

MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN LOS
SUELOS DE PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA*
VAR. *HONDURENSIS* Y *ANACARDIUM OCCIDENTALE*

CARMEN E. CLAMENS

Departamento de Biología
Facultad de Humanidades y Educación
Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A
Estado Zulia, Venezuela

RESUMEN

Se estudió la mineralización del Nitrógeno en la hojarasca y el suelo mineral (0-10 cm de profundidad) en dos áreas con plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *Anacardium occidentale*, ubicadas en el Sector Sabana de Raya, Municipio Baralt, Estado Zulia, Venezuela. Se usó el método de incubación en el campo en lapsos de seis semanas, desde el 3 de Mayo de 1984 al 11 de Abril de 1985. Se determinó que las cantidades de Nitrógeno mineralizado en la hojarasca y el suelo mineral, en ambos cultivos, fueron relativamente bajos y algunos valores prácticamente despreciables. La baja mineralización del Nitrógeno en estos suelos se explica por la conjugación de una serie de factores: Las características fisicoquímicas de los suelos, la presencia de micorrizas y la composición química de la hojarasca.

Palabras claves: Mineralización del Nitrógeno, suelo de sabana, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Anacardium occidentale*, cultivo, Venezuela.

Recibido: 28 Marzo 1994

Aceptado: 16 Enero 1995

ABSTRACT

NITROGEN MINERALIZATION IN SOILS OF *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS* AND *ANACARDIUM OCCIDENTALE* PLANTATIONS

Nitrogen mineralization was studied in the organic layer and mineral soil (0-10 cm depth) at two plantation sites of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and *Anacardium occidentale*, located in the Sabana de Raya area, Baralt municipality, Zulia State, Venezuela. The field incubation technique was used in periods of six weeks, from 3 May 1984 to 11 April 1985. Amount of mineralized Nitrogen in the organic layer and mineral soil in both cultures was relatively small with some values insignificant. The small amount of Nitrogen mineralization is due to a series of factors: Physical and chemical properties of the soil, presence of mycorrhiza and chemical composition of the organic layer.

Key words: Nitrogen mineralization, Savanna soil, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Anacardium occidentale*, plantation, Venezuela.

Received: 28 March 1994

Accepted: 16 January 1995

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivos determinar la mineralización del Nitrógeno en el suelo mineral y la hojarasca de dos áreas con vegetaciones diferentes: un sembradío de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y un cultivo de *Anacardium occidentale*; y establecer los posibles factores que influyen en dicho proceso.

La mineralización del Nitrógeno en los suelos está influenciada por diversos factores: Contenido de agua (Birch 1958, 1960) (Choudhury y Cornfield 1978), temperatura (Stanford *et al.* 1975; Myers 1975, Mahendrappa *et al.* 1966), pH (Cornforth 1971, Ishaque y Cornfield 1976), relación C/N (Cornforth 1971, Lamb 1974, Berg y

Theander 1984, Berg y Staaf 1981), la presencia de microorganismos (Dickinson 1983) y la vegetación (Ellenberg 1964, De Rham 1973, Clausnitzer 1982-1983, 1983 Vitousek y Melillo 1979, Clamens 1983). También, estudios realizados por Scheffer y Schachtschabel (1976), Gallardo (1980) y Clausnitzer (1983), evidenciaron que el aporte de Nitrógeno es una función de la cantidad y el tipo de humus producido por las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Área de Estudio

Las áreas seleccionadas para este estudio pertenecen al Sector de Sabana de Raya, Parroquia Libertador, Municipio Baralt, Estado Zulia, Venezuela; se ubican aproximadamente a 9° 53' de Latitud Norte y 70° 53' de Longitud Oeste y a unos 108 msnm. Los terrenos son planos, tienen pendientes de 2 a 4 % y pertenecen al sistema fluvio-aluvial de los ríos San Pedro, Misoa, Machango, Raya y Pueblo Viejo, de la región Nororiental de la Cuenca del Lago de Maracaibo (Coplanarh 1975).

Suelo

Los suelos son franco-arenosos, muy lixiviados, con un alto contenido de óxidos de Aluminio y Hierro y un pH extremadamente ácido de 3.5-4.5, muy drenados y con un nivel de fertilidad bajo, debido al intenso lavado a que han sido sometidos a través de los años; estas características les confieren una vocación forestal. Estos suelos pertenecen al orden Ultisol, suborden Ustult (Ustico) (USDA 1975).

Clima

Los datos de precipitación y temperatura se obtuvieron a través de la estación meteorológica Raya Arriba, del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, 1975-1985, localizada en el sector. Se realizó el climadiagrama de Raya Arriba, período 1975 -1983 (Fig. 1) y el estado del tiempo durante el lapso de la investigación, Enero 1984 a Mayo de 1985 (Fig. 2).

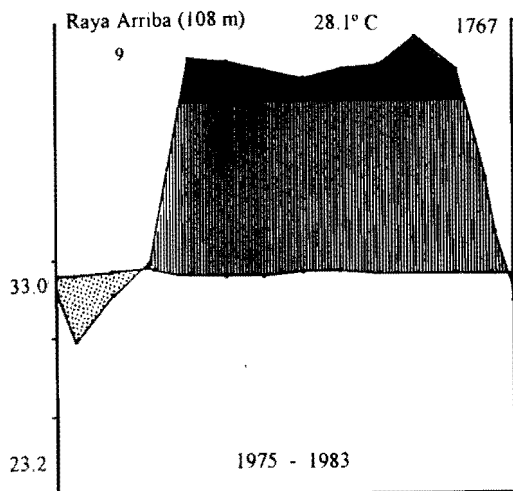


FIGURA 1. Climadiagrama de Raya Arriba, Dtto. Baralt, Estado Zulia, durante el período 1975-1983. Representación según Walter (1964).

