

Balance del nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq) en condiciones de bosque seco tropical

M.F. Pirela¹, T. Clavero², L. Fernández^{2*} L. Sandoval²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Local Carrasquero.

²Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Maracaibo.

Resumen

A objeto de estudiar el balance del nitrógeno en el sistema suelo - planta con pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) se llevo a cabo un experimento en el occidente de Venezuela. Area perteneciente a un Bosque Seco Tropical, con una precipitación promedio anual 1200mm con temperaturas promedios de 28°C. Se utilizó un diseño experimental en bloque al azar con cinco repeticiones y tres niveles de nitrógeno N0 = 0 kg ha⁻¹.año⁻¹, N1 = 100 kg.ha⁻¹.año⁻¹ y N2 =200 kg ha⁻¹.año⁻¹. Los datos se procesaron utilizando el análisis de correlación de Pearson. Se evaluó el contenido de nitrógeno (N-Total) en la planta, las pérdidas de nitrógeno por efecto de la precolación, escorrentía, el contenido de nitrógeno en el suelo y el aporte de nitrógeno por la lluvia. Los resultados obtenidos muestran que la distribución porcentual del nitrógeno en la planta resulto en un 55% en la biomasa removida, un 35% en la biomasa residual y un 10% en la biomasa radicular. Las pérdidas por percolación ocurrieron en un 80% como N-NO₃⁻ y en un 20% como N-NH₄⁺. Las pérdidas por escorrentía resultaron muy pequeñas con valores que no excedieron 1 kg ha⁻¹.año⁻¹. Del nitrógeno en el agua de lluvia, el N-NH₄⁺ constituye el mayor aporte con 8,4 kg ha⁻¹.año⁻¹ mientras tanto, el N-NO₃⁻ aportó 4,16 kg ha⁻¹.año⁻¹ representando un 66,8% y 33,2% respectivamente.

Palabras clave: nitrógeno, pasto guinea, dinámica.

Introducción

En la producción de los pastizales, el elemento nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes, el cual se caracteriza por estar sometido a una dinámica permanente de transformación y síntesis de carácter

bioquímico en el sistema suelo-planta, donde se presentan fenómenos de ganancias y pérdidas del elemento en periodos relativamente cortos.

Desde el punto de vista de la nutrición mineral de los pastizales uno

de los elementos condicionantes de las limitaciones en el desarrollo de las plantas es el nitrógeno, en ese sentido, Delgado *et al.* (8) resaltan la importancia del estudio del nitrógeno del suelo en cuanto a que su incorporación es casi obligada en cualquier plan de fertilización en los diferentes cultivos.

Son muchos los factores que intervienen en este proceso de ganancias y pérdidas como el tipo de suelo, cobertura, dosis y fuente de nitrógeno, cantidad y duración de las lluvias, velocidad de infiltración tasa de remoción por parte de los pastizales entre otros no menos importantes (2). Esto pone en evidencia la importancia que tiene manejar racionalmente los fertilizantes nitrogenados, me-

dante el diagnóstico y conocimiento del grado de respuesta de las especies forrajeras en función de los procesos de ganancias y pérdidas de nutrientes que acontecen en el sistema suelo planta.

Se hace necesario conducir investigaciones para tratar de explicar los procesos que ocurren en los agro sistemas cuando se incorpora nitrógeno a través de los fertilizantes. El presente estudio constituye una primera aproximación sobre la dinámica del nitrógeno y tiene como finalidad fundamental: Realizar un balance del nitrógeno para evidenciar la importancia y la naturaleza de la pérdidas en el sistema suelo-planta con pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en El Laberinto, Municipio Jesús Enrique Lossada del Estado Zulia, Venezuela. El clima y la vegetación predominante en el área de estudio están clasificados como un Bosque Seco Tropical (16). La precipitación promedio anual es de 1200 mm presentando un régimen, bimodal con dos períodos lluvioso (mayo-junio y sept-nov) y dos períodos de sequía (dic-abril y julio-agosto). Las temperaturas medias mensuales para máxima y mínima de 36,6°C y 22,1°C respectivamente (17). Los suelos se han formado a partir de materiales provenientes de la formación "El Milagro" con un horizonte argílico que se encuentra a partir de los 50cm. El contenido de materia orgánica es inferior al 2%. Los suelos fueron agrupados en la unidad

taxonómica Ultic paleustalf (5). El ensayo se diseñó en parcelas con una superficie de 1125 m de terreno sembrado con pasto guinea. Para el procesamiento de la información experimental se utilizó el análisis de correlación de Pearson (20). El diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con 5 repeticiones y 3 tratamientos aplicados al voleo (0-100-200 kg ha⁻¹.año⁻¹).

