EFECTO DEL MANEJO Y ESTACION DEL AÑO SOBRE LA CAPACIDAD DE MINERALIZACION Y BIOMASA TOTAL EN UN ARGIUDOL TIPICO DEL SUDESTE BONAERENSE *

R. H. Rizzalli, C. A. Navarro y H. E. Echeverría

Unidad Integrada - INTA - UNMP - Casilla de Correo 276, (7620) Balcarce, Buenos Aires

RESUMEN

A fin de estimar si el nitrógeno potencialmente mineralizable (No) y la biomasa total del suelo varían en función de la estación del año y/o del manejo del mismo, se tomaron muestras a lo largo del año de un Argiudol típico mantenido bajo pastura y barbecho continuo

La capacidad de mineralización del suelo bajo pastura, supera ampliamente a la del mantenido en barbecho, presentando valores de No de 308 y 192 ppm respectivamente. En cuanto a las constantes de mineralización (k) son superiores a las obtenidas por otros autores, con valores de 0,07 para pastura y 0,06 para barbecho.

Las estimaciones de biomasa confirman las diferencias halladas en la capacidad de mineralización, pese a que por el secado, almacenamiento y pre-incubación de las muestras de suelo, los resultados obtenidos subestiman los valores reales.

Para un mismo tratamiento no se detectaron diferencias en la producción de N mineral ni en los valores de biomasa en las distintas estaciones del año.

Palabras Clave: Nitrógeno potencialmente mineralizable, biomasa, efecto de manejo, efecto de estación del año.

SOIL MANAGEMENT AND SEASON FACTOR ON MINERALIZATION CAPACITY AND TOTAL BIOMASS IN A TYPIC ARGIUDOLL OF THE SOUTHEAST OF BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

Potentially mineralizable nitrogen (No) and total biomass were estimated during a year for a Typical argiudol soil of the southeast of Buenos Aires province mantained under two contrasting managements: grass and continuous fallow.

The soil under grass presented a much larger nitrogen mineralization capacity, No = 308 ppm, than the fallow soil, No = 1982 ppm. Mineralization constant measured for pasture was 0,07 and 0,06 for fallow soil. These values are higher than the obtained by other authors.

For the same treatment, neither mineral nitrogen production nor biomass differences were found in the different seasons.

Key Words: Potentially mineralizable nitrogen, biomass, management factor, seasonal factor.

---

* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

INTRODUCCION

La intensificación del uso del suelo ha provocado la aparición de deficiencias de N en la zona del sudeste bonaerense, hecho que se agrava día a día con la incorporación de cultivos de mayor potencial de rendimiento (Berardo y Maneiro, 1978). A su vez las respuestas a la fertilización nitrogenada son en general más marcadas en los cultivos invernales que en los estivales (Berardo et al., 1974, 1978).

Una adecuada nutrición nitrogenada de los cultivos requiere el conocimiento profundo del sistema correspondiente al ciclo interno del N en los suelos. Si bien la naturaleza de los mecanismos y los agentes responsables son en general bien conocidos, no ocurre lo mismo en cuanto a los elementos necesarios para una correcta cuantificación de los procesos (Mary y Rémy, 1979).

Los métodos aeróbicos que miden la cantidad de N mineral formado cuando se incuban muestras de suelo en condiciones controladas de humedad y de temperatura, permiten evaluar el proceso de mineralización del N orgánico del suelo y estimar la fracción del mismo que contribuye a la nutrición de las plantas. Dichos métodos tienen gran aceptación porque los factores que afectan la mineralización durante la incubación son los mismos que existen en condiciones de campo (Bremner, 1965).

Un método de este tipo, la técnica aeróbica de Stanford y Hanway desarrollada en 1955, ha permitido a Stanford y colaboradores (Stanford y Smith, 1972; Stanford y Epstein, 1974) definir la fracción del N orgánico del suelo susceptible de ser mineralizado (No).

Según estos autores, el valor de No varía entre 20 y 300 ppm de N y representa entre el 5 y 40 por ciento del N total, pero la constante de mineralización (k) no difiere significativamente entre suelos, siendo la estimación más confiable 0,054 ± 0,009 por semana.

El No es una cantidad definida y medible, que refleja el manejo del suelo tan bien como las características físico-químicas del mismo (Stanford y Smith, 1972). Bajo monocultivo de maíz, por ejemplo, con óptima fertilización nitrogenada (No) podría no cambiar perceptiblemente de año a año; mientras que cambios importantes en la rotación de cultivos, como por ejemplo la roturación de una pastura perenne, pueden bajar marcadamente el valor de No, dentro de un período de tiempo relativamente corto de uno a dos años (Bennet et al., 1975, citados por Campbell, 1978).

Por otra parte Drouineau y Lefevre (1949), trabajando con suelos de Canadá, encontraron considerables fluctuaciones en la capacidad de mineralización de suelos muestreados en distintas estaciones del año; los valores más elevados correspondieron al invierno y permanecieron relativamente constantes el resto del año.

Se puede especular en torno a cuáles son las causas que provocan esta variación estacional, debido a que hay experiencias que sugieren que el N más fácilmente mineralizable es aportado por el reciclo de la biomasa del suelo (Powlson y Jenkinson, 1976). De tal forma, es dable suponer que en el invierno el reciclo de la biomasa sería lento debido a las bajas temperaturas, siendo el tamaño de esa biomasa relativamente grande, en verano, con altas temperaturas el reciclo sería más rápido, dando por resultado una biomasa de menor tamaño.

Asimismo, en condiciones de barbecho el tamaño de la biomasa sería mucho menor que bajo pastura, donde el continuo aporte de restos vegetales, exudado de raíces, etc., brinda la energía necesaria para el mantenimiento de una biomasa de mayor tamaño.

Para intentar la confirmación de esas hipótesis se plantean como objetivos del presente trabajo la estimación del N potencialmente mineralizable y la biomasa total del suelo bajo dos manejos contrastantes, tales como pastura y barbecho, en las cuatro estaciones del año.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó con muestras del horizonte A_1 de un Argiudol típico del sudeste bonaerense, cuyas características principales son: textura franca (Arc = 26,5 por ciento, Ar = 39,8 por ciento y Li = 33,7 por ciento); pH = 6; CIC = 331 $mmol_c/kg$; porcentaje de saturación con bases = 85 por ciento.

Se tomaron muestras de dos parcelas con manejos contrastantes (pastura y barbecho), en octubre de 1979 y enero, abril y julio de 1980 para representar a las cuatro estaciones del año.

Los tenores de MO de los suelos difirieron ligeramente, correspondiendo a la pastura 6,50 por ciento y al barbecho 6,02 por ciento.

De cada parcela, cuya superficie era de 2.500 metros cuadrados, se tomaron dos muestras compuestas por más de 50 submuestras puntuales de los primeros 15 cm del perfil, que fueron secadas al aire y tamizada por 0,5 y 2 mm. Posteriormente fueron almacenadas en recipientes plásticos a temperatura ambiente, durante un período variable entre 14 y 24 meses.

El procedimiento empleado para estimar el No es el propuesto por Stanford y Hanway (1955) con las modificaciones efectuadas por Navarro (1966).

Las muestras fueron incubadas en estufas de cultivo a 35°C en un ambiente saturado de humedad, por períodos sucesivos de 1, 3, 3, 4, 7, 8, 15 y 58 días. En el percolado fue analizada la producción de NH^+_4 y NO_3^- usando la técnica de microdestilación por arrastre de vapor de Bremner y Keeney (1965).

Los resultados fueron expresados en partes por millón (ppm) de nitrógeno (N) como amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). No se encontraron cantidades significativas de nitrito (NO_2^-). Se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

Para la estimación de Biomasa se utilizó el método propuesto por Jenkinson y Powlson (1980).

El CO_2 producido fue atrapado en Na OH O.2 N y se cuantificó por titulación del exceso del álcali con H_2SO_4 O.1 N previo agregado de 2 ml de una solución de Ba Cl_2 al 20 por ciento y 4 gotas de timolftaleina (Navarro, 1973) a los 3, 6 y 9 días de incubación.

Los resultados se expresaron en mg de C-CO_2 cada 100 g de suelo seco al aire.

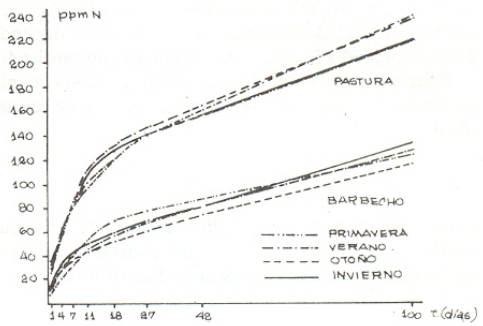

Fig. 1: Nitrógeno mineral ($NH_4^+ + NO_3^-$) acumulado en períodos de incubación sucesivos según la técnica de Stanford y Smith.

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia del manejo del suelo y estación del año sobre la capacidad de mineralización del Nitrógeno

En la Figura 1 se presenta la producción del N mineral, (NH^+_4 más NO_3^-) durante un período total de 100 días, para ambos manejos en las distintas estaciones del año.

Se advierte que la acumulación de N mineral en función del tiempo sigue una curva en la cual la velocidad es máxima al principio, disminuyendo luego progresivamente, como fue observado por otros autores: Stanford y Smith (1972), Stanford y Epstein (1974), