

VARIACIONES ANUALES DE LA MINERALIZACION DEL NITROGENO EN SUELOS DE MARACAIBO, VENEZUELA

INGRID CLAUSNITZER

*Departamento de Biología
Facultad de Humanidades y Educación
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela*

RESUMEN

Se determinó la mineralización del nitrógeno en dos suelos de Maracaibo (Edo. Zulia, Venezuela), mediante el método de incubación en el campo (Runge, 1970), en lapsos de 6 semanas, desde abril de 1979 hasta junio de 1981. Dichos suelos estaban cubiertos por vegetación herbácea y arbórea. Esta determinación se realizó para analizar las variaciones anuales en base a la humedad del suelo, la temperatura y el tipo de vegetación. La zona estudiada se describió desde el punto de vista fitosociológico, edafológico y climático.

Los resultados obtenidos indican que la mineralización del nitrógeno está sujeta a variaciones anuales, siendo más activa en la época de lluvias y disminuyendo fuertemente durante la sequía; su intensidad es aproximadamente dos veces mayor en el área boscosa que en el área herbácea, lo cual se debe, posiblemente, a la presencia de una ligera capa de hojarasca en el área boscosa, ausente en el área herbácea.

ABSTRACT

ANNUAL VARIATIONS OF NITROGEN MINERALIZATION IN SOILS OF MARACAIBO, VENEZUELA

The nitrogen mineralization in two soils of Maracaibo

(Zulia State, Venezuela) was assayed by means of the field incubation technique (Runge, 1970), in six weeks periods, from April 1979 to June 1981. These soils were covered by herbaceous and arboreous vegetation. The assay was carried out in order to analyze the annual variations according to the soil humidity, the temperature and the type of vegetation. The studied area was described from phytosociologic, edaphologic and climatic points of view.

The results obtained indicate that the nitrogen mineralization undergoes annual variations; it is more active in the rainy season and strongly decreases during the drought. Its intensity is approximatively twice greater in the forest than in the herbaceous area, which is possibly due to the presence in the former of a layer of dead leaves, absent in the latter area.

INTRODUCCION

Entre los factores que determinan el desarrollo de las plantas, el agua y el nitrógeno actúan frecuentemente en forma limitante. En los ecosistemas naturales la disponibilidad de agua depende de la magnitud y distribución de las lluvias, así como de la capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo. La presencia de nitrógeno aprovechable en la solución del suelo depende de la mineralización de la hojarasca, es decir, de la velocidad de descomposición de las uniones orgánicas nitrogenadas por parte de los microorganismos. En tales ecosistemas poco alterados por el hombre, la velocidad del ciclo del nitrógeno está regulada por la actividad de los microorganismos, pudiéndose establecer un equilibrio dinámico entre la oferta y la demanda (Laatsch, 1954; Larcher, 1973).

La mineralización del nitrógeno se investigó sólo en los últimos años, y paralelamente al desarrollo de nuevos métodos (Zoetl, 1958; Bremner, 1960; Ellenberg, 1964; Runge, 1970; Stoecker, 1971; Gerlach, 1973). Los múltiples análisis realizados por diversos autores, revelan que los factores que influyen sobre la mineralización del nitrógeno son principalmente: humedad, temperatura y vegetación.

En Venezuela la mineralización del nitrógeno ha sido po-

co investigada; por lo tanto, se decidió estudiar las fluctuaciones anuales de la mineralización del nitrógeno en función de las variaciones anuales en la precipitación y en la temperatura, así como del tipo de vegetación. Para ello se usó (1) el método de incubación en el campo y (2) dos áreas de vegetación contrastantes: herbácea y boscosa, sometidas a las mismas condiciones climáticas.

ZONA ESTUDIADA Y METODOS

ZONA ESTUDIADA

Las parcelas estudiadas: I_1 e I_2 , están ubicadas dentro de las áreas naturales del Jardín Botánico de Maracaibo. Se trata de un bosque xeromorfo que contiene manchones aislados de gramíneas. El bosque xeromorfo (I_2) posee dos estratos arbóreos. El superior, de aproximadamente 10 a 12 m de altura, consta de especies que carecen de follaje durante la estación seca, mientras que el estrato arbóreo inferior, de 5 a 8 m de altura, contiene algunos árboles siempre verdes. Sin embargo, la biomasa foliar, así como el tamaño de las hojas, pueden disminuir considerablemente durante la estación seca. Además existen cactáceas arbóreas de 6 a 8 m de altura. Debajo del estrato arbóreo se encuentra un estrato arbustivo bastante denso, de 1 a 2 m de altura, el cual contiene también cactáceas, sobre todo del género *Opuntia*. Las trepadoras, verdes durante la estación de lluvias, tanto herbáceas como leñosas, invaden los estratos arbustivo y arbóreo. El número de especies epífitas es bajo, pero la relación de individuos/especie puede ser elevada. El estrato herbáceo está poco representado; durante la estación húmeda se extienden cojines de musgos. La Tabla 1 contiene la composición específica del área. Las áreas de gramíneas (I_1), de naturaleza antropógena, están formadas principalmente por *Aristida venezuelae*; existen además otras gramíneas y algunos arbustos. En la época de lluvia las gramíneas están activas y se desarrollan capas de musgos entre las mismas; en el período de sequía estas plantas se secan.

El perfil del suelo de las dos áreas de muestreo corresponde, según la clasificación USDA (1975) a un Aridisol

VEGETACION BOScosa
(BOSQUE MUY SECO TROPICAL) VEGETACION
HERBACEA

	Número del inventario:												
	3	1	5	7	9	11	12	6	13	2	10	8	4
ESTRATO ARBUSTIVO													
<i>Ayenia magna</i> L.	4	2	1	1	5	1				2	1	2	
<i>Croton rhamnifolius</i> H. B. K.	4	+	1		2				2				
<i>Melochia tomentosa</i> L.	2	2	2	1	1								
<i>Opuntia caracasana</i> Salm.-Dyck.	2	2	2	1	1	+	3	1		+	+		
<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	1	2	1		+	2							+
<i>Lantana alba</i> Mill.			+		5								
<i>Tabebuia bilbergii</i> (Bur. & Schum.) Standl.	+	1			2								
<i>Pithecolobium unguis-cati</i> (L.) Benth.	+	+	2	+									
<i>Sarcostemma glaucum</i> H. B. K.	+	2	+										
<i>Oxypetalum cordifolium</i> (Vent.) Schlechter	+	+	+	1	+		+						
<i>Jatropha urens</i> L.	+	+	+	+			+						
<i>Philibertia</i> sp.	+		+	+	+		2						
<i>Cordia cylindrostachya</i> (Ruiz & Pav.) R. & S.		1	+										
<i>Mimosa pigra</i> L.		+	+										
<i>Sida aggregata</i> Presl.			+	+				2		1	+		2

TABLA 1 (continuación)

	VEGETACION BOSCOSEA (BOSQUE MUY SECO TROPICAL)												VEGETACION HERBACEA				
	3	1	5	7	9	11	12	6	13	2	10	8	4				
Número del inventario:	3	1	5	7	9	11	12	6	13	2	10	8	4				
<i>Lemaireocereus griseus</i> (Haw.) Britt. & Rose				+													
<i>Peireskia guamacho</i> Weber				+			+										
<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.		+					+										
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.							+										
<i>Zizyphus jujuba</i> Lam.							+										
<i>Prosopis juliflora</i> D. C.													2				
ESTRATO HERBACEO																	
<i>Melocactus caesius</i> Wendl.		+		+													
<i>Evolvulus</i> sp.		+															
<i>Tabebuia bilbergii</i> (Bur. & Schum.) Standl.													1				
<i>Lemaireocereus griseus</i> (Haw.) Britt. & Rose		+															
<i>Croton rhamnifolius</i> H. B. K.													1				
<i>Portulaca pilosa</i> L.																	
<i>Ayenia magna</i> L.																	
<i>Aristida venezuelae</i> L.													5				
													1				
													4				
													5				

	VEGETACION BOSCOSA (BOSQUE MUY SECO TROPICAL)												VEGETACION HERBACEA			
	3	1	5	7	9	11	12	6	13	2	10	8	4			
Número del inventario:	3	1	5	7	9	11	12	6	13	2	10	8	4			
<i>Panicum fasciculatum</i> S. W.									5							
<i>Oxypetalum cordifolium</i> (Vent.) Schlechter									+							
<i>Cenchrus pilosus</i> H. B. K.											+	1				
<i>Eragrostis ciliaris</i> L.												1				
<i>Cyperus amabilis</i> Vahl													+			
<i>Stylosanthes humilis</i>													+			
<i>Froelichia interrupta</i> (L.) Moq.													+			
ESTRATO DE MUSGOS																
<i>Marchantia</i> sp.				1	1	1			1	1			1			
EPIFITAS																
<i>Brassavola nodosa</i> (L.) Lindl.	1	1	+	1												
<i>Ramalina usneoides</i> E. Fries	1	1	1													
<i>Tillandsia flexuosa</i> L.	+	+	+	+	+											
<i>Bromelia</i> sp.			+										+			
<i>Ramalina</i> sp.	+															

(Argid-Haplargid) y ha sido descrito por Materano y col. (1974), existiendo poca diferencia entre ellas. El horizonte Ah del área boscosa es, sin embargo, más húmico que el correspondiente al área de gramíneas, a pesar de que ambos poseen el mismo espesor. Además el rodal boscoso posee una ligera capa de hojarasca (0.5 - 2.0 cm), la cual está ausente en el rodal de gramíneas. La capa de hojarasca consta fundamentalmente de la hojarasca O_1 acumulada en el año.

Los climadiagramas (Figs. 1 y 2), el curso diario de la precipitación durante el período 1979-81 (Fig. 3), y los

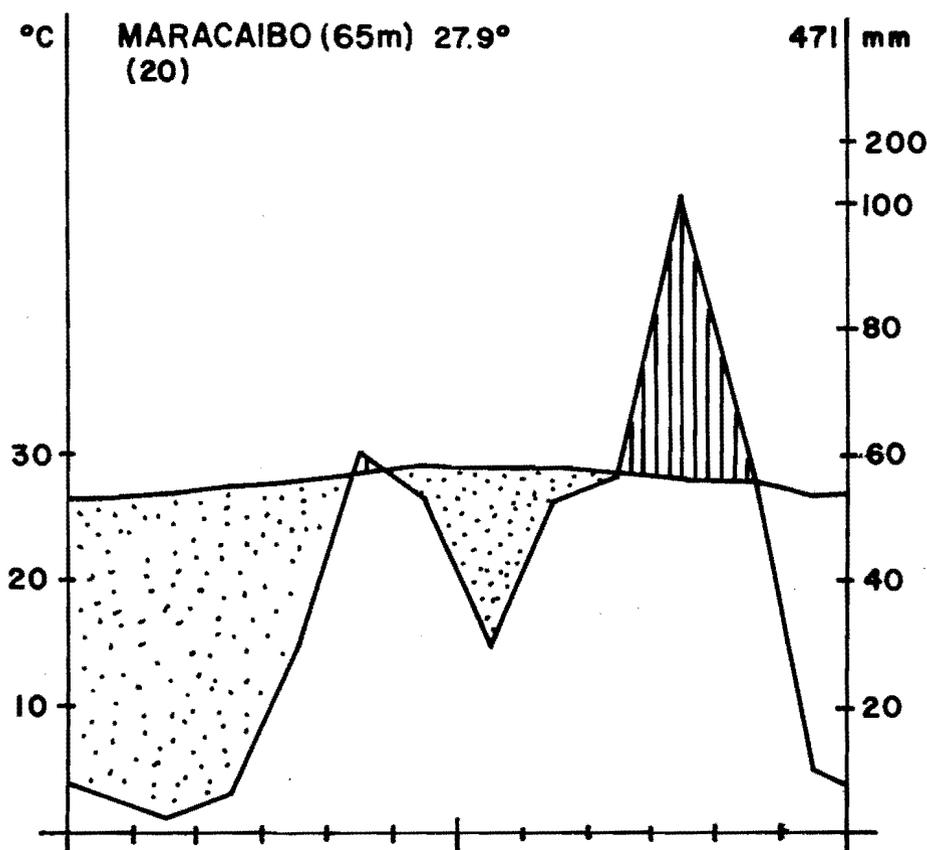


FIG. 1: Climadiagrama de la estación meteorológica Maracaibo (F.A.V., 1980). Período 1951-70. Representación según Walter (1964).

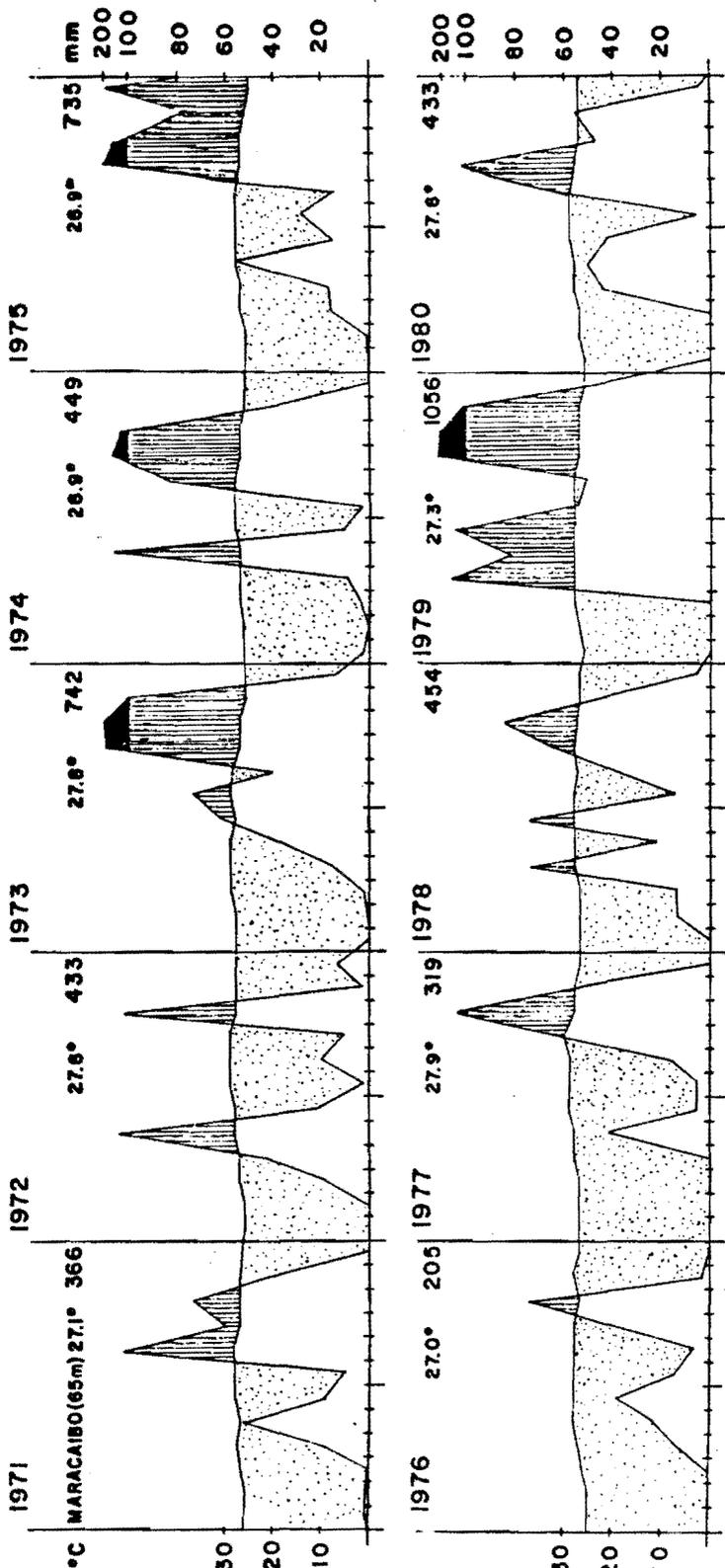


FIG. 2: Diagramas meteorológicos de diez años consecutivos, correspondientes a la estación Maracaibo (F.A.V.). Período 1971-80.

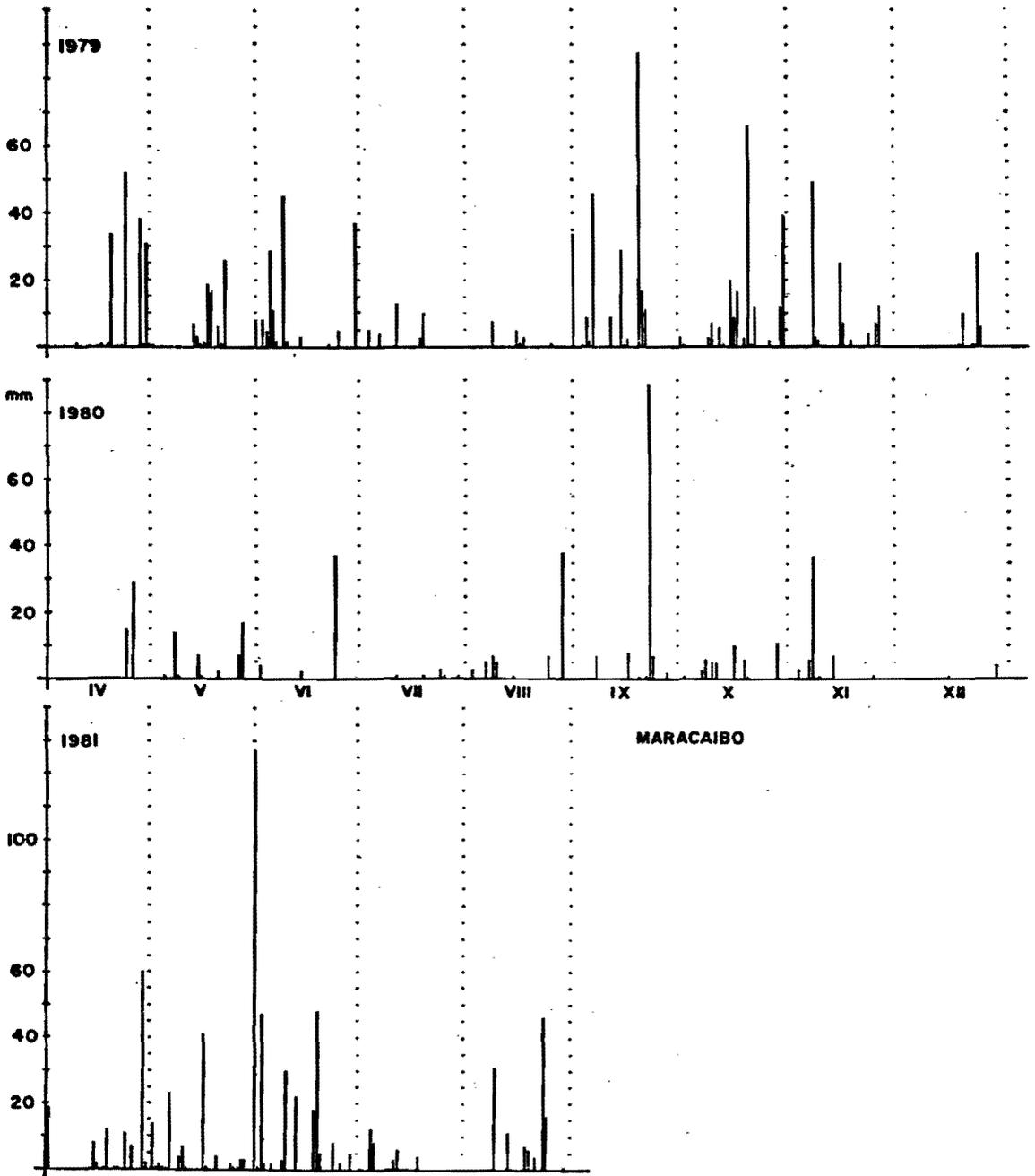


FIG. 3: Curso diario de la precipitación (época de lluvias) durante el período 1979-81, según la estación meteorológica Maracaibo (F.A.V.).

tautocronos, es decir, líneas que expresan las temperaturas simultáneas a diferentes profundidades del suelo (Fig. 4), se elaboraron a partir de los datos obtenidos por la estación meteorológica Maracaibo (F.A.V.). La interpretación del climadiagrama realizado en base al promedio de 20 años (Fig. 1) refleja que la precipitación se distribuye siguiendo predominantemente un régimen bimodal, es decir, presenta dos períodos de máximas. Sin embargo, los climadiagramas, correspondientes a 10 años consecutivos (Fig. 2), demuestran que este patrón de distribución de las lluvias no es constante. Por otra parte, muestran las diferencias en magnitud de las precipitaciones en los diferentes años; así, por ejemplo, 1976 fue un año muy seco (205 mm), y 1979 un año muy húmedo (1056 mm). Igualmente la cantidad de días con lluvia y las magnitudes de las mismas varían de un año a otro (Fig. 3).

La Fig. 4 refleja que el suelo mineral está sujeto a variaciones diarias de temperatura, más amplias durante la sequía y menores en la estación de lluvias. Así por ejemplo, la amplitud de variación de temperatura es, a 5 cm de profundidad, de 4.3°C en enero (estación seca) y de 1.6°C en junio (estación húmeda).

METODOS FISICOS

La caracterización física de los suelos se realizó mediante la determinación de los siguientes parámetros: textura, peso específico, fuerza de succión, pH y contenido de humedad. La textura se determinó mediante el método del hidrómetro (Black, 1965); el peso específico, con el método del cilindro (Hardy, 1970); la fuerza de succión, mediante el método del plato de succión (Richards, 1965) a 1/3, 1, 2, 5 y 15 atmósferas; el pH, en solución acuosa (1:2), y el contenido de humedad del suelo se determinó gravimétricamente. Se utilizó la clasificación USDA (USDA, 1975) para nominar los suelos.

METODOS QUIMICOS

La mineralización neta del nitrógeno se midió con el método de incubación en el campo (Runge, 1970), en lapsos de 6 semanas, desde junio de 1979 hasta junio de 1981. En ca-

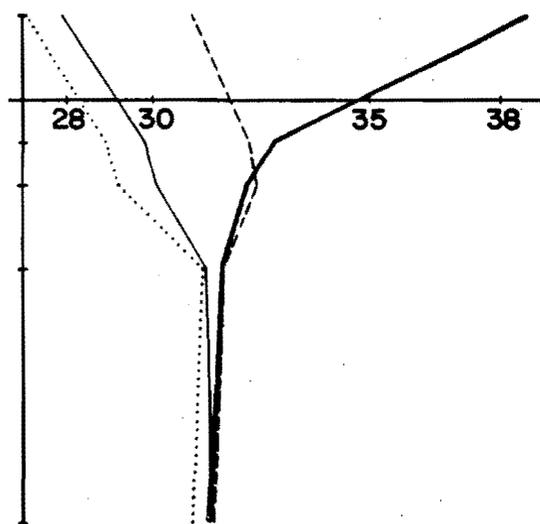
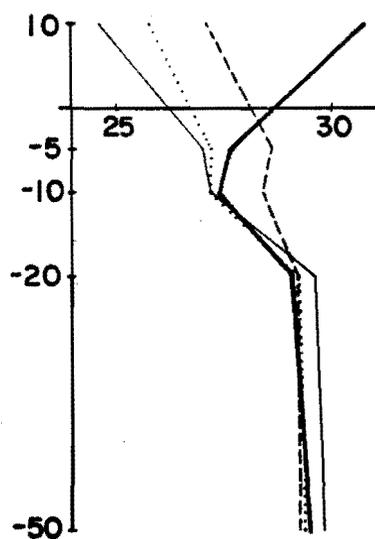
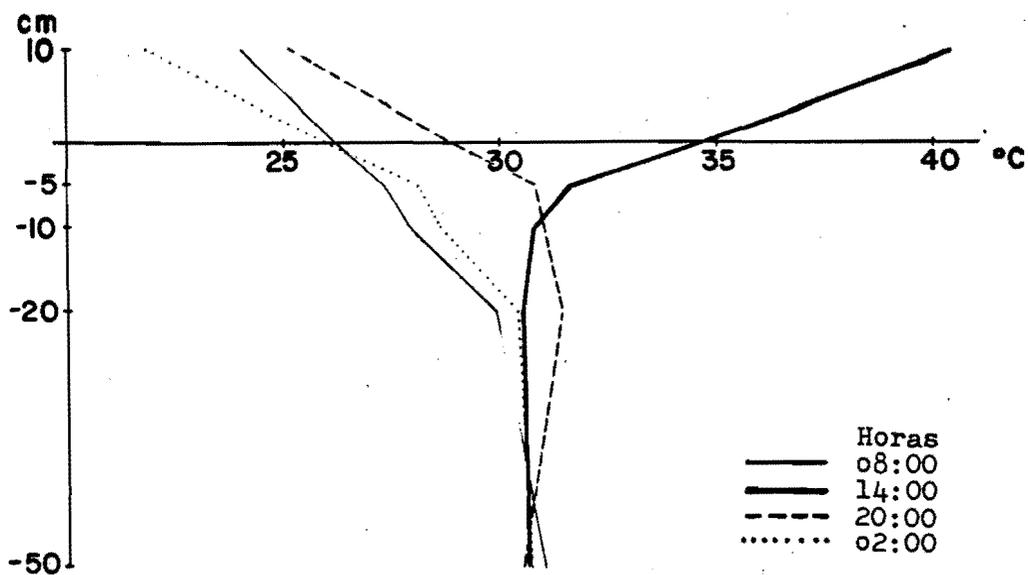


FIG. 4: Arriba, tautocronos del 12 al 13 de enero de 1979 (estación seca); abajo, tautocronos del 5 al 6 de junio (estación húmeda) y del 15 al 16 de abril 1980 (finales de la estación seca), respectivamente; de acuerdo a los datos de la estación Maracaibo (F.A.V.).

da área de muestreo se distinguieron tres capas de suelo mineral: 0-5 cm, 5-10 cm y 15-20 cm. Las muestras representativas se prepararon tomando 10 muestras individuales, que se mezclaron y tamizaron con malla de 4 mm. Después se repartieron en 6 bolsas de polietileno, impermeables, pero que permiten el paso del oxígeno, de las cuales 3 se enterraron en el lugar de muestreo a la profundidad de la toma de muestras. A las otras 3 se les determinó su contenido de nitrógeno mineral actual (N min. act.), análisis que se realizó a la mayor brevedad (Gerlach, 1973).

La colocación de las muestras en bolsas (u otros recipientes) es indispensable para evitar que el nitrógeno liberado por las bacterias pueda ser asimilado por las plantas superiores o ser lixiviado por el agua de percolación. Se incuban en el lugar de la toma de muestras para que estén a la temperatura del ambiente. El contenido de agua permanece, sin embargo, constante, debido a que las bolsas sólo permiten el intercambio gaseoso. Después de 6 semanas las muestras enterradas se sacaron y se analizó su contenido de nitrógeno (N min. inc.). La mineralización neta se obtuvo de la diferencia entre el N mineral incubado y el N mineral actual.

Las condiciones de fertilidad del suelo de las áreas de muestreo se conocieron mediante la determinación de los contenidos totales de nitrógeno, carbono, fósforo y potasio. La determinación del nitrógeno total se realizó según el método clásico de Kjeldahl (Bremner, 1960). El contenido total de carbono se determinó conductométricamente (anализador de gases Woesthoff). Los contenidos totales de fósforo y potasio se determinaron por espectrofotometría (Wenzel, 1950).

RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido actual de nitrógeno mineral es, en términos generales, mayor en el suelo del área boscosa que en el de la profundidad correspondiente al área herbácea. En ambos casos, se encuentra en forma de nitrato y amonio y está sujeto a grandes variaciones a lo largo del año. (Figs. 5 y 6).

La mineralización del nitrógeno del suelo mineral es ma-

MARACAIBO I₁

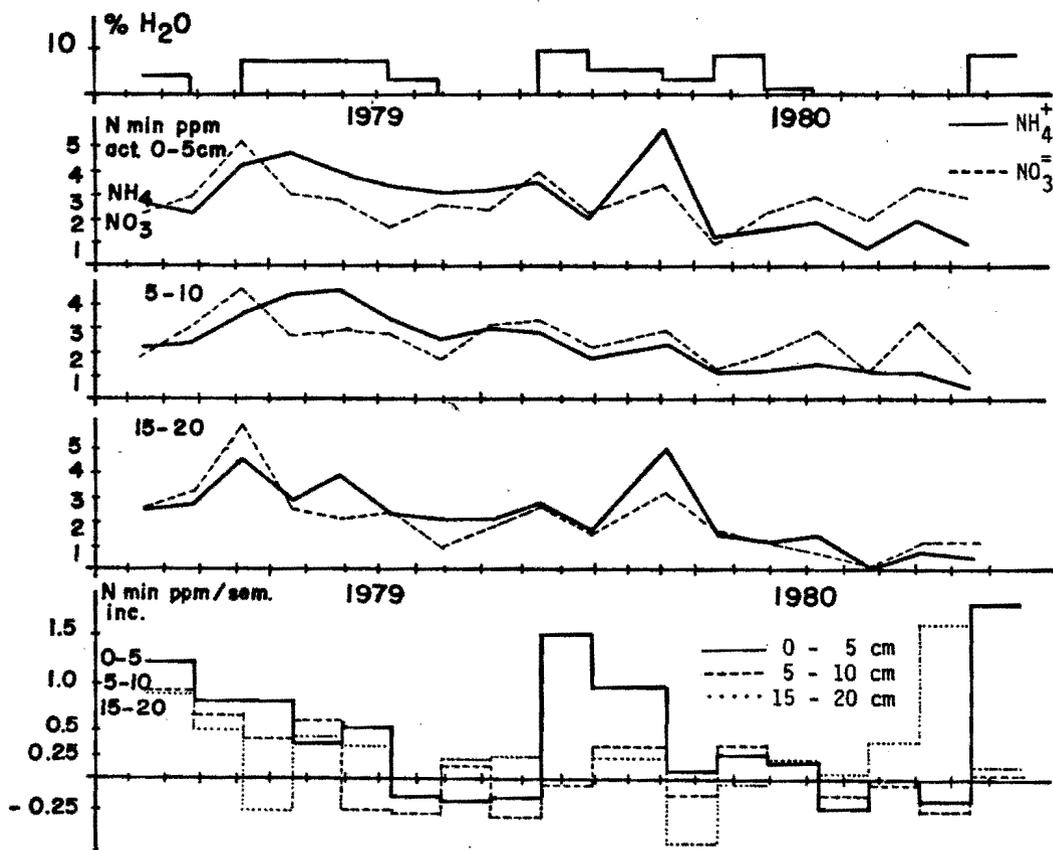


FIG. 5: Contenido de agua, contenido actual de nitrógeno mineral y mineralización neta del nitrógeno en el suelo mineral para el área I₁: vegetación herbácea.

yor en el área boscosa que en el área de gramíneas, y en ambas áreas disminuye al aumentar la profundidad. El contenido de agua del suelo mineral (% peso) está sujeto a variaciones a lo largo del año, y al aumentar la profundidad del suelo sus valores permanecen iguales o se incrementan ligeramente (Figs. 5 y 6). Los valores del área boscosa son, salvo algunas excepciones, semejantes o algo mayores que los del área de gramíneas. La determinación del contenido de agua del suelo a diferentes fuerzas de succión revela que

MARACAIBO I₂

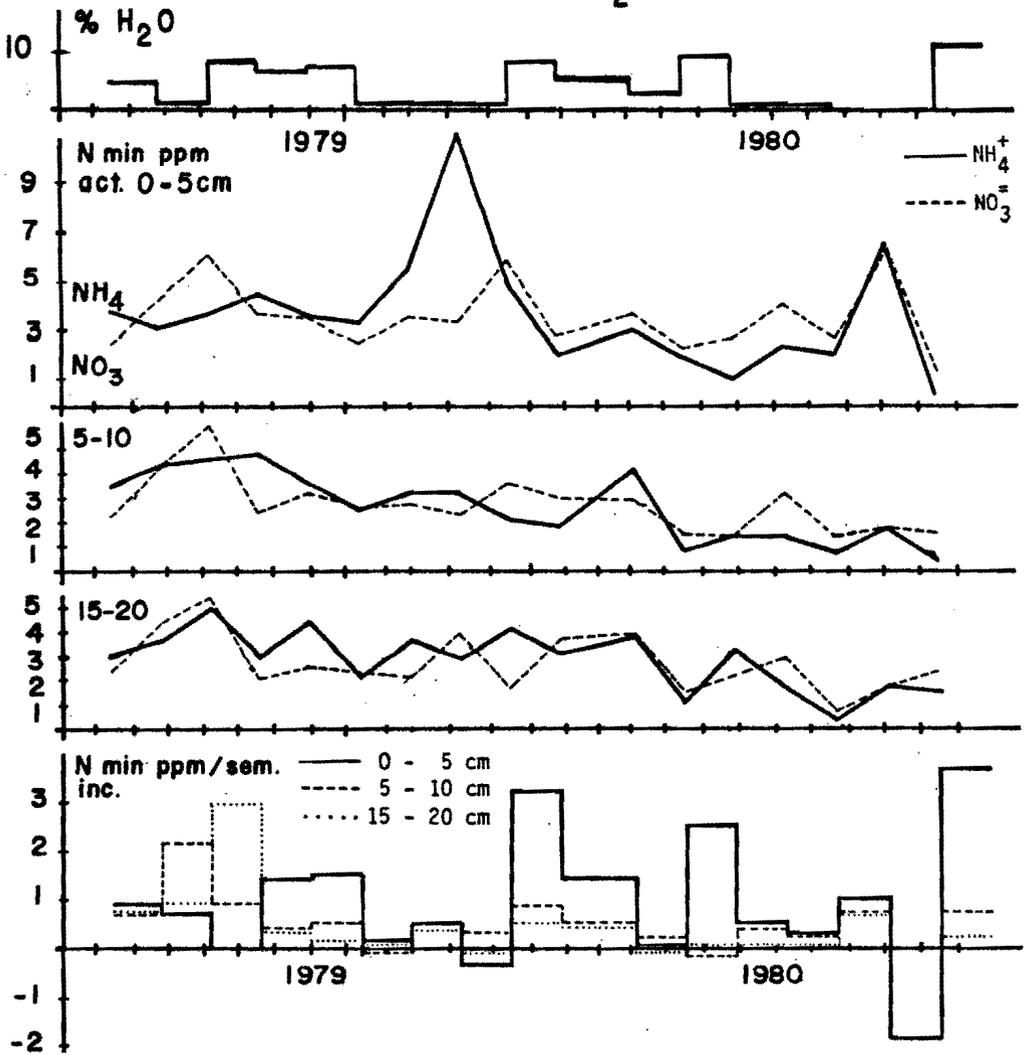


FIG. 6: Contenido de agua, contenido actual de nitrógeno mineral y mineralización neta del nitrógeno en el suelo mineral para el área I₂: vegetación boscosa.

siempre la capa inferior del suelo fija más agua que el suelo más superficial. Esto viene dado por el incremento del contenido de arcilla con la profundidad; la disminución de materia orgánica en estos aridisoles no es determinante en virtud de que dichas sustancias son muy bajas (Tabla 2).

TABLA 2. MAGNITUDES IMPORTANTES PARA LA CARACTERIZACION DE LAS CURVAS DE SUCCION

AREAS DE MUESTREO	FRACCION ARCILLA (% del material fino)		CONTENIDO DE CARBONO (% del material fino)	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
I ₁	6	7.5	0.21	0.18
I ₂	7	12.5	0.55	0.33

Los cursos anuales del contenido de agua del suelo mineral (% volumen) así como los valores de la capacidad de campo (C.C.) y el punto de marchitez permanente (P.M.P.) se representan en la Fig. 7. La C.C. se asignó para una fuerza de succión de 0.33 bar y el P.M.P. para 15 bar. Al comienzo de la investigación, junio de 1979, no se había alcanzado la C.C. en la capa superficial del suelo (0 - 20 cm), tanto del área con gramíneas como del área boscosa, a pesar de haber llovido repetidamente. En el período siguiente, sin precipitaciones, el suelo de ambas áreas alcanzó el P.M.P.; y finalmente, en la segunda época de lluvias, mayor a la precedente, el suelo alcanzó la C.C. El suelo del área de gramíneas sobrepasó considerablemente su C.C. durante esa época, mientras que el suelo del área boscosa la sobrepasó levemente. En estos casos, aún bajo la posibilidad de libre percolación del agua gravitacional, se almacena temporalmente un excedente de agua (Laatsch, 1954). La capacidad de campo, bajo estas circunstancias, es mayor que la capacidad hídrica del suelo en agua de percolación aprovechable (Larcher, 1973). La menor retención de agua en el suelo del área boscosa se debe a la intercepción del agua de lluvia por la vegetación. Al comparar ambas áreas llama la atención que el suelo bajo gramíneas posee durante mayor tiempo agua aprovechable por las plantas, debido a que es almacenada en mayor cantidad.

No se pudo establecer en qué sentido actúa el contenido de humedad sobre la mineralización del nitrógeno, ya que, al trabajar bajo condiciones de campo, el contenido de humedad y los períodos de sequía y rehumedecimiento de los

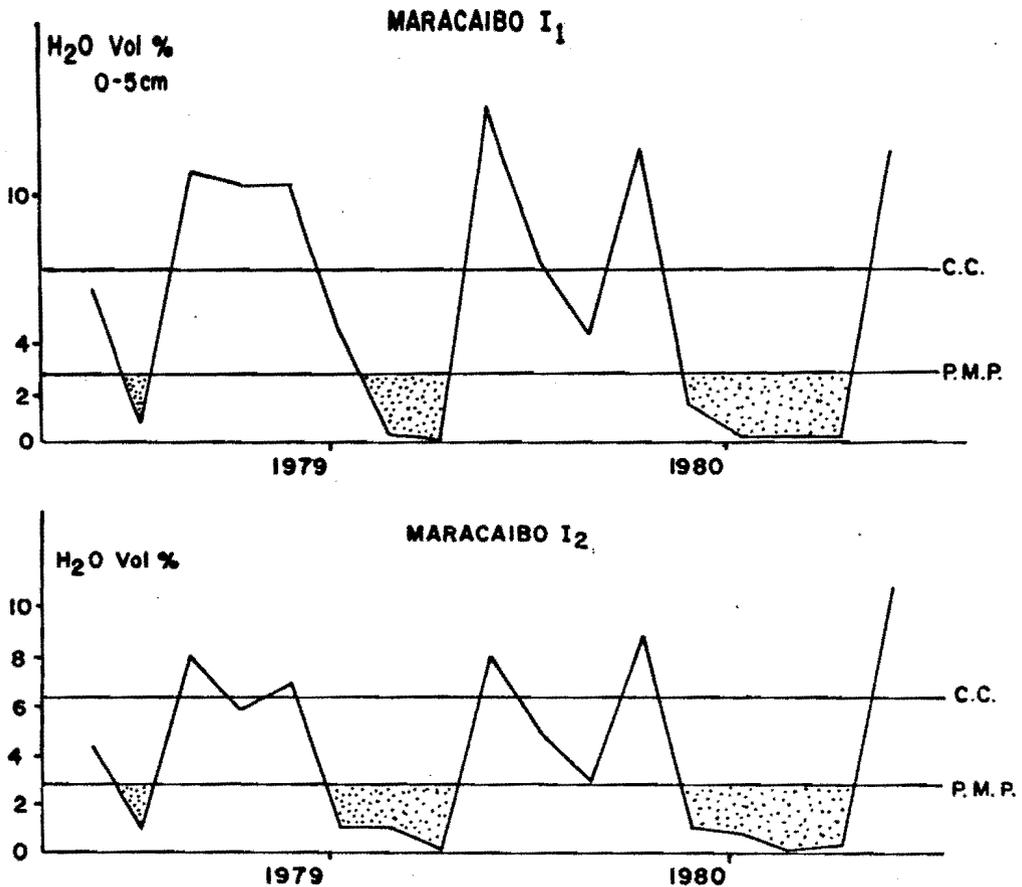


FIG. 7: Curso anual del contenido de agua del suelo superficial, 0-5 cm, bajo diferente cobertura vegetal. Arriba, vegetación herbácea; abajo, vegetación boscosa. Magnitudes características: C.C., capacidad de campo; P.M.P., punto de marchitez permanente.

suelos son variables; estos parámetros también afectan a la cantidad de nitrógeno mineralizado, como fue demostrado experimentalmente en el laboratorio por otros investigadores (Greenland, 1958; Birch, 1960; del Valle, 1976). Las curvas anuales de la mineralización del nitrógeno demuestran que la misma se activa a comienzos de la época de lluvias; en la época de sequía disminuye fuertemente. Trabajos anteriores (Greenland, 1958, 1962; Birch, 1959, 1960; Run-

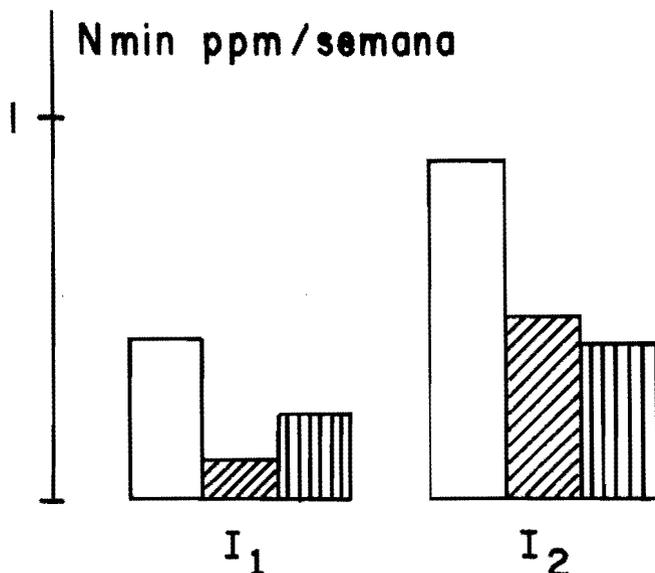


FIG. 8: Intensidad de la mineralización del nitrógeno en el suelo mineral de áreas con vegetación herbácea (I_1) y boscosa (I_2). 0-5 cm; 5-10 cm; 15-20 cm de profundidad.

ge, 1970) reportan esa disminución de la mineralización del nitrógeno debida a la sequía. El nitrógeno mineralizable se acumula durante la época de sequía y se transforma por los microorganismos durante la siguiente época de lluvias.

Para determinar la influencia de la temperatura del suelo sobre la mineralización del nitrógeno, se calcularon las temperaturas promedio para las correspondientes profundidades, y las temperaturas promedio durante los períodos de incubación, según los datos de la estación meteorológica Maracaibo (F.A.V.). Las variaciones de temperatura fueron muy pequeñas; oscilaron entre 27.7°C y 32.6°C; por lo tanto, no se pudo demostrar in situ la influencia de la temperatura sobre la mineralización del nitrógeno. Para el margen de temperatura antes señalado, Myers (1974) obtuvo, en el laboratorio, un ligero incremento de la amonificación, mientras que entre 30° y 40°C dicho incremento fue más apreciable. En términos generales, las temperaturas promedio no permiten establecer conclusiones. Sabey y col. (1956) y Campbell y col. (1971) demostraron que la producción de

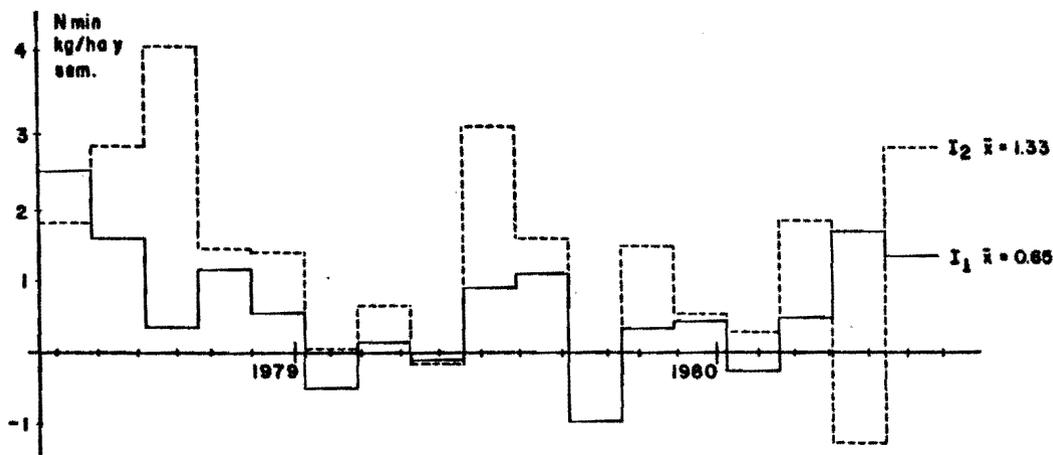


FIG. 9: Aporte de nitrógeno (kg/ha y semana) por parte de los 20 cm superiores de suelo mineral durante el período de la investigación. I₁, vegetación herbácea; I₂, vegetación boscosa.

nitrate es diferente a temperaturas ligeramente fluctuantes que cuando se obtiene a la temperatura promedio correspondiente. Los experimentos de Schroedter y Tietjen (1972), Myers (1974), Stanford y col. (1975), comprueban que el factor temperatura ejerce una influencia muy compleja sobre la actividad de los microorganismos. Por otra parte, debe tomarse en cuenta que existe una gran variedad de organismos heterotróficos del suelo capaces de transformar el nitrógeno orgánico en amonio (Campbell y col., 1971) o en nitratos (Ishaque y Cornfield, 1976). Mahendrappa y col. (1966) opinan que la temperatura óptima para la nitrificación cambia con la región climática.

La intensidad de la mineralización del nitrógeno es mayor en el área boscosa que en el área herbácea (Fig. 8), lo cual se explica por la presencia de una ligera capa de hojarasca en el área boscosa, ausente en el área herbácea. Esto determina que el área boscosa aporte aproximadamente el doble de nitrógeno mineral durante el período global de las observaciones (Fig. 9). La incorporación de la hojarasca al suelo mineral y su posterior descomposición también se refleja en la existencia de una mayor reserva de nutrientes (Tabla 3).

TABLA 3. CONTENIDO DE ALGUNOS NUTRIENTES DEL SUELO MINERAL Y RELACION C/N

VEGETACION	PROFUNDIDAD cm	t C ha	kg N ha	kg P ha	kg K ha	Rel. C/N
HERBACEA	0 - 5	1729	133	132	572	13
	5 - 10	1032	129	134	593	8
	15 - 20	1161	129	154	706	9
BOSCOSA	0 - 5	4174	363	165	744	11
	5 - 10	2400	240	168	798	10
	15 - 20	1785	179	166	881	10

Clamens (1983) obtuvo mayores aportes de nitrógeno mineral para el área con vegetación boscosa (\bar{x} = 9.01 kg N/ha sem) que para la vegetación herbácea (\bar{x} = 1.23 kg N/ha sem), en la zona de San Francisco, Maracaibo. Es importante señalar que estos valores no son comparables directamente a los hallados en el presente trabajo, debido a que fueron obtenidos en condiciones diferentes.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue subvencionado por el C.O.N.D.E.S. y la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia. Además se contó con la colaboración de las siguientes instituciones: Facultad de Agronomía de L.U.Z., a través de los laboratorios de Edafología y Física de Suelos; Fundación Jardín Botánico de Maracaibo; Estación Meteorológica de Maracaibo (F.A.V.), e Instituto de Geobotánica de la Universidad de Goettingen, Alemania. Expreso mi más sincero agradecimiento a las instituciones mencionadas, así como a los Drs.: H. Ellenberg, K. Grimme, Gladys L. de Pinto y Sara Yacubson, por la revisión crítica del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Birch, H. F., 1959: Further observations on humus decomposition and nitrification. *Plant & Soil*, 11(3): 262-286.
- Birch, H. F., 1960: Nitrification in soils after different periods of dryness. *Plant & Soil*, 12: 81-96.
- Black, C. A., 1956: Methods of soil analysis. Part I. American Soc. of Agronomy, Madison.
- Bremner, J. M., 1960: Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl-method. *J. Agr. Sci.*, 55: 11-33.
- Campbell, C. A., Biederbeck, V. O., y Warder, F. G., 1971: Influence of simulated fall and spring conditions on the soil system. II. Effect on soil nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35: 480-483.
- Clamens, C., 1983: Influencia de la vegetación en la mineralización del nitrógeno. Trabajo de ascenso, Fac. Human. Ed., Univ. Zulia: 1-43.
- Ellenberg, H., 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Stuttgart: 1-136.
- Ellenberg, H., 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. *Ber. Deutsch. Botan. Ges.*, 77(3): 82-92.
- F.A.V., 1980: Promedios climatológicos de Venezuela, período 1951-70. Ministerio de la Defensa, Venezuela, Public. especial N°4.
- Gerlach, A., 1973: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettomineralisation. En: *Scripta Geobotanica*, E. Goltze, Goettingen, 5: 1-115.
- Greenland, D. J., 1958: Nitrate fluctuations in tropical soils. *J. Agr. Sci.*, 50(1): 311-330.
- Greenland, D. J., 1962: Denitrification in some tropical soils. *J. Agr. Sci.*, 58: 227-233.
- Hardy, F., 1970: Edafología tropical. Herrero Hnos., México, 1-416.
- Ishaque, M., y Cornfield, A. H., 1976: Evidence for heterotrophic nitrification in an acid Bangladesh soil lacking autotrophic nitrifying organism. *Trop. Agr.*, 53(2): 157-160.

- Laatsch, W., 1954: Dynamic der Mitteleuropaeischen Mineralboeden. Steinkopf, Dresden.
- Larcher, W., 1973: Oekologie der Pflanzen. Ulmer U.T.B.: 1-320.
- Mahendrappa, M. K., Smith, R. L., y Christianson, A. T., 1966: Nitrifying organism affected by climatic region in western United States. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 30: 60-62.
- Materano, G., y col., 1974: Estudio de suelos: Jardín Botánico de Maracaibo. Fac. Agron., Univ. Zulia: 1-16.
- Myers, R. J. K., 1975: Temperature effects on ammonification and nitrification in a tropical soil. Soil Biol. Biochem., 7(2): 79-82.
- Richards, L. A., 1965: Physical condition of water in soil. En Black, C. A.: Methods of soil analysis. Part 1. American Soc. of Agronomy, Madison: 128-152.
- Runge, M., 1970: Untersuchungen zur Bestimmung der Mineral-Stickstoff-Nachlieferung am Standort. Flora, B, 159: 233-257.
- Sabey, B. R., Bartholomew, W. B., Shaw, R., y Pesek, J., 1956: Influence of temperature on nitrification in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20: 357-360.
- Stanford, G., y col., 1975: Effect of fluctuating temperatures on soil nitrogen mineralization. Soil Sci., 119 (3): 222-226.
- Schroedter, H., y Tietjen, C., 1971-72: Statistische Betrachtungen zur Frage der Abhaengigkeit der Nitrifikation von Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit. Agr. Meteorol., 9: 77-91.
- Stoecker, G., 1971: Die Bestimmung von Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff mit einer Mikrodestillationsmethode bei oekologischen Untersuchungen. Arch. Naturschutz Landschaftsf., 11(3): 183-192.
- U.S.D.A., 1975: Soil taxonomy. Soil Conservation Service, Washington.
- 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.

Walter, H., 1964: Vegetation der Erde. Gustav Fischer, Jena, 1: 1-592.

Zoettl, H., 1958: Bestimmung der Stickstoffmineralisation im Waldhumus durch den Brutversuch. Z. Pflanzenernaehr. Duengung Bodenk., 81: 35-50.