

Efecto del nitrógeno en la rehabilitación de pasturas de *Brachiaria decumbens* utilizando la asociación con maíz en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia

A. C. Rincon y G. A. Ligarreto**

Introducción

El nitrógeno (N) es necesario en la síntesis de ácidos nucleicos, proteínas, hormonas, clorofila y otros compuestos esenciales en el desarrollo de las plantas. Su presencia en la composición del tejido vivo es pequeña comparada con el carbono, hidrogeno y oxígeno, elementos que pueden ser fácilmente adquiridos a partir de sus reservas naturales, en cambio el N, aunque se encuentra en la atmósfera en un 78%, sólo una pequeña fracción de este nutriente se encuentra disponible para ser absorbido por las plantas y animales (Orozco, 1999). De los nutrientes considerados esenciales para el desarrollo de las plantas, el N es el que promueve los mayores aumentos de producción de materia seca (MS). La respuesta de las plantas a la fertilización con N es bastante variada, por consiguiente, el conocimiento de aspectos metabólicos y fisiológicos de las plantas puede contribuir a un mejor entendimiento del papel de este nutriente como activador y regulador del crecimiento y consecuentemente de su efecto sobre la producción y calidad del forraje (Menezes, 2004).

El N es el nutriente más importante en los forrajes tropicales para la alimentación de rumiantes, por la respuesta en producción de biomasa y en el contenido de proteína, factores importantes que determinan los rendimientos de carne y/o leche. Los suelos de los Llanos Orientales de Colombia, tienen entre sus limitantes de fertilidad, un bajo

contenido de materia orgánica (MO), fuente de N para la producción de biomasa en esta región. En 170 análisis de suelos realizados en fincas del Piedemonte Llanero se encontró que en 120 de estos análisis (70%), el contenido de MO se encontraba en un rango entre 1.2 y 2.7% mientras que, en sólo siete de estos análisis este valor alcanzó a 3.7%. Esta deficiencia en MO es más evidente en suelos de la Altillanura que han sufrido un mayor proceso de meteorización y de lavado de nutrientes (Mejia, 1996; Botero y López, 1982).

La consecuencia del bajo aporte de N por los suelos de los Llanos Orientales, es el desarrollo de pasturas con escaso vigor, lo que se traduce en baja capacidad de rebrote, clorosis de las hojas, alta susceptibilidad al ataque de plagas, aspectos que se traducen en una degradación de pasturas con invasión de otras especies de bajo valor forrajero y pérdida de la productividad animal en más de 70% (Martha Jr. et al., 2004; Rincon, 1999; Rincón et al., 2002). Para resolver esta problemática se han desarrollado tecnologías en las cuales la integración de pastos con cultivos constituye una alternativa altamente viable en la explotación ganadera (Vilela et al., 2003; Sans et al., 1999; Rincón, 1993).

Los elevados requerimientos de N que tiene el cultivo de maíz y el impacto sobre el rendimiento, hace necesario un adecuado diagnóstico de su disponibilidad en el suelo.

* Investigador Programa de Fisiología y Nutrición Animal, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigaciones La Libertad, A. A. 3119, Villavicencio, Meta, Colombia.

** Profesor Asociado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

La determinación de la cantidad y momento de aplicación del fertilizante deben buscar mayor eficiencia (cantidad de grano producido por unidad de nutriente aplicado) y mayor beneficio económico, principalmente en los actuales momentos, que exigen alta productividad con tecnologías de bajo costo (Mengel y Barber, 1974; Varvel et al., 1997).

El uso eficiente de N requiere de la detección previa de su deficiencia y del potencial de respuesta económica a la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Attanandana y Yost, 2003). El maíz necesita entre 20 y 25 kg/ha de N por cada tonelada de grano producida (Sánchez, 1976). Por otra parte, la eficiencia de conversión de N del fertilizante en biomasa de gramíneas forrajeras tropicales puede alcanzar valores promedios de 26 kg/ha por cada kg de N aplicado. Las mayores eficiencias se han obtenido con dosis de 150 kg/ha de N. La respuesta en producción de forraje a la fertilización con N depende de la especie forrajera, de los niveles de otros nutrientes en el suelo, del manejo del pastoreo y de las características de clima y suelo de la región (Martha Jr., 2004).

El N se encuentra en los suelos principalmente en forma nítrica (NO_3) y en forma amoniacal (NH_4). Ambas formas pueden ser absorbidas por las plantas en proporciones dependientes de la especie, estado de desarrollo, disponibilidad de carbohidratos, pH del suelo y factores ambientales (Deane y Glass, 1983). El nitrato absorbido en general es translocado por el xilema hacia la parte aérea donde puede ser almacenado o reducido, sin embargo, en algunas especies es reducido en el sistema radicular (Oaks, 1982; Andrade et al., 2001). Por otra parte, altos niveles de amonio en la planta son tóxicos y provocan daño a la membrana celular, por este motivo todo el amonio absorbido o generado es rápidamente asimilado o almacenado en la vacuola de la célula (Taiz y Zeiger, 2002, citado por Menezes, 2004; Orozco, 1999).

Cramer y Lewis (1993) demostraron que los cultivos usan cantidades apreciables de amonio, si éste está presente en el suelo. Algunos híbridos de maíz tienen un alto requerimiento de amonio y la absorción de esta forma de N ayuda a incrementar el

rendimiento de grano. Salinas (1985) evaluó el desarrollo de *Brachiaria humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. decumbens* utilizando fertilización nitrogenada en forma de nitrato y amonio. Las tres especies presentaron un mayor desarrollo cuando la forma de N fue nitrato, sin embargo, al suministrar N como amonio, el crecimiento de *B. humidicola* no fue inhibido como si sucedió en *B. decumbens* y *B. dictyoneura*. Castilla y Jackson (1991) citados por Rao et al. (1998) comprobaron que *B. brizatha* cv Marandú puede tomar sólo pequeñas cantidades de N-NH_4 , en cambio *B. humidicola* pudo absorber ambas formas de N. Esta característica en especies de *Brachiaria* es uno de los atributos que favorecen su adaptación a suelos de baja fertilidad (Miles et al., 2004).

Para conocer el contenido de N en el suelo y en la planta, existen metodologías que determinan nitrato y N total, respectivamente. También se puede determinar un índice de verdor que esta directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta, mediante el medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 (Soil PLant Análisis Development). Este instrumento permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. Su utilización ha dado resultados satisfactorios en la evaluación del estado de N en varios cultivos (Sainz y Echeverría, 1998, Zoratelli et al., 2003, Caires et al., 2005).

Teniendo en cuenta la importancia que tiene el N en el establecimiento de la asociación maíz – pastos y su efecto en la producción de grano de maíz y la biomasa y calidad de las pasturas se evaluaron dos niveles de N, utilizando como fuente urea, para determinar los contenidos de este nutriente en el suelo, en las hojas de las plantas y su incidencia en el rendimiento de grano de maíz, bajo condiciones del Piedemonte llanero colombiano.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló entre agosto y diciembre del 2004 en un Oxisol del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia, sobre una terraza media del Centro

de Investigaciones Corpoica La Libertad, ubicado en el municipio de Villavicencio (Meta, Colombia) a 9° 6' de latitud norte y 73° 34' de longitud oeste, a 330 m.s.n.m., la precipitación promedio anual en los últimos 30 años fue de 2900 mm, el promedio de temperatura es de 26 °C y una humedad relativa de 85% en la época lluviosa y 65% en la época seca. Los suelos son ácidos (Cuadro 1) con una saturación de aluminio de 71.7% mientras que la saturación de bases es de 24.7%. Los nutrientes mas deficientes son fósforo, calcio y magnesio.

En una pastura degradada de *B. decumbens* se establecieron en forma simultanea el cultivo de maíz híbrido Master en asociación con los pastos *Brachiaria* híbrido cv. Mulato, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *B. decumbens*. El maíz Master es un híbrido de grano amarillo de alta producción en las condiciones de los Llanos Orientales de Colombia y una de sus principales características es su resistencia al volcamiento por poseer tallos gruesos y fuertes. Los pastos cvs. Mulato y Toledo son materiales de alta producción y calidad nutritiva que se adaptan a suelos de mejor fertilidad, mientras que *B. decumbens* es una gramínea ampliamente difundida en la región, con buena adaptación a suelos ácidos.

Cuadro 1. Características químicas del suelo de la terraza media del Centro de Investigaciones (C.I.) La Libertad, Corpoica. Piedemonte llanero.

Parámetro	Valor
pH	4.4
M.O. (%)	2.4
P (ppm)	1.0
Ca (me/ 100 g)	0.37
Mg (me/ 100 g)	0.11
K (me/ 100 g)	0.10
Na (me/ 100 g)	0.26
Al (me/ 100 g)	2.1
Fe (ppm)	126
B (ppm)	0.15
Cu (ppm)	0.8
Zn (ppm)	0.5
CIC efectiva	3.44
Saturación de bases (%)	24.7
Saturación de aluminio (%)	71.7
Saturación de calcio (%)	12.5
Saturación de magnesio (%)	3.7
Saturación de potasio (%)	3.36

La renovación de la pastura con la asociación maíz - pastos se hizo mediante el mejoramiento de la fertilidad de los suelos como resultado de las enmiendas y fertilizantes aplicados al cultivo de maíz, lo que posibilita la introducción de especies forrajeras de alto potencial productivo para sistemas intensivos de producción animal y por el beneficio económico que se obtiene con el grano de maíz producido y en la reducción de los costos ocasionados en la renovación de pasturas.

Para determinar el efecto del N en el desarrollo y producción de grano de maíz y biomasa de las pasturas se evaluaron las dosis de 100 y 200 kg/ha de N aplicados en forma fraccionada al surco del maíz, 15 y 35 días después de la siembra de la asociación.

Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en bloques completos al azar en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones y la asignación siguiente: (1) parcela principal: gramínea forrajera en un área de 3 ha, (2) subparcela: niveles de nitrógeno en un área de 1 ha, (3) número total de unidades experimentales: 18 (3 pastos x 2 niveles de nitrógeno x 3 repeticiones). Los tratamientos consistieron en asociaciones de:

Maíz - *Brachiaria* híbrido cv. Mulato + 100 kg de N

Maíz - *Brachiaria* cv. Mulato + 200 kg de N

Maíz - *Brachiaria brizantha* cv. Toledo + 100 kg de N

Maíz - *Brachiaria brizantha* cv. Toledo + 200 kg de N

Maíz - *Brachiaria decumbens* + 100 kg de N

Maíz - *Brachiaria decumbens* + 200 kg de N

Establecimiento

La labranza se inició con un pase de rastra con el fin de reducir la cobertura de pasto y brindar mejores condiciones para la acción del cincel rígido, que trabajó a una profundidad entre 20 y 25 cm. Posteriormente se aplicó, una mezcla de cal dolomítica, roca fosfórica y yeso agrícola por medio de una encladora que fue incorporada con un pase de rastra.

Las enmiendas y fertilizantes aplicados se realizaron teniendo en cuenta los resultados del análisis químico de los suelos y las exigencias nutricionales del maíz en suelos ácidos. La cal dolomítica, la roca

fosfórica y el yeso agrícola se usaron como enmienda, para reducir la saturación de aluminio y para corregir las deficiencias de calcio, fósforo, magnesio y azufre de estos suelos; además, por tratarse de fertilizantes de lenta solubilidad que posteriormente benefician las pasturas. Estos insumos fueron mezclados y aplicados 45 días antes de la siembra, para mejorar la saturación de bases y favorecer el desarrollo del maíz. Para satisfacer la necesidad de una fuente de alta solubilidad para el maíz se aplicó fosfato diamónico (DAP), fertilizante con P de rápida disponibilidad.

La fertilización básica (kg/ha) aplicada a la asociación maíz - pastura fue la siguiente:

1500 de cal dolomítica (399 kg de Ca + 88.5 kg de Mg)
400 de roca fosfórica (50 kg de P + 99.6 kg de Ca)
300 de yeso agrícola (55 kg de Ca + 44.4 kg de S)
150 de fosfato diamónico (29 kg de P + 27 kg de N)
150 de cloruro de potasio (75 kg de K)
20 de Borozinco (3000 g de Zn, 100 g de Cu, 500 g de B y 1200 g de S).

De acuerdo con estas cantidades de insumos, las dosis (kg/ha) fueron: Ca (555), Mg (88), P (79), K (75) y S (44).

La única fuente de variación en fertilidad fue el nivel de N aplicado (100 y 200 kg/ha). La fertilización nitrogenada se aplicó en forma fraccionada a los 15 y 35 días después de la siembra (dds), en partes iguales. En el momento de la siembra se aplicó a todos los tratamientos 27 kg/ha de N contenidos en 150 kg/ha DAP aplicados.

El maíz se sembró con una densidad de 22 kg/ha en surcos separados 80 cm con 5 a 6 plantas/m, utilizando una sembradora-abonadora, la cual depositó la semilla a una profundidad promedio de 3 cm y el fertilizante de establecimiento (fósforo + potasio + zinc) en el mismo surco del maíz, a una profundidad promedio de 5 cm. Las gramíneas forrajeras se sembraron inmediatamente después de realizada la siembra del maíz, con otra sembradora en surcos separados a 50 cm y una densidad de siembra de 4 kg/ha, en sentido perpendicular a la siembra de maíz.

Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron para medir los contenidos de N en el suelo y en las plantas, coincidiendo con estados importantes en el desarrollo cultivo de maíz como es la floración y el llenado de grano a los 35 y 60 dds, respectivamente. En estas mediciones se determinaron:

1. Contenido de nitratos y amonio en el suelo a los 15, 35 y 60 dds de la asociación maíz - pastos, por el método de AOAC (1995), tomando muestreos de suelo a una profundidad de 20 cm
2. N total en hojas de maíz y pasto a los 35 y 60 dds, determinado mediante Microkjeldahl. Se hicieron muestreos de hojas de maíz y del pasto del tercio medio de la planta y luego se sometieron a una temperatura de 70 °C durante 72 h en un horno.
3. Contenido de clorofila o índice de verdor en las hojas en el momento de floración del maíz, a los 35 dds, por medio del medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development).

La información obtenida fue analizada mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Los resultados se sometieron a análisis de varianza para determinar la significancia y la comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey. Los coeficientes de determinación y regresión se calcularon utilizando Microsoft-Excel.

Resultados y discusión

Contenido de nitratos y amonio en el suelo

Antes de iniciar la labranza el promedio del contenido de nitratos en el suelo era de 0.10 mg/kg (0.05 kg/ha de N), mientras que el N en forma de amonio era de 7.5 mg/kg (11.6 kg/ha de N). Esta deficiencia de N en el suelo contribuyó a la clorosis y escaso vigor del pasto *B. decumbens* que se encontraba antes de iniciar los tratamientos. Después de realizada la labranza y antes de la siembra, se determinó el contenido de amonio y nitratos en el suelo, obteniéndose valores de 46.6 mg/kg (72.5 kg/ha de N) y 74.6 mg/kg (33.6 kg/ha de N), respectivamente, obteniéndose un aumento de N disponible debido a labranza del suelo,

favoreciendo la descomposición de la MO (Kluthcouski y Stone, 2003; Ayarza y Spain, 1988).

En las evaluaciones realizadas a los 15 dds, cuando ya se había hecho la primera fertilización con urea en el maíz, el contenido de nitratos en el suelo fue de 90, 93 y 95 mg/kg en los tratamientos de maíz asociado con *B. decumbens*, cv. Mulato y cv. Toledo (*B. brizantha*), respectivamente, siguiendo este mismo orden, el contenido de amonio fue de 55, 53 y 51 mg/kg, no existiendo diferencias ($P > 0.05$) entre los contenidos de las dos formas de N inorgánico en el suelo (Cuadro 2). A los 35 dds, después la segunda fertilización con urea, los contenidos de nitrato y amonio en el suelo tampoco presentaron diferencias significativas entre las asociaciones con las tres gramíneas, conservando una tendencia similar a la observada a los 15 dds, con contenidos promedios de 96.4 mg/kg y 54.9 mg/kg de nitrato y de amonio, respectivamente.

Sesenta días después de la siembra, cuando el cultivo de maíz se encontraba en llenado de grano, los contenidos de nitratos en el suelo fueron, respectivamente, de 18.7, 28 y 32.7 mg/kg en la asociación con *B. decumbens*, pasto cv. Mulato y pasto cv. Toledo, siendo el promedio de nitrato 26.4 mg/kg; aunque las variaciones en estos contenidos fueron amplias, la diferencia no fue significativa ($P > 0.05$). El contenido de amonio a los 60 dds tampoco fue diferente ($P > 0.05$) entre las tres asociaciones, obteniéndose un promedio de 46.6 mg/kg. En resumen, los tratamientos de 100 y 200 kg/ha de N no afectaron ($P > 0.05$) la

disponibilidad de este nutriente en el suelo, en las épocas de evaluación.

Quince días después de la siembra, cuando el maíz se encontraba en un buen desarrollo vegetativo, la disponibilidad de NO_3 en el suelo era de 92.9 mg/kg, y a los 35 dds, coincidiendo con el inicio de floración la disponibilidad de NO_3 era de 96.4 mg/kg, lo que coincidió con la fertilización nitrogenada fraccionada en ambas épocas. Sesenta dds los valores de NO_3 en el suelo descendieron hasta 26.5 mg/kg (Figura 1), coincidiendo con el inicio del llenado de grano y de la alta demanda de N para lograr una buena cosecha. Es necesario tener en cuenta que la cantidad de N que se moviliza desde los tejidos vegetativos hasta la mazorca durante el proceso de llenado de granos varía considerablemente, alcanzando un rango entre 20% y 60% del N total del grano derivado de la absorción por las raíces previo a la antesis y depositado en el tallo para luego ser movilizado hacia la mazorca. La cantidad de N movilizado depende del cultivar, de la cantidad y del momento de la aplicación del N como fertilizante (Lafitte, 2002; Santibáñez y Fuenzalida, 1989).

El contenido de amonio en estos suelos se conservó en forma constante durante los 60 días de evaluación, con un promedio de 50 mg/kg (Figura 1). El N en forma de nitrato es absorbido por la mayor parte de las plantas y además es fácilmente movilizado a capas más profundas del suelo, ya que por su carga negativa no es retenido en el complejo de cambio (Sims et al., 1998;

Cuadro 2. Contenido de nitrato y amonio en el suelo cultivado con la asociación de maíz-gramíneas y dos niveles de N. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Maíz asociado con los pastos:	Nitrato (mg/kg)			Amonio (mg/kg)		
	15 dds ^a	35 dds	60 dds	15 dds	35 dds	60 dds
<i>B. decumbens</i>	90.1	93.3	18.7	55.2	60.7	42.0
Cv. Mulato	93.4	93.3	28.0	53.3	52.3	51.3
Cv. Toledo	95.3	102.7	32.7	51.3	51.7	46.7
Promedio	92.9	96.4	26.5	53.3	54.9	46.7
Nitrógeno:						
100 kg ha ⁻¹	79.5	99.5	28.6	46.6	46.7	43.5
200 kg ha ⁻¹	93.4	93.3	24.9	62.1	62.2	49.8
Promedio	86.5	96.4	26.8	54.4	54.5	46.7
cv (%)	28.2	19.3	26.4	42.3	46.2	27.2
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns

a. dds= días después de la siembra.

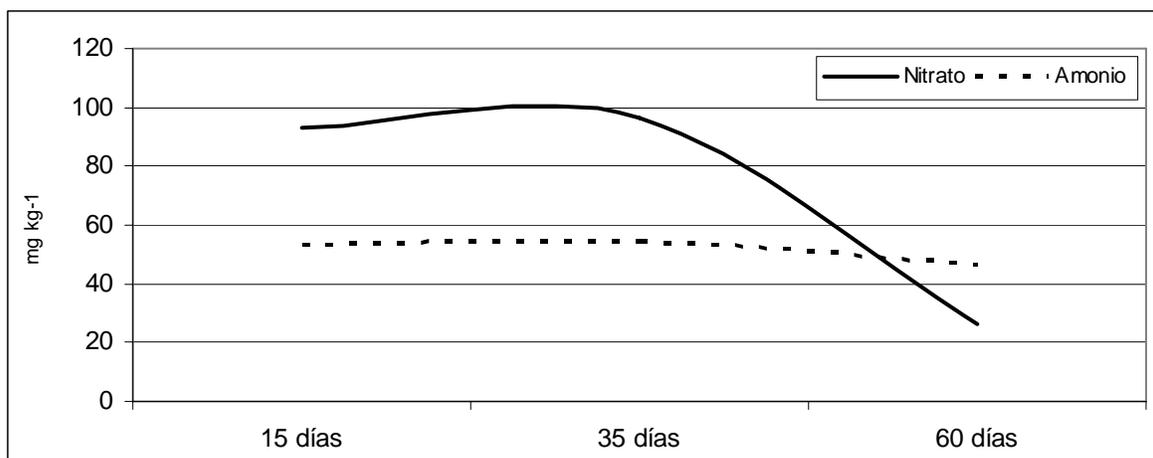


Figura 1. Contenido de nitrato y amonio desde la aplicación de N (15 dds) hasta el llenado de grano de maíz (60 dds) en asociación maíz-pastos. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Cabral et al., 2005), por el contrario, el amonio por su carga positiva es retenido en los sitios de intercambio cationico de las arcillas y la MO (Potash and Phosphate Institute, 1997). Esto explica la estabilidad del amonio y la reducción del nitrato en el suelo a través del tiempo experimental.

Después de la primera fertilización nitrogenada, en el tratamiento con 100 kg/ha de N, la disponibilidad de este nutriente en forma de nitrato fue de 69.5 mg/kg (31.4 kg/ha de N) mientras que en el tratamiento con 200 kg/ha de N fue de 93.4 mg/kg (42.2 kg/ha). En la segunda aplicación de N a los

35 días, la disponibilidad de nitratos en el suelo fue similar tanto con 100 como con 200 kg/ha de N, obteniéndose un promedio de 96.5 mg/kg (44.3 kg/ha de N en forma de nitrato). A los 60 días dds, la disponibilidad de nitratos se redujo a 26.5 mg/kg (11.9 kg/ha de N) en los tratamientos con los dos niveles de N aplicados (Figura 2).

La disponibilidad de N en forma de amonio en el suelo, en el tratamiento donde se aplicaron 100 kg/ha de N permaneció estable en 46 mg/kg (71.5 kg/ha de N) a los 15 y 35 días, y a los 60 días se presentó una leve disminución a 43.5 mg/kg. En la dosis

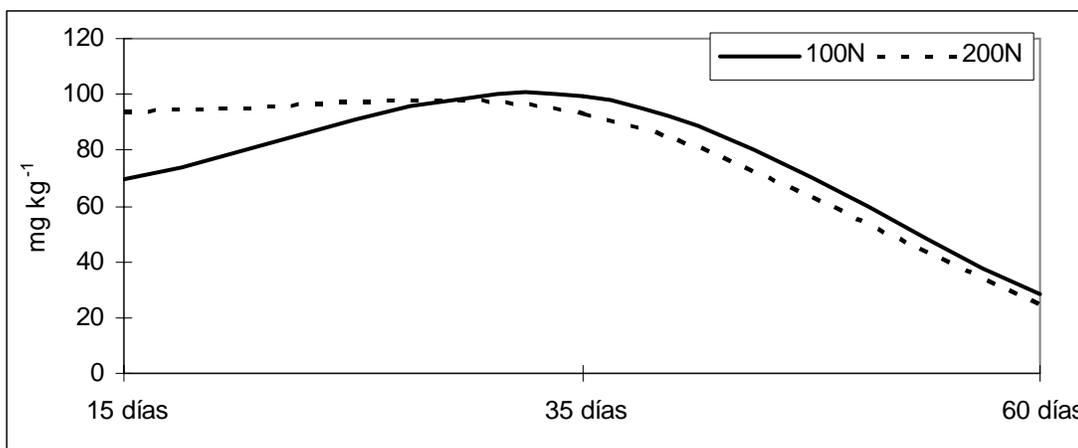


Figura 2. Contenido de nitrato en el suelo con aplicaciones de 100 y 200 kg/ha de N, en la asociación maíz - pastos. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

de 200 kg/ha de N, a los 15 y 35 días se presentaron contenidos de 62 mg/kg de amonio (96.4 kg/ha de N) y a los 60 días se redujo a 50 mg/kg (77.7 kg/ha de N).

Como se puede apreciar en la Figura 3 después de la segunda aplicación de N en forma de urea, el contenido de amonio en el suelo tendió a ser igual tanto con 100 como con 200 kg/ha de N aplicados a la asociación maíz-pastos. En condiciones favorables para el crecimiento de la planta, la mayor parte del amonio se convierte en nitrato por medio de las bacterias nitrificantes, el cual será aprovechado por las plantas y microorganismos del suelo, sin embargo, debe considerarse que este proceso de nitrificación es bajo en suelos ácidos (Orozco, 1999).

El maíz absorbe gran parte del N en forma de nitrato (Salvagiotti et al., 2000, Potash and Phosphate Institute, 1997), por lo tanto, en dos etapas importantes del desarrollo de este cultivo (a los 15 y a los 35 dds), presentó una disponibilidad total de 85.5 kg/ha proveniente del nitrato (42 kg a los 15 días y 43.5 kg a los 35 días). En estos periodos de desarrollo del maíz se aplicaron los dos tratamientos de fertilización nitrogenada (100 y 200 kg/ha de N en forma de urea).

En el momento de la siembra de las asociaciones maíz-pastos se aplicaron 27 kg/ha de N utilizando como fuente al fosfato

diamónico, que con una eficiencia del fertilizante del 60%, representó una disponibilidad de 16.5 kg/ha de N para ser aprovechado en los primeros 15 días de desarrollo del maíz, junto con los 33.6 kg/ha provenientes del nitrato disponible por acción de la labranza.

Considerando que la oferta de N a las plantas proviene de nitratos disponibles en el suelo en el momento de la siembra, de la mineralización de la MO (entre 2% y 2.5% de N está disponible para las plantas anualmente) y del fertilizante (Montesano et al., 2003) y teniendo en cuenta, además, que la eficiencia de la urea es de aproximadamente 60% (Meisinger, 1984), en el tratamiento donde se aplicaron 100 kg/ha a los 15 y 35 dds, la disponibilidad de N para las plantas proveniente de la urea fue de 60 kg/ha. Por otra parte, con 2.4% de MO, una densidad aparente de 1.3 g/cc y una mineralización anual de 2%, la disponibilidad de N para el cultivo proveniente de la MO de este suelo fue de 31 kg/ha, por tanto, la cantidad de N total proveniente de la fertilización y de la mineralización de la MO fue de 91 kg/ha, cantidad cercana a los 85.5 kg/ha de N disponible en forma de nitrato en el suelo, para ser tomado por el cultivo 15 y 35 dds.

Durante septiembre del 2004, cuando se hizo la fertilización nitrogenada a los 15 y 35 dds, la precipitación fue de 328 mm, que

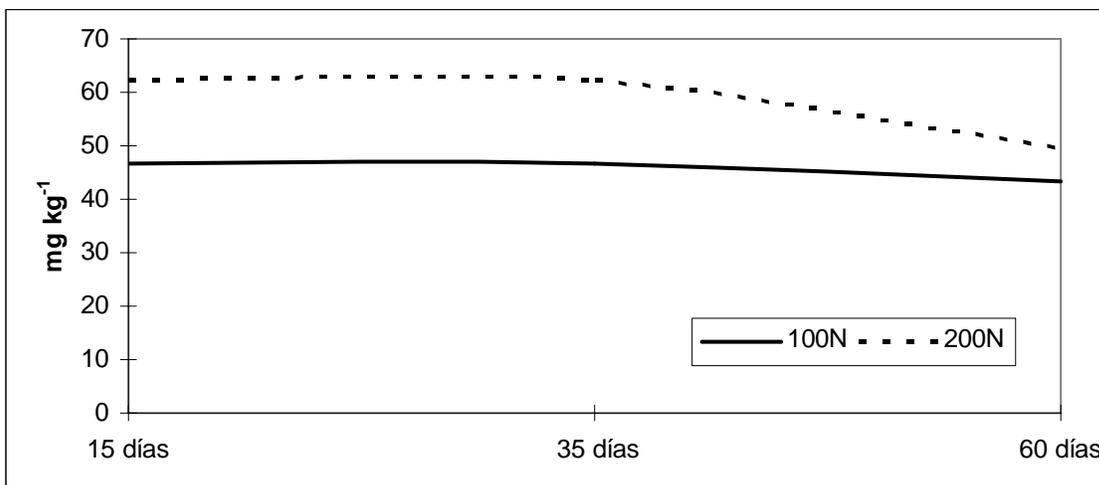


Figura 3. Contenido de amonio en el suelo con 100 y 200 kg/ha de N, en la asociación maíz - pastos. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

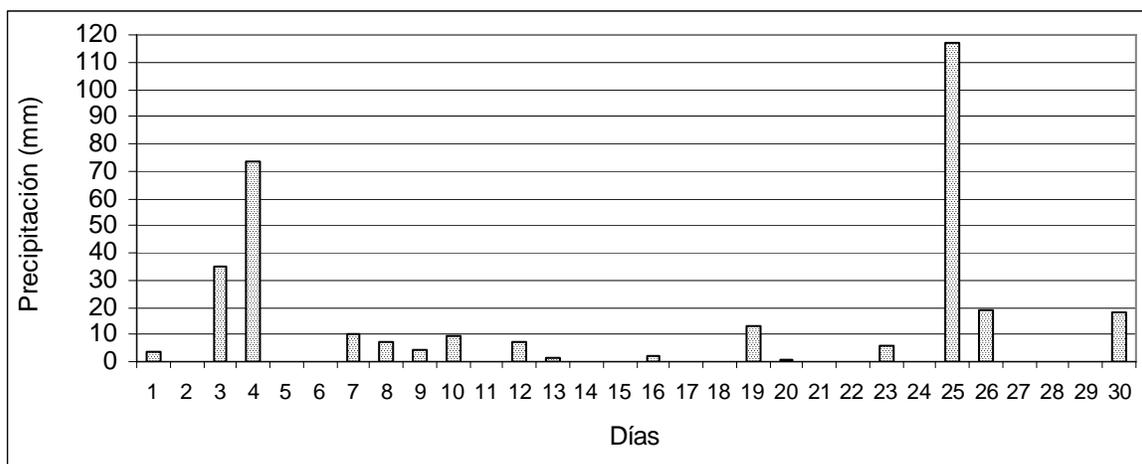


Figura 4. Precipitación durante septiembre del 2004. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

pudo favorecer la lixiviación de nitratos en el suelo, sin embargo, como se puede apreciar en la Figura 4, en los días 8 y 28 de septiembre cuando se aplicó la urea, la precipitación no superó 7 mm. Fox et al. (1983) que es necesario la ocurrencia de una precipitación superior a 10 mm para que la urea sea incorporada en el perfil del suelo, de lo contrario, ocurre la volatilización en forma de NH_3 .

Las condiciones de humedad en el suelo y la temperatura diurna de 31°C durante ese mes pudieron contribuir a la volatilización de la úrea, ocasionando pérdidas de N, que no alcanzó a ser tomado por las plantas. Esto pudo ocurrir principalmente en el tratamiento donde se aplicaron 200 kg/ha de N, dosis con la que las plantas teóricamente deberían disponer de 120 kg/ha de N proveniente de la fertilización y de 31 kg/ha producto de la mineralización de la MO para un total de 151 kg/ha , sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en el contenido de nitratos y amonio en los suelos fertilizados con 100 y 200 de kg/ha de N, esto sugiere que las pérdidas de N son mayores cuando los niveles de fertilización son más altos, como lo pudieron comprobar Barbieri y Echeverría (2003) quienes determinaron las pérdidas de N-NH_3 al fertilizar una pastura de *Thinopirum ponticum* con 0 , 90 y 180 kg/ha de N utilizando como fuente la urea. Las pérdidas de N-NH_3 por volatilización fueron de 3 , 14 y 63 kg/ha respectivamente, las cuales

ocurrieron en mayor proporción durante los primeros 7 días después de la fertilización. Un factor que favoreció la volatilización del N-NH_3 fue la alta humedad en el suelo en el momento de la fertilización y la temperatura superior a 22°C . En estas condiciones, también se pueden presentar altas pérdidas de N-NO_3 , como lo demostraron Zhao et al. (2006) en ocho ciclos sucesivos del cultivo de maíz, al comparar una fertilización óptima con 511 kg/ha de N y una fertilización convencional con 2400 kg/ha de N, encontrando una alta acumulación de NO_3 a una profundidad entre 90 y 200 cm del perfil del suelo, mientras que en la zona radicular del cultivo los niveles fueron muy bajos, además, bajo estos dos niveles de N no se presentaron diferencias significativas en la producción de grano de maíz. En recientes estudios se ha comprobado que al aplicar altos niveles de N no se presentan diferencias en producción de maíz solo o asociado con pastos, sin embargo, se reduce la eficiencia de este nutriente y se incrementan las pérdidas como NO_3 o como NH_4 (Wachendorf et al., 2006; Martha et al., 2004; Nevens, 2003, Bundy y Andraski, 2005).

La disponibilidad de N-NH_4 en el suelo, a los 15 y 35 dds de la asociación maíz – pastos, fue de 83 kg/ha , mientras que la disponibilidad de N-NO_3 fue de 43 kg/ha . Estas diferencias se ampliaron a los 60 dds en seis veces a favor de la disponibilidad de NH_4 (Cuadro 3). Es importante la reserva de N presente en el amonio almacenado en las

Cuadro 3. Contenido de N inorgánico en el suelo desde la primera fertilización nitrogenada hasta el inicio del llenado de grano en el cultivo de maíz asociado con pastos. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Edad (dds)	Nitrato			Amonio			N inorgánico en suelo
	mg/kg	kg/ha	N (kg/ha)	mg/kg	kg/ha	N (kg/ha)	kg/ha
15	93.0	186.0	42.0	53.2	106.4	82.7	124.7
35	96.4	193.0	43.5	54.9	109.0	84.7	128.2
60	26.4	53.0	11.9	46.6	93.2	72.4	84.3

arcillas del suelo, la que representa 70% del total el N inorgánico. Trabajos realizados por Cramer y Lewis (1993) demostraron que los cultivos usan cantidades apreciables de amonio, cuando este se encuentra presente en el suelo. Algunos híbridos de maíz tienen un alto requerimiento de amonio y la absorción en esta forma de N ayuda a incrementar el rendimiento de grano. Una de las razones por las que se obtienen rendimientos más altos con la absorción de una parte del N en forma de amonio se basa en el hecho que la reducción del nitrato dentro de la planta requiere de energía hasta llegar a formar aminoácidos. Esta energía es proporcionada por carbohidratos, los mismos que podrían ser usados para el crecimiento y formación de granos (Potash and Phosphate Institute, 1997).

Una de las metodologías más aceptadas para cuantificar la dinámica de N en el sistema suelo-planta es el balance que simula procesos de ganancias, pérdidas y transformaciones del elemento en el sistema (Salvagiotti et al., 2000). El método de balance de N ha sido propuesto por Meisinger (1984) y es generalmente empleado para cultivos anuales en sistemas productivos en equilibrio. Para ello se debe cuantificar la cantidad del nutriente disponible al momento de la siembra del cultivo y el aporte por mineralización desde la fracción orgánica del suelo. Además, se deben determinar las pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación. Una alternativa ante la imposibilidad de determinar las pérdidas, es considerar la eficiencia con que cada una de las fuentes de N es aprovechada. En general, los valores de eficiencia para el N inicial y el proveniente de los fertilizantes podrían considerarse similares y con valores de entre 40% y 60%, mientras que la eficiencia de utilización del N mineralizado es de 70% a 80%.

De esta forma se puede determinar la cantidad de fertilizante nitrogenado requerido por el cultivo de acuerdo a la ecuación siguiente (Meisinger, 1984):

$$N_{fert.} = \frac{(N_{cul.} \times Rend.) - [(N_{min.} \times E_1) + (N_{inic.} \times E_2)]}{E_3}$$

donde,

N_{fert} = Requerimiento de fertilizante nitrogenado (kg/ha).

N_{cul} = Requerimiento de N del cultivo (kg/t producida) = 20 kg de N/t de grano de maíz.

Rend = Rendimiento (t/ha) = 5 t/ha de grano de maíz.

N_{min} = N Mineralizado durante el ciclo del cultivo (kg/ha) = 31 kg/ha de N a partir de 2.5% de materia orgánica en el suelo (densidad aparente de 1.3 g/cc, se mineraliza y queda disponible para las plantas el 2% anual)

N_{inic} = N-NO₃ inorgánico inicial disponible a la siembra (kg/ha) = 33.6 kg/ha de N a partir de 74.6 mg/kg de NO₃ obtenidos después de la labranza.

E_1 = Eficiencia de uso del N_{min} = 0.7.

E_2 = Eficiencia de uso del N_{inic} = 0.5.

E_3 = Eficiencia de uso del $N_{fert.}$ = 0.6.

Fertilización con N (kg/ha) =

$$\frac{(20 \times 5) - ((31 \times 0.7) + (33.6 \times 0.5))}{0.6} = 102.5$$

Aplicando esta ecuación, se puede concluir que para obtener un rendimiento de 5 t/ha de grano de maíz sería necesario aplicar 102.5 kg/ha de N. De acuerdo con este resultado, en el presente experimento el valor obtenido con la ecuación se ajusta a la fertilización aplicada (100 kg/ha de N), sin embargo, con el tratamiento de 200 kg/ha de N teóricamente se debería obtener una

mayor producción, pero se observa que el contenido de N asimilable en el suelo no presentó diferencias significativas frente a los dos niveles de N aplicados.

Nitrógeno total en hojas de maíz y pasto

La evaluación del contenido de N en las hojas del maíz y del pasto se realizó al comienzo de la floración y del llenado del grano de maíz, coincidiendo con el periodo de evaluación de nitrato y amonio en el suelo. Se encontró que en el primer estado, el N foliar en el maíz asociado con *B. decumbens* y en el maíz asociado con pasto cv. Toledo fue más alto ($P < 0.05$) (2.9% y 2.83% de N, respectivamente) (Cuadro 4), mientras que en la asociación con pasto cv. Mulato, el maíz presentó un contenido de N foliar de 2.66%. En el pasto *B. decumbens*, el N foliar fue menor ($P < 0.05$) mientras que en los pastos cvs. Mulato y Toledo la concentración de N fue de 3.31% y 3.20% respectivamente, resultando más altos ($P < 0.05$). En general se observó que a 35 dds, el N foliar en el pasto presentó niveles superiores a los encontrados en el maíz.

En el estado de llenado de grano (60 dds) el contenido de N foliar en el maíz no presentó diferencias significativas cuando se asoció con los pastos, alcanzando un promedio de 2.59%. La concentración de N foliar en el maíz fue similar en floración y en el llenado de grano (Cuadro 4). Los pastos tropicales, a medida que se acercan a la maduración, se caracterizan por la disminución del N foliar y el aumento de la fibra, hecho que fue confirmado en esta evaluación, sin embargo, el pasto cv. Mulato siguió siendo el de mayor contenido de N (2.58% a los 60 días); mientras que en las hojas de pasto cv. Toledo este valor fue de 2.30 %.

Los tratamientos con 100 y 200 kg/ha de N aplicados al maíz no afectaron ($P < 0.05$) el contenido de N en las hojas del maíz ni en

las del pasto, tanto en la floración como en el llenado del grano. En el momento de la floración del maíz, el pasto presentó mayor contenido de N foliar que aquel; mientras que en el llenado de grano ocurrió la condición contraria (Figura 5).

El N foliar en el maíz presentó poca variación a los 35 y 60 días de edad, tanto con 100 como con 200 kg/ha de N. En la floración el promedio fue de 2.8% y en el llenado de grano de 2.6%, valores que se encuentran en los límites inferiores del rango entre 2.75% y 3.25% propuesto como adecuado por Malavolta et al. (1997). Las gramíneas, a los 35 días presentaron más de 3% de N foliar, mientras que a los 60 dds éste disminuyó a valores cercanos a 2.5%.

Contenido de clorofila en hojas

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto refleja el estado nutricional. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. (Potash and Phosphate Institute, 1997; Salisbury y Ross, 1992; Wolfe et al., 1998).

Para determinar la distribución de clorofila en la planta de maíz con el clorofilometro Minolta® SPAD 502 se realizaron mediciones en todas las hojas de la planta, encontrándose los contenidos de clorofila más altos ($P < 0.05$) en las hojas 6 a 13. Estos valores se presentaron en un rango de 50 a 54 unidades SPAD, obteniéndose los más altos en las hojas 10 y 11. Estos contenidos coinciden con lo reportado por Novoa y Villagran (2002), Sainz y Echeverría (1998), quienes determinaron que un valor adecuado de clorofila para un buen rendimiento de grano de maíz debe ser

Cuadro 4. Contenido de nitrógeno (%) en las hojas de maíz y pastos en las épocas de floración y llenado de grano del maíz. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Maíz asociado	N en floración de maíz (35 dds)		N en llenado de grano de maíz (60 dds)	
	En hoja de maíz	En hoja de pasto	En hoja de maíz	En hoja de pasto
<i>B. decumbens</i>	2.90 a*	2.91 b	2.60 a	2.40 ab
<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Mulato	2.66 b	3.31 a	2.53 a	2.58 a
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	2.83 ab	3.20 ab	2.65 a	2.30 b
cv (%)	4.9	6.8	5.6	6.7

* Valores con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey.

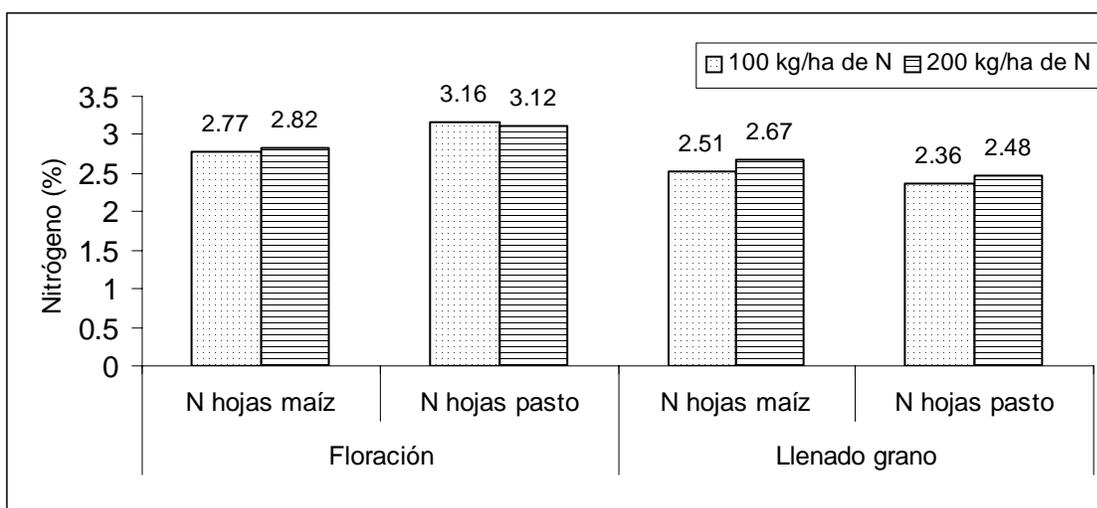


Figura 5. Nitrógeno foliar en la asociación maíz - pastos, en la floración y en el llenado de grano del maíz, establecidos con 100 y 200 kg/ha de N. C.I. la Libertad, Piedemonte llanero.

superior a 50 unidades SPAD en estas hojas (Cuadro 5).

Los valores de clorofila más bajos (30 a 48 unidades SPAD) se encontraron en el tercio inferior y en el tercio superior de la planta de maíz. En el tercio inferior correspondiente a las hojas bajas

Cuadro 5. Contenido de clorofila (unidades SPAD) en hojas de la planta de maíz, medido en los tercios de cada hoja en el momento de floración. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Hoja (no.)	Contenido de clorofila en maíz (Unidades SPAD)		
	base de hoja	mitad de hoja	ápice de hoja
2	37.1 f*	38.7 de	36.8 g
3	43.3 e	45.1 c	42.1 f
4	46.3 dec	49.0 abc	44.0 ef
5	47.3 bdec	50.7 ab	46.3 cdef
6	49.7 abc	52.7 a	49.4 bcde
7	51.2 abc	52.7 a	50.0 abcd
8	51.4 abc	53.5 a	51.6 abc
9	52.2 ab	54.4 a	52.3 abc
10	55.0 a	54.0 a	53.4 ab
11	54.5 a	52.9 a	53.6 a
12	52.4 ab	52.4 a	52.5 ab
13	51.2 abc	49.0 abc	50.8 abcd
14	48.7 bcde	46.8 bc	48.6 abcde
15	48.3 bcde	45.0 c	47.4 bcdef
16	44.7 de	43.6 dc	45.1 def
17	28.3 g	33.8 e	30.1 h
cv (%)	10.9	11.2	11.8

* Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey.

incluyendo la quinta hoja, se encontraban en proceso de senescencia y el tercio superior correspondiente a las hojas 14 a 17, estaban en proceso de formación. El N es uno de los elementos más móviles en la planta, lo que beneficia a los granos en formación en mazorcas que normalmente se localizan entre las hojas 7 a 9, con valores superiores a 50 unidades SPAD (Figura 6).

Estos resultados permiten concluir que las evaluaciones con el clorofilómetro Minolta® SPAD 502 puede ser realizados en las hojas del tercio medio de la planta de maíz. En estas hojas desarrolladas y expandidas, solo una pequeña fracción de los productos de la fotosíntesis permanecen en el sitio de producción y la mayoría son translocados a otros sitios de la planta. Los coeficientes de reparto de la materia seca entre los distintos órganos varía continuamente durante el crecimiento de la planta. Las exportaciones de los productos asimilados son dirigidas principalmente hacia los centros de crecimiento activo y posteriormente hacia la mazorca (Santibáñez y Fuenzalida, 1989)

El contenido de clorofila en las hojas de maíz fue mayor cuando este se asoció con *B. decumbens* y con pasto cv. Mulato, presentando los mayores valores en los tercios de la hoja de maíz (50 a 51 unidades SPAD). El contenido de clorofila en del maíz

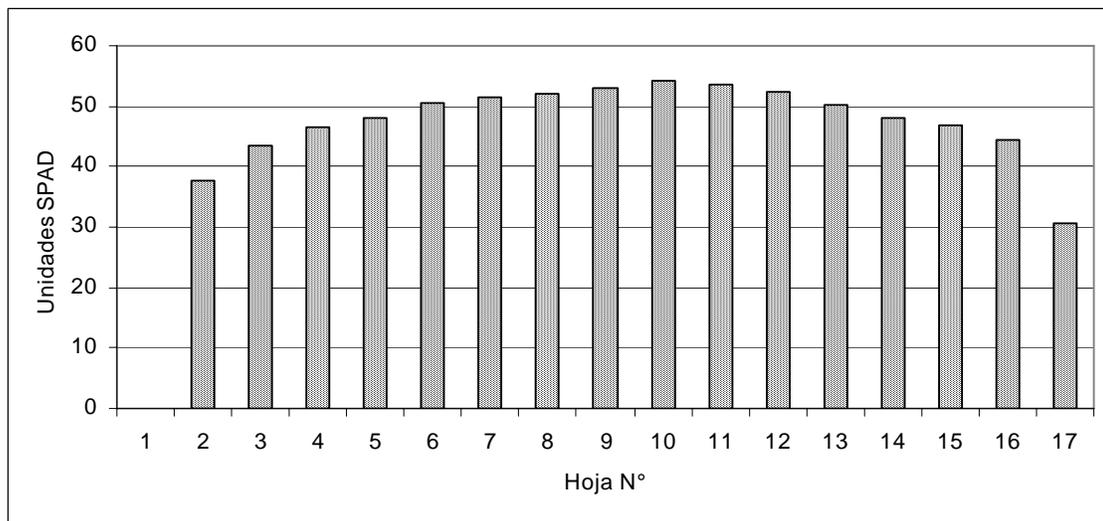


Figura 6. Contenido de clorofila (Unidades SPAD) en las hojas de la planta de maíz asociado con pastos, al inicio de la floración (35 días). C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

asociado con el pasto cv. Toledo sólo fue inferior ($P < 0.05$) en tercio inferior de la hoja con 49.8 unidades SPAD.

Los tratamientos de la asociación de maíz - pastos fertilizados con 100 y 200 kg/ha de N, presentaron diferencias ($P < 0.05$) en toda el área foliar del maíz, a favor del tratamiento con 200 kg/ha de N (> 50 unidades SPAD), mientras que en el tratamiento con 100 kg/ha de N fue de 49 unidades SPAD (Cuadro 6).

Relación contenido total de N/contenido de clorofila en hojas de maíz y pastos

El contenido de clorofila a los 35 y 60 dds en las hojas de maíz no presentó diferencias significativas en las asociaciones con los

pastos *B. decumbens* y cvs. Mulato y Toledo (Cuadro 7), cuyos valores promedios fueron de 50.4 y 50.8 unidades SPAD en ambas edades, respectivamente. En los pastos se encontraron valores más bajos con respecto a maíz, no obstante, en el pasto cv. Mulato fueron superior a los demás con valores de 48.8 y 44.1 unidades SPAD a los 35 y 60 dds, respectivamente. Al igual que el contenido de N total foliar, en el maíz se presentó poca variación en ambas edades, aunque el N total y los grados SPAD en los pastos presentaron reducción a los 60 dds.

Se encontró una buena relación entre el N foliar y contenido de clorofila en el maíz y en los pastos, especialmente en el momento del llenado de grano. Esto fue comprobado por

Cuadro 6. Contenido de clorofila (unidades SPAD) en tercios de la hoja de la planta de maíz en asocio con pastos y con dos niveles de N, en el momento de la floración del maíz. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Maíz asociado con los pastos:	Contenido de clorofila en maíz (Unidades SPAD)		
	base de hoja	mitad de hoja	ápice de hoja
<i>B. decumbens</i>	50.9 a	51.6 a	50.1 a
<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Mulato	50.2 ab	50.1 b	50.0 a
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	49.8 b	51.2 a	49.9 a
Nitrógeno:			
100 kg ha ⁻¹	49.1 b	49.4 b	48.4 b
200 kg ha ⁻¹	51.5 a	52.5 a	50.9 a
cv (%)	10.9	11.2	11.7

* Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey

Cuadro 7. Relación (r^2) contenido de clorofila (unidades SPAD) y nitrógeno total en las hojas de maíz y de pastos asociados a los 35 y 60 después de la siembra. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

	A los 35 días (inicio de la floración)			A los 60 días (inicio de llenado de grano)		
	N foliar	SPAD	r^2	N foliar	SPAD	r^2
	Hojas de maíz asociado con:					
<i>B. decumbens</i>	2.90 a*	50.8 a		2.60 a	51.2 a	
<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Mulato	2.66 b	50.1 a	0.79	2.53 a	49.6 a	0.96
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	2.83 ab	50.3 a		2.65 a	51.7 a	
CV (%)	4.9	11.8		5.6	13.5	
En las hojas de los pastos:						
<i>B. decumbens</i>	2.91 b	44.5 b		2.40 ab	39.3 b	
<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Mulato	3.31 a	48.8 a	0.79	2.58 a	44.1 a	0.92
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	3.20 ab	45.8 b		2.30 b	38.7 b	
CV (%)	6.8	14.2		6.7	10.6	

* Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey.

los coeficientes de determinación (r^2) cuyos valores demuestran que a la edad de 35 días, un 79% de la variación en el N foliar en las hojas de maíz y pasto puede ser explicada por el valor obtenido con el clorofilometro y expresado en grados SPAD. A 60 dds este valor fue de 96% y 93%, respectivamente.

Teniendo en cuenta el bajo contenido de nitratos encontrado en el suelo a 60 dds se pensaría en la necesidad de aplicar N en forma de fertilizante, sin embargo, los contenidos adecuados de este nutriente determinados mediante N total en hojas (Microkendjal) y con el clorofilometro indican que su disponibilidad es adecuada, como resultado de la translocación de las reservas desde el tallo principalmente para ser aprovechado en épocas de altos requerimientos como el llenado de grano. Laffite (2002) encontró que entre 20% y 60%

del N total del grano proviene de la translocación previa a la antesis.

En varios trabajos N (Novoa y Villagrán 2002; Imsande, 1998) se encontró una alta correlación entre el contenido de N en las hojas y los valores obtenidos con el medidor de clorofila, alcanzando valores de 49 y 51 unidades SPAD a 32 y 50 días después de la emergencia, respectivamente, valores considerados suficientes para alcanzar el 95% del rendimiento máximo. Valores SPAD inferiores que 35, equivalentes a un contenido de N foliar de 1.83%, indican la necesidad de aplicar N.

Relación contenido de clorofila en las hojas/rendimiento de grano de maíz

En el estudio se encontró que el promedio del contenido de clorofila en hojas de maíz en el momento de la floración fue de 50.4 unidades

Cuadro 8. Grados SPAD de clorofila en la floración y rendimiento de maíz en grano. C.I. La Libertad, Piedemonte llanero.

Maíz asociado con los pastos:	Clorofila (unidades SPAD)	Peso de granos (g/planta)	Rendimiento (t/ha)
<i>B. decumbens</i>	50.8 a	134.4 a	5.37 a
<i>Brachiaria</i> híbrido cv. Mulato	50.1 a	129.5 a	5.18 a
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	50.3 a	133.8 a	5.35 a
Nitrógeno:			
100 kg ha ⁻¹	48.9 b	129.6 a	5.18 a
200 kg ha ⁻¹	51.6 a	134.8 a	5.39 a
CV (%)	11.4	19.0	19.0

* Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey.

SPAD, siendo este valor similar en maíz solo o asociado con pastos. Una tendencia similar se encontró en la producción de maíz con un promedio de 132 g/planta (Cuadro 8).

Se estima que para producir 1 t/ha de grano es necesario aplicar 20 kg de N disponible (Salvagiotti et al., 2000), es decir, que para lograr una producción de 5 t/ha de grano es necesaria una disponibilidad en el suelo de 100 kg/ha de N, siempre y cuando, no existan limitantes de los demás nutrientes y factores de producción. En este experimento, los rendimientos de maíz no fueron afectados por los dos niveles de N utilizados, aunque en el contenido de clorofila sí se presentaron diferencias significativas (48.9 unidades SPAD con 100 kg/ha de N y 51.6 unidades SPAD con 200 kg/ha de N). Estos valores estuvieron cerca al valor de 50 unidades SPAD, lo que indica que las plantas no presentaron deficiencia de N como lo confirman los rendimientos de maíz (5.18 y 5.39 t/ha, $P > 0.05$) con 100 o 200 kg/ha de N, respectivamente.

Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten concluir lo siguiente:

- la cantidad de N total proveniente de la fertilización y de la mineralización de la MO fue de 91 kg/ha, cantidad cercana a los 85.5 kg/ha de N disponible en forma de nitrato en el suelo, para ser tomado por el cultivo 15 y 35 dds.
- Los tratamientos con 100 y 200 kg/ha de N aplicados al maíz no afectaron ($P < 0.05$) el contenido de N en las hojas del maíz ni en el pasto, tanto en la floración como en el llenado del grano
- Se encontró una buena relación entre el N foliar y contenido de clorofila en el maíz y en los pastos, especialmente en el momento del llenado de grano. Esto fue comprobado por los coeficientes de determinación (r^2) cuyos valores demuestran que a la edad de 35 días, un 79% de la variación en el N foliar en las hojas de maíz y pasto puede ser explicada por el valor obtenido con el clorofilometro.
- En las condiciones del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia, la aplicación de 100 kg/ha es suficiente para alcanzar un rendimiento promedio de 5.3

t/ha de grano de maíz híbrido Master en asociación con los pastos *Brachiaria* híbrido cv. Mulato, y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *B. decumbens*.

- Teniendo en cuenta la alta relación obtenida entre el contenido de N foliar y de clorofila en grados SPAD en las hojas del maíz y las gramíneas en el estudio, la utilización de esta metodología es una buena alternativa para conocer el estado nutrición de ambos cultivos.

Summary

In the Piedmont of the Oriental plains of Colombia, the association of corn with the grasses *B. decumbens*, *Brachiaria* hybrid Mulato and *B. brizantha* cv. Toledo was established, to renovate degraded pasture. The effect of the N was evaluated with 100 and 200 kg ha⁻¹ applied to the corn to the 15 and 35 days after the sowing (d.a.s). The availability of N in the soil was determined with the content of nitrates and ammonium, the content of N in the plant was determined by means of the analysis of N to leaf total and the chlorophyll content was measured with a clorofilometro Minolta® SPAD 502. The available N in the soil in nitrate form remained in 42 and 43 kg/ha de N to the 15 and 35 d.a.s respectively, coinciding with the fertilization of N applied to the corn, but to the 60 days it reducing to 11,9 kg/ha de N. The available N in ammonium form was of 82, 84 and 72 kg ha⁻¹ to the 15, 35 and 60 d.a.s respectively. To the beginning of the flowering, the N leaf in the corn associated with *B. decumbens* and with the grass Toledo was respectively of 2,9 and 2,83%, while in the association with grass Mulato was of 2,66%. The N leaf in the grasses Mulato and Toledo was respectively of 3,31 and 3,20%. In the phase of filled grain of corn, the N leaf in the corn didn't present significant differences when being associated with the three grasses, being obtained an average of 2,59%. The treatments with 100 and 200 kg/ha de N applied to the corn, they didn't affect the content of N in the leaves of corn and grass, so much in the moment of the flowering like in the one filled of the grain. The chlorophyll content measured in grades SPAD in the leaves of corn didn't present significant differences in the associations of the corn with the grasses *B. decumbens*, cvs. Mulato and Toledo whose you value averages they

were of 50,4 and 50,8 units SPAD to the 35 and 60 days respectively. The yields of corn were not affected by the two levels of N utilized.

