

# MINERALIZACIÓN DE DOS ESPECIES PROMISORIAS DE ABONOS VERDES EN SUELO FERRALÍTICO ROJO (FERRALSOL) MEDIANTE EL MÉTODO DE INCUBACIÓN AERÓBICA

Gloria M. Martín y R. Rivera

**ABSTRACT.** An experiment was performed to determine the amount of nitrogen released or immobilized during the decomposition of leaves, stems and the complete air system of two species of green manures: *Canavalia ensiformis* and *Crotalaria juncea* as well as to determine the influence of the C:N ratio of these plant residues on this process in a Red Ferralitic soil, by means of the aerobic incubation method. Treatments consisted of doses of 5 t dry weight.ha<sup>-1</sup> of the organs or the complete air system of the two species and two check treatments: the control (soil) and a treatment receiving 75 ppm urea N. The experiment was developed under constant temperature and moisture (30°C and 65 % field capacity). The leaves always released N to the soil in equivalent amounts to 40.8 and 34.7 % of the applied N; the stems, with a higher C:N ratio always immobilized soil mineral N, presenting a maximum immobilization near to 60 days, reaching up to 12.4 ppm with crotalaria. Furthermore, such immobilization started to decrease in both species, tending to disappear in time, although it still continued in small extension after 120 days. When the complete air system release was detected 120 days after incubation, in percentages of 12.5 and 18.0 of the N applied to both species respectively. The mineralization of several residues was inversely related to C:N ratio, recording a critical index of 37.6 above which decomposition needs soil mineral N immobilization and below it, decomposition increases mineral N. Nitrification happened quickly independently of the nitrogen source used.

**Key words:** *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, carbon, aerobic incubation, mineralization, nitrogen, green manures

## INTRODUCCIÓN

A partir de 1991 y debido a las dificultades económicas que la desaparición del campo socialista acarreó, los productores se han visto en la necesidad de buscar otras alternativas nutricionales para los cultivos y que al

**RESUMEN.** Se ejecutó un experimento para determinar la cantidad de nitrógeno que se libera o inmoviliza durante la descomposición de las hojas, los tallos y del sistema aéreo completo de dos especies de abonos verdes: *Canavalia ensiformis* y *Crotalaria juncea*, así como determinar la influencia de la relación C:N de estos residuos vegetales sobre dicho proceso en un suelo Ferralítico Rojo, mediante el método de incubación aeróbica. Los tratamientos estudiados consistieron en dosis de 5 t masa seca.ha<sup>-1</sup> de los órganos o el sistema aéreo completo de las dos especies y dos testigos: el control (suelo) y un tratamiento que recibió 75 ppm N-urea. El experimento se desarrolló a temperatura y humedad constantes (30°C y 65 % de la capacidad de campo). Las hojas siempre liberaron N al suelo en cantidades equivalentes a 40.8 y 34.7 % del N aplicado; los tallos, con relación C:N más alta siempre inmovilizaron el N mineral del suelo, presentando un máximo de inmovilización cercano a los 60 días, que alcanzó hasta 12.4 ppm con la crotalaria. Posteriormente, la inmovilización fue disminuyendo en ambas especies, con una tendencia a desaparecer en el tiempo, aunque al cabo de los 120 días aún continuaba en pequeña extensión. Cuando se utilizó el sistema aéreo completo, se detectó liberación a los 120 días de incubación, en porcentajes de 12.5 y 18.0 del N aplicado para ambas especies respectivamente. La mineralización de los diferentes residuos estuvo inversamente relacionada con la relación C:N, encontrándose un índice crítico de 37.6 por encima del cual la descomposición necesita de la inmovilización del N mineral del suelo y por debajo de este, la descomposición conlleva al incremento del N mineral. La nitrificación ocurrió rápidamente con independencia de la fuente de nitrógeno empleada.

