Mineralización del Nitrógeno en Suelos de Algunas Formaciones Vegetales del Noroeste de Venezuela[1]

*I. Clausnitzer**

ABSTRACT

The effects of amounts of precipitation and vegetation on soil nitrogen mineralization were studied using three plots, two of them with two subplots. The nitrogen mineralization capacity was measured with the six-week field incubation technique during two years from June 1979 to June 1981. The two factors analyzed influence the amount of N mineralized. The annual patterns of nitrogen mineralization indicate that the conversion of organic N to ammonium or nitrate ions is activated after the beginning of the rainy season. During the dry season, the nitrogen mineralization decreases, the fractions of nitrate or organic nitrogen increase, and were mineralized in the next rainy season by the microorganism. Soils covered with forest had a more intensive net nitrogen mineralization compared with the soils covered with grass, due to more humus in the first. The nitrogen mineralization increased as expected with increasing precipitation in all grass-covered soils analyzed, but not in all soils with forest cover. This last result is probably are due to the water content of the soils, which were similar during the period analyzed.

COMPENDIO

El presente estudio se refiere a la influencia de la precipitación sobre la mineralización del nitrógeno del suelo en condiciones ambientales. Se seleccionaron tres formaciones vegetales, de diferente régimen pluviométrico, ubicadas en las cercanías de Maracaibo, Machiques y El Guayabo; en las dos primeras, existen tanto áreas con vegetación arbórea como herbácea y en El Guayabo solamente está presente vegetación arbórea. La metodología usada fue la incubación en el campo, en lapsos de seis semanas, durante dos años. El contenido de nitrógeno se evaluó por microdestilación. Los resultados obtenidos evidencian que la mineralización del nitrógeno se activa a comienzos de la época de lluvias y disminuye apreciablemente durante la época de sequía; en este período, se acumulan nitratos y nitrógeno orgánico que son transformados por los microorganismos en la próxima época de lluvias. En los suelos de bosques ubicados en la cercanía de Maracaibo y de Machiques, la mineralización del nitrógeno es más intensa que en aquellos cubiertos por vegetación herbácea debido, probablemente, a un mayor contenido de humus. Por otra parte, la mineralización del nitrógeno aumentó con el incremento del índice pluviométrico, en el caso de las áreas cubiertas con vegetación herbácea pero no en las áreas boscosas. Los resultados anteriores se discuten e interpretan con base en el contenido de agua del suelo.

INTRODUCCION

La mineralización del nitrógeno ocurre en la hojarasca y en la parte superior del suelo mineral; este proceso consiste en la transformación de compuestos nitrogenados orgánicos a inorgánicos.

Los factores que influyen sobre la mineralización del nitrógeno son, principalmente: humedad, temperatura y vegetación. La acumulación del nitrógeno sigue el curso de la humedad, en muchos suelos de regiones templadas, es decir, aumenta con el incremento del contenido de agua del suelo y alcanza su valor óptimo cerca a la Capacidad de Campo (19). La desecación del suelo puede causar la muerte de las bacterias nitrificantes (24). La influencia de la temperatura y de la vegetación sobre la mineralización del nitrógeno ha sido estudiada, en las regiones templadas, por varios autores (5, 10, 15, 17, 26); sin embargo, la literatura al respecto en el trópico es escasa (1, 4, 6, 20, 21, 22).

La existencia de áreas de variados índices pluviométricos, al noroeste de Venezuela, permite investigar la mineralización del nitrógeno en función del contenido de agua del suelo y de la composición vegetal específica. Si se considera que el contenido de agua del suelo es función de las precipitaciones, se espera que el aumento de este parámetro determine un incremento de la mineralización del nitrógeno. Evaluar lo anterior constituyó el objetivo de este trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Determinación de la mineralización

La mineralización neta del nitrógeno se midió por

1 Recibido para publicación el 5 de agosto de 1987.
Este trabajo fue subvencionado por el CONDES y la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia. Además, contó con la colaboración de las siguientes instituciones: Facultad de Agronomía de LUZ (Laboratorio de Edafología y Hacienda La Esperanza), Fundación Jardín Botánico de Maracaibo, CIARZU (Estación Experimental El Guayabo) e Instituto de Geobotánica de Universidad de Goettingen, Alemania. A las instituciones mencionadas, así como a todas las personas que de una u otra manera han permitido la culminación del presente trabajo, el autor expresa su sincero agradecimiento.

* Departamento de Biología Universidad del Zulia, Apartado 913, Maracaibo 4001 A Venezuela.

el método de incubación en el campo (23), en lapsos de seis semanas, desde junio 1979 hasta junio 1981. En cada área de muestreo, se distinguieron tres capas de suelo mineral (0-5 cm, 5-10 cm y 15-20 cm). Se prepararon muestras representativas de cada capa tomando muestras individuales (diez), las cuales se mezclaron, tamizaron con malla de 4 mm y se repartieron en bolsas impermeables de polietileno (seis); tres de las bolsas se enterraron en el lugar del muestreo a la misma profundidad de la toma de muestra y a las muestras restantes (tres) se les determinó el contenido de nitrógeno mineral actual (N min. act.) lo más pronto posible, mediante microdestilación (11).

La colocación de las muestras en bolsas es indispensable, para impedir que el nitrógeno liberado por las bacterias sea asimilado por las plantas superiores o lixiviado por el agua de percolación. Se incubaron a la temperatura ambiental y a la profundidad de la toma de muestras.

Después de seis semanas, se determinó el contenido de nitrógeno presente en las muestras enterradas (N min. inc.). La mineralización neta se calculó por diferencia de los contenidos de nitrógeno mineral actual (incubado menos actual).

Zonas en estudio

Se seleccionaron cinco áreas de muestreo sobre terrenos planos, ubicados al noroeste de Venezuela, entre 8°-11° Norte y 71°-73° Oeste, las cuales se encuentran en las cercanías de Maracaibo, Machiques y El Guayabo (Fig. 1).

Las parcelas I_1 y I_2 se ubican en las áreas naturales del Jardín Botánico de Maracaibo; las parcelas II_1 y II_2 se encuentran al noroeste de Machiques, en la granja La Esperanza, perteneciente a la Facultad de Agronomía, L.U.Z.; donde existen áreas con vegetación natural, aunque se introduce ganado ocasionalmente a tales áreas; la parcela III_2 se encuentra en las áreas naturales de la Estación Experimental de El Guayabo (CIARZU).

La precipitación promedio anual en las áreas de muestreo (I_1 y I_2; II_1 y II_2; III_2) es de 500 mm, 1500 mm y 1900 mm, respectivamente.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en los Cuadros 1 a 3 y en las Fig. 2 a 4. Los Cuadros 1 y 2 se refieren a las características relevantes de las zonas en estudio; el Cuadro 3, al contenido de agua del suelo y el Cuadro 4 muestra la mineralización del nitrógeno en relación con la precipitación. La Fig. 2 presenta los climadiagramas de las zonas en estudio. La Fig. 3 señala la intensidad de la mineralización del nitrógeno en función de la precipitación de las diferentes zonas y la Fig. 4 la variación a lo largo del período de muestreo, de acuerdo a los tipos de vegetación.

DISCUSION

Características de las parcelas en estudio

El Cuadro 1 demuestra que las diferentes áreas en estudio (I_1 y I_2; II_1 y II_2; III_2) poseen una composición florística característica. Por otra parte, se observan en dichas zonas tres tipos diferentes de suelo (**Aridisol, Entisol Inceptisol**, respectivamente). Las especies características y los tipos de suelo son una consecuencia de la magnitud de la precipitación. Es importante destacar que el horizonte A de las áreas con vegetación arbórea presenta siempre un contenido de humus mayor que el correspondiente al área de vegetación herbácea, independientemente del espesor (Fig. 1).

Los climadiagramas de las áreas de muestreo se elaboraron usando los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas Maracaibo (F.A.V.), Machiques

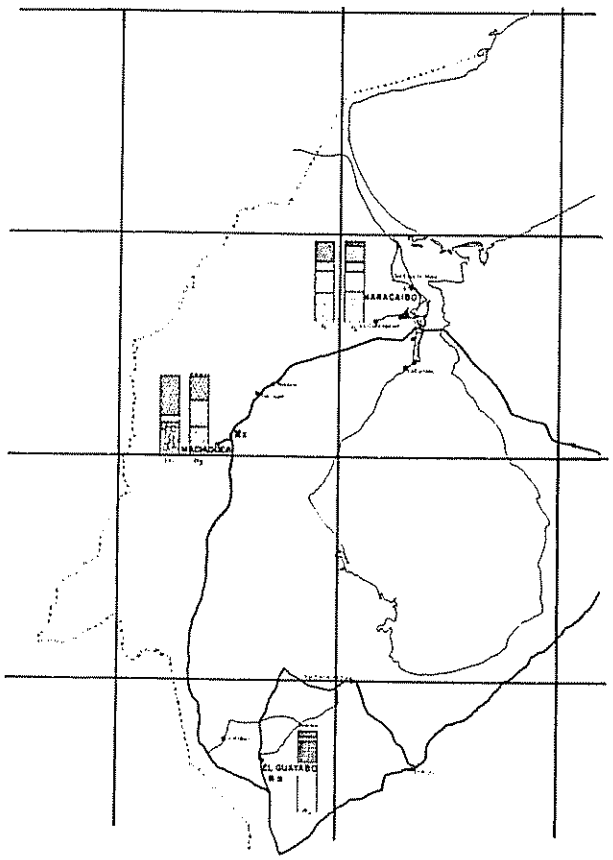

Fig. 1. Ubicación de las áreas de muestreo con sus respectivos perfiles del suelo

Cuadro 1. Características relevantes de las zonas en estudio.

Sitio y Precipitación	Vegetación	
	Arbórea	Herbácea
Maracaibo 500 mm	*Tabebuia billbergii* (Bur. & Schum) Standl *Caesalpinia coriaria* (Jacq) Willd *Peireskia guamacho* Weber *Pithecolobium unguis-cati* (L.) Benth. *Capparis odoratissima* Jacq. *Cercidium praecox* Harms. *Prosopis juliflora* D.C. I_2 Tipo de Suelo*: Aridisol (*Haplargid*)	*Aristida venezuelae* L. *Panicum fasciculatum* S.W. *Cenchrus pilosus* H.B.K. *Eragrostis ciliaris* L. *Cyperus amabilis* Vahl I_1 *Stylosanthes humilis* Froelichia *interrupta* (L.) Moq. *Oxypetalum cordifolium* (Vent) Schlechter Otras (6)
Machiques 1500 mm	*Bowdichia virgiloides* H.B.K. *Xilopia aromatica* (Lam.) Mart. *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich *Curatella americana* L. *Godmania macrocarpa* Hemsley *Genipa americana* L. *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. Otras (7) II_2 Tipo de Suelo: Entisol (*Tropopsamment*)	*Aristida pittieri* Henr *Trachypogon plumosus* Nees. *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Richt. *Dichronema ciliata* Vahl. *Rhynchospora* cf. *barbata* *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. *Zornia diphylla* (L.) Pers. *Bulbostylis junciformis* *Turnera ulmifolia* L. *Eriosema* sp. II_1 Otras (7)
El Guayabo 1900 mm	*Ceiba pentandra* Gaerth *Inga* sp. *Erithryna* sp. *Pterocarpus officinalis* III_2 Otras (8, 16) Tipo de Suelo: Inceptisol (*Tropaquept*)	

* Según clasificación U.S.D.A. (27).

(M.A.C.) y El Guayabo (M.A.C.), respectivamente (Fig. 2). La interpretación de estos gráficos refleja que la magnitud de la precipitación aumenta de norte a sur y paralelamente, se observa un ligero incremento de la temperatura media anual en la misma dirección. La distribución de las precipitaciones, en todos los casos, se caracteriza por dos períodos de lluvia; la duración de la estación seca es variable: en Maracaibo, nueve meses; en Machiques, tres meses y en El Guayabo se observa período seco.

El análisis detallado de las precipitaciones del período 1971/80 (Cuadro 2) muestra diferencias marcadas en la magnitud de las mismas. Así por ejemplo, en la estación meteorológica Maracaibo (F.A.V.) se registró en 1976 una precipitación (215 mm) mucho menor que la correspondiente al año 1979 (1056 mm). El mismo fenómeno se observa en la estación Machiques (M.A.C.) en el mismo período. En la estación El Guayabo (M.A.C.), el año 1974 fue muy húmedo (2153 mm) mientras que el año 1980 fue relativamente seco (1108 mm). Los datos antes mencionados evidencian que las formaciones vegetales no están expuestas, año tras año, a precipitaciones de igual magnitud. El bosque muy seco tropical, 500 a 1000 mm (8), recibe en determinados años precipitaciones bajas (250 a 500 mm; monte espinoso tropical) y ocasionalmente, precipitaciones altas (1000 a 1800 mm; bosque seco tropical), lo cual es muy posible que influya en la mineralización del nitrógeno.