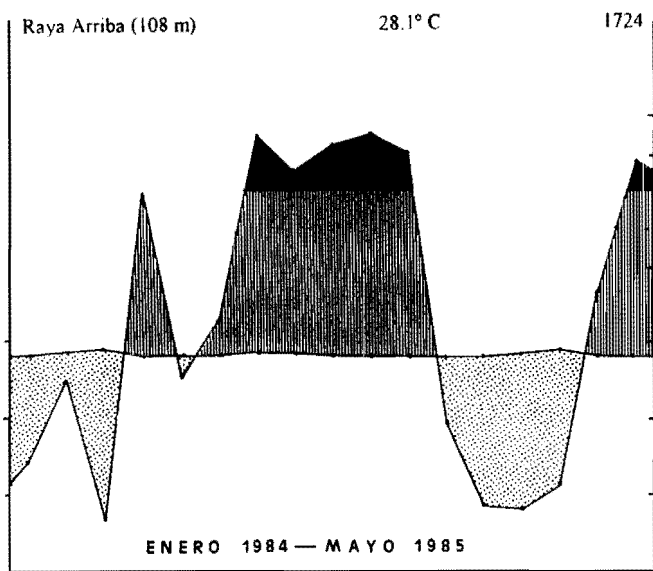


FIGURA 2. Climadiagrama de Raya Arriba, Dtto. Baralt, Estado Zulia, durante el período del estudio: Enero 1984-Mayo 1985. Representación según Walter (1964).

Se presentaron en Raya Arriba dos estaciones: una seca, muy corta, de Enero a Marzo y una lluviosa, con duración de 9 meses, desde Abril a Diciembre; con dos máximas de precipitación en los meses de Abril y Octubre, respectivamente (Fig. 2). La precipitación media anual total fue de 1767 mm. Los años de 1975 y 1981 fueron los de máxima precipitación, con valores de 2638 mm y 2229 mm, respectivamente. La precipitación durante el resto del período fue más baja, aproximadamente de 1400 mm. La temperatura media anual fue 28.1° C, la media máxima de 33° C y la media mínima de 23.2° C (Fig. 1). El clima es, por lo tanto, tropical húmedo.

Durante el período Enero 1984 a Mayo 1985 (Fig. 2) la precipitación total fue de 1724 mm registrándose valores por encima de 100 mm para los meses de Julio a Noviembre; se repite, en forma general, el mismo patrón de lluvias que ha caracterizado a la zona en los últimos años; Mayo fue la excepción, la precipitación fue menor (55 mm) en relación a los años anteriores. El mes más seco (12.7 mm) fue Marzo de 1984, y Octubre el más húmedo (250 mm). La curva de la temperatura se trazó en base a los valores correspondientes al período 1975-1983 por carecer de la información correspondiente para el lapso 1984-1985; sin embargo, el uso de esos valores no afecta la representación de las estaciones seca y húmeda por ser la temperatura poco variable en la zona, en relación con la pluviosidad.

Vegetación

Las áreas de muestreo tienen características muy diferenciadas desde el punto de vista de la vegetación. Una de ellas es una plantación de *Pinus caribaea* Morelet, var. *hondurensis* (Pino caribe) y la otra área es un cultivo de *Anacardium occidentale* L. (Merey). Originalmente, estas sabanas presentaban un estrato herbáceo donde predominaban *Thachypogon plumosus* (Humb & Bonpl.) Nees, *Axonopus pulcher* Kuhl, *Panicum rudgei* Roem & Schult y *Bulbostylis junciforme* (H.B.K.) Kunth; y algunas especies arbóreas: *Curatella americana* L., *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich y *Xylopia aromática* (Lam.) Mart.

Pinus caribaea es una especie exótica, capaz de adaptarse a condiciones climáticas y edáficas muy degradadas (suelos ácidos, baja fertilidad) que impiden el establecimiento de especies leñosas nativas (Lucena 1985, Flores *et al.* 1985).

Anacardium occidentale es originaria de América tropical, Brasil, y crece en forma espontánea en diversas regiones del país; se puede desarrollar, si recibe el agua necesaria, en terrenos arenosos, pedregosos y ácidos (pH 5.5-6.5). En Venezuela se siembra sin ninguna preparación del terreno y su explotación no se ha realizado desde el punto de vista comercial (Araque 1968).

Los cultivos de *P. caribaea* y *A. occidentale* (50 ha) en el Sector Sabana de Raya, se iniciaron en el año 1975 a través de un plan de reforestación ejecutado por la Corporación Nacional de Reforestación (CONARE). Para 1983 se habían reforestado 280 ha, aproximadamente, con ambas especies, con predominio de *P. caribaea* var. *hondurensis* (Barreto 1983).

Metodología

Métodos físicos.- La caracterización física de los suelos se realizó mediante la determinación de los siguientes parámetros: Textura, peso específico, pH y contenido de humedad. La textura se determinó mediante el método del hidrómetro (Black 1965); el peso específico del suelo y la hojarasca, con el método del cilindro (Hardy, 1970); el pH, en solución acuosa (1:2), y el contenido de humedad del suelo se determinó gravimétricamente. Se utilizó la clasificación USDA (1975) para los suelos.

Métodos químicos.- El curso de la mineralización se llevó a cabo usando el método de incubación en el campo basado en Runge (1970); se tomaron muestras de la capa orgánica (hojarasca) y de dos niveles del suelo mineral (0-5 cm y 5-10 cm). El muestreo se realizó desde el 3 de Mayo de 1984 al 11 de Abril de 1985; cada seis

semanas se tomaron 3 muestras mixtas en cada una de las áreas seleccionadas (mezclando tres muestras individuales de hojarasca y de cada nivel del suelo). Estas seis muestras se tamizaron con una malla de apertura de 4 mm; se repartieron en 36 bolsas de polietileno (18 de cada área), impermeables al agua, pero permeables al Oxígeno. Doce submuestras de cada área se incubaron a las profundidades correspondientes y se les cubrió con hojarasca. Las otras seis submuestras de cada área se trasladaron al laboratorio, con las normas establecidas (Sharpf 1977), para analizar su contenido de Nitrógeno.

El método de microdestilación (Gerlach 1973) se utilizó para determinar el contenido de Nitrógeno actual y el incubado. La mineralización neta del Nitrógeno se obtuvo por la diferencia entre ambos valores. Se determinó el Nitrógeno total (Nt) y el Carbono orgánico mediante los métodos analíticos clásicos (Allison 1965).

Los valores de Aluminio, capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de saturación de bases del suelo, se conocieron a través de la información suministrada por el Laboratorio de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido actual de Nitrógeno mineral en forma de iones Nitrato y Amonio fue fluctuante en el tiempo y resultó más elevado en la hojarasca que en el suelo mineral (Figs. 3 y 4). En la hojarasca de *P. caribaea* y *A. occidentale* predominó el Amonio y se observaron los mayores contenidos de Amonio y Nitrato durante los periodos de poca precipitación. Estos valores descendieron hasta 0 ppm y aumentaron con la pluviosidad. Estas cifras fueron relativamente bajas en el período (Julio-Noviembre de 1984), en el cual ocurrieron las mayores precipitaciones.

Es interesante destacar que los contenidos de Amonio y de agua del suelo se relacionan, ya que los valores más altos de Amonio se obtuvieron para el 26 de Julio de 1984, fecha que correspondió al

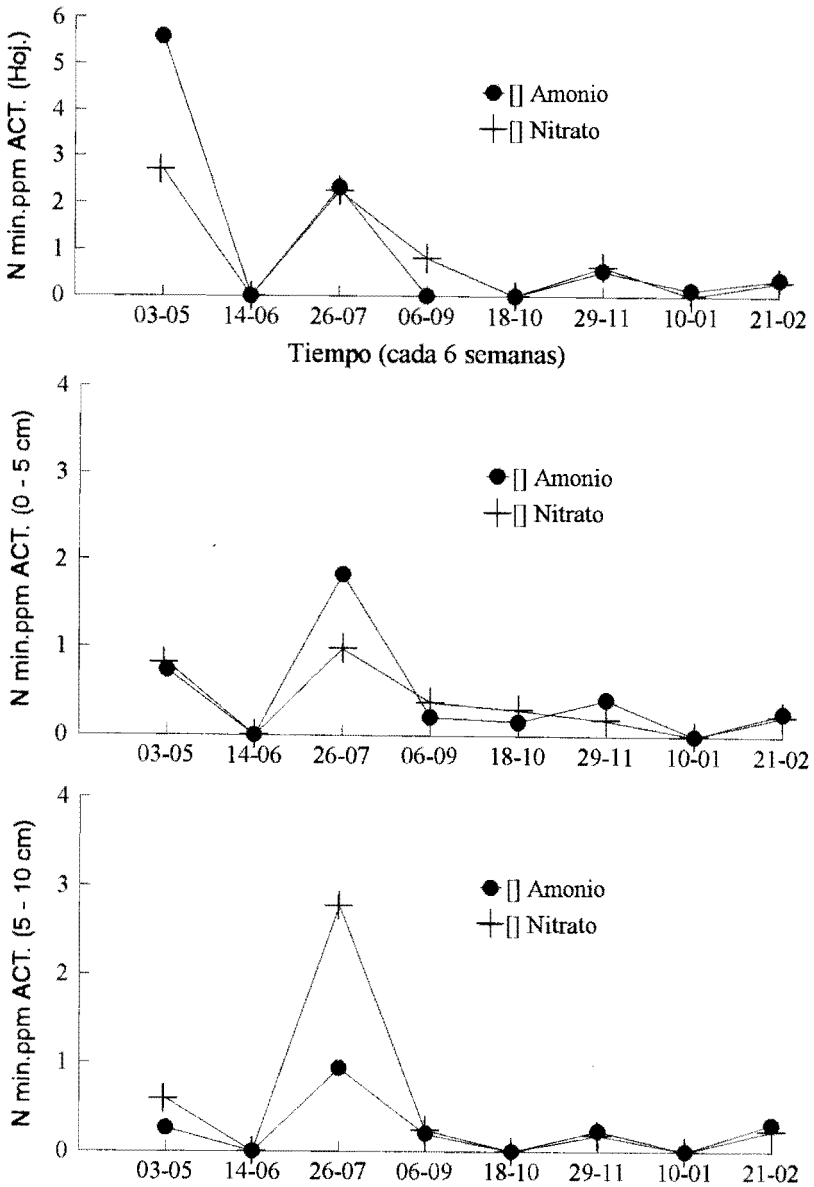


FIGURA 3. Contenido actual de Nitrógeno mineral de la hojarasca y el suelo (0-5 cm, 5-10 cm) en forma de iones Amonio y Nitrato en plantaciones de *Pinus caribaea*.

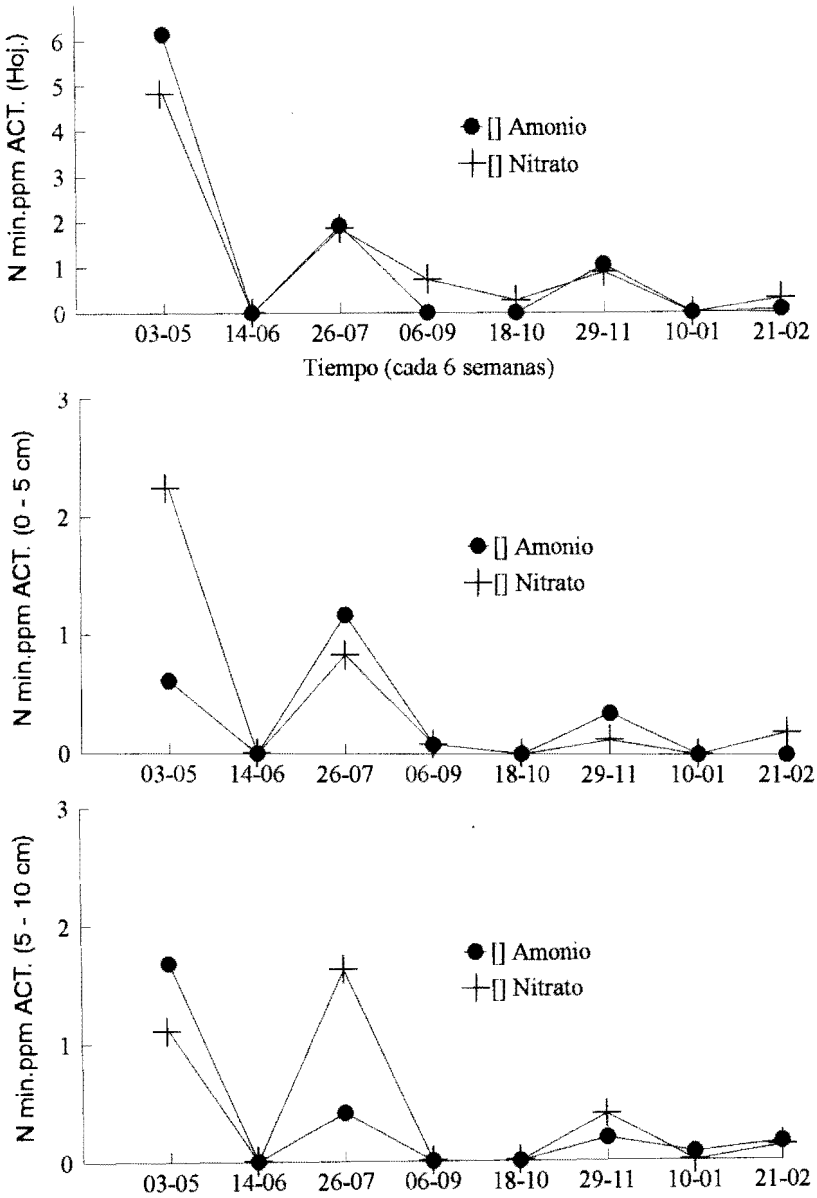


FIGURA 4. Contenido actual de Nitrógeno mineral de la hojarasca y el suelo (0-5 cm, 5-10 cm) en forma de iones Amonio y Nitrato en plantaciones de *Anacardium occidentale*.

inicio de la estación lluviosa (Fig. 2). A la profundidad de 5-10 cm presentó, para la misma fecha, un mayor contenido de Nitrógeno en forma de iones Nitrato, inversamente a lo observado para los niveles superficiales del suelo. Esta mayor concentración de Nitrato coincide con reportes previos (De Rham 1973), que consideran que la mayor acumulación de Nitrato se produce, generalmente, cuando el suelo está húmedo, pero no saturado de agua. Se ha sostenido (Greenland 1958, Oyenyi 1979) que la nitrificación se activa con el comienzo de la estación lluviosa.

El pH de la hojarasca y el suelo mineral (0-5 y 5-10 cm) en las dos áreas varió de 3.44 a 4.41; y están ubicados en el intervalo característico de un sistema buffer de Aluminio, extremadamente ácido (Ulrich 1981).

El análisis del suelo mineral, 0-20 cm de profundidad (Tabla 1) revelan que hay una alta concentración de Aluminio, la cual influye sobre la acidez del suelo. Se ha reportado que este metal es tóxico para el crecimiento radicular y sólo permite el establecimiento de plantas tolerantes (Hernández *et al.* 1982, García y Herrera 1978, Chacón y López 1978), lo cual indica que las especies investigadas pertenecen a esta categoría.

TABLA 1. Características físicas y químicas del suelo: Textura, Aluminio, Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) y Porcentaje de Saturación de Bases (SAT).

P cm	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textura	H + Al me/100g	CIC me/100g	% SAT Bases
0-20	73.6	14.6	11.8	aF	5.2	3.8	26.6
20-50	69.5	16.4	14.1	Fa	3.0	3.2	50.9
> 50	63.7	17.9	18.4	Fa	4.2	5.9	44.1

P = Profundidad, aF = Areno-Francoso, Fa = Franco-Arenoso

Los contenidos de agua más altos, expresados en porcentaje de peso seco, tanto en la hojarasca como a las diferentes profundidades del suelo mineral coinciden con los meses de máxima precipitación (Tabla 2).

TABLA 2. Variación del contenido de agua (%) y Nitrógeno incubado (ppm/sem) de la hojarasca y el suelo mineral (0-5 cm, 5-10 cm) correspondiente al período de la investigación.

FECHA	<i>Pinus caribaea</i>				<i>Anacardium occidentale</i>							
	H0.J.	% DE AGUA 0-5cm 5-10cm	Nmin ppm/sem INC (NH4 + NO3) H0.J. 0-5cm 5-10cm	H0.J.	% DE AGUA 0-5 cm 5-10cm	Nmin ppm/sem INC (NH4 + NO3) H0.J. 0-5 cm 5-10cm	H0.J.	% DE AGUA 0-5 cm 5-10cm	Nmin ppm/sem INC (NH4 + NO3) H0.J. 0-5 cm 5-10cm			
03-06-84												
14-06-84	26.74	10.73	10.42	-0.86	-0.02	0.17	66.58	11.14	12.06	-1.55	-0.33	-0.22
14-06-84												
26-07-84	24.56	5.38	5.69	0.99	0.28	0.32	35.20	7.20	7.29	0.44	0.15	0.31
26-07-84												
06-09-84	50.60	11.89	11.43	-0.86	-0.43	-0.63	29.42	13.30	13.44	-0.64	-0.37	-0.29
06-09-84												
18-10-84	167.62	12.23	11.11	-1.12	-0.29	-0.31	65.50	14.83	12.72	-0.57	-0.22	-0.16
18-10-84												
29-11-84	98.69	14,14	13.51	0.57	0.10	0.15	46.72	13.14	12.99	0.33	0.06	0.10
29-11-84												
10-01-85	134.50	20.63	18.85	-0.24	-0.12	-0.05	93.64	18.34	16.19	-0.40	-0.12	-0.10
10-01-85												
21-02-85	26.30	6.95	6.53	0.02	0.02	0.03	18.81	8.21	8.76	0.06	0.08	0.01
21-02-85												
11-04-85	22.93	7.47	7.64	-0.05	-0.04	-0.02	10.61	4.93	6.61	0.04	0.03	0.02
PROM.	68.90	11.13	10.60	0.19	0.05	0.08	45.80	11.30	11.25	0.10	0.04	0.05
pH	\bar{x} pH	3.94		Rango pH	3.70 - 4.41		\bar{x} pH	3.93		Rango pH	3.44 - 4.22	

Los contenidos de Nitrógeno mineralizado en la hojarasca y el suelo mineral para ambos cultivos fueron relativamente bajos y algunos valores prácticamente despreciables; con valores positivos y negativos (Fig. 5, Tabla 2). Los valores positivos de Nitrógeno mineralizado para la hojarasca y el suelo mineral se observaron con bajo o alto contenido de agua. Estos valores se obtuvieron en las incubaciones realizadas durante los lapsos del 14 de Junio al 26 de Julio de 1984 (Fig. 5, períodos 2-3) y del 18 de Octubre al 29 de Noviembre (Fig. 5, períodos 5-6), respectivamente.

Los valores bajos de Nitrógeno mineralizado se explican, parcialmente, por la acidez de los suelos analizados y coinciden con los previamente reportados (Sahrawat 1982). Se ha demostrado que suelos tropicales con pH ácidos no nitrifican bajo condiciones de incubación aeróbica; sin embargo, el proceso de nitrificación ocurre a una tasa alta en suelos que tienen un pH débilmente ácido o neutro (Ishaque y Cornfield 1976). Los valores negativos obtenidos para el suelo mineral y la hojarasca podrían indicar que los microorganismos del suelo han utilizado todo el Nitrógeno asimilable, ocasionando una inmovilización temporal del nutriente, en especial, cuando el Nitrógeno restante se asocia con los componentes de difícil descomposición de la capa orgánica; en este caso los nuevos aportes de hojarasca determinan la intensidad de la mineralización. Este criterio es compartido por Clausnitzer (1983).

Se graficó la intensidad de la mineralización del Nitrógeno (ppm/sem) en las dos áreas de muestreo, para el lapso de 14 de Junio al 26 de Julio (Fig. 6). Se observó que el aporte de Nitrógeno dado por el suelo mineral no difiere mucho en ambos cultivos; la hojarasca de *P. caribaea* de 4 cm de espesor presentó mayor aporte (0.99 ppm/sem) que la de *A. occidentale* (0.44 ppm/sem), de 3.5 cm de espesor; sin embargo, la cantidad de hojarasca producida por esta especie (11.55 ton P.S./ha) fue mayor que la de *P. caribaea* (6.99 ton P.S./ha) (Fig. 7). La relación C/N fue similar (10) en la hojarasca de ambas especies (Tabla 3).