**Palabras clave:** *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, carbono, incubación aeróbica, mineralización, nitrógeno, abonos verdes

mismo tiempo ayuden a contrarrestar los serios problemas de degradación presentes en los suelos de Cuba (1).

Los abonos verdes son un componente importante de los sistemas agrícolas sostenibles y su uso tiende a enriquecer al suelo de nutrientes, además de mejorar sus propiedades físicas y biológicas (2).

Desde el punto de vista del suministro de nitrógeno, diversos trabajos se han realizado en el país en los últimos años (3)(4)(5), dejando muy claras las posibilidades de los abonos verdes de garantizar en un alto

Gloria M. Martín, Reserva Científica y Dr.C. R. Rivera, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

porcentaje los requerimientos nutricionales de cultivos posteriores como la papa, el maíz, la calabaza, la malanga, entre otros.

El volumen y la calidad de los residuos que quedan en el suelo y la forma en que estos son manejados, regulan el grado y la extensión de la inmovilización o liberación del nitrógeno así como las condiciones edafoclimáticas imperantes. En particular, la relación C:N de los residuos influye decisivamente en la inmovilización o no del nitrógeno.

Es de suma importancia para su manejo eficiente, conocer el grado de extensión y la velocidad de mineralización de los abonos verdes, por lo cual se desarrolló el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- Determinar la cantidad de nitrógeno que se libera o inmoviliza durante la descomposición de hojas y tallos de dos especies de abono verde en condiciones controladas.
- Determinar la influencia de la relación C:N de los residuos vegetales sobre la mineralización o inmovilización del nitrógeno del suelo.
- Evaluar la influencia de las diferentes formas de suministrar el nitrógeno (fertilizantes y abonos verdes) sobre el proceso de nitrificación en suelo Ferralítico Rojo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de incubación aeróbica en el laboratorio de técnicas nucleares perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, para evaluar la mineralización del nitrógeno de dos especies de plantas leguminosas que son utilizadas como abono verde.

El suelo utilizado fue un Ferralítico Rojo (Ferralsol) y sus principales características químicas se muestran en la Tabla I.

**Tabla I. Principales características químicas del suelo**

pH H <sub>2</sub> O	MO (%)	P (ppm)	K	Ca (Cmol.kg <sup>-1</sup> )	Mg	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (ppm)
6.3	2.64	475	0.44	11.2	2.3	12.91	6.06

pH H<sub>2</sub>O potenciómetro, MO Walkley Black, P Oniani, Cationes NH<sub>4</sub>Ac pH 7 1N, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Bremner (1965)

Como material vegetal se utilizaron las especies *Canavalia ensiformis* y *Crotalaria juncea*. Se estudió la velocidad de mineralización de los diferentes órganos del sistema aéreo de las plantas por separado (hojas y tallos) y el sistema aéreo completo (hojas + tallos), además de dos tratamientos de referencia: uno el control con suelo y otro al que se le adicionaron 75 ppm de nitrógeno como urea (Tabla II).

**Tabla II. Tratamientos estudiados**

1	Suelo+fertilizante 75 ppm N-urea
2	Suelo
3	Suelo+75 mg hojas. 0.25 % p/p (5 t.ha <sup>-1</sup> ) <i>Crotalaria juncea</i>
4	Suelo+75 mg tallos <i>Crotalaria juncea</i>
5	Suelo+45 mg hojas+30 mg tallos <i>Crotalaria juncea</i>
6	Suelo+75 mg hojas <i>Canavalia ensiformis</i>
7	Suelo+75 mg tallos <i>Canavalia ensiformis</i>
8	Suelo+75 mg hojas+30 mg tallos <i>Canavalia ensiformis</i>

El material vegetal se adicionó en todos los casos a dosis de 0.25 % (p/p) equivalentes a 5 t. masa seca. ha<sup>-1</sup>, es decir, 75 mg de material vegetal/30 g de suelo. En los tratamientos que se estudió el sistema aéreo completo, se utilizó la distribución porcentual de la masa seca y el porcentaje de nitrógeno de las diferentes partes obtenidas en cada especie vegetal (Tabla III) para su conformación.

**Tabla III. Distribución porcentual de la masa seca y contenido de nutrientes (por ciento masa seca) de las diferentes partes del sistema aéreo de las dos especies vegetales**

Especies	Órganos	Relación tallos/hoja	Determinaciones					
			%MS	%N	%C	C:N	%P	%K
<i>Crotalaria juncea</i>	Tallos		64.9	0.7	45.0	61.6	0.2	0.4
	Hojas		35.1	3.0	41.0	13.5	0.4	0.4
	Tallos+hojas	1.85		1.5	43.7	28.4	0.3	0.4
<i>Canavalia ensiformis</i>	Tallos		14.3	1.0	43.0	42.6	0.2	0.4
	Hojas		85.7	2.4	42.0	17.7	0.2	0.5
	Tallos+hojas	0.17		2.2	42.4	19.5	0.2	0.4

El experimento se realizó en recipientes de vidrio sellados con una cubierta de polietileno blanco, a los que se les hicieron pequeños orificios con aguja hipodérmica de diámetro 0.075 mm para permitir el intercambio gaseoso.

En cada recipiente se adicionaron 30 g de suelo con su correspondiente material vegetal o fertilizante, según el caso (Tabla II), añadiéndose agua hasta el 65 % de la capacidad de campo y se controló por pesada cada cinco días para mantener la humedad constante. Los recipientes se colocaron en incubadora a 30°C y se mantuvo este régimen durante 120 días.

**Características de los abonos verdes utilizados.** Las especies vegetales empleadas crecieron en condiciones de parcelas experimentales sobre suelo Ferralítico Rojo y se cortaron y extrajeron aproximadamente a los 60 días de germinadas, secándose a temperatura ambiente durante una semana y después en estufa 16 horas a 70°C.

Para la estimación del contenido de carbono de cada material, se utilizaron los datos obtenidos (6) con condiciones climáticas, especies y edad de las plantas similares. El por ciento de carbono en dicho caso fue determinado en autoanalizador de C, H, N.

La composición química de las hojas + tallos se calculó a partir de la composición química de las hojas y los tallos y de la distribución porcentual de masa seca en las dos especies analizadas.

**Análisis químico de  $N-NH_4^+$  y  $NO_3^-$ .** A los 0, 7, 15, 28, 45, 60, 76, 90 y 120 días después de iniciado el experimento, se realizaron las extracciones por triplicado, mediante agitación durante una hora con solución extractiva de KCl 1N y una relación suelo:solución de 1:3.

A continuación se determinaron el  $N-NH_4^+$  y  $N-NO_3^-$  por destilaciones sucesivas con arrastre de vapor, adicionando "aleación Devarda" para la determinación de los nitratos. El nitrógeno mineral se calculó a partir de la suma de las dos fracciones evaluadas. La mineralización o inmovilización neta se estimó restándole a las concentraciones de las formas minerales de los diferentes tratamientos, la concentración respectiva del tratamiento control (suelo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efectos de la descomposición de los diferentes órganos de las plantas sobre el nitrógeno mineral del suelo.** En la Figura 1 se observa que las hojas liberaron las mayores cantidades de nitrógeno mineral, encontrándose pequeños incrementos en relación con el N mineral del tratamiento control (suelo) hasta alcanzar la crotalaria un 40.8 % y la canavalia un 34.7 % del N liberado con respecto al aportado, estando estos valores en una relación inversa con la relación C:N de estos materiales.

En los tallos se observó una rápida inmovilización del nitrógeno del suelo desde los inicios, hasta alcanzar valores máximos que en el caso de la canavalia representaron un 40 % del nitrógeno aplicado con el material vegetal, aunque en los últimos 120 días de la incubación decreció hasta alcanzar valores cercanos al 14 %.

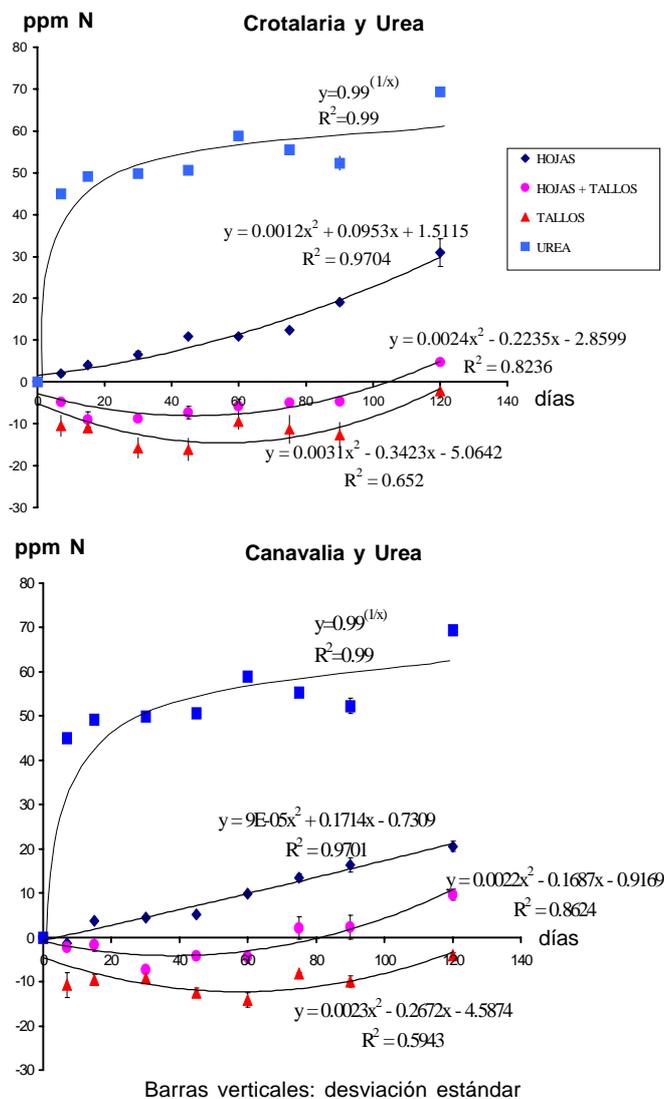
Un comportamiento similar tuvo la crotalaria, aunque los valores de inmovilización neta fueron algo mayores, 50 % del N aplicado y a los 120 días disminuyó hasta el 8 %, coincidiendo estos resultados con los de otros autores (7)(8).

Esta diferencia en el comportamiento entre hojas y tallos está dada fundamentalmente por la diferencia en la composición química de estos residuos. Mientras mayor sea la relación C:N, más lenta y menor será la descomposición de los residuos (9)(10).

Además, se encontraron diferencias entre las relaciones C:N de los tallos de ambas especies, las cuales en principio deben explicar las marcadas diferencias obtenidas en la inmovilización del nitrógeno por parte de los tallos de las plantas utilizadas.

En estudios realizados sobre la mineralización de los tallos, se ha encontrado una inmovilización neta explicada sobre la base de las altas relaciones C:N de ellos (11)(12)(13)(14)(15).

Por otra parte, se ha encontrado que la relación C:N de los restos orgánicos correlaciona inversamente con el nitrógeno mineralizado durante la incubación (16).



**Figura 1. Líneas de tendencia del efecto de la descomposición de la Crotalaria y la Canavalia sobre el N mineral neto**

Los resultados del presente trabajo coinciden con los obtenidos por otros autores (6), la inmovilización ocurre desde los primeros momentos y al final del período de incubación se obtiene una disminución de la inmovilización y, en algunos casos, comienza a ocurrir una liberación del nitrógeno. En este experimento, aunque no se manifestó una liberación del nitrógeno, sí comenzó a disminuir la inmovilización. De forma general, la velocidad de mineralización se comporta de la siguiente manera: hojas>tallos.

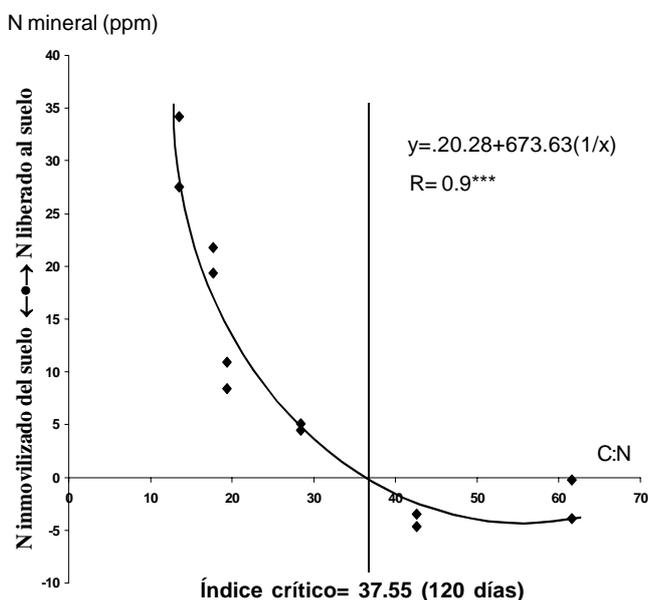
**Descomposición del sistema aéreo completo de las plantas. Efecto sobre la disponibilidad del nitrógeno del suelo.** Se observó una inmovilización inicial que alcanzó valores máximos de 23.3 y 13.3 % del N aplicado para la crotalaria y la canavalia respectivamente y, con posterioridad, a partir de los 80 días para la canavalia y de alrededor de los 100 días para la crotalaria comenzaron a liberar nitrógeno al suelo, alcanzándose al finalizar el experimento valores del 18 y 12.4 % del N aplicado respectivamente.

Estos resultados están en correspondencia con las relaciones C:N de estos materiales. En la crotalaria es mayor la proporción tallos:hojas, por lo que presenta una relación C:N superior y, por lo tanto, mayor inmovilización del N mineral neto. En el caso de la canavalia, con una menor proporción tallos:hojas ocurre lo contrario.

Por otra parte, se plantea que el nitrógeno pasa a estar en forma disponible en el suelo después de los 60 y 120 días de incubación en dependencia de la relación C:N del material incorporado (17).

En este comportamiento fue decisivo el que ambos tipos de residuos estaban finamente molidos, ya que de esta manera se incrementa significativamente la velocidad de descomposición del material vegetal, sobre todo de los tallos, en relación con la velocidad a que se manifiesta esta descomposición en las condiciones típicas de incorporación del material en el campo, lo cual debe ser la explicación de la inmovilización inicial que ocurrió con este tipo de residuo (sistema aéreo completo) en ambas especies.

Valorando integralmente la influencia de la relación C:N de los diferentes residuos sobre la capacidad de mineralización o inmovilización de estos, evaluada como el porcentaje de N mineralizado o inmovilizado (Figura 2), se encontró la ecuación de regresión  $y = -20.28 + 673.63(1/x)$  ( $1/x$ ) altamente significativa e inversa ( $R^2 = 0.9^{***}$ ), que permite estimar en este caso el valor de C:N = 37.6 como el índice crítico por encima del cual hay una inmovilización del N del suelo y por debajo hay un incremento en la disponibilidad del nitrógeno mineral producto de la mineralización.



