia de las gramíneas con valores promedio de 88.85 y 88.63%, respectivamente, para las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ y con 46 kgN.ha⁻¹, que superaron de manera significativa ($p < 0.001$) a la gramínea presente en las asociaciones gramínea-leguminosa (80.85%). En forma general el kudzu tropical representó el 19.15% de la composición botánica de las praderas asociadas gramínea-leguminosa. Los resultados son similares a los encontrados en la literatura, Garcez Neto *et al.* (2002), evaluaron el efecto de cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) sobre el pasto Mombaza y observaron su importancia en el aumento de la tasa de emisión de hojas.

5.1.5 Contenido nutricional del forraje de materiales de *Brachiaria sp.* y *Panicum maximum*

La composición nutricional de las accesiones de *Brachiaria sp.* y de *P. maximum* evaluadas presentó variaciones con la época del año. En la temporada de lluvias, la fertilización nitrogenada contribuye a mejorar la calidad de la pradera en razón a que el meristemo apical se convierte en un fuerte sumidero de nutrientes, como el N, el cual juega un papel importante en la producción de nuevas hojas y tallos (Fagundes *et al.*, 2006, Moraes *et al.*, 2006). Entre las praderas de *Brachiaria sp.* el contenido promedio de materia seca (MS) (50.79% vs. 25.52%), al igual que las concentraciones de FDN (67.92% vs. 59.26%) y FDA (36.34% vs. 27.11%) del forraje fueron significativamente mayores ($p < 0.001$) durante la época seca en relación con la época de lluvias, mientras que los contenidos de proteína cruda (PC) (4.39 vs. 11.29%) y la degradabilidad del forraje (52.82 vs. 77%) fueron significativamente superiores ($p < 0.001$) durante la época de lluvias. Igual comportamiento se observó entre praderas de *Panicum maximum*, en donde el contenido promedio de materia seca (MS) (51.0 vs. 27.1%), fibra en detergente neutro (FDN) (69.3 vs. 62.4%), y fibra en detergente ácido (FDA) (41.4 vs. 30.2%) en el forraje fueron significativamente mayores ($p < 0.001$) durante la época seca en relación con la época de lluvias, y los contenidos de proteína cruda (PC) (11.2 vs. 4.7%) y la degradabilidad del forraje (73.9 vs. 51.8%) fueron significativamente superiores ($p < 0.001$) durante la época de lluvias. Este comportamiento puede estar asociado a una mayor participación del follaje de los pastos en respuesta a la aplicación de N, en general, durante la estación lluviosa comparada con la temporada de sequía (Alvim *et al.*, 1996).

Las praderas de *Brachiaria sp.* respondieron positivamente a la fertilización con N en términos de contenido nutricional ($p < 0.001$). Según França *et al.*, (2007) la fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo del forraje, promoviendo variaciones en la composición química de la materia seca de las plantas. El tratamiento gramíneas+N92 presentó valores significativamente

($p < 0.001$) superiores de PC (9.55%) y degradabilidad del forraje (65.7%), y los menores contenidos de materia seca (37.05%), FDN (61.97%) y FDA (30.55%) en relación con la respuesta de gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ y las gramíneas asociadas con kudzu y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹.

Las praderas de *P. maximum* fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ presentaron valores significativamente ($p < 0.001$) superiores de PC (9.68%) y degradabilidad del forraje (63.86%), menores contenidos de materia seca (37.02%) y valores similares ($p > 0.15$) de FDN (65.6%) y FDA (35.6%) a los observados en gramíneas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. El forraje de las praderas asociadas y fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ presentó los valores más altos de MS (41.7%), FDN (67.0%) y FDA (36.4%) y en consecuencia los menores niveles de PC (7.0%) y degradabilidad del forraje (61.6%). Un comportamiento similar fue reportado por Cecato *et al.* (2001) que aseguran que el nitrógeno proporciona un aumento de la proteína cruda, y reducción de la FDN y FDA en la MS del forraje producido. La fertilización nitrogenada tiene influencia sobre el valor nutritivo de los forrajes, al promover cambios en la composición química de la MS de la planta (França *et al.*, 2007). Castagnara *et al.* (2011) indican que los contenidos de FDN son influenciados significativamente por la dosis de N ($p < 0,01$) y los forrajes ($p < 0,01$), pero sin importancia para la interacción ($p > 0,05$).

Las accesiones *B. brizantha* CIAT 26990 y CIAT 6387 presentaron los mayores ($p < 0.001$) contenidos de materia seca del forraje con valores de 43.53 y 51.75%, respectivamente, mientras que el pasto Mulato II (control) presentó un valor de 37.06%. Los cultivares Massai (43.4%), Mombaza (41.8%) y Tanzania (39.0%) presentaron contenidos de materia seca significativamente superiores ($p < 0.001$), mientras que el pasto Guinea (35.0%) fue similar al testigo Mulato II (37.0%).

En relación con los contenidos de proteína cruda, se destacaron los materiales *B. brizantha* CIAT 16315 (8.34%) y CIAT 26124 (8.06%) que no presentaron

diferencias significativas con el pasto Mulato II (8.18%), pero si con los demás materiales evaluados ($p < 0.001$). Gomez *et al.* (2011) al evaluar varios materiales de *Brachiaria* spp. en México, encontraron que la media de proteína cruda (PC) fue 7.6 % con una degradabilidad de la MS del 65.1%. Cuadrado *et al.* (2004) alcanzaron entre 9 y 12% de PC en el forraje de accesiones de *B. brizantha*, condición que fue determinada por los niveles de fertilización empleados después de cada rotación. Resultados como los del estudio son normales para gramíneas tropicales y se pueden considerar satisfactorios si se tiene en cuenta las condiciones del estudio. Según Anon (2005), en este tipo de plantas, la PC debe oscilar entre 8 a 18%, de acuerdo con la edad, el nivel y tipo de fertilización.

Entre las praderas de *P. maximum* se destacó el pasto Guinea (9.6%) que fue significativamente superior ($p < 0.001$) a los demás materiales; mientras que Tanzania (7.5%) y Mombaza (8.0%) presentaron los niveles inferiores de PC, y fueron superados por el Mulato II (8.18%). Al norte de Veracruz (México), Juárez *et al.*, (2009) reportaron contenidos medios de PC de 8,1% en *P. maximum*. En Minas Gerais, Brasil, Vasconcelos *et al.* (2009) reportaron 7,0% de PC a los 50 días de rebrote de Mombaza. También en Brasil, Balsalobre (2002) encontró valores de PC que van desde 11,4 al 14,6% para Tanzania. En Brasil (Mesquita y Neres, 2008) encontraron valores medios de 15,2 y 14,6% para Mombaza y Tanzania, respectivamente. En general, el contenido de PC de cultivares de *P. maximum* en este estudio fueron similares a los reportados en América del Sur y en México.

