

# Influencia de los residuos vegetales en el nitrógeno de algunos suelos de cacao en Costa Rica<sup>\*1</sup>

H. H. MARTINEZ B.\*\* , M. BLASCO L.\*\*\*

## ABSTRACT

*The cacao soils used in this study, alluvials with volcanic influence, were located in the fields of the IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. This area, which lies between 580 to 990 m above sea level, belongs to a very humid subtropical forest. The mean average annual rainfall and temperature are 2,682.5 mm and 22.7°C, respectively.*

*The results of this investigation show that the total-N was present mostly as organic-N (97.5 per cent of total —N). Between 25 and 28 per cent of the total-N was in bound amino-acids and 1.2-4.2 per cent was in combined aminosugars. Total inorganic  $\text{NH}_4^+$ —N was very low and within this fraction exchangeable  $\text{NH}_4^+$ —N only represented 1.3-2.5 per cent of total-N. Application of increasing amounts of cacao vegetative residues to the soils stimulated  $\text{CO}_2$  release and consistently depressed nitrification during incubation due to the immobilization of mineral nitrogen. Within the six-month period studied (April-October) greatest N-accumulation in the cacao tissues occurred in the June-August period while the minimum was detected in August-October. When the N content in the cacao tissues was less than 1.8 per cent the total-N concentration in soils tended to decrease. — The authors.*

## Introducción

EL N-total de los suelos es muy variable encontrándose valores que, por ejemplo en América Central (11), oscilan entre 0,05 y 2,7 por ciento. Se considera que en su mayor parte el N de los suelos tiene origen orgánico aunque una fracción, a veces bastante considerable, se deriva de materiales inorgánicos, habiéndose encontrado que la concentración del N-inorgánico tiende a disminuir a medida que aumenta la influencia de los materiales volcánicos en los

suelos (14). Los aminoácidos constituyen los compuestos orgánicos nitrogenados dominantes, mientras que el  $\text{N-NH}_4^+$  nativo fijo es la forma generalmente más importante del N-inorgánico (8, 16).

Los residuos vegetales que llegan al suelo influyen directamente en la relación C/N y por tanto en los procesos microbiológicos de transformación del nitrógeno. Algunos investigadores (2, 17) señalan que cuando los residuos orgánicos incorporados al suelo tienen menos de 1,5 por ciento de N, o lo que es igual una relación C/N aproximadamente de 25 o mayor, se produce una inmovilización del N, mientras que si el N de esos residuos supera el 1,5 por ciento la mineralización es la reacción dominante. Por otra parte, la descomposición de los materiales orgánicos produce  $\text{CO}_2$  que puede utilizarse como medida de la actividad metabólica de un suelo, esperándose una transformación más rápida cuanto más frescos sean los residuos vegetales que se incorporan al suelo (3).

\* Recibido para publicación el 26 de abril de 1972.

<sup>1</sup> Parte del trabajo de tesis para el grado de Magister Scientiae del primer autor en la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA-CTEI), Turrialba, Costa Rica.

\*\* Estudiante graduado, actualmente en la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana.

\*\*\* Químico de Suelos, Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.

*Materiales y métodos*

Los suelos utilizados en el trabajo están localizados en el IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. La zona pertenece al bosque subtropical muy húmedo, con temperatura, pluviosidad y humedad relativa promedias anuales de 22,3°C, 2.682 mm y 87,7 por ciento, respectivamente. Los suelos, agrupados en tres series previamente descritas por Aguirre (1), son de origen fluvio-lacustre con una notable influencia de materiales volcánicos, perteneciendo al subgrupo de los distropeptos típicos. Algunas de sus características se presentan en el Cuadro 1. El cacao sembrado en estos suelos pertenece a los cultivares 'UF-613', distancia de siembra 2,5 x 2,0 m (serie Reventazón); 'IAL-42' e 'IAL-44', distancia de siembra 2,5 x 2,0 (serie La Margot); 'UF-296' x 'CC-9' y 'UF-677' x 'CC-9', distancia de siembra 3,0 x 3,0 (serie Instituto). Los árboles de sombra son leguminosas del género *Erythrina* ("poró").