Cada unidad experimental estaba constituida por parcelas de 75 m² Estas a su vez se dividieron en sub-parcela A de 3 mx 15 m (45 m²) donde se evaluó el nitrógeno en suelo, planta y su lixiviación. En la sub-parcela B de 2 mx15 m (30 m²) de largo, donde se realizaron las mediciones de nitrógeno en el agua de escorrentía.

Para los niveles de fertilización

nitrogenada se utilizó urea como fuente y se aplicó una dosis básica de fósforo a razón de 100 kg de P_2O_5 ha⁻¹.año⁻¹. Antes de la aplicación de los tratamientos se realizó un corte con rotativa para uniformar el pasto.

Se cosechó la masa foliar sometida a 11 cortes cada 35 días, se muestrearon 3 plantas por unidad experimental. Las plantas se separaron en tres secciones: biomasa residual, la cual correspondía a la parte de la planta que se encontraba a una altura entre 0 y 40cm; biomasa removida, a una altura superior a 40 cm y la biomasa radicular. Se analizaron un total de 90 muestras/corte. Las muestras de pasto se colocaron en bolsas de papel y se secaron a la estufa a una temperatura de 60°C durante 48 h Se determinó el contenido de N-Total por el método de Kjeldalh (1).

Se tomaron muestras de suelo por parcela a una profundidad de 0 a 20 cm, inmediatamente antes de cada uno de los cortes programados. Las muestras se secaron a la estufa a una temperatura de 55°C. Una vez secas, se procedió a determinar el contenido de nitrógeno total (N-Total), nitrógeno amoniacal ($N-NH_4^+$ y nitrógeno nítrico ($N-NO_3$) por los métodos de Kjeldalh (4), Oxido de Magnesio y

Devarda respectivamente (3).

Para evaluar el nitrógeno lixiviado, se utilizó la metodología del lisímetro (13), colocando dos lisímetros a dos profundidades (0 a 20 cm. y de 0 a 40 cm.) para cada tratamientos en las 5 repeticiones con la finalidad de conocer hasta donde va la lixiviación. Los lisímetros se construyeron con tubos de PVC (Polivinilcloruro) de 15,25 cm de diámetro, Para su instalación fueron empujados desde la superficie del suelo hacia abajo a la fuerza. Las muestras colectadas eran medidas con un cilindro graduado y se le aplicaba 5 ml de tolueno por cada litro de agua percolada para evitar su descomposición por acción de los microorganismos. Los análisis para las determinaciones de $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ se realizaron por duplicado utilizando el método del óxido de Magnesio (MgO) y Devarda respectivamente (4).

El nitrógeno por escorrentía se determino en las sub-parcelas B sobre la base de la metodología (10). A las muestras se les analizó por duplicado el contenido de $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ (4).

En el área de estudio se instaló un pluviómetro para medir la precipitación y cuantificar por duplicado los aportes de $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ al sistema (4).

Resultados y discusión

Acumulación y distribución de nitrógeno en la planta.

Al estudiar la acumulación y distribución del nitrógeno en la planta (cuadro 1). Se observa que independientemente de los niveles, más de 50% del nitrógeno contenido en la planta se encuentra por encima de los 40 cm de al-

tura coincidiendo con los reportados por (11). Este hallazgo debe considerarse al momento de establecer la altura de pastoreo adecuada por los animales para el mejor manejo del pasto guinea. Al comparar la remoción de nitrógeno para los tres niveles, se observa que la no aplicación de nitrógeno la planta es capaz de

Cuadro 1. Contenido acumulado de nitrógeno (kg.ha⁻¹) y distribución porcentual en la Biomasa removida, biomasa residual y biomasa radicular para los diferentes tratamientos.