Mineralización del nitrógeno

La Fig. 3 muestra que la mineralización del nitrógeno se intensifica al aumentar la precipitación en las áreas con vegetación herbácea (I_1, II_1). Para las áreas boscosas (I_2, II_2 y III_2) se observa dicho incremento en el bosque húmedo (III_2, El Guayabo). La explicación de este hecho, posiblemente, se deba a la poca influencia de la precipitación en el contenido de agua del suelo de las áreas I_2 y II_2. En efecto, tanto en Maracaibo como en Machiques, la mayoría de las

Cuadro 2. Totales mensuales y anuales de precipitación durante el período 1971/80, correspondientes a las Estaciones Maracaibo, Machiques y El Guayabo, Venezuela.

Nombre de la Estación: Maracaibo (F.A.V.)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
71	1.1	0.5	0.0	17.7	53.3	18.3	12.3	110.6	59.6	73.5	3.6	0.0	350.5
72	50.2	0.0	17.7	40.5	134.6	21.2	2.3	19.5	10.5	117.9	3.2	13.1	430.7
73	0.0	0.0	0.0	14.5	37.1	62.0	73.5	39.6	191.5	206.5	100.1	0.0	724.8
74	2.4	0.0	2.5	9.2	156.2	10.8	3.2	81.7	155.7	126.6	40.7	0.0	589.0
75	0.0	0.0	15.1	0.5	56.1	15.2	28.4	15.0	187.8	153.2	72.3	175.6	719.2
76	1.2	0.0	0.6	12.2	22.5	37.5	15.3	7.2	40.5	74.3	3.3	0.0	214.6
77	1.0	0.0	1.3	0.0	41.3	5.0	6.1	15.2	60.5	124.9	55.2	0.0	310.5
78	0.0	14.7	14.7	74.9	21.1	73.3	14.4	38.6	66.5	84.3	45.1	6.5	454.1
79	0.2	0.0	0.0	158.9	88.2	147.5	34.7	51.3	215.3	202.0	111.3	46.7	1056.1
80	0.7	0.6	0.0	44.1	50.5	43.0	6.4	66.7	114.2	47.4	54.7	4.5	432.8

Nombre de la Estación: Machiques-Granja (M.A.C.)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
71	10.8	9.7	81.6	70.3	152.4	90.9	97.5	320.5	250.1	186.1	217.9	7.3	1495.1
72	53.3	27.5	85.5	333.3	141.5	115.0	126.9	75.9	104.0	178.0	61.9	59.7	1362.5
73	16.5	0.4	33.2	108.3	69.8	123.0	74.4	99.1	225.0	147.8	321.8	66.8	1286.1
74	0.7	7.0	67.1	56.5	147.1	97.5	115.5	179.2	272.6	162.6	222.6	0.3	1328.7
75	8.7	4.4	155.2	127.8	79.2	105.1	130.9	84.5	198.2	181.5	105.6	179.6	1370.6
76	11.2	30.5	33.5	112.6	79.8	59.5	96.6	154.4	42.5	227.7	53.1	123.3	1024.7
77	0.0	8.2	12.9	33.2	122.9	108.1	223.9	177.7	187.4	137.7	265.8	14.6	1292.4
78	14.6	1.5	100.0	335.1	96.0	153.6	80.5	130.8	148.7	189.3	26.3	22.1	1298.5
79	0.0	24.9	49.9	118.9	279.5	226.0	122.6	124.5	380.7	255.2	120.4	24.4	1727.0
80	5.0	12.0	11.3	108.0	102.9	182.8	179.9	219.1	110.3	213.9	44.1	73.8	1262.1

Nombre de la Estación: El Guayabo (M.A.C.)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
71	184.9	65.7	91.2	176.6	304.9	91.6	18.3	*	283.5*	241.0	260.3	107.4	1825.4
72	125.9	38.1	174.6	485.8	143.5	26.3	136.9	192.1	52.0	142.1	224.8	124.3	1866.4
73	12.3	23.8	56.3	101.5	328.6	90.5	112.3	124.2	126.7	148.1	446.7	91.1	1662.1
74	105.9	44.6	114.8	464.2	296.7	81.4	91.9	105.7	121.6	248.7	462.9	14.9	2153.3
75	50.8	22.0	189.4	138.0	252.2	95.8	129.8	139.9	214.3	194.4	207.8	348.5	1982.9
76	35.8	169.8	245.6	202.1	156.5	75.0	112.5	35.8	190.6	307.4	95.1	9.3	1635.5
78	67.3	24.9	143.1	421.9	86.9	206.9	50.4	71.8	119.5	153.7	242.0	147.7	1736.1
79	11.4	7.0	100.7	227.9	311.1	145.9	73.0	106.4	235.3	141.8	202.1	190.6	1753.2
80	112.4	46.9	8.2	171.6	96.2	67.3	38.4	99.8	140.9	94.1	114.1	118.3	1108.2

* Total acumulado durante Ago. y Set.

muestras de suelo (a excepción de dos de Maracaibo) de las áreas con vegetación arbórea tenían un contenido de humedad similar (Cuadro 3). Por otra parte, en las áreas con vegetación herbácea el efecto de la precipitación es más notorio; se incubaron, durante el tiempo de observaciones, cinco muestras de suelo en estado seco en Maracaibo y una en Machiques. Las muestras de suelo de El Guayabo contenían un porcentaje de agua superior a las otras muestras estudiadas debido a la mayor precipitación y al tipo de suelo, determinando que la intensidad de la mineralización del nitrógeno (113 kg N/ha y año) fuera superior. Resultados similares han sido publicados previamente (1).

A fin de interpretar la influencia de la magnitud de la precipitación sobre la mineralización del nitrógeno en las áreas seleccionadas (Maracaibo y Machiques), se compararon los resultados obtenidos en los períodos IX-XII de 1979 con los correspondientes de 1980 y IV-VI de 1980 con los de 1981 (Cuadro 4). Se observa que, en los alrededores de Maracaibo, la precipitación en el período IX-XII, 1979 (372 mm) fue mayor que en 1980 (221 mm). Consecuentemente, la mineralización del nitrógeno para los períodos señalados (IX-XII, 1979 y 1980) en las áreas con vegetación herbácea, experimenta la disminución esperada. De igual manera, los valores obtenidos en los períodos IV-VI, 1980 y 1981, demuestran que la mayor inten-

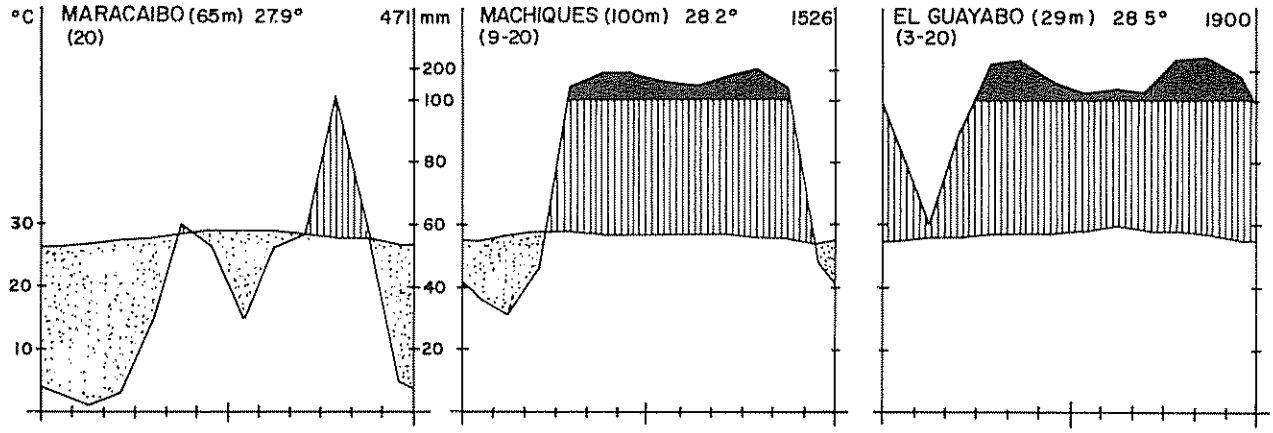

Fig 2 Climadiagramas de las estaciones meteorológicas Maracaibo (F.A.V.), Machiques (M.A.C.) y El Guayabo (M.A.C.). Representación según Walter (29).

sidad de la mineralización del nitrógeno está relacionada con precipitaciones más altas para las áreas con vegetación herbácea. Sin embargo, esta relación no se observa en las áreas con vegetación arbórea (Maracaibo), en el período IV-VI, 1980 y 1981.

La influencia señalada también se observa en Machiques, tanto en las áreas de sabana (vegetación herbácea) como para las "matas" (vegetación arbórea). Tanto la dependencia del contenido de humus del suelo como de la mineralización del nitrógeno de la precipitación promedio de las áreas de muestreo ha sido señalada por otros autores (18, 28).

La correlación de los diferentes períodos entre sí (IV-VI, 1980 y IX-XII, 1980), no siempre es concluyente. En el caso de Machiques, una precipitación aproximadamente igual (240 mm) produjo diferente mineralización del nitrógeno; cabe destacar que la temperatura para estos períodos fue variable: mayor para IV-VI de 1980 (23.2° – 35.0°C) que durante IX-XII de 1980 (22.7° – 33.6°C), lo cual evidencia la posible influencia de la temperatura en la mineralización del nitrógeno.

Las observaciones realizadas durante el período de experimentación (junio 1979 – junio 1981) señalan que el aporte de nitrógeno mineral, expresado en kg N/ha y semana (Fig. 4), es mayor para las áreas con vegetación arbórea que para las herbáceas, como consecuencia del espesor de la capa de hojarasca y por la mayor intensidad de la mineralización del nitrógeno. Se observa que este proceso se activa a comienzos de la época de lluvias y disminuye en la sequía, según se ha informado previamente (2, 3, 13, 14, 23). Es importante señalar que el nitrógeno mineralizable se acumula durante la época de sequía y es transformado por los microorganismos durante la próxima época de lluvias.

La mayor mineralización del nitrógeno bajo bosque está relacionada con el mayor espesor de la capa orgánica del suelo; los valores de mineralización obtenidos por otros investigadores (22), en sabanas de Africa, corroboran este hecho. El valor obtenido para el área con vegetación arbórea de Machiques (67 kg N/ha y año) es, aproximadamente, el doble que el informado previamente para las sabanas arboladas de Africa (35 kg N/ha y año).

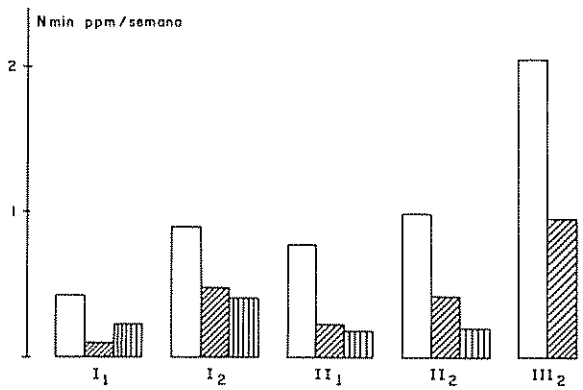

Fig 3 Intensidad de la mineralización del nitrógeno en el suelo mineral de áreas con vegetación herbácea (1) y árborea (2) bajo diferente régimen de precipitación: I = 500 mm; II = 1500 mm; III = 1900 mm. ▫ 0–5 cm; ▫ 5–10 cm; □ 15–20 cm de profundidad.

Cuadro 3. Contenido de agua del suelo mineral a 0-20 cm de profundidad, expresado en % peso seco, para la fecha y sitios señalados.

Fecha	Maracaibo I_1	Maracaibo I_2	Fecha	Machiques II_1	Machiques II_2	Fecha	El Guayabo III_2
13–09–79	7	8	20–09–79	12	12		
25–10–79	7	6	01–11–79	14	14	08–11–79	40
07–12–79	7	7	12–12–79	3	2	19–12–79	32
10–01–80	4	1	17–01–80	4	5	24–01–80	34
21–02–80	0	1	28–02–80	1	4	06–03–80	22
07–04–80	0	1	10–04–80	0	1	17–04–80	38
15–05–80	9	8	22–05–80	8	11	29–05–80	40
26–06–80	5	5	03–06–80	1	3		
04–09–80	4	3	11–09–80	10	10		
16–10–80	8	9	23–10–80	8	5		
27–11–80	1	1	04–12–80	2	4		
08–01–81	0	1	15–01–81	2	3		
19–02–81	0	0	26–02–81	7	7		
02–04–81	0	0	09–04–81	11	13		
15–05–81	8	11	21–05–81	10	13		

Cuadro 4. Mineralización del nitrógeno en el suelo mineral a 0-5, 5-10 y 15-20 cm de profundidad, expresada en p.p.m. y precipitación (P) en mm, durante los períodos señalados, en dos sitios del noroeste de Venezuela.

Sitio	Area	Vegetación	0–5	5–10	15–20	P	0–5	5–10	15–20	P
			IX–XII	1979			IX–XII	1980		
Maracaibo	I_1	herbácea	1.69	0.66	0.42	372	0.49	0.29	–0.42	221
	I_2	arborea	2.94	1.81	3.40		3.07	0.36	–0.02	
Machiques	II_1	herbácea	5.99	0.92	1.71	475	0.60	0.56	–0.01	243
	II_2	arborea	3.05	1.13	–0.26		1.13	0.07	0.37	
			IV–VI	1980			IV–VI	1981		
Maracaibo	I_1	herbácea	1.30	–0.45	0.19	136	1.57	–0.33	1.73	552
	I_2	arborea	2.86	1.17	0.44		1.74	0.67	0.15	
Machiques	II_1	herbácea	1.26	0.21	0.22	241	2.72	0.89	0.24	716
	II_2	arborea	2.35	0.94	0.42		4.48	2.25	0.94	

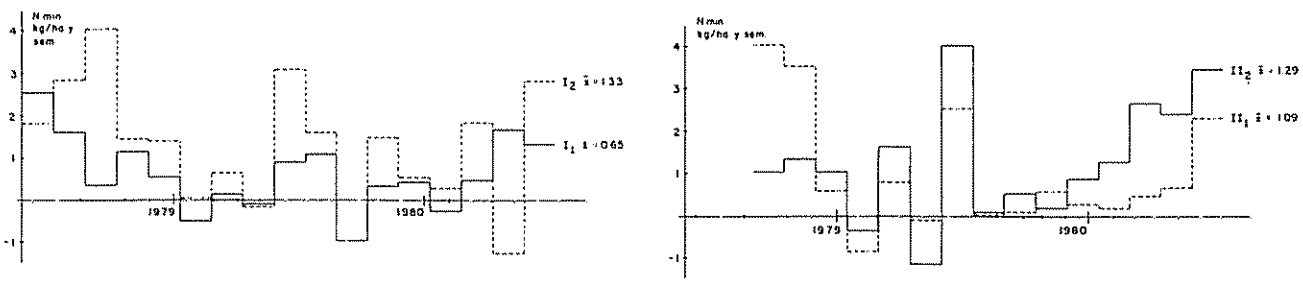

Fig. 4. Aporte de nitrógeno (kg/ha y semana) por parte de los 20 cm superiores de suelo mineral durante el período de la investigación. I_1: vegetación herbácea con 500 mm de precipitación. I_2: vegetación árborea con 500 mm de precipitación. II_1: vegetación herbácea con 1500 mm de precipitación. II_2: vegetación árborea con 1500 mm de precipitación

LITERATURA CITADA

1. BERNHARD-REVERSAT, F. 1976 La Terre et le Vie 29:229-254

2. BIRCH, H.F 1959. Further observations on humus decomposition and nitrification. Plant and Soil 11(3):262-286

3. BIRCH, H.F. 1960 Nitrification in soils after different periods of dryness Plant and Soil 12:81-96.

4. CHOUDHURY, M.S.; CORNFIELD, A.H. 1978. Effect of soil moisture content on nitrogen mineralization during incubation of slightly alkaline gangetic alluvial soil and an acid red soil from Bangladish Tropical Agriculture 55(1):77-80

5. CLAUSNITZER, I. 1983. Stickstoff-Mineralization in verschiedenen Entwicklungsphasen von Buchenwaeldern und Fichtenforsten. Verhandlungen der Geselschaft fuer Oekologie (Festschrift Ellenberg) Band 11:57-66.

6. CLAUSNITZER, I. 1982-1983 Variaciones anuales de la mineralización del nitrógeno en suelos de Maracaibo, Venezuela. Boletín Centro de Investigaciones Biológicas (Ven.) 15:67-89

7. CLAUSNITZER, I. 1984. Mineralización del nitrógeno en suelos de sabana del Estado Zulia, Venezuela. Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales Tomo 39 (142):227-224.

8. EWEL, J.; MADRIZ, A 1968. Zonas de vida de Venezuela. Caracas, Editorial Sucre. 264 p.

9. FRANCO, W. 1979. Die Wasserdynamik einiger Waldstandorte der West-Llanos Venezuelas und ihre Beziehung zur Saisonalitaet des Laubfalls. Goettinger Bodenkundliche Berichte 61 201 p.

10. GADOW, A. VON. 1975. Oekologische Untersuchungen in Ahorn-Eschenwaeldern. Dissertation. Mathematische und Naturwissenschaftliche Fakulatae Universitaet Goettingen, Alemania.

11. GERLACH, A 1973 Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettomineralisation Sripta Geobotanica 5 115 p

12. GOOSEN, D. 1971 Physiography and soils of the Llanos Orientales, Colombia. Dissertation Fysisch-Geografisch en Bosemkundig Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam

13. GREENLAND, D.J. 1958. Nitrate fluctuations in tropical soils. Journal of Agricultural Science 50:82-91.

14. GREENLAND, D.J 1962. Denitrification in some tropical soils Journal of Agricultural Science 58:227-233.

15. GRIMME, K. 1977. Wasser- und Naehrstoffversorgung von Hangbuchenwaeldern Scripta Geobotanica 12. 58 p

16. HUECK, K. 1966 Die Waelder Suedamerikas. Oekologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung. Vegetationsmonographien Band 2 Gustav Fischer Verlag Stuttgart. 422 p.

17. HESSELMAN, H 1926 Studien ueber die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhaengigkeit vom Waldbau. Meddeland Statens Skogsfoersoeksanstalt 22(5):508-552.

18. JAGNOW, G. 1967. Der Humushaushalt tropischer Boeden und seine Beeinflussung durch Klima, Bodennutzung, Trocknung und Erhitzung Habilitationsschrift Landwirtschaftliche Fakultaet Giessen, Alemania. 188 p.

19. LEE, J.A.; STEWART, G.R 1978. Ecological aspects of nitrogen assimilation. Advances in Botanical Research 6:1-43

20. MYERS, R.J.K. 1975. Temperature effects on ammonification and nitrification in a tropical soil Soil Biology and Biochemestry 7(2):79-82

21. PFADENHAUER, J. 1979. Die Stickstoffmienralisation in Boeden subtropischer Regenwaelder in Suedbrasilien. Oecologia Plantarum 14(1):27-40

22. RHAM, P. DE. 1973. Recherches sur la minéralisation de l'azote dans les sols des savanes de Lamto (Cote d'Ivoire). Revue d'ecologie et de biologie du sol 10(2):169-196.

23. RUNGE, M. 1970. Untersuchungen zur Bestimmung der Mineral-Stickstoff-Nachlieferung am Standort. Flora Abt. B 159:233-257

24. SCHROEDTER, H.; TIETJEN, C 1971-1972. Statistische Betrachtungen zur Frage der Abhaengigkeit der Nitrifikation von Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit Agriculture Meteorology 9:77-91.

25. STAGNO, R.; STEEGMAYER, H. 1972. La erosión reticular en el sur del Lago de Maracaibo Agronomía Tropical 22(12):99-118

26. STANFORD, G.E.; FRERE, R.A.; VANDER POL, R.A. 1975. Effect of fluctuating temperatures on soil nitrogen mineralization. Soil Science 119(3): 222-226.

27. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1975. Soil Taxonomy Soil, Conservation Service. Washington, D.C.

28. VALLE, J.I. DEL 1976. La mineralización del nitrógeno en suelos de cenizas volcánicas de Colombia y su relación con el crecimiento de *Cupressus lusitanica* Turrialba 26(1):18-23.

29. WALTER, H. 1964. Vegetation der Erde. Gustav Fischer Verlag. Jena. Tomo 1, 592 p