**Figura 2. Influencia de la relación C:N en la mineralización del nitrógeno de los residuos**

Esto corrobora el tipo de relación encontrada por diversos autores, los cuales plantean que a mayor relación C:N, más lenta será la descomposición de los residuos (18).

Se plantea que el alto valor de la relación C:N encontrado parece ser una consecuencia de la temperatura de trabajo relativamente alta (30°C), así como de la propia actividad microbológica de estos suelos, todo lo cual conlleva a condiciones favorables para la descomposición (19).

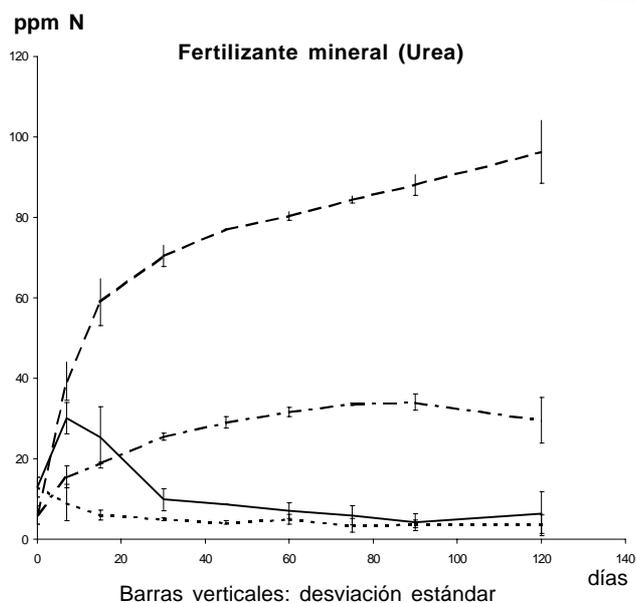
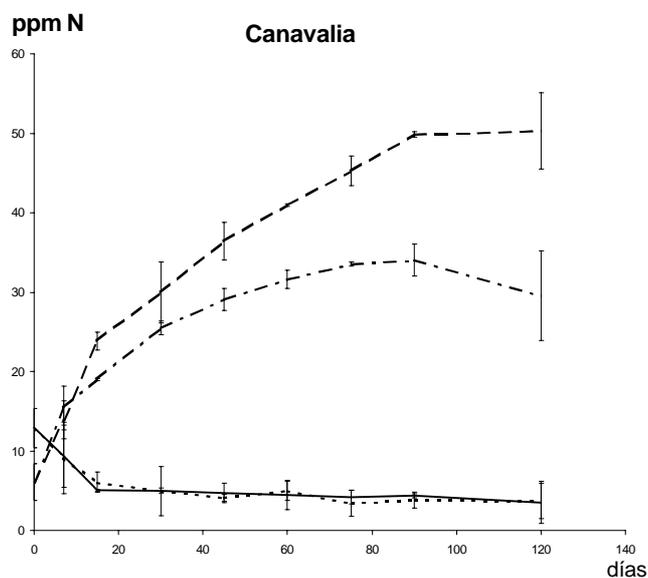
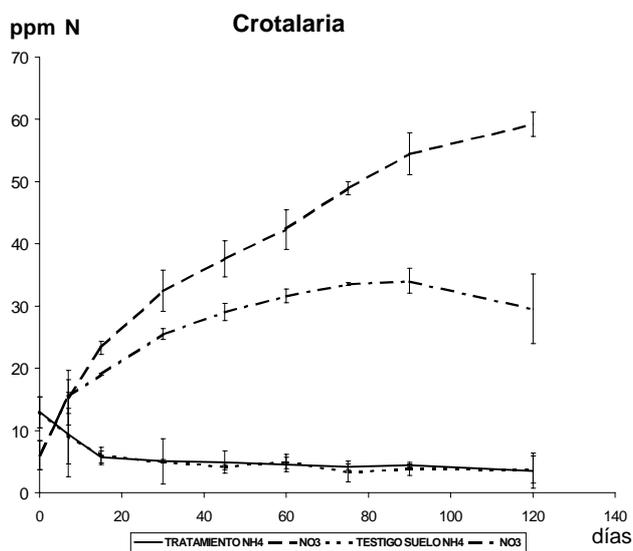
En este mismo tipo de suelo pero trabajando a 20°C, se ha informado un índice crítico de 18, el cual debe incrementarse a temperaturas mayores (8), basado en el conocido efecto de la temperatura sobre la velocidad de los procesos microbológicos, encontrándose un  $Q_{10} = 2$  por diversos investigadores para procesos similares (20)(21).