Niveles	N en la Biomasa						
	Removida (%)	Residual (%)	Radicular (%)	Planta			
0 kg N.ha ⁻¹	102,75	(51,6)	73,89	(37,1)	22,35	(11,3)	198,98
100 kg N.ha ⁻¹	151,88	(56,5)	89,18	(33,1)	27,59	(10,4)	268,65
200 kg N.ha ⁻¹	189,81	(55,1)	116,87	(33,9)	37,48	(11,0)	344,16

remover del sistema suelo-planta la cantidad de 198,9 kg.N.ha⁻¹.año⁻¹. Esta remoción puede ser producto de un fuerte aporte al sistema por fijación libre o procedente de las capas profundas del suelo dado el aporte de la lluvia. No obstante cuando se aplicaron 100 kg N.ha⁻¹ la cantidad removida aumento a 268,6 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ lo que representa un incremento de 26% con respecto a la no aplicación de nitrógeno. Para el tratamiento de 200 kg N.ha⁻¹ se observa una remoción de 344,1 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ representando un incremento de 42,2% con respecto al testigo. Similares resultados reportan (19) en un estudio sobre la dinámica de nutrientes en el suelo con tres cultivares de bermuda [*Cynodon dactylon* (L) Pers.] Es importante señalar el efecto marcado de los niveles de tratamientos el cual se traduce en un aumento considerable en la remoción de nitrógeno, posiblemente debido a la capacidad que tiene el nitrógeno de acelerar la tasa de crecimiento en la planta a través de las transformaciones y síntesis de carácter bioquímico que ocurren en la misma (2,7).

Nitrógeno y la Producción de Materia Seca:

El análisis de correlación realizado (cuadro 2), señala una alta co-

relación positiva ($r = 0,86$ $P < 0,01$) entre el contenido de nitrógeno y la producción de materia seca en la biomasa removida de la planta. Igualmente, la producción de materia seca de la biomasa residual y en la materia seca de la biomasa radicular se presentan correlaciones similares ($r = 0,81$; $P < 0,01$), ($r = 0,95$; $P < 0,01$) respectivamente. Estos resultados coinciden con los reportados por (6, 14) quienes encontraron una alta correlación positiva entre el contenido de nitrógeno en la planta y la producción de materia seca.

Nitrógeno en el suelo.

El contenido de nitrógeno en el suelo para el tratamiento de 0 kg N.ha⁻¹.año⁻¹. (cuadro 3), muestra una reducción progresiva en el tiempo en cada una de las formas evaluadas (N-Total, N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻), destacándose una baja relación N-NH₄⁺/N-NO₃⁻, la cual se incrementa gradualmente a medida que transcurre el tiempo haciéndose predominante la presencia del ión amonio. La variación de N Total en la capa superficial 0-20 cm es del orden de 40 kg.ha⁻¹ el cual esta muy por debajo de la extracción de 198,98 kg.N.ha⁻¹ realizada por la planta lo que evidencia la probabilidad de

Cuadro 2. Correlación entre el contenido de nitrógeno en la planta y la producción de materia seca.

Materia seca	Contenido de nitrógeno en la planta		
	Removida	Residual	Radicular
MS-Removida	0,86*	-	-
MS-Residual	-	0,81*	-
MS-Radicular	-	-	0,95*

*(P<0,01)

una fijación libre activa, sino también una participación de las capas profundas del suelo en la alimentación nitrogenada de la planta. Similar situación se presenta en los otros tratamientos.

Los valores promedios para el tratamiento de 100 y 200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ se presentan en los cuadros 4 y 5 respectivamente. En ellos se muestra una tendencia similar a la observada con el tratamiento 0 kg N.ha⁻¹.año⁻¹. Al mismo tiempo se aprecia una predominancia del amonio sobre los nitratos durante todo el ensayo.

Esta situación predominante del N-NH₄⁺ puede deberse al intercambio de nitrógeno que ocurre entre el suelo y la atmósfera. Sobre éste particular (9) manifiesta que el suelo adsorbe suficiente cantidad de nitrógeno en forma amoniacal de la atmósfera que le permite mantener la fertilidad durante un periodo indefinido. De los nutrientes del suelo, el nitrógeno ha sido centro de diversas investigaciones, sin embargo, aun existen aspectos que no han sido dilucidados totalmente. Las pérdidas y ganancias de nitrógeno, por ejemplo, son todavía en la actualidad motivo de discusiones.

Nitrógeno en el agua de percolación

Los valores acumulados de nitrógeno lixiviado durante todo el año de evaluación evidencian que el mayor porcentaje lo representa el N-NO₃⁻ en comparación con N-NH₄⁺ el cual se encuentra en un porcentaje inferior al 20% cuadro 6. Estos valores se presentan a una profundidad 20 cm. En el nivel de 40 cm no hubo lixiviación.

Esta situación se presenta de manera similar en todos los niveles aplicados. Estos resultados coinciden con los encontrados por (12,18) quienes señalan que las pérdidas de nitrógeno por lixiviación ocurren principalmente en forma de NO₃⁻ en tanto que el NH₄⁺ se presenta en cantidades insignificantes. Es lógica ésta situación pues, la forma amoniacal es retenida mas intensamente por el complejo coloidal que el ión NO₃⁻.

Al relacionar N-nítrico lixiviado con la disminución del N-nítrico en el suelo se evidencia que la planta debe absorber el N nítrico y que la nitrificación no es suficientemente activa bajo pastizales para compensar esta disminución.

Al realizar el análisis de correla-

Cuadro 3. Contenido de nitrógeno (kg.ha⁻¹) en el suelo (0-20 cm) al momento de cada corte para el nivel de 0 kg.N.ha⁻¹

Corte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N-NO ₃ ⁻	14,8	17,2	14,9	9,5	5,4	5,1	5,0	5,1	4,9	3,8	3,9	3,6
N-NH ₄ ⁺	13,3	15,4	13,9	5,4	4,9	8,3	9,1	7,4	7,2	7,3	7,0	6,3
A/N	0,8	0,8	0,9	0,5	0,9	1,5	1,8	1,4	1,4	1,9	1,7	1,7
NT	55,1	51,2	48,3	28,7	27,3	30,7	20,1	20,2	18,8	17,2	16,8	14,3

A/N= relación N-NH₄⁺/N-NO₃⁻
 NT= Nitrógeno Total
 Corte 0= N-inicial

ción respectivo (cuadro 7), se observa que el N-NO₃⁻ se encuentra correlacionado positivamente con el volumen de agua percolada (r= 0,91; P<0,01), con la precipitación (r= 0,80; P<0,01) y con el contenido de N-NO₃⁻ en el agua de lluvia (r= 0,83; P<0,01), Estas relaciones coinciden con los datos reportados por (21), quienes señalan que el contenido de N-NO₃⁻ en el agua de percolación depende estrechamente del volumen de percolación y de la precipitación entre otros factores.

El volumen de agua percolada muestra una correlación significativa con la precipitación (r= 0,825; P<0,01). Encontrando que son necesarias precipitaciones superiores e iguales a 22 mm para generar movimiento de agua en el perfil del suelo de 0 a 20 cm de profundidad mientras tanto para producir movimiento de agua a una profundidad de 0 a 40 cm es necesario precipitaciones mayores o iguales a 43 mm.

Nitrógeno en el agua de escorrentía

En general las pérdidas anuales de nitrógeno a través del agua de escorrentía (cuadro 8) para los distintos niveles de nitrógeno aplicados resultaron pequeñas e insignificantes con valores inferiores a 1 kg.ha⁻¹. año⁻¹. Asimismo, se observa que las pérdidas anuales de N-NO₃⁻ resultaron semejantes a las del N-NH₄⁺. Similares resultados reportan (13) quienes afirman que la escorrentía no es la principal causa de las pérdidas de nitrógeno en pastizales.

En el cuadro 9 se describen los análisis de correlación entre el contenido de nitrógeno en el agua de

Cuadro 4. Contenido de nitrógeno (kg.ha⁻¹) en el suelo (0-20 cm) al momento de cada corte para el nivel de 100 kg N.ha⁻¹

Corte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N-NO ₃ ⁻	14,8	21,4	27,7	24,2	20,4	11,1	8,3	7,9	6,0	7,1	5,2	5,1
N-NH ₄ ⁺	13,4	34,9	33,7	20,9	18,1	13,8	15,4	14,9	13,4	12,7	10,4	11,2
A/N	0,9	1,6	1,2	0,8	0,8	1,2	1,8	1,8	2,2	1,7	2,0	2,1
NT	60,0	83,8	80,1	58,3	52,1	49,4	40,1	32,2	30,1	32,8	22,4	21,3

A/N= relación N-NH₄⁺/N-NO₃⁻

NT= Nitrógeno Total

Corte 0= N-inicial

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno (kg.ha⁻¹) en el suelo (0-20 cm) al momento de cada corte para el nivel de 200 kg N.ha⁻¹

Corte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N-NO ₃ ⁻	14,7	60,3	60,9	62,4	53,6	32,3	17,1	9,4	7,8	13,9	6,6	5,9
N-NH ₄ ⁺	13,2	77,4	71,5	48,7	43,3	45,1	26,1	19,2	13,4	23,4	11,6	13,4
A/N	0,8	1,3	1,1	0,7	0,8	1,4	1,5	2,0	1,7	1,6	1,7	2,2
NT	55,6	178,0	146,7	132,7	109,2	102,7	55,9	48,7	39,8	53,3	27,4	30,8

A/N= relación N-NH₄⁺/N-NO₃⁻

NT= Nitrógeno Total

Corte 0= N-inicial

Cuadro 6. Contenido de nitrógeno en el agua de percolación para los diferentes tratamientos (kg N.ha⁻¹) a 20 cm de profundidad.

Tratamientos	N-NO ₃ ⁻	(%)	NH ₄ ⁺	(%)
0 kg.N.ha ⁻¹	8,61	(87)	1,23	(13)
100 kg.N.ha ⁻¹	13,67	(83)	2,69	(17)
200 kg.N.ha ⁻¹	18,0	(84)	3,39	(16)

Cuadro 7. Correlación entre el contenido de nitrógeno en el agua de percolación y las variables estudiadas.

Variables	NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Precipitación	0,21 ^{ns}	0,80 *
N-NH ₄ ⁺ en el agua de lluvia	0,27 ^{ns}	-
N-NO ₃ ⁻ en el agua de lluvia	-	0,83*
Volumen de agua percolada	0,21 ^{ns}	0,91*

** (P<0,01) ns= no significativo

Cuadro 8. Contenido de nitrógeno en el agua de escorrentía para los diferentes tratamientos (kg N.ha⁻¹).

Tratamientos	NH ₄ ⁺	(%)	N-NO ₃ ⁻	(%)
0 kg N.ha ⁻¹	0,13	(50)	0,13	(50)
100 kg N.ha ⁻¹	0,19	(49)	0,20	(51)
200 kg N.ha ⁻¹	0,25	(54)	0,29	(56)

Cuadro 9. Correlación entre el contenido de nitrógeno en el agua de escorrentía y las variables estudiadas.

Variables	NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Precipitación	0,38 ^{ns}	0,69*
NH ₄ ⁺ en el agua de lluvia	0,48 ^{ns}	-
N-NO ₃ ⁻ en el agua de lluvia	-	0,78*
volumen de agua escurrida	0,45 ^{ns}	0,75*

*(P<0,01) ns = no significativo

escorrentía y las variables estudiadas, observándose correlaciones significativas entre N-NO₃⁻ con la precipitación ($r=0,69$; $P<0,01$), con el volumen de escorrentía ($r=0,75$; $P<0,01$) con el N-NO₃⁻ en el agua de lluvia ($r=0,48$; $P<0,01$).

Nitrógeno en el agua de precipitación

La forma N-NH₄⁺ se constituye en el mayor aporte con 8,4 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ del nitrógeno suministrado por la lluvia en tanto que el N-NO₃⁻ aportan 4,1 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ representando un 66,8% y 33,2% de lo aportado al sistema suelo-planta respectivamente (cuadro 10). En las sabanas de Venezuela se han encontrados cantidades muy variadas que van desde 2,6 hasta 19 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ en forma de amonio señalados por (15).

Balance final de ganancias y pérdidas

En el cuadro 11 se presenta el balance general de entradas y salidas del nitrógeno en el sistema suelo-planta para las variables estudiadas donde se observa un balance positivo para los tratamientos con dosis de 100 y 200 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ y un balance negativo para el nivel testigo. Estos resultados permiten inferir la necesidad de ferti-

lizar anualmente el sistema suelo-planta evaluado, siendo la dosis de 100 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ la más cercana al equilibrio del sistema tomando en consideración las variables estudiadas y la importancia de garantizar un pastizal de calidad a los animales.

La extracción de nitrógeno por la planta constituye la mayor salida con un efecto marcado de las dosis aplicadas el cual se traduce en un incremento considerable en la remoción de nitrógeno por la planta, posiblemente debido a la capacidad que tiene el nitrógeno de acelerar la tasa de crecimiento en la planta a través de las transformaciones y síntesis de carácter bioquímico que ocurren en la misma.

Las salidas de nitrógeno por lixiviación y escorrentía son pequeñas y moderadas respectivamente para ser consideradas de importancia. El aporte de nitrógeno por las precipitaciones totaliza 12,5 kg.N.ha⁻¹.año⁻¹.

El mayor aporte de nitrógeno por las lluvias se presenta bajo la forma de N-NH₄⁺ con 8,4 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ en tanto que el N-NO₃⁻ adiciona 4,1 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ representando un 68,8% y 33,2% del total de nitrógeno aportado por la precipitación.

Cuadro 10. Contenido de N-amoniaco y N-nítrico en el agua de precipitación (kg N.ha⁻¹).

Nitrógeno	Cantidad	%
N-NH ₄	8,4	66,8
N-NO ₃	4,1	33,2
Total	12,5	100

Cuadro 11. Balance general de entradas y salidas del nitrógeno en el sistema suelo-planta (kg N.ha⁻¹)

Entradas	Nivel 0 kg N.ha ⁻¹	Nivel 100 kg N.ha ⁻¹	Nivel 200 kg N.ha ⁻¹
N-inicial-suelo	55,1	60,0	55,6
N-fertilizante	0	100	200
N-precipitación	12,50	12,50	12,50
Total de entradas	67,6	172,5	268,1
Salidas			
Nitrógeno en la Biomasa removida	102,0	151,88	189,81
Escorrentía	0,26	0,39	0,54
Lixiviación	9,84	16,36	21,39
Total de salidas	112,1	168,6	211,74
Balance final	-44,5	3,9	56,36

Conclusiones

La remoción del N por parte de las plantas se constituyendo el factor más importante en las pérdidas de nitrógeno en el sistema suelo-planta evaluado. Esta elevada extracción de nitrógeno sugiere la necesidad de aplicar nitrógeno al sistema a través de los fertilizantes lo que impone estudios en su aplicación en cuanto a dosis, forma y época.

Independientemente de los tratamientos más de 50% del contenido de nitrógeno en la planta se encuentra después de los 40 cm de altura (Biomasa removida). En tal sentido para buen manejo del pasto guinea se recomienda esa altura.

La variación de N Total en la capa superficial del suelo (0-20 cm) para los diferentes tratamientos esta

muy por debajo de la extracción realizada por la planta, lo que evidencia la probabilidad de que una fijación libre de nitrógeno y un aporte de las capas profundas del suelo participen en la alimentación nitrogenada de la planta.

La cantidad de nitrógeno en el agua de escorrentía se establece como la de menor contribución en las pérdidas totales de nitrógeno en el sistema evaluado, no excediendo de 1 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ Las pérdidas por lixiviación resultaron leves; No obstante, el N-NO₃⁻ se constituye en el mayor aporte al total lixiviado en comparación con las de N-NH₄⁺ las cuales no superaron los 4 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ El aporte de nitrógeno por las precipitaciones resultó moderado