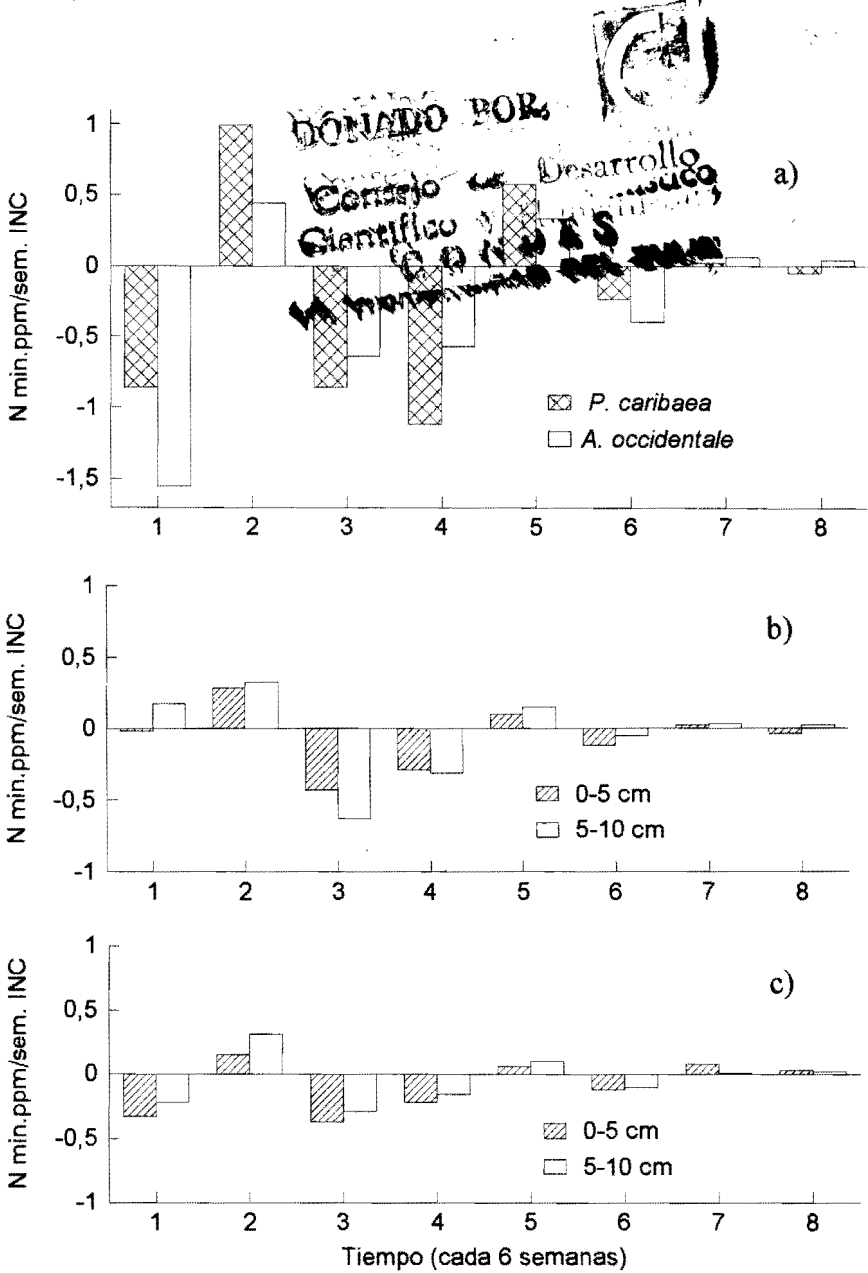


FIGURA 5. Mineralización neta del Nitrógeno en: a) Hojarasca de *Pinus caribaea* y *Anacardium occidentale*, b) Suelo de *Pinus caribaea*, y c) Suelo de *Anacardium occidentale*.

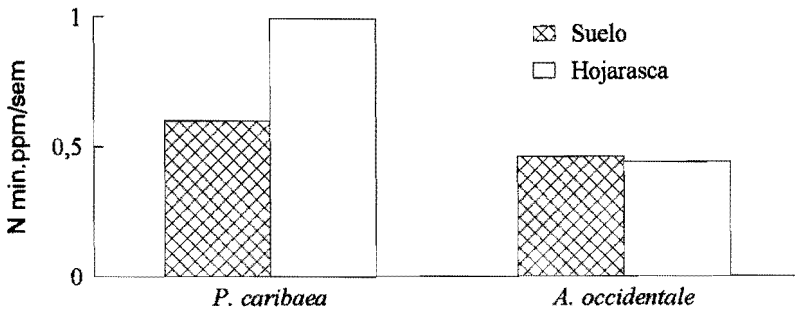


FIGURA 6. Intensidad de la mineralización del Nitrógeno en la hojarasca y el suelo mineral (0-10 cm) en el lapso 14 Junio-26 Julio de 1984.

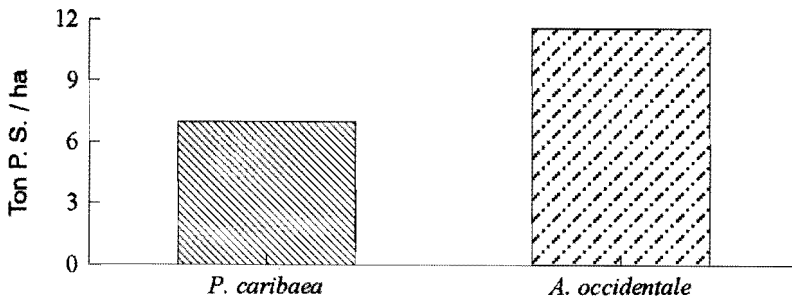


FIGURA 7. Peso y espesor de la hojarasca: *Pinus caribaea* (4 cm de espesor), *Anacardium occidentale* (3.5 cm de espesor).

TABLA 3. Contenido total de Nitrógeno, Carbono y relación C/N de la hojarasca y el suelo mineral (0-5, 5-10).

Vegetación	Profundidad cm	% N	% C	Relación C/N
		Total	Total	
<i>P. caribaea</i>	Hojarasca	4.48	46.24	10
	0-5	0.11	1.02	9
	5-10	0.05	0.80	16
<i>A. occidentale</i>	Hojarasca	4.10	41.52	10
	0-5	0.07	1.13	16
	5-10	0.07	1.07	14

Los valores promedio para los 10 cm de suelo superficial (Fig. 8), en el área de *P. caribaea* (0.14 kg N/ha/sem) y de *A. occidentale* (0.10 kg M/ha/sem) indican un ligero aporte de Nitrógeno, mientras que para la hojarasca de ambas áreas dicho aporte es nulo.

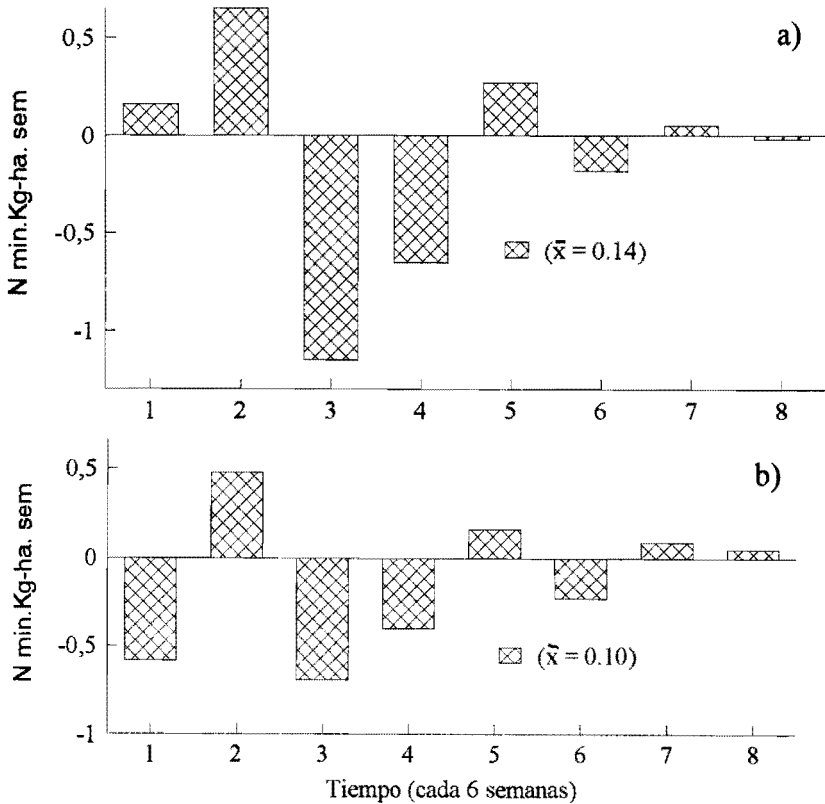


FIGURA 8. Aporte de Nitrógeno en el suelo mineral (10 cm): a) *Pinus caribaea*, b) *Anacardium occidentale*.

Los suelos investigados (Tablas 1-3) en sus capas superficiales son franco-arenosos; poseen una baja capacidad de retención de agua y se desecan rápidamente al comienzo de la temporada de sequía; baja capacidad de intercambio catiónico (3.8 me/10g), alta concentración de Aluminio intercambiable (5.2 me/100g), bajo porcentaje de saturación de base (26.6 %) y un bajo contenido de

Nitrógeno total y Carbono total; las características fisicoquímicas mencionadas podrían explicar la baja fertilidad y escasa mineralización de estos suelos. La comparación de varios suelos tropicales (Cornforth 1971) con diferentes características fisicoquímicas, mostró que el menor porcentaje de Nitrógeno mineralizado (1.57 %) correspondía a suelos con un pH menor de 5.5 y una CIC menor de 10 me/100 g.

Se ha descrito la simbiosis micorrizal como un medio importante que utilizan las coníferas para capturar los nutrientes; este mecanismo es responsable de la supervivencia de las especies en suelos de baja fertilidad (Jackson y Raw 1974, Flores *et al.* 1985). En las áreas de estudio se observó la presencia de micorrizas formadas a expensas de hongos Basidiomycetes de los géneros *Lactarius* y *Amanita*.

La composición química de la hojarasca puede influir sobre la mineralización del Nitrógeno. En el caso de *P. caribaea* la hojarasca está constituida exclusivamente por acículas de color marrón, las cuales poseen lignina en su estructura. La hojarasca de *A. occidentale*, en cambio, está conformada por hojas, pecíolos, restos de flores y frutos que contienen sustancias tánicas derivadas del fenol.

Se ha reportado (Staaf y Berg 1982) que la liberación de nutrientes provenientes de la hojarasca depende de la descomposición de las sustancias orgánicas (vehículo de transporte) y es proporcional a la pérdida de su peso. En la hojarasca del *P. sylvestris* L., de acículas verdes, la liberación depende de la velocidad de descomposición de su lignina y es inicialmente mayor que la de la acículas marrones (Berg *et al.* 1982). Estas observaciones sugieren que la hojarasca de *P. caribaea* tiene un alto contenido de lignina y una lenta velocidad de descomposición. Según Lamb (1974) la formación del complejo polifenol, en la hojarasca de *P. radiata* D. Don., protege a la misma contra la desecación, putrefacción y destrucción por parte de los microorganismos. La posible existencia de este complejo, en las hojarascas investigadas, retarda su

descomposición e impide la disponibilidad de los nutrientes a los microorganismos heterotróficos.

En conclusión, la baja mineralización del Nitrógeno obtenida al analizar la hojarasca y el suelo de los cultivos de *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* y *A. occidentale* L., podría explicarse por la conjugación de diversos factores: Las características fisicoquímicas de los suelos estudiados, la presencia de micorrizas y la composición química de la hojarasca.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Ingrid Clausnitzer por su asesoramiento durante la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Allison, L. E. 1965. Determination of organic carbon in methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. *Agronomy* 9: 1367-1378.
- Araque, R. 1968. El merey. Serie de cultivos. MAC-IAN-BAP-CBR 15: 1-20. Editado por el Consejo de Bienestar Rural.
- Barreto, P. 1983. Proyecto de reforestación "Sabana de Raya". Dtto. Baralt. Estado Zulia. Serie Informes Técnicos, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Maracaibo, 39 pp.
- Berg, B. y H. Staaf. 1981. Leaching, accumulation and release of Nitrogen in decomposing forest litter. *Ecol. Bull.* 33: 163-178. Stockholm.
- Berg, B., B. Wessen y G. Ekbohm. 1982. Nitrogen level and decomposition in Scots Pine needle litter. *Oikos* 38: 291-296. Copenhagen.

- Berg, B. y O. Theander. 1984. Dynamics of some Nitrogen fractions in decomposing Scots Pine needle litter. *Pedobiología* 27: 261-267.
- Birch, H. F. 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and Nitrogen availability. *Plant and Soil* 10(1): 9-31.
- Birch, H. F. 1960. Nitrification in Soils after different period of dryness. *Plant and Soil* 12: 81-96.
- Black, C. A. 1965. *Methods of Soil Analysis. Part. I.* American Society Agronomy. INC. Publisher, Madison, 444 pp.
- Chacón, P. y D. Hernández López. 1978. Efecto del Aluminio y el Manganese sobre la productividad e incorporación del Fósforo en *Vigna unguiculata* L. Variedad Tuy I. Ensayo con soluciones nutritivas. *Acta Científica Venezolana* 29: 461-466.
- Choudhury, M. S. y A. H. Cornfield. 1978. Effect of soil moisture content on Nitrogen mineralization during incubation of slightly alkaline gangetic alluvial soil and an acid red soil from Bangladesh. *Tropical Agriculture* 55(1): 77-80.
- Clamens, C. 1983. Influencia de la vegetación en la mineralización del Nitrógeno. Trabajo de Ascenso, Facultad de Humanidades y Educación, Univ. del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 43 pp.
- Clausnitzer, I. 1982 -1983. Variaciones anuales de la mineralización del Nitrógeno en suelos de Maracaibo, Venezuela. *Bol. Centro Investigaciones Biológicas* 15: 67-89. Univ. del Zulia, Maracaibo.
- Clausnitzer, I. 1983. Stickstoff Mineralisation in Verschiedenen Entwicklungsphasen von Buchenwäldern und Fichtenforsten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Festschrift Ellemberg). Band 11: 57-66.*

- COPLANARH. 1975. Atlas Inventario Nacional de Tierras. Región Lago de Maracaibo, MAC, Centro Nacional Investigaciones Agropecuarias.
- Cornforth, I. S. 1971. Nitrogen mineralization in west Indian soils. *Expl. Agric.* 7: 345-349.
- De Rham, P. 1973. Recherches sur la mineralisation 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.
- Dickinson, N. M. 1983. Decomposition of grass litter in a successional grassland. *Pedobiologia* 25: 117- 126.
- Ellenberg, H. 1964. Stickstoff als Standortsfaktor. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 77(3): 82-92.
- Flores, D., A. Estevez, N. Carrion, S. Gómez, E. Arispe, M. B. Bareto, A. Bonilla, M. Lampert, M. González y E. Montiel. 1985. Algunos elementos e inferencias acerca del ciclo biogeoquímico de nutrientes en la plantación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en las Sabanas de Uverito. Estado Monagas, Venezuela. *Avance Forestal* 25: 29-38. Soc. Venezolana Ciencias Forestales, Caracas - Mérida.
- Gallardo, J. 1990. El humus. *Investigación y Ciencia. Scientific American* 46: 8-16.
- García Miragaya, J. y R. Herrera. 1978. Mineralogía, Aluminio cambiante y cargas eléctricas en dos ultisoles de ecosistema sabana del nor-oriente venezolano. *Acta Científica Venezolana* 29: 20-24.
- Gerlach, A. 1973. Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnetto - Mineralisation. *Scripta Geobotanica.* (5 ed.), E. Goltze Kg. Goettingen, 115 pp.

- Greenland, D. J. 1958. Nitrate fluctuations in tropical soils. *J. Agric. Science* 50(1): 82-91.
- Hardy, F. 1970. *Edafología tropical*. Editorial Herrero Hermanos, México, 416 pp.
- Hernández, J., J. García y J. J. San José. 1982. Respuesta del pastizal de las sabanas de *Trachypogon* a la aplicación de diferentes combinaciones de macro-nutrientes. *Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat.* 140: 11-31.
- Ishaque, M. y A. H. Cornfield. 1976. Evidence for heterotrophic nitrification in an acid Bangladesh soil lacking autotrophic nitrifying organisms. *Tropical Agriculture* 53(2): 157-160.
- Jackson, R. y F. Raw. 1974. *La vida en el suelo*. Cuadernos de Biología. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, España, 70 pp.
- Lamb, D. 1974. Patterns of nitrogen mineralization in the forest floor of stand of *Pinus radiata* on different soils. *Ecology* 63: 615-626.
- Lucena, E. 1985. Los pinos. *Avance Forestal* 25: 1-38. Soc. Venezolana Cienc. Forestales, Caracas - Mérida.
- Mahendrappa, M. K., R. L. Smith y A. T. Christianson. 1966. Nitrifying organism affected by climatic region in western United States. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 60-62.
- Myers, R. J. K. 1975. Temperature effects on ammonification and nitrification in a Tropical soil. *Soil Biology and Biochemistry* 7: 79-82.
- Oyeniya, S. O. 1979. Un nuevo método para rastrear el movimiento de Nitrato en el suelo. *Turrialba* 29(1): 81-83.

- Runge, M. 1970. Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralstickstoffnachlieferung am Standort. *Flora. Parte B* 159: 233-257.
- Sahrawat, K. L. 1982. Nitrification in some tropical soils. *Plant and Soil* 65: 281-286.
- Scheffer, F y P. Schachtschabel. 1976. *Lehrbuch der Bodenkunde (9 de.)*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 394 pp.
- Sharpf, H. C. 1977. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Masstab fürden Stickstoffdügerbedarf. *Diss. Hannover*, 172 pp.
- StAAF, H y B. Berg. 1982. Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scots Pine needle litter. Long-term decomposition in a Scots Pine Forest II. *Can. J. Bot.* 60: 1561-1568.
- Stanford, G., M. Frere y R. Vander Pol. 1975. Effects of fluctuating temperatures on soil Nitrogen mineralization. *Soil Science* 119(3): 22-226.
- Ulrich, B. 1981. Ökologische Gruppierung von Böden nach Ihrem chemischen Bodenzustand. *Plant Nutr. Soil Sci.* 144(3): 289-305.
- USDA. 1975. *Soil Taxonomy*. Soil Conservation Service. Washington D. C.
- Vitousek, P. M. y J. M. Melillo. 1979. Nitrate losses from disturbed forests: Patterns and Mechanisms. *Forest Sci.* 25(4): 605-619.
- Walter, H. 1964. *Vegetation der Erde*. Gustav Fischer Verlag, Vol. 1, JENA, 592 pp.