Los contenidos de FDN fueron significativamente diferentes ($p < 0.001$) entre materiales de *Brachiaria* sp., sobresaliendo con las menores concentraciones las accesiones *B. brizantha* CIAT 26124 (60.15%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (62.4%), mientras que las accesiones *B. brizantha* CIAT 26990 (67.02%) y *B. brizantha* CIAT 6387 (64.78%) expresaron los mayores contenidos de FDN. Gerdes *et al.* (2000) encontró para Marandú fertilizado con 100 kgN.ha⁻¹ niveles promedio de

FDN de 65,42%. Al comparar los contenidos de FDN entre cultivares de *P. maximum* y pasto Mulato II, se encontró valores similares para Mulato II (63.4%), Tanzania (64.3%) y Guinea (64.8%), materiales con los niveles inferiores, mientras que, Massai (69.8%) y Mombaza (67.0%) mostraron los niveles significativamente superiores de FDN. A pesar de la gran productividad de las gramíneas tropicales, a medida que avanza el desarrollo vegetativo ocurre una drástica disminución del valor proteico y un aumento en los contenidos de fibra, asociado al aumento de lignina, limitando la producción de carne y leche (Euclides, 2001).

Los contenidos de FDA de los materiales forrajeros fueron afectados de manera significativa ($p < 0.001$) por los niveles de fertilización nitrogenada. Los valores más bajos de FDA se encontraron en el forraje de *B. brizantha* CIAT 26124 (29.86%), Mulato II (30.99%), *B. brizantha* CIAT 26990 (31.62%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (31.87%), mientras que los niveles significativamente superiores ($p < 0.001$) fueron para *B. brizantha* CIAT 6387 (33.66%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (32.36%). Gomez *et al.* (2011) reportan una media para FDA de 42.8% en materiales de *Brachiaria spp.*, además afirma que pastos con una mayor eficiencia de crecimiento tienden a tener mayor calidad nutritiva (Cid *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009). Por su parte el pasto Mulato II (30.9%) sobresalió con el nivel significativamente inferior de FDA, en relación con todos los materiales de *P. maximum* que presentaron niveles similares ($p > 0.15$) de FDA. Gómez *et al.* 2011, al evaluar varios materiales de *P. maximum* en México, encontraron que la media de proteína cruda fue 8.7%, la degradabilidad de la MS de 59.7% y la fibra detergente ácido (FDA) 47.6 %.

La degradabilidad del forraje fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre materiales de *Brachiaria sp.* y *P. maximum*. Entre los materiales de *Brachiaria sp.* se destacaron por su mayor degradabilidad ($p < 0.001$) las accesiones *B. brizantha* CIAT 26124 (69.12%) y *B. brizantha* CIAT 16315 (66.28%) y la menor degradabilidad del forraje se encontró en las accesiones *B. brizantha* CIAT 6387

(62.08%), *B. brizantha* CIAT 26990 (62.23%) *B. brizantha* CIAT 16467 (64.45%) que fueron similares estadísticamente ($p > 0.15$) al pasto Mulato II (65.31%). Al respecto, Mena *et al.*, (2007) al sur de Veracruz (México), encontraron a los 30 días de rebrote que las hojas y tallos de *B. brizantha* presentaron una DIVMS de 51,3% en época seca y el 28,2% en época de lluvias, valores que son inferiores a los encontrados en el presente estudio para esta especie.

La degradabilidad del forraje fue significativamente diferente ($p < 0.001$) entre cultivares de *P. maximum* y el testigo Mulato II. En este sentido, dos Santos *et al.*, (2011), reportan diferencias entre genotipos de *P. maximum* para la digestibilidad in vitro de la materia seca a diferentes edades de corte, demostrando un gran efecto genético sobre ese parámetro. El pasto Mulato II (65.3%), Tanzania (63.5%) y Massai (62.8%) presentaron los valores más altos, mientras que Mombaza (60.4%) y Guinea (62.4%) la menor degradabilidad del forraje. Costa *et al.*, (2001), en Pará (Brasil), encontró que la digestibilidad in vitro de MS de *P. maximum* cv. Tobiata fue del 60% para las hojas y del 56% en los tallos. De otra parte dos Santos *et al.*, (2011) en una evaluación de materiales de *P. maximum*, indican que el cultivar Massai presentó menores valores de digestibilidad in vitro de la materia seca a los 30 días, comportamiento que puede estar asociado a una menor elongación del tallo y a que mantiene una mayor proporción de hojas.

5.1.6 Aceptabilidad relativa de nuevas gramíneas forrajeras por bovinos en pastoreo en la Altillanura Colombiana

La evaluación y desarrollo de materiales forrajeros para ecosistemas específicos involucra desde la introducción del nuevo germoplasma a una localidad hasta la evaluación bajo pastoreo de las pasturas seleccionadas (CIAT, 1986; Cárdenas 2003). La aceptabilidad de las plantas forrajeras por el animal es considerada la mayor limitante en la producción animal ya que su consumo normalmente está asociado a características propias de las plantas o a factores de manejo de las praderas. En consecuencia, la evaluación y desarrollo de especies forrajeras no

puede prescindir de la utilización de animales, que tiene como propósito básico hacer que los resultados obtenidos sean más representativos de las condiciones de los sistemas de producción.

5.1.6.1. Comportamiento de bovinos en pastoreo sobre nuevos materiales forrajeros

En general durante el periodo de evaluación se observó que los animales destinaron entre el 67 y 71% del total de tiempo (7am a 3pm) para actividades diferentes al consumo de los materiales forrajeros y que apenas entre el 29 y 33% del tiempo lo dedicaron al pastoreo de los forrajes. Según Guimarães, (2007), la actividad diaria de un bovino en pastoreo se distribuye en periodos de pastoreo, rumia, bebida y ocio. Provenza, (1992), afirma que los componentes de la ingestión voluntaria de alimento en bovinos son: los tiempos de pastoreo, rumia, bebida, ocio, tasa y masa del bocado.

En la evaluación se observó que durante el primer día, los animales dedicaron mayor tiempo al pastoreo de los materiales forrajeros, con una mayor selección de *P. maximum* cv. Guinea, que es consumido rápidamente debido posiblemente a la alta palatabilidad del forraje, condición que cambia para los días 3 y 4. Además del pasto Guinea los bovinos seleccionaron en su orden al pasto Mulato II, *B. brizantha* CIAT 16315, Massai y Mombaza. En las praderas, la altura, la densidad, las partes de la planta, la composición botánica y la disponibilidad, son factores que afectan la ingesta y digestión de las plantas forrajeras y que directamente influyen sobre el comportamiento de consumo voluntario de los herbívoros (Sollenberger y Burns, 2001). Además, dos especies de gramíneas manejadas con alturas similares pueden presentar disponibilidad de forraje y características estructurales diferentes, promoviendo alteraciones en el comportamiento de los animales en pastoreo (Graselli, 2002; Sbrissia, 2004).

Se constato que los bovinos en condiciones experimentales normalmente consumieron forraje por un periodo de tiempo de 30 a 45 minutos y posteriormente realizaron la rumia por 1.5 a 2.5 horas, para nuevamente iniciar un ciclo de ingesta de alimentos. En términos generales, Di Marco y Aello (2002) afirman que el tiempo de pastoreo diario de un vacuno, varía entre 8 a 10 h con una tasa de bocados de 35 a 45 bocados por minuto, que coinciden con los resultados de este trabajo. En forma coincidente, Patiño *et al.*, (2003) observaron tiempos diurnos de rumia total entre 68 y 133.8 minutos cuando evaluaron el comportamiento de consumo voluntario de novillos tipo carne.

Las horas de mayor actividad de pastoreo se inició hacia las 10:30 am, extendiéndose hasta las 3:00 pm, con un pico de consumo entre las 11:00 am y 12:00m, contrario a lo que se ha encontrado en diversos estudios que indican que cuando se presentan temperaturas elevadas durante el día, el consumo de forraje disminuye siendo las condiciones ambientales específicas, las que determinan los hábitos alimenticios del ganado bovino. Zanine *et al.* (2006), indican que animales en pastoreo poseen la habilidad para modificar su comportamiento, en respuesta a los cambios del ambiente, lo cual determina en alto grado el bienestar en la búsqueda de los recursos alimenticios. Además, Welch y Smith (1969) y Van Soest, *et al.* (1992), afirman, que existe una tendencia al aumento en los tiempos de rumia, cuando los componentes fibrosos de la pared celular de los forrajes se incrementan.

5.1.6.2. Índice de aceptabilidad relativa (IAR)

En este estudio se observó que el forraje más consumido por los bovinos fue *P. maximum* cv. Guinea con un IAR de 3.11, seguido por el pasto Massai (1.30), Mulato II (1.22), *B. brizantha* CIAT 16315 (1.06) y Mombaza (0.98). Posteriormente la reducción en la oferta de forraje de materiales como el pasto Guinea, aparentemente generó un cambio en los hábitos de consumo de los bovinos reflejado en un incremento en la frecuencia de pastoreo de otros materiales. Los

menores IAR se encontraron para materiales como *B. brizantha* CIAT 26124, *B. brizantha* CIAT 16467 y Tanzania. Comportamiento que coincide con los reportes de Abaunza *et al.* (1991), en suelos ácidos del Cauca que indican que, gramíneas de crecimiento erecto como *Andropogon gayanus*, *Paspalum plicatulum*, *Hyparrhenia rufa* y *Panicum maximum* fueron más utilizadas por los animales en relación con especies como *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* (81% vs. 49%). Así mismo, Gómez *et al.*, (2000) en Caqueta reportan valores superiores a los encontrados en este estudio con IAR de 1.42, 0.93, 0.98, 0.87, y 1.53, para las accesiones de *Brachiaria brizantha* CIAT 26124, 16467, 16315, 6387 y pasto Mulato II, respectivamente. Para Thiago y Gill (1993) las variaciones en el consumo resultan de una interacción compleja, la cual incluye el recurso forrajero, la microflora ruminal y el animal, por su parte Walker (1995), afirma que la selección del recurso forrajero es un proceso clave que influye en el estado nutricional del animal, esto refuerza la importancia de la selectividad de la pradera para el desempeño animal.

A pesar de la variación morfológica significativa de las especies evaluadas, los resultados demuestran la importancia que la estructura del follaje tiene en la acumulación y el valor nutricional del forraje producido y en consecuencia, sobre el comportamiento de consumo y el rendimiento de los animales de pastoreo (Carnevalli, 2003; Silva, 2004; Barbosa, 2004; Zeferino, 2006; Pedreira, 2006). Es obligado un manejo adecuado con conocimiento de causa, desde la misma selección de las especies, para evitar los efectos de competencia que provoquen el dominio o desplazamiento de algunos componentes botánicos, y manejo posterior para mantenerlos estables en el tiempo y el espacio en la pradera (Hernández *et al.* 2005). Especies con diferentes hábitos de crecimiento significan diferentes sistemas de pastoreo, tiempo de reposo, explotación, condiciones de vida, fundamentales para mejorar la eficiencia de producción de sistemas ganaderos en pasturas tropicales.

5.1.7 Contenido de nitrógeno

En época de lluvias se observó que el contenido de N en el forraje fue significativamente superior ($p < 0.05$) en gramíneas + N92 (2.23%), en relación con gramínea + N46 (1.57%) y gramínea + leguminosa + N46 (1.59%), las cuales no mostraron diferencias entre sí ($p > 0.05$). En la época seca el contenido promedio de nitrógeno total no fue significativamente diferente ($p > 0.05$) entre los tratamientos gramíneas + N46 (1.33%), gramínea + N92 (1.85%) y gramínea + leguminosa + N46 (1.34%). En términos generales, el contenido de nitrógeno total en el forraje de gramíneas forrajeras fue mayor durante la época de lluvias (1.80%) comparado con la época seca (1.51%).

Durante la época de lluvias se destacaron con el mayor contenido de N total las gramíneas fertilizadas con N92, como pasto Guinea (2.60%), *B. brizantha* CIAT 16315 (2.33%), Mombaza (2.30%), *B. brizantha* CIAT 26124 (2.30%) y *B. brizantha* CIAT 26990 (2.23%), mientras que niveles inferiores se observaron cuando las gramíneas fueron fertilizadas con N46, en particular en materiales como pasto Massai (1.37%), Tanzania y *B. brizantha* CIAT 16467 (1.40%). Arosemena *et al.* (1996) reportan niveles promedio de N total en el forraje de *Brachiaria brizantha* de 2.98%, que supera los contenidos encontrados en este estudio.

En la época seca se destacaron las praderas de Guinea (1.23%) con la aplicación de N92 que superó en forma significativa el nitrógeno total de las demás praderas manejadas con diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Un nivel intermedio de nitrógeno total se encontró en el forraje de materiales como *B. brizantha* CIAT 16315 (0.93%), *B. brizantha* CIAT 26124 y Mulato II (0.90%), Mombaza (0.83), Tanzania (0.80%) *B. brizantha* CIAT 26990 (0.8%) y *B. brizantha* CIAT 16467 (0.77%) fertilizadas con N92, que no presentaron diferencias significativas con pasto Guinea (0.93%) y Mombaza (0.77) fertilizado con N46, ni con Mombaza

(0.77%) y Guinea (0.73%) cuando se asociaron con la leguminosa *P. phaseoloides* + N46.

El contenido anual de N total fue superior en praderas fertilizadas con 92 kg ha⁻¹ de nitrógeno, especialmente en los materiales Guinea (2.23%), *B. brizantha* CIAT 16315 (1.95%), *B. brizantha* CIAT 26124 (1.92%) y Mombaza (1.90%). van Niekerk *et al.* 2002, reportan niveles de nitrógeno total de 2.4, 2.6 y 2.9% en el forraje de *P. maximum* cv. Gatton fertilizado con 0, 75 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente. Cadish *et al.* (1994) estiman que el déficit anual de N, en gramíneas tropicales cultivadas en suelos ácidos, es de 60 a 100 kg ha⁻¹. En consecuencia, para mantener la sustentabilidad de producción, es necesario realizar el mantenimiento con fertilización nitrogenada de las praderas. Los resultados coinciden con los reportes de Werner *et al.* (1996), quienes proponen fertilizaciones de mantenimiento de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N dependiendo de la especie forrajera y el grado de exigencia nutricional de los animales.

Entre las asociaciones, los pastos Guinea y *B. brizantha* CIAT 16315 asociadas con kudzu tropical combinada con la adición de 46 kg ha⁻¹ de N, mostraron los mayores niveles de N total con valores de 1.48 y 1.39%, respectivamente. Por su parte con la aplicación de 46 kg ha⁻¹ de N, materiales como Guinea, Mulato II y *B. brizantha* CIAT 16315 presentaron los niveles más altos de N total con 1.66, 1.52 y 1.43%, respectivamente. Sánchez (2000) encontró niveles de N total en el forraje de *B. brizantha*, Mulato y Guinea de 1.6, 1.84 y 1.76%, respectivamente; así mismo Rincón *et al.* (2012) en el Piedemonte llanero, reporta valores de nitrógeno total de 1.36 y 1.61 en el forraje de *B. decumbens* cuando se manejó con 0 y 100 kg N ha⁻¹, respectivamente, estudios con valores muy similares a los observados en el presente trabajo.

5.1.8 Aplicación del modelo de simulación de balance de nitrógeno

En relación con la cantidad de N aportado anualmente por cada una de las praderas, la aplicación de 92 kg ha^{-1} de nitrógeno, permitió un mayor aporte de N en la biomasa forrajera de las gramíneas *B. brizantha* CIAT 16315 (555.17 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 6387 (471.3 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 26990 (459.77 kg ha^{-1}), *B. brizantha* CIAT 26124 (422.37 kg ha^{-1}), Tanzania (407.87 kg ha^{-1}) y Guinea + kudzu fertilizado con 46 kg ha^{-1} de N (423.92 kg ha^{-1}). De otra parte, las praderas fertilizadas con 46 kg ha^{-1} de N presentaron la menor cantidad anual de N aportado especialmente cuando se analizaron los materiales Tanzania y Mombaza (127.03 y 129.63 kgN. ha^{-1}). Este comportamiento demuestra que la cantidad de nitrógeno aportado anualmente está asociada al incremento en la oferta de forraje y calidad nutricional del forraje como respuesta a niveles crecientes de N en la fertilización. Pirela *et al.* (2006) observaron que con la aplicación de 100 kg N. ha^{-1} la cantidad removida fue de 268,6 kgN. ha^{-1} . año^{-1} , nivel menor al encontrado en este estudio.

Entre las asociaciones de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN. ha^{-1} , se destacaron por su mayor aporte de N, las praderas de Guinea + kudzu (423.93 kg N. ha^{-1}) seguido por *B. brizantha* CIAT 16315 + kudzu (386.6 kgN. ha^{-1}) y *B. brizantha* CIAT 6387 + kudzu (384.84 kgN. ha^{-1}), resultado asociado a una mayor presencia de la leguminosa en la composición botánica de la pradera. La mayor participación del kudzu en las praderas asociadas con las gramíneas Guinea, *B. brizantha* CIAT 6387, *B. brizantha* CIAT 16315 y Mombaza representó un aporte superior de N del orden de 255.9, 177.5, 160.1 y 157.2 kg. ha^{-1} , respectivamente, resultados que demuestran la importancia de la inclusión de la leguminosa asociada con gramíneas como estrategia de suministro de N. Según Cantarutti *et al.*, 2002, una forma de promover un ciclo más eficiente de nutrientes es tener una mejor calidad de los residuos vegetales, mediante el establecimiento de praderas de gramíneas y leguminosas mixtos o la fertilización de los pastos (Dubeux *et al.*, 2006). Si se considera que la economía de la fertilización de los pastos en los países tropicales en desarrollo, no ha sido favorable en los últimos años (Martha *et al.*, 2004), la inclusión de una leguminosa forrajera en la pradera pura sigue

siendo la mejor opción para mejorar la calidad del suelo (Cantarutti *et al.*, 2002, Dubeux *et al.*, 2006, Lira *et al.*, 2006).

En el estudio las praderas fertilizadas con N92 aportaron 404.59 kgN.ha⁻¹, mientras que las asociaciones gramínea + leguminosa fertilizadas con N46 aportaron 315.92 kgN.ha⁻¹, de los cuales 171.01 kgN.ha⁻¹ (54.13%) provinieron del forraje de la gramínea y 144.9 kgN.ha⁻¹ (45.87%) de la leguminosa kudzu tropical, por su parte las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ aportaron 212.96 kgN.ha⁻¹. La asociación de la leguminosa kudzu tropical con las gramíneas representó un aporte del 48.3% (102.96 kgN.ha⁻¹) de N adicional sobre las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹. Estos datos son superiores a los reportados por Minson (1990) quien observó que al asociar praderas con *Lotus corniculatus* se favoreció la oferta del N debido al mayor contenido del N en la dieta, con incrementos del orden del 20%. Diversos autores reportan casos exitosos recientes de pasturas de gramíneas y leguminosas con especies como *Desmodium ovalifolium* (Cantarutti *et al.*, 2002), *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides* (Valentim y Andrade, 2005) en asociación con diferentes especies de *Brachiaria*.

En relación con la ingesta de N por el animal se observó un aporte promedio significativamente ($p < 0.05$) superior de N en las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ (161.83 kgN.ha⁻¹), seguido por las praderas de gramínea + leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (126.36 kgN.ha⁻¹) y finalmente las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ (85.18 kgN.ha⁻¹). Entre las praderas con aportes significativos ($p < 0.05$) de N para los animales se destacaron materiales fertilizados con 92 kgN.ha⁻¹ como *B. brizantha* CIAT 16315 (222.07 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (188.53 kgN.ha⁻¹), y *B. brizantha* CIAT 26990 (183.91 kgN.ha⁻¹), además la asociación Guinea + kudzu + N46 (169.56 kgN.ha⁻¹). De igual forma, las praderas de *B. brizantha* CIAT 16315 (22.21 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (18.85 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (18.39 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (16.96 kgN.ha⁻¹) suministraron la mayor cantidad de N para la

producción animal. Mientras que, los menores aportes de N para la producción animal se observaron en las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ de Tanzania (5.08 kgN.ha⁻¹), Mombaza (5.18 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (6.42 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (6.56 kgN.ha⁻¹).

La excreción del N por su parte, también fue superior en praderas fertilizadas con 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, destacándose *B. brizantha* CIAT 16315 (199.87 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (169.67 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (165.5 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (152.63 kgN.ha⁻¹), mientras que la menor excreción de N se observó en praderas de Tanzania (45.73 kgN.ha⁻¹), Mombaza (46.63 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (57.73 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (59 kgN.ha⁻¹). Se estima que los animales en pastoreo excretan del 85 al 90% del nitrógeno ingerido, pero esta ineficiencia es aparentemente corregida porque las pasturas son usualmente muy eficientes en capturar el nitrógeno aplicado como fertilizante o fijado por leguminosas, estimándose en zonas templadas que del nitrógeno aplicado, es removido por la pastura entre 300 a 400 kg de N por hectárea por año (Di, *et al.*, 1998).

El reciclado interno de N fue mayor en praderas fertilizadas con 92 kg.ha⁻¹ de nitrógeno como *B. brizantha* CIAT 16315 (166.57 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 (141.4 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (137.9 kgN.ha⁻¹) y la asociación Guinea + kudzu + N46 (127.17 kgN.ha⁻¹). Así mismo, el menor reciclaje interno de N se observó en praderas de Tanzania (38.1 kgN.ha⁻¹), Mombaza (38.9 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (48.13 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (49.13 kgN.ha⁻¹). Es importante señalar el efecto marcado de los niveles de nitrógeno, el cual se traduce en un aumento considerable de la remoción de nitrógeno, posiblemente debido a la capacidad que tiene el nitrógeno de acelerar la tasa de crecimiento de la planta a través de las transformaciones y síntesis de carácter bioquímico (Bokhari y Singh, 1975; Crespo y Rodriguez, 1975).

En relación con el N total reciclado por la planta, se encontró que las asociaciones gramínea+leguminosa+N46 (311.69 kgN.ha⁻¹) presentaron un promedio significativamente superior ($p<0.05$) en relación con las gramíneas fertilizadas con N92 (213.62 kgN.ha⁻¹) y N46 (112.44 kgN.ha⁻¹), destacándose por su mayor reciclaje, las praderas de Guinea + kudzu (479.73 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 6387 + kudzu (380.87 kgN.ha⁻¹), y *B. brizantha* CIAT 16315 + kudzu (364.2 kgN.ha⁻¹). Las asociaciones con mayores tasas de devolución de N presentaron una mayor proporción de leguminosa en la composición botánica especialmente durante la época de lluvias.

Entre las praderas fertilizadas con N46 se observó menor reciclaje total de N, en Tanzania (67.1 kg N.ha⁻¹), Mombaza (68.43 kgN.ha⁻¹), *B. brizantha* CIAT 26990 (84.70 kgN.ha⁻¹) y *B. brizantha* CIAT 26124 (86.5 kgN.ha⁻¹). Según Cardenas (2003) la cantidad de N fijado por la leguminosa y su comportamiento proporcional dentro de la asociación es muy importante, ya que favorece un mayor reciclado del N dentro del sistema, comportamiento que se confirma en este estudio. El uso de la asociación gramínea-leguminosa trae efectos benéficos en la conservación y productividad de las praderas y disminuye la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003; Castro, 2004).

El impacto ambiental generado por los fertilizantes nitrogenados por volatilización de compuestos derivados de la fertilización o por lixiviación de alguno de sus componentes ha sido documentado por autores como Whitehead (1995), JICA (2000), Cárdenas (2003) y Murgueitio (2003). Debido a que no todo el N que se aplica es utilizado por las plantas, gran parte de este elemento se pierde por lixiviación e ingresa en forma de nitrito a los ríos y aguas subterráneas ocasionando problemas a largo plazo de contaminación e impacto sobre la salud pública o por volatilización en forma de óxido nitroso, aumentando el efecto invernadero de la atmósfera (Whitehead, 1995; Kohn *et al.*, 1997; Meyer, 2000).

5.1.9 Balance de nitrógeno

En el presente estudio, la interacción genotipo x nivel de fertilización nitrogenada fue significativamente diferente ($p < 0.05$) para el balance de nitrógeno. Al comparar el promedio general de las praderas manejadas con tres niveles de fertilización nitrogenada se observó un balance negativo, siendo significativamente superior ($p < 0.05$) en las praderas fertilizadas con 92 kg ha^{-1} de nitrógeno ($190.96 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año), seguido por las praderas fertilizadas con 46 kg ha^{-1} de N ($100.52 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año) y las praderas asociadas gramínea + leguminosa + 46 kg ha^{-1} de N (4.21 kg ha^{-1} de N al año). Estos resultados confirman que la leguminosa como especie componente de una pradera de gramínea, representa ventajas competitivas frente a las praderas puras de gramíneas, ya que reduce o suprime la aplicación de fertilizantes nitrogenados, aumenta el rendimiento y la calidad de la biomasa y de la oferta de la dieta (Mora, 2001).

En las asociaciones gramínea + leguminosa + 46 kg ha^{-1} de N se destacaron las praderas de Guinea+kudzu ($-55.84 \text{ kg ha}^{-1}$ de N), Tanzania + kudzu ($-33.50 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año), Mombaza + kudzu ($-27.29 \text{ kg ha}^{-1}$ de N al año), y Massai + kudzu (-1.68 kg ha^{-1} de N al año) que presentaron un balance positivo (-), en las demás asociaciones la gramínea no recibió el aporte necesario de N de la leguminosa, por lo que debió utilizarse N extra (proveniente del mineralizado en el suelo o fijado por las excretas secas), que representó un déficit en el sistema con faltantes que variaron entre 4.1 y 83.3 kg ha^{-1} de N al año. Resultados similares han sido obtenidos por Whitehead (1995) en pasturas de ryegrass asociadas con tréboles en suelos bien drenados donde los aportes de N varían entre 39 y $130 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. En este estudio, aunque no todas las asociaciones gramínea + leguminosa alcanzaron un balance de N positivo en el sistema, la presencia de la leguminosa permitió aportes considerables de N, aspecto fundamental en la reducción de la dependencia de fuentes inorgánicas de nitrógeno como la urea para garantizar el suministro de este nutriente a las praderas, con efectos importantes en la

reducción de costos de producción y la sostenibilidad ambiental de los sistemas de ganadería bovina. Lo anterior confirma la viabilidad de esta tecnología para aumentar la cantidad de N circulante, con lo cual se mejora la calidad de la hojarasca, la calidad del suelo y la productividad animal.

De otro lado, en las praderas fertilizadas con 46 kg.ha⁻¹ de N el faltante fue de 59.9 a 153.4 kgN.ha⁻¹ al año y en praderas en monocultivo fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ el déficit osciló entre 169.9 a 262.0 kgN.ha⁻¹ al año. Los resultados indican que el conjunto de medidas de manejo agronómico de las especies forrajeras pueden generar niveles elevados de N en el suelo.

Los resultados sugieren que las praderas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹año⁻¹ presentaron mayor ineficiencia para la provisión del N requerido, demandando en promedio 98.97 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales, en relación con las praderas de gramínea fertilizadas con 46 kg N.ha⁻¹año⁻¹ que demandaron 54.5 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales, comportamiento diferente al observado en las asociaciones gramínea + leguminosa + 46 kgN.ha⁻¹año⁻¹ que aportaron en promedio 41.79 kgN.ha⁻¹año⁻¹ al sistema. En general, todas las asociaciones de gramínea – leguminosa fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ aportaron entre 18.43 y 101.84 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales al sistema, con excepción de la pradera de *B. brizantha* CIAT 26990 + kudzu con -37.32 kgN.ha⁻¹año⁻¹. Entre las praderas fertilizadas con 46 kgN.ha⁻¹ la ineficiencia varió entre -13.9 y -107.4 kgN.ha⁻¹.año⁻¹; y las praderas de gramíneas fertilizadas con 92 kgN.ha⁻¹ demandaron entre -47.6 y -170.0 kgN.ha⁻¹año⁻¹ adicionales. En la asociación de gramíneas con leguminosas el mayor beneficio se recibe del N por la continua actividad nitrificante de las bacterias de los nódulos radiculares (Fedepalma, 1979). Se sabe que las leguminosas tropicales con un crecimiento medio, fijan entre 20 y 80 Kg N.ha⁻¹año⁻¹, y en el caso específico de *P. phaseoloides* fija 99 kgNha⁻¹año⁻¹ (Jayasinghe, 1991). En coberturas de *P. maximum* solo y asociado con *P. phaseoloides* en las calles de un cultivo comercial de *Hevea* sp., la presencia de la leguminsa mejoro la producción y

calidad (concentración de N, P, Mg y Ca) del *P. maximum* (Waidyanatha *et al.* (1982)

De manera general este estudio evidencia que la introducción de leguminosas en sistemas predominantes de gramíneas puras, es una de las tecnologías más viables para ser apropiada por los productores en el contexto de un mejoramiento sostenible de pasturas, dado que permite mejorar la producción de biomasa, la calidad de la dieta, la calidad del suelo, la retención del nitrógeno en el animal, así como también la reducción de pérdidas de nitrógeno dentro de su ciclo. De otra parte, refleja la importancia de un manejo racional de los fertilizantes nitrogenados, mediante el diagnóstico y conocimiento del grado de respuesta de las especies forrajeras en función de los procesos estructurales de ganancias y pérdidas de nutrientes del sistema suelo- planta. A medida que se detectan las limitantes y estas se ordenan por prioridades y se busquen las alternativas tecnológicas, los índices productivos de las praderas y también de los animales, se incrementaran sustancialmente (Tejos y Rodriguez, 1995)

Maximizar la eficiencia del reciclaje de nutrientes en el sistema suelo-forraje-animal minimiza el transporte extra de nutrientes y disminuye los costos de producción mediante la reducción de la cantidad de fertilizante comercial requerido para obtener una respuesta productiva adecuada. El interés actual por el desarrollo y la adopción de sistemas agrícolas eficientes y sostenibles, exige entonces la cuantificación de los impactos de las estrategias de manejo de las praderas y de los animales en un entorno ambiental orientado a desarrollar mejores prácticas agronómicas en un contexto económicamente viable para la gestión de las praderas. La producción óptima de forrajes incrementa la rentabilidad de la producción animal y protege el ambiente. Además a nivel estratégico proporciona información fiable para la implementación de políticas ambientales que pueden ser adoptadas por organismos gubernamentales.

CONCLUSIONES

- La estacionalidad sobre la producción y calidad de las especies forrajeras fue confirmada en el contexto específico en la región de estudio, con un comportamiento superior durante la época de lluvias.
- La presencia de la leguminosa *Pueraria phaseoloides* en las praderas se considera de moderada a baja, y permitió aportes significativos de N en relación con las praderas de gramínea en monocultivo, reduciendo la dependencia de fuentes inorgánicas para garantizar el suministro de N.
- Entre los materiales de *Brachiaria* sp., las accesiones más promisorias por producción de biomasa fueron *B. brizantha* CIAT 16315, *B. brizantha* CIAT 6387 y *B. brizantha* CIAT 16467.
- Entre los materiales de *P. maximum*, los rendimientos de materia seca fueron superiores para los cultivares Massai y Guinea.
- La fertilización con nitrógeno contribuye al incremento de la producción y el valor nutritivo del forraje de las gramíneas de los géneros *Panicum* y *Brachiaria*.
- La alta variabilidad en el contenido de PC, FDA, FDN y en la DIVMS entre las gramíneas evaluadas, tanto entre las épocas (seca y lluvia) como entre niveles de N, señala la complejidad en la evaluación de recursos forrajeros en condiciones tropicales.
- Las accesiones de *Brachiaria* que se destacaron por su mayor contenido de proteína cruda fueron *B. brizantha* CIAT 16315 y CIAT 26124 (8.0 – 8.4%), mientras que entre las praderas de *P. maximum*, el pasto Guinea (9.6%)
- Los cultivares de *P. maximum* Tanzania y Guinea presentaron valores similares de FDN (63 – 64%) al testigo Mulato II, mientras que, Massai y Mombaza mostraron niveles superiores de FDN (67 – 70%).

- En general se observó una mayor aceptabilidad de los bovinos por materiales como *P. maximum* cv. Guinea, *P. maximum* cv. Massai, Mulato II, *B. brizantha* CIAT 16315 y *P. maximum* cv. Mombaza.
- En general las praderas de gramíneas fertilizadas con 46 y 92 kg de N por hectárea, presentaron un balance negativo del nitrógeno o ineficiencia en la utilización del mismo, generando posible deterioro ambiental causado por las pérdidas del nitrógeno en el sistema.
- Existen alternativas de gramíneas que asociadas con la leguminosa *Pueraria phaseoloides*, permiten mantener un balance positivo del N en las praderas, en relación con las gramíneas en monocultivo. Entre las asociaciones de gramíneas – leguminosa + N46 se destacaron las praderas de Guinea, Tanzania, Mombaza, y Massai que presentaron un balance de nitrógeno positivo (-).

RECOMENDACIONES

- En general, los resultados plantean un reto relacionado con la identificación y adaptación de especies forrajeras a ambientes específicos, producción de biomasa, persistencia, calidad nutricional y aceptabilidad por los animales. Especies que deben ser evaluadas en diferentes series de suelos, bajo pastoreo directo y con una valoración bioeconómica en términos de carne y leche.
- Un mayor énfasis debe darse en la valoración a escala de la inclusión de la leguminosa *Pueraria phaseoloides*, como factor mejorante de la propuesta alimenticia y como fuente de fertilización biológica por su fijación de N atmosférico, contribuyendo de manera estratégica a la disminución del impacto ambiental de los fertilizantes nitrogenados en la Altillanura Colombiana.
- Para complementar las mediciones realizadas, se sugiere que en futuros estudios se midan los niveles de absorción y pérdidas de N en el sistema, de tal forma, que permita cerrar el ciclo de N y hacer un balance más cercano a la realidad del agroecosistema.
- Las nuevas opciones forrajeras y las recomendaciones prácticas para su uso y manejo permitirán en el corto plazo el establecimiento de nuevas áreas en praderas o la rehabilitación de pasturas degradadas, generando beneficios económicos a los productores, con efectos positivos sobre la calidad de los productos (carne y leche) y el ambiente.
- El presente estudio demanda la creación de una línea de I+D+i multidisciplinaria (zootecnia, agronomía, biología, edafología, bioeconomía y gestión ambiental)

BIBLIOGRAFIA

Abaunza, M.A.; Lascano, C.; Giraldo, H.; Toledo, J.M. 1991. Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en suelos acidos. *Pasturas Tropicales* 13:2-9.

Alves, M.J.; Pereira, O.G.; Cecon, P.R. 2001. Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio, colhido ao atingir 30, 40 e 50 cm de altura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. Anais SBZ. ESALQ/USP, 2001. P.169-170.

Alvim, M.J.; Resende, H.; Botrel, M.A. 1996. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “coast-cross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 181p.

Arosemena, E.; Pezo, D.A.; Kass, D.L.; Argel, P.J. 1996. Requerimientos externos de fosforo en pasto ratana (*Ischaemum indicum*) y *Brachiaria brizantha* Stapf. *Pasturas Tropicales* 18:34-40.

Balsalobre, M. A. A. 2002. Valor alimentar do capim Tanzania irrigado. Tesis de Doctorado. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de Sao Paulo. 113p.

Barbosa, R.A.; Nascimento JR., D.; Euclides, V.P.B. et al. 2002 Características morfogênicas e acúmulo de forragem do capim- tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós- pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.583- 593.

Benett, C.G.S., Buzetti, S., Silva, K.S., Bergamaschine, A.F., Fabricio, J.A. 2008. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. Ciênc. Agrotecnol., 32: 1629-1636.

Cadish, G.; Carvalho, E.; Sueth, A.; Vilela, L. ; Soares, W., Spain, J. 1985. The importance of legume - fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. Embrapa - CPAC, Brasilia, Brasil. 11 p.

Cantarutti, R.B.; Tarré R.; Macedo R., Cadisch G.; de Rezende C.P.; Pereira J.M.; Braga J.M.; Gomide J.A.; Ferreira E.; Alves B.J.R, Urquiaga S.; Boddey R.M. 2002. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic forest of the south of Bahia, Brazil, Nutr Cycl Agreco syst 64:257-271.

Cardenas, E.A. 2003. Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia, Bogota. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá. Colombia. Vol. 50 p. 20 – 24.

Carnevalli, R.A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 136p.

Castro R.E., Mojica R.J.E., León J., Pabón M., Carulla J., Cárdenas E. Balance de nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más Lotus uliginosus en la sabana de Bogotá, Colombia. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología agropecuaria (2009) 10(1), 91-101

Castillo, G. E., Valles, M. B., Ocaña, Z. E., Jarillo, R. J. 2009. Rendimiento de materia seca de diez gramíneas en la época de lluvias en un clima cálido húmedo y suelos Ultisoles. Memorias, XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Saltillo, México. Octubre 19-21. p. 311.

Cecato, U., Castro, C.R. C., Canto, M.W., Peternelli, M., Almeida Junior, J., Jobim, C.C., Cano, C.C.P. 2001. Perdas de forragem em capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sobre diferentes alturas de pastejo. Rev. Bras. Zootecn. 30: 295-301.

CIAT, 1986. Calidad y productividad de pasturas. En: Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1985. Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 17p. 295 – 317.

Cid, M. S., Ferri, C. M., Brizuela, M. A., Sala, O. 2008. Structural heterogeneity and productivity of a tall fescue pasture grazed rotationally by cattle at four stocking densities. Grassland Science. 54: 9-16.

Cuadrado H, Torregroza L, Jiménez N. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. Revista MVZ Córdoba. 9 (2): 438-443

Da Silva, S.C.; Nascimento Jr., D.; Sbrissia, A.F. et al. 2008. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4. 2008, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p.75-100.

EUCLIDES, V.P.B. 2001. Produção animal em sistema intensivo combinado de pastagens Tanzânia e Braquiárias na região dos Cerrados. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 13p.

Fagundes, J.L.; Fonseca, D.M.; Mistura, C. 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.1, p.21-29.

Fedegan 2012. La Ganadería Colombiana y las Cadenas Láctea y Cárnica. Cifras de Referencia. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana PEGA 2019. [http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL/ESTADISTICAS1/CIFRASDEREFERENCIA/SECTORGANADERO \(SEPTIEMBRE 2012\).PDF](http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL/ESTADISTICAS1/CIFRASDEREFERENCIA/SECTORGANADERO (SEPTIEMBRE 2012).PDF). Revisado 16 de agosto de 2013.

França, A.F.S., Borjas, A.L.R., Oliveira, E.R., Soares, T.V., Miyagi, E.S. e Sousa, V.R. 2007. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. Ciênc. Anim. Bras., 8: 695-703.

Garcez Neto, A.F.; Nascimento Junior, D.; Regazzi, A.J. 2002. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.5, p.1890-1900.

Gerdes, L., Werner, J.C., Colozza, M.T., Possenti, R.A. e Schammas, E.A. 2000. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano. Rev. Bras. Zootec, 29: 955-963.

Gómez, M.M.; Velásquez, J.E; Miles, J.W. & Rayo, F.T. 2000. Adaptación de Brachiaria en el Piedemonte amazónico colombiano. Pasturas Tropicales. 22 (1):19

Jayasinghe, C.K. 1991. The role of Leguminous cover crops in soil improvement with special reference to the Nitrogen economy of Tropical Rubber soils. En: Bulletin of the Rubber Research. Institute of Sri Lanka. 28: 23-26.

Juarez, H.J., Bolaños, S.E., Aranda, I.M. 2004. Calidad y producción del pasto Mulato (*Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) en Tabasco. XXVIII Congreso Buiatria. En: Caracterización nutritiva de las especies *Brachiaria decumbens* e híbrido en un suelo fluvisol de Cuba. *Livestock Research for Rural Development* 21 (2) 2009.

Juárez, R. A. S., Cerrillo, S. M. A., Gutiérrez, O. E., Romero, T. E. M., Colín, N. J., Bernal, B. H. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Técnica Pecuaria en México*. 47: 55-67.

Keller-Grein, G.; Maass, B.L. & Hanson, J. 1996. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. & do Valle, C.B.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 16

Martha Jr., G. B.; Corsi, M.; Barioni, L. G.; Vilela, L. 2004. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-Tanzânia irrigado na primavera e no verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 927-936, 2004.

Mora, L. S.I. 2001. Caracterización y evaluación de adaptación de una colección núcleo de *Pueraria phaseoloides* en el Piedemonte Llanero de Colombia. Villavicencio, Meta. Tesis para optar el título de zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, D.C. 122p.

Mena, U. M. A., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Zaragoza, R. J. L., Velasco, Z. M. E., Avellaneda, C. J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia*. 41: 1-12.

Mesquita, E. E., Neres, M. A. 2008. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função de adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 9: 201-209.

Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic press, San Diego, USA. 483 pp.

Minson, D.J. 1991. Composición química y valor nutritivo de las leguminosas forrajeras. En: leguminosas forrajeras tropicales. Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 2. Roma. P 211.

Nogueira, J. C. M., Fondevila, M., Barrios, U. A., González, R. M. 2000. In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. Animal Feed Science and Technology. 83: 145-157.

Oliveira, A.B.; Pires, A.J.V.; Matos Neto, U. et al. 2007. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.4, p.1006-1013.

Oliveira M.A.; Pereira O.G.; Ribeiro K.G. Santos M.E.R.; Chizzotti F.H.M., Cecon P.R. 2011. Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.3, p.694-703.

Passoni, F., Rosemberg, M., Flores, A.1992. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Satipo, Peru. Pasturas Tropicales. 14(1) :32-34.

Patiño, R.M.; Fischer, V.; Balbinotti, M.; Moreno, C.; Ferreira, E.; Vinhas, R.; Monks, P. 2003. Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo a níveis crescentes de suplemento energético. Revista Brasileira de Zootecnia 32:1408-1418

Pedreira, B.C. 2006. Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 86p.

Pérez, L.O., Pérez, R. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para Sistemas de Producción de Ganadería Bovina. Proyecto Evaluación Agronómica y Productiva de Especies Forrajeras Herbáceas en la Orinoquia. Informe final. Convenio 071 MADR-CIAT-CORPOICA. Villavicencio-Meta. 86p.

Provenza, F.D.; Pfister, J.A.; Cheney, C.D. 1992. Mechanisms of learning in diet phytoxicosis in herbivores. *Journal of range management*. 45 :36-45.

Quadros, D.G. ; Rodrigues, L.R.A. ; Favoretto, V. et al. 2002. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins 200rachiar e mombaça adubadas com quatro doses de NPK. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1333-1342.

Ramírez, J., Acosta, I., López, Y., Álvarez, Y. y López, B. 2004. Efecto de la edad de rebrote en el valor nutritivo de dos especies de pastos tropicales (King grass CT 115 y *Brachiaria decumbens* Disponible en <http://www.visionveterinaria.com>.

Ramirez O., Hernandez A., Carneiro S., Perez J., Enriquez J.F., Quero A.R., Herrera J.G., Cervantes A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tec. Pecu. Mex.* 2009. 47(2):203-213.

Rincon, C. A.; Baquero P., J.E.; Florez D., H. 2012. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los llanos Orientales de Colombia. Villavicencio (Meta): Corpoica. 164p.

Sage F R, S D Kubein (2007) The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. *Plant Cell Environ.* 30:1086-1106.

Santos, D. 1993. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epiálico) dos Campos da Mantiqueira (MG). Dissertacao – Mestrado em solos e Nutricao de Plantas. Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. 99p.

Santos, I.P.A., Pinto, J.C., Siqueira, J.O., Morais, A.R. e Santos, C.L. 2002. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Rev. Bras. Zootecn.*, 31: 605-616.

Santos, J.F., Pereira, MN., Dias, GS., Bittencourt, LL., Lopes, NM., Siecola, S., Silva, JRM. 2009. Partial replacement of soybean meal by Optigen®: Effects on milk yield and composition in lactating dairy cows. In: Alltech's 25th International Animal Health and Nutrition Symposium (poster session), Lexington, KY, USA, May 17-20. 2009

Souza, F.H.D. 1999. *Panicum maximum* in Brazil. In: Loch, D.S., Ferguson, J.E. Forage seed production. v. 2. Tropical and subtropical species. CAB Souza, C.G., Santos, M.V.F., Lira, M.A., Mello, A.C.L. e Ferreira, R.L.C. 2006. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. submetidos a adubação nitrogenada. *Rev. Caatinga*, 19: 339-344.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1990. Principles and procedures of statistics. 2.ed. New York: McGraw- Hill. 633p.

Tejos R., Rodriguez, M. 1995. Adaptación de nuevas gramíneas al Llano bajo Venezolano. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 15:278-282.

Thiago, L.R.S.; Gill, M, 1993. The effect of conservation method and frequency of feeding on rumen microbial activity. Proceeding of nutrition soc. 45, 95.

Valentim, J.F.; Andrade, C.M.S. 2005. Tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*) a success history adoption in sustainable cattle production systems in the western Brazilian. In: proceedings of the XX International Grassland Congress. Dublin.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

Vasconcelos, W. A., Santos, E. M., Zanine, A. M., Pinto, T. F., Lima, W. C., Edvan, R. L., Pereira, O. G. 2009. Valor nutritivo de silagens de capim-mombaca (*Panicum maximum* Jacq) colhido em função de idades de rebrotacao. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 10: 874-884.

Verdecia, D. M.; Ramirez, J. L.; Leonard, I.; García, F. 2009. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (cv. Mombaça y Uganda) en la provincia Granma. REDVET Revista electrónica de Veterinaria, Vol. 10, Núm. 5, mayo, 2009, pp. 1-9.

Waidyanatha, U., Wijesinghe, D. y Stauss, R. 1982. Zero-grazed pasture under immature Hevea rubber: improved productivity of *Panicum maximum* and *Pueraria*

phaseoloides and their competition with Hevea. In: Journal of the Rubber Research Institute Sri Lanka. 60: 17-24.

Welch, J.G.; Smith, A.M. 1969. Effect of varying amounts of forage intake on rumination. Anim. Sci. 29:827-832.

Whitehead, D.C. 1995. Grassland Nitrogen. Ediciones CAB International, Guildford (Gran Bretaña). 397 p.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal relationships. CABI Publishing is a division of CAB International. 369p.

Zeferino, C.V. 2006. Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 193p.