*Influencia de las fuentes de nitrógeno (fertilizante mineral y abonos verdes) sobre la nitrificación.* En los primeros días se observó un aumento del contenido de  $N-NH_4^+$  en los diferentes tratamientos (Figura 3), caracterizándose luego con un brusco descenso. Se manifestó a partir de ese momento un estado estacionario del  $N-NH_4^+$ , a la vez que ocurría un aumento rápido del contenido de  $N-NO_3^-$  en todos los tratamientos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores (6)(22)(23)(24), quienes plantean que el uso de abonos verdes incrementa en más del 50 % el  $N-NO_3^-$  del suelo, debido al aporte de N que realizan las leguminosas en simbiosis y a su rápida nitrificación.

La nitrificación en condiciones de suelo Ferralítico Rojo es un proceso muy rápido (25)(26) e indica la necesidad de garantizar que las aplicaciones de fertilizante o la incorporación de abonos verdes se realicen en el momento preciso, para una sincronía entre la mineralización del N aplicado y la absorción de este por el cultivo y evitar pérdidas importantes en el sistema por el lavado de los nutrientes (27).

## REFERENCIAS

1. Muñiz, O. Los sistemas integrados de nutrición vegetal. [Maestría Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes]. La Habana INCA, 1998.
2. García, M. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. [Tesis de Doctorado]. La Habana, 1997.
3. Alvarez, M., et al. Efecto de diferentes tipos de leguminosas intercaladas sobre el rendimiento de la malanga. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 2, p. 5-8.
4. García, M., et al. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y cuantificación del aporte de N en el cultivo de la calabaza. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 3, p. 9-16.
5. García, M., Treto, E. y Alvarez, M. Reducción del uso de la urea en el cultivo de la papa mediante la incorporación al suelo del abono verde *Canavalia ensiformis*. En X Seminario Científico del INCA. Programa y Resúmenes. La Habana. INCA. 1996, 64 p.



**Figura 3. Nitrificación de las diferentes fuentes de nitrógeno**

6. Rivera, R. Relatorio sobre los trabajos desarrollados en el CNPAB/EMBRAPA durante el período 15/05/94 hasta 9/12/94. 1994.
7. Albrecht, S. L., et al. Nitrogen mineralization across a climosequence in the Pacific Northwest. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, vol. 30, no. 1, p. 1765-1772.
8. Pérez, D. Mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes mediante el método de incubación aeróbica. [Trabajo de Diploma]. La Habana, 1996.
9. Gunadi, B., Verhoef, H. A. y Bedaux, J. J. M. Seasonal dynamics of decomposition of coniferous leaf litter in a forest plantation (*Pinus markusii*) in Central Java, Indonesia. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, vol. 30, no. 7, p. 845-852.
10. Black, C. A. Soil-Plant Relationships. John Wiley & Sons. 1968, 792 p.
11. Cornforth, I. S., Cameron, K. C. y Stewart, D. P. C. Inorganic-N release from spent mushroom compost under laboratory and field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, vol. 30, no. 13, p. 1689-1699.
12. Giller, K. E., et al. Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, vol. 30, no. 14, p. 2099-2106.
13. Cookson, W. R., Beare, M. H. y Wilson, P. E. Effects of prior crop residue management on microbial properties and crop residue decomposition. *Applied Soil Ecology*, 1998, vol. 7, no. 2, p. 179-188.
14. Coyne, M. S., et al. Gross nitrogen transformation rates in soil at a surface coal mine site reclaimed for prime farmland use. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, vol. 30, no. 8-9, p. 1099-1106.
15. Recous, S., et al. The fate of labelled  $^{15}\text{N}$  urea and ammonium nitrate applied to a winter wheat crop. I. Nitrogen transformations in the soil. *Plant and Soil*, 1988, vol. 112, no. 2, p. 205-214.
16. Warren, G. P. y Whitehead, D. C. Available soil nitrogen in relation to fractions of soil nitrogen and other soil properties. *Plant and Soil*, 1988, vol. 112, no. 2, p. 155-165.
17. Scagnozzi, A., et al. Nutrient release from decomposing crop residues in soil: A laboratory experiment. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1997, vol. 12, no. 1, p. 10-13.
18. Frankenberger, W. T. y Abdelmagid, H. M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil*, 1985, vol. 87, no. 2, p. 257-271.
19. Rivera, R., Martín, G. y Pérez, D. Efecto de la temperatura sobre la mineralización del nitrógeno de dos especies de abonos verdes en suelo Ferralítico Rojo. En XI Seminario Científico. Programa y Resúmenes. La Habana : INCA, 1998, p. 215.
20. Stanford, G., Frere, M. H. y Schwaninger, N. H. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization. *Soil Science*, 1973, vol. 115, no. 4, p. 321-323.
21. Ocio, J. A., Broohest, P. C. y Jenhisan, D. S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. *Soil Biology and Biochemistry*, 1991, vol. 23, no. 2, p. 171-176.
22. Stevens, R. J., Laughlin, R. J. y Malone, J. P. Soil pH affects the processes reducing nitrate to nitrous oxide and di-nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, vol. 30, no. 8-9, p. 1149-1126.

23. Kistensen, H. L. y Henriksen, K. Soil nitrogen transformations along a successional gradient from *Calluna* heathland to *Quercus* forest at intermediate atmospheric nitrogen deposition. *Applied Soil Ecology*, 1998, vol. 8, no. 1-3, p. 95-109.
24. Dueñas, G., Gómez, M. A. y López, T. Transformaciones del nitrógeno en un suelo Ferralítico Rojo compactado. Comunicación. *Agrotecnia de Cuba*, 1992, vol. 24, no. 1, p. 81-84.
25. Rivera, R. y Treto, E. Influencia de la fertilización-N y el tipo de planta cultivada sobre la dinámica de las formas minerales del nitrógeno en suelo Ferralítico Rojo compactado. *Cultivos Tropicales*, 1989, vol. 11, no. 2, p. 77-79.
26. Rivera, R. Nutrición, fertilización y balance del fertilizante nitrogenado ( $^{15}\text{N}$ ) para el café en un suelo Ferralítico Rojo compactado. [Tesis de Doctorado]. La Habana, 1988.
27. Duwing, C., *et al.* Nitrate leaching through oxisols of the Loyalty Islands (New Caledonia) under intensified agricultural practices. *Geoderma*, 1998, vol. 84, no. 1-3, p. 29-43.

Recibido: 4 de octubre de 1999

Aceptado: 22 de octubre de 1999

CURSO DE VERANO  
2000

**B I O T E C N O L O G Í A**

Coordinador: D<sup>ra.</sup> C. María Margarita Hernández Espinosa

Fecha: 9 al 13 de agosto

Duración: 30 horas

Matrícula: 200 USD



Para más información diríjase a:

Dr. C. Walfredo Torres de la Noval  
Dirección de Educación y Relaciones Públicas  
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)  
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,  
La Habana, Cuba CP 32700  
Telf: (53)(64) 6-3867, 6-3773  
Fax: (53)(64) 6-3867  
e-mail: posgrado@inca.edu.cu