Referencias

- Andrade, S.R.M.; Santana, R.; Cambraia, J.; y Mosquim, P. 2001 Efeito da proporção NH_4 , NO_3 na distribuição de nitrato e na atividade in Vitro da redutase do nitrato em plantas de *Panicum maximum*. Bol. Psqu. Desenvol. 12. Planaltina, DF. Brasil. 16 p.
- AOAC (Association of official Agricultural Chemists), 1995. Official methods of analysis. Arlington Virginia, USA.
- Attanandana, T. y Yost, R.S. 2003. A site specific nutrient management approach for maize. Better Crops Intern. (17): 3-7.
- Ayarza, M.A. y Spain, J.M. 1988. Manejo del ambiente físico y químico en el establecimiento de pasturas mejoradas. En: Establecimiento y renovación de pasturas. VI reunión del Comité Asesor de la RIEP. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Veracruz, México. p.187-284.
- Barbieri, P. A., y Echeverría, H.E. 2003. Evolución de las pérdidas de amoníaco desde la urea aplicada en otoño y primavera a una pastura de Agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). RIA 32(1):17-29.
- Botero, P.J. y López D. 1982. Los suelos de los Llanos Orientales (Una visión general sintetizada). Suelos Ecuatoriales 12) 2:18-29.
- Bullock, D. G.; y Anderson, D.S. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. J. Plant. Nutr. 21: 741-755.
- Bundy, L. G. y Andraski, T.W. 2005. Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crops on an irrigated sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 69:141-147.
- Cabral da Silva, E.; Buzetti, S.; Guimarães, G. L.; y Lazarini, E., de Sá, M.E. 2005. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 29(3):37-44.
- Caires, N. O.; Guedes de Carvalho, J.; Dias, M. F.; Pereira, T. R.; y Pinho, P. J. 2005. Uso do SPAD 502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrógeno, enxofre, ferro e manganês do algodoneira herbáceo. Pesq. Agropec. 40(5):71-87.
- Cramer, M. D. y Lewis, O. A. 1993. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. Annals of Botany 72:359-365.
- Deane, C. E. y Glass, A. D. 1983. Short terms studies of nitrate uptake into barley plants using ion specific electrodes and Cl_3 . Regulation of efflux by NH_4 . Plant Physiol. 73:105-110.
- Fox, R.H.; Kern, J.M. y Piekielek, W. P. 1986. Nitrogen fertilizer source and method and time of application effects on no-till corn yield and nitrogen uptakes. Agron. J. 78:741-746.
- Imdade, J. 1998. Iron, sulfur and chlorophyll deficiencies: A need for an integrative approach in plant physiology. Physiol. Plant. 103:139-144.
- Kluthcouski, J. y Stone, L. F. 2003. Manejo sustentavel dos solos dos Cerrados. En: Integração Lavoura – Pecuária. En: Kluthcouski, J., Stone, L. F y Aidar, H. (eds.). Embrapa, Arroz e Feijoo. San Antonio de Goias, Brasil. p. 61 - 104.
- Lafitte, H.R. 2002. Fisiología del maíz tropical. Tecnifenalce, no.2. año 4.
- Martha Júnior, G. B.; Vilela, L.; Barioni, L. G.; Gomes de Sousa, D.M.; y Olivera, O. B. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. En: Silveira C. G.; Moura, C. y Pedroso de Faria V. (eds.). Fertilidade do solo para pastagens productivas. Anais do 21° simposio sobre Manejo da Pastagens. Fundación de Estudios Agrarios Luis de Queiroz, FEALQ. Piracicaba, Brasil. p. 155-216.

- Martha Jr.; Corsi, M.; Trivelin, P. C., y Alves, M. C. 2004. Nitrogen recovery and loss in fertilized grass pasture. *Grass forage Sci.* 59:80-84.
- Mejia, L. 1996. Génesis y características de los Oxisoles y suelos oxicos de los Llanos Orientales de Colombia y su relación con la fertilidad. *Suelos Ecuatoriales* 26 (1):7-34.
- Menezes, P. S. 2004. Aspectos fisiológicos y metabólicos de la nutrición nitrogenada de plantas forrajeras. En: Silveira C. G. Moura, C. y Pedroso de Faria V. (eds.). *Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Anais do 21° Simposio sobre Manejo da Pastagens. Fundação de Estudos Agrarios Luis de Queiroz, FEALQ. Piracicaba, Brasil.* p. 139-154.
- Mengel, D. B. y Barber, S. A. 1974. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. *Agron. J.* 66:399-402.
- Meisinger, J. J. 1984. Evaluating plant-available nitrogen in soil-crop systems. In: R.D. Hauck et. al. (eds.) *Nitrogen in crop production.* Am. Soc. Agron. p. 391-416.
- Miles, J. W.; Do Valle, C.B.; Rao, I.M.; y Euclides, V. P. 2004. *Brachiaria* grasses. Warm season (C4) Grasses, *Agronomy, Monograph no. 45.* American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. U.S.A. p. 745-783.
- Montesano, A. M.; Salomón, A.; Teramo, C. D.; y Masiero, B. 2003. Fertilización del cultivo de maíz. Proyecto Fertilizar-INTA Pergamino, Argentina. 7 p.
- Nevens, F. 2003. Nitrogen use efficiency in grassland, silage Maite and ley/arable rotation. Ph.D thesis Belgium:University of Gent.
- Novoa, R. y Villagran, A. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agric. Tec.* 62 (1).
- Oaks, A. 1992. Re-evaluation of nitrogen assimilation in roots. *BioSci.* 88:1067-1072.
- Orozco F. H. 1999. *Biología del nitrógeno. Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas.* Tomo 1. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia. 231 p.
- Pearson, C. J. y May, A. J. 1984. Maize and pearl millet. En: C.J. Pearson (ed.). *Control of crop productivity.* Acad. Press. Nueva York. p.141-158.
- Potash and Phosphate Institute, 1997. *Manual Internacional de Fertilidad de suelos.* Norcross, G.A. U.S.A. 146 p.
- Rancel, J. A.; Alcanzar, G. G.; Castellanos, J. Z.; Garcia, E. M.; Trejo, L. C.; y Vaquera, H. H. 2002. Comparación de dos pruebas para diagnosticar nitrógeno en sorgo. *Terra* 20:383-390.
- Rao, I. M.; Kerridge, P. C.; y Macedo, M. C. 1998. Requerimientos nutricionales y adaptación a los suelos ácidos de especies de *Brachiaria*. En: J. W. Miles; B. L. Maass; y C.B. do Valle (eds.). *Brachiaria, biología, agronomía y mejoramiento.* CIAT, Cnpgc/Embrapa. Calí, Colombia. Campo Grande, Brasil. p. 58 – 78.
- Rincón, A.; Cuesta, P. A.; Pérez, R.; Bueno, G.; Pardo, O.; y Gómez, J. E. 2002. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de la Orinoquia y el Piedemonte caqueteño. *Corpoica, Fedegan, Colciencias, Minagricultura.* 76 p.
- Rincón, A. 1993. Establecimiento de pasturas por el sistema arroz - pastos. *Carta Ganadera.* 30 (2):12-17.
- Sainz, R. H. y Echeverria, H. E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento del grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 103(1):37-44.
- Sans, J. I.; Zeigler, R. S.; Sarkarung; S.; Molina, D.L.; y Rivera, M. 1999. Sistemas mejorados arroz-pasturas para sabana nativa y pasturas degradadas en suelos ácidos de América del Sur. En: Guimaraes, E.; Sanz, J. I.; Rao, Y.;

- Amézquita, M. C.; y Amézquita, E.(eds.). Sistemas Agropastoriles en Sabanas Tropicales de América Latina. CIAT-Embrapa. Cali, Colombia. p. 232-244.
- Salinas, J. G. 1985. Fertilización de pastos en suelos ácidos de los Trópicos. Centro Internacional de Agricultura trópica (CIAT). Cali, Colombia. 215 p.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1992. Fisiología vegetal. Ed. Iberoamerica S.A. México. p. 319 - 338.
- Salvagiotti, F.; Pedrol, H.; y Castellarin, J. 2000. Utilización del método del balance de N para la recomendación de la fertilización nitrogenada en maíz. Informaciones agronómicas, Instituto de la potasa y el fósforo, Inpofos. 38: 11-13.
- Sánchez, P.A.1976. Properties and management of soils in the tropics. New York USA. J. Wiley and sons. 618 p.
- Santibáñez, F. y Fuenzalida, J. 1989. Modelos ecofisiológicos para el análisis de los potenciales de producción de maíz. Universidad de Chile (Santiago), Universidad de Talca (Talca), Chile. 32 p.
- Sims, A. L.; Schepers, J. S.; Olson, R. A.; y Power, J. F. 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till: tillage and surface-residue variables. Agron. J. 90:630-637.
- Varvel, G. E., Schpers, J. S.; y Francis, D. D. 1997. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. Soil Sci. Am. J. 61:1233-1239.
- Vilela, L.; Macedo, M. C.; Martha Jr., G. B.; y Kluthcouski, J. 2003. Benefícios da integração lavoura – pecuária. En: Kluthcouski, J.; Stone, L. F.; y Aidar, H. (eds.). Integração Lavoura – Pecuária. Embrapa, Arroz e Feijão. San Antonio de Goias, Brasil. p. 154-170.
- Wachendorf, M.; Volkers, K. C.; Loges, R.; Rave, G.; y Taube, F. 2006. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. IV. Impact of slurry application, mineral N fertilizer and grass understorey on yield and nitrogen surplus of maize for silage. Grass Forage Sci. 61:232-242.
- Zhao, R. F.; Chen, X. P.; Zhang, F. S.; Zhang, H.; Schoroder, J.; y Romheld, V. 2006. Fertilization and nitrogen balance in wheat – maize rotation system in North China. Agron. J. 98:999-1004.