El fraccionamiento del nitrógeno se llevó a cabo así: a) N-total: técnica micro Kjeldahl; b) N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> inorgánico total: Extracción con HF:n:HCl-n y destilación con borato amortiguado; c) N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> intercambiable: Extracción con Cl<sub>2</sub>Ca-n y destilación con borato amortiguado; d) N-orgánico: Por diferencia entre a) y b); e) N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nativo fijo: Por diferencia entre b) y c); f) N-hidrolizado: Mediante reflujo constante del suelo en HCl-6n por 12 horas, determinándose en sus alícuotas el N-total (destilación NaOH), N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (destilación MgO), aminoácidos (destilación fosfato-borato, ninhidrina) y hexosaminas (destilación conjunta con N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y aminoácidos); g) N-NH<sub>3</sub>: Extracción con ClNa-n y destilación con MgO; h) N-NO<sub>3</sub>: Extracción con ClNa-n y destilación con MgO en presencia de Ti<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (5, 7, 8). El carbono se determinó por el método de Walkley-Black.

Para las incubaciones se tomaron muestras compuestas de suelo y 0, - 0,1 - 0,3 - 0,7 - 1,0 por ciento de residuos vegetales molidos (hojas de cacao y su sombrero), para formar 10g que se colocaron en tubos de ensayos, ajustando la humedad a 0,33 bares. Los tubos se taparon herméticamente y se incubaron por 5 y 10 semanas a una temperatura de 30°C. El suministro de aire y la recolección de CO<sub>2</sub> se obtuvo utilizando BaO<sub>2</sub>, según la técnica descrita por Cornfield (10). Los resultados de las mineralizaciones de N y C se expresan en relación a la humedad indicada. La recolección de los residuos vegetales en el campo se realizó, cada 15 días, en costales abiertos de 1,50 m<sup>2</sup> distribuidos al azar entre las plantaciones de cacao.

Cuadro 1.—Algunas características de los suelos estudiados, primer horizonte (1).

	La Margot f. normal	Instituto f. normal	Reventazón
Textura	F. Arc.	F.	F.
Dens. aparente	1,10	1,01	0,76
CIC me/100 g	41,0	54,8	61,7
S. Bases %	18,7	7,6	21,6
pH-H <sub>2</sub> O	5,3	5,0	5,4

*Resultados y discusión**Fraccionamiento del N*

El alto porcentaje de N-orgánico en los suelos estudiados (Cuadro 2) se atribuye a la continua adición de residuos vegetales por parte de los árboles de cacao y su sombrero, y a la influencia de los materiales volcánicos. Es un hecho comprobado (4, 14) que los suelos influidos por cenizas volcánicas tienen concentraciones elevadas de N-orgánico debido al acomplejamiento de los compuestos orgánicos con la alófana. Esto hace que la fracción inorgánica nitrogenada sea bastante pequeña, lo cual implica que la concentración de N-intercambiable de los suelos sea baja en comparación con el contenido de N-total. El porcentaje de aminoácidos de los suelos bajo cultivo de cacao, si bien entra en el rango (20-40 por ciento del N-total) comúnmente aceptado (7, 15), es inferior al reportado por Suárez (16) para suelos similares del IICA-CTEI bajo cultivo de café, pradera y bosque. Tentativamente podría tomarse como un indicativo de que los residuos de cacao son relativamente pobres en contenido de N-proteínico. Así mismo son bajos los porcentajes de hexosaminas, que casi en su totalidad son compuestos de origen microbioal (7). Probablemente la gran actividad metabólica encontrada en estos suelos (12), al demandar un elevado consumo energético, no permite la acumulación de compuestos lipo-hexosaminas en los microorganismos.