Literatura citada

1. AOAC, 1965. Official methods of analysis, 10th. Edition. Association of official agricultura chemist. Washington.
2. Bokhari, U. y J. Singh. 1975. Standing state and cycling of nitrogen in soil vegetation components of prairie Ecosystems. *Ann. Bot.* 39:273-85.
3. Bremmer, J. M. 1965a. Inorganic forms of nitrogen. In: C. A. Black, (ed). *Methods of Soil Analysis*. N° 9 in the series *Agronomy*. Am Soc. of Agronomy. Inc. Publisher. pp 1179-1237.
4. Bremmer, J. M. 1965b. Total nitrogen. In: C. A. Black, (ed). *Methods of Soil Analysis*. N°9 in the series *Agronomy*. Am. Soc. of Agronomy. Inc. Publisher. pp 1237-1256.
5. Comisión del Plan Nacional para los Recursos Hidráulicos (COPLANARH) 1974. *Inventario Nacional de Tierras Región Lago de Maracaibo*. Publicación N° 34 Caracas Venezuela.
6. Coto, G., R. Herrera, R. Cruz, Y. Hernández y M. Pérez 1990. Efecto de la época y la fertilización nitrogenada en la calidad y solubilidad de la proteína del pasto bermuda. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 24:115-119,
7. Crespo, G. y J. Rodríguez – Pérez. 1975. Estudio del potencial de respuesta nitrógeno de los pastos guinea (*Panicum maximum* Jacq) y pangola (*Digitaria decumbens* Stent) *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 9:367-376.
8. Delgado, R., R. Ramírez y S. Urquiaga. 1997. Efecto de diferentes formas de colocación del fertilizante en el suelo en la eficiencia de uso del N evaluada mediante la técnica isotópica y el N-absorbido por el cultivo. Seminario sobre la utilización de técnicas nucleares en la investigación agropecuaria realizada en el FONAIAP (Maracay- Venezuela) p. 41-48, Publicación especial N° 34
9. Hanawalt, R. B. 1969. Enviromental factor influencing the sorption of atmosphere ammonia by soil. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:231-233.
10. Hudson, N. W. 1957. The design of field experiment on soil erosion. *J. Agric. Enginnering. Res.* 2:56-65.
11. Joffre, R. 1990. Plant and soil nitrogen dynamics in Mediterranean grasslands an comparison of annual and perennial grasses. *Oecologia.* 85:142-149.
12. Johnson, A.D., M.L. Cabrera, D.R. Mc Craken y D.E. Radcliffe. 1999. Leachin simulation of nitrogen dynamics and water drainage in an ultisol. *Agronomy J.* 91: (2)597-606
13. Maass, J. M. C. F. Jordan, y J. Sarvakhan. 1988. Soil Erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *the J. Applied of Ecology* 25:595-597,
14. McLaughlin, M. R., Fairbrother y D.E. Rowe. 2004 Forage yield and nutrient uptake of warm season annual grasses in a swime effluent spray field. *Agronomy J.* 96:(6) 1516-522
15. Medina, E. 1982. Nitrogen balance in the trachypogon grasslands of central Venezuela. *Plant and soil.* 67:305-314.
16. Ministerio de agricultura y cría (MAC). 1968. *Zonas de vida de Venezuela*. Memorias explicativas sobre el mapa ecológico. Caracas.
17. Ministerio del ambiente y de los recursos naturales renovables (MARNR) 1983. Registros de precipitación y temperatura mensual. Dirección de hidrología y meteorología. Sistema nacional de información hidrológica y meteorológica.
18. Renck, A. 2004 rapid water flow and transport of inorganic an organic nitrogen in highly aggregated tropical soil. *Soil Science* 169: (5) 330-341

19. Sistani, K.R., G.E. Brink A. Adeli, H. Tewolde y D.E. Rowe. 2004 Year-Round soil nutrient dynamics from broiler litter application to three Bermudas grass cultivars. *Agronomy. J.* 96: (2) 525-530
20. Statistical Analysis System. 1987. SAS Institute INC. University North Caroline.
21. Van Der Kruijs, A. C. B. M. T. F. Wong, A. S. R. Juo y A. Wild. 1988. recovery of N - labelled fertilizer in crops-drainage water and soil using monolith lysimeters in south-east Nigeria. *J. Soil. Sci.* 39:483-492.