*Efecto de la adición de residuos del cacao en la mineralización del N*

La adición de dosis crecientes de residuos vegetales del cacao y su sombrero a los suelos, cuyos contenidos iniciales de carbono fueron 2,7, 3,0 y 6,4 por ciento

Cuadro 2.—Concentración y formas de N en los suelos estudiados.

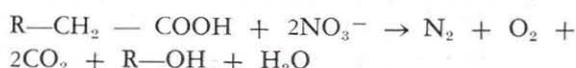
Formas	La Margot		Instituto		Reventazón	
	ppm	% del N-total	ppm	% del N-total	ppm	% del N-total
N-total	3563	100	4317	100	6848	100
N-orgánico	3465,4	97,3	4213,9	97,6	6684,1	97,6
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> inorgánico	97,6	2,7	103,1	2,4	163,9	2,4
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nat-fijo	23,9	0,6	38,6	0,8	75,0	1,1
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> intercamb.	73,7	2,5	64,5	1,5	88,9	1,3
N-NH <sub>3</sub>	26,9	0,7	21,5	0,5	27,8	0,4
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	41,4	1,1	17,0	0,4	35,0	0,5
<i>N-hidrolizado</i>						
N-total	3137,5	88,0	3353,8	77,7	5597,5	81,7
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	996,2	27,9	1029,3	23,8	1574,3	22,9
N-aminoácido	1000,1	28,1	1088,4	25,1	1754,6	25,6
Hexosaminas	44,1	1,2	184,1	4,2	176,8	2,5

para las series La Margot, Instituto y Reventazón respectivamente, tendió a aumentar la actividad microbial del suelo y disminuyó progresivamente la nitrificación (Figuras 1 y 2), lo cual constituye una reacción típica de inmovilización. Cuando se añade materia orgánica al suelo se coloca a disposición de los microorganismos una mayor cantidad de energía, estimulando el crecimiento de la población que requiere más O<sub>2</sub> para su respiración y más nutrientes para la multiplicación celular. Es decir, existe un mayor metabolismo y, por tanto, una mayor producción de CO<sub>2</sub>.

Pero a la vez, la adición de materiales orgánicos también provoca una ampliación de la relación C/N que es causa (6, 13) de la inmovilización del N como respuesta a las necesidades de mayor cantidad de nutrientes por parte de la nueva población zimógena originada por la disponibilidad de los substratos carbonáceos añadidos al suelo. En todo caso es conveniente anotar que los microorganismos de los suelos de cacao estudiados están adaptados a recibir en su habitat residuos vegetales del orden de las 5,2; 8,6 y 8,8 ton/ha/año, respectivamente, en las series La Margot, Instituto y Reventazón. La adaptación explicaría por qué niveles adicionales hasta de 0,1 por ciento no afectan grandemente la nitrificación.

Parte de las pérdidas de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pueden atribuirse precisamente a la mayor demanda de O<sub>2</sub>. Un exceso

de población crea condiciones anaeróbicas necesitando los microbios obtener el O<sub>2</sub> extra reduciendo compuestos oxidados, en este caso los nitratos, produciéndose una reducción desasimilativa del N en una reacción metafermentativa del tipo:



actuando los compuestos orgánicos adicionados como donadores de electrones y el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> como aceptador. La disminución de los niveles de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> también puede deberse al exceso de carbohidratos provenientes de los residuos orgánicos adicionados. Al respecto Clifton (9) señala que los carbohidratos inhiben la acción de la proteínasa. Por tanto, si la transformación del N-proteínico se restringe, los procesos de amonificación y nitrificación serán más deficientes.

#### *Efecto de los residuos vegetales en el N y la relación C/N de los suelos*

Los resultados obtenidos demuestran que el contenido de N en los residuos de cacao y su sombrío es fluctuante con el tiempo afectando la concentración del N-total de los suelos (Figura 3). Dentro del período de 6 meses estudiado la mayor acumulación de N en

los tejidos vegetales corresponde al período junio-agosto, mientras que el mínimo cae en la época mediados de agosto-octubre (Figura 4). En cambio se encontró que el contenido de C es más constante a través de todo el período con un valor generalizado de 37,5 por ciento.

Por tanto, considerando el porcentaje de C como aproximadamente constante, cuando el contenido de N en los residuos vegetales es inferior a 1,8 por ciento (Figura 3), el suelo recibe proporcionalmente menos

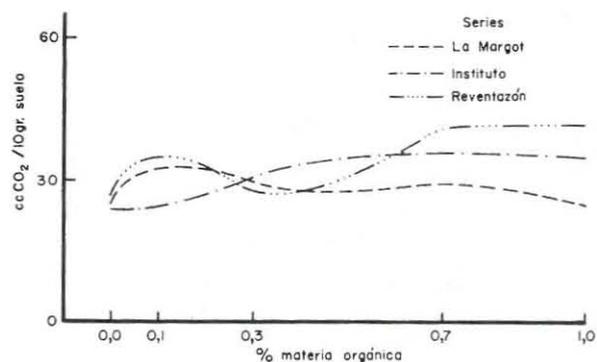
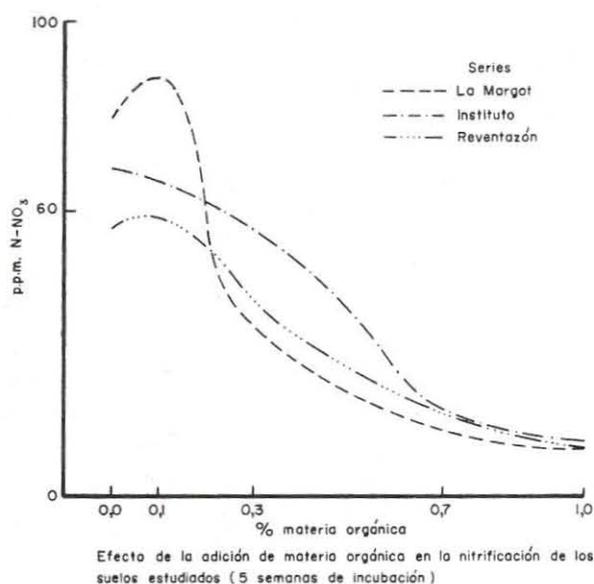
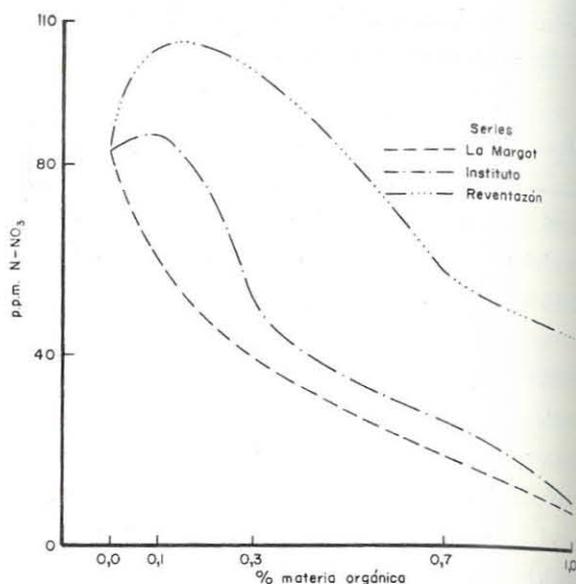


Fig. 1.—A) Efecto de la adición de materia orgánica en la nitrificación de los suelos estudiados (5 semanas de incubación).

B) Efecto de la adición de materia orgánica en la actividad de los microorganismos (5 semanas de incubación).



Efecto de la adición de materia orgánica en la nitrificación de los suelos estudiados (10 semanas de incubación)

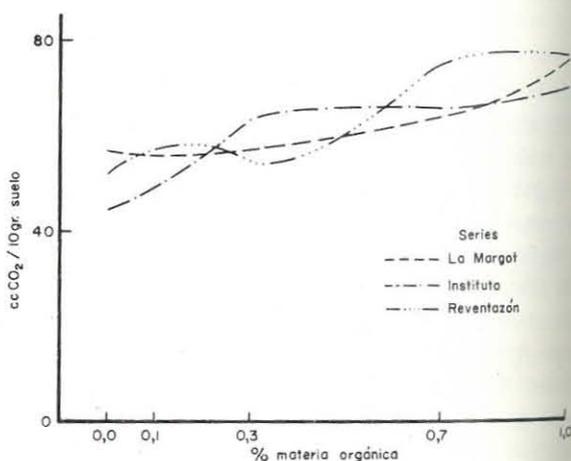


Fig. 2.—A) Efecto de la adición de materia orgánica en la nitrificación de los suelos estudiados (10 semanas de incubación).

B) Efecto de la adición de materia orgánica en la actividad de los microorganismos (10 semanas de incubación).

N que C, ampliándose como consecuencia la relación C/N que favorece las reacciones de inmovilización del N.

De acuerdo con los datos obtenidos, la relación C/N se amplía en los períodos mediados de agosto-octubre y, según la tendencia de las curvas (Figura 4), en marzo-abril, coincidiendo con las épocas relativamente más secas de la zona de Turrialba. Independientemente del contenido de N-total del suelo en estos

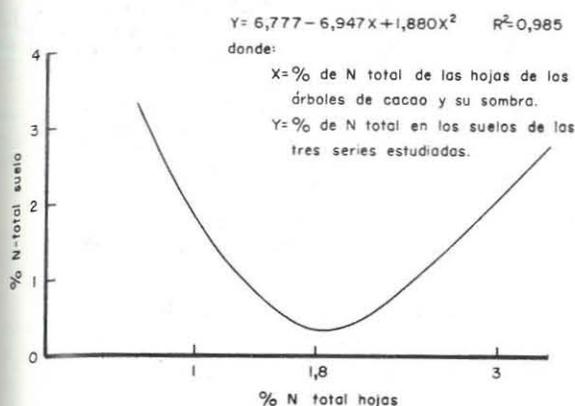


Fig. 3.—Concentración de N-total en los residuos y su relación con el N total del suelo.

dos períodos va a predominar la inmovilización, cuyos efectos pueden corregirse aumentando el N disponible mediante la aplicación de sales nitrogenadas: Es decir, en la práctica la mayor necesidad de los fertilizantes de N, dentro de las condiciones estudiadas, se presenta en las épocas más secas.

Cuando el porcentaje de N en los residuos supera el 1,8 por ciento los suelos están acumulando proporcionalmente más N que C, por lo cual la relación C/N se estrecha ocasionando el predominio de la mineralización del N. Esto coincide en las épocas lluviosas, no requiriéndose fertilización ya que las transformaciones microbiales proporcionan suficiente N disponible (datos no publicados). El valor 1,8 por ciento de N es similar al reportado por van Schreven (17) como punto determinante de las reacciones de inmovilización-mineralización de los suelos.

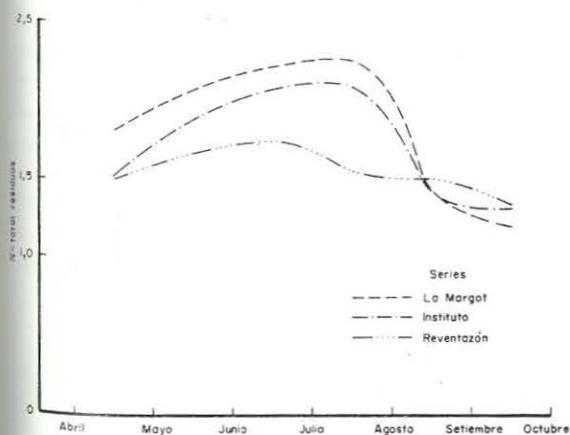


Fig. 4.—Concentración de N-total de los residuos determinados cada mes.

### Resumen

Los suelos bajo cultivo de cacao utilizados en el estudio, aluviales con influencia volcánica, fueron localizados en los predios del IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica. Esta área situada entre 580 y 990 m snm pertenece al bosque subtropical muy húmedo. Los promedios anuales de lluvia y temperatura son 2682,5 y 22,7°C, respectivamente.

Los resultados de la investigación demostraron que el N-orgánico formaba la mayor parte (97,5 por ciento) del N-total. Los amino-ácidos representaron entre 25 y 28 por ciento, y los amino-azúcares de 1,2 a 4,2 por ciento, del N-total. El contenido total de N—NH<sub>4</sub><sup>+</sup> inorgánico es muy bajo, y dentro de esta fracción, el N—NH<sub>4</sub><sup>+</sup> intercambiable sólo constituyó el 1,3-2,5 por ciento del N-total. La aplicación de niveles crecientes de residuos vegetales del cacaotal a los suelos estimuló la producción de CO<sub>2</sub>, a la vez que disminuyó consistentemente la tasa de nitrificación debido a la movilización del N-mineral. Durante el período de 6 meses (abril-octubre) que comprendió el estudio, la máxima acumulación de N en los tejidos del cacao ocurrió en el período junio-agosto mientras que la concentración mínima correspondió a la época agosto-octubre. La concentración de N-total en los suelos tendió a disminuir cuando el contenido de N de los residuos vegetales del cacao fue menor de 1,8 por ciento.

### Literatura citada

- AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 139 p.
- BIRCH, H. P. Nitrification in soils after different periods of dryness. *Plant and Soil* 12:81-96. 1960.
- BLASCO, M. Efecto de la humedad sobre la mineralización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica. *Turrialba* 21:7-12. 1971.
- , *et al.* Formas de nitrógeno en los suelos volcánicos de Sibundoy, vertiente andina del Amazonas colombiano. *Anales de Edafología y Agrobiología* 30:261-269. 1971.
- y CORNFIELD, A. H. Comparación de diferentes extractantes para determinar el amonio intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica (Colombia)* 17:1-12. 1967.

6. BLASCO, L. y CORNFIELD, A. H. Efectos de la adición de celulosa sobre la mineralización y nitrificación del nitrógeno en los suelos del Valle del Cauca. *Agricultura Tropical (Colombia)* 24:113-116. 1968.
7. BREMNER, J. M. Organic forms of nitrogen. In Black C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 1238-1255.
8. ————. Inorganic forms of nitrogen. In Black, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 1179-1237.
9. CLIFTON, C. E. *Introduction to bacterial physiology*. London, McGraw. 1957. 414 p.
10. CORNFIELD, A. H. A simple technique for determining mineralization of carbon during incubation of soils treated with organic materials. *Plant and Soil* 14:90-93. 1961.
11. DIAZ-ROMEU, R. *et al.* Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de América Central. *Turrialba* 20:185-192. 1970.
12. GRANADOS, M. Mineralización del azufre en suelos bajo cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 82 p.
13. LOSSAINT, P. Etude in vitro de l'influence des litières forestières sur la mineralization de l'azote organique dans un mull acide. *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences, Paris* 253:2245-2247. 1961.
14. MOLINA, C. E. y BLASCO, M. El nitrógeno en los suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Colombia. *Turrialba*. 20:288-292. 1970.
15. STEVENSON, F. J. Isolation and identification of some amino compounds in soils. *Soil Science Society of American Proceedings* 20:201-204. 1956.
16. SUAREZ, J. G. Estudio de las fracciones y volatilización del nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 81 p.
17. VAN SCHREVEN, D. A. A comparison between the effect of fresh and dried organic materials added to soil on carbon and nitrogen mineralization. *Plant and Soil* 20:149-165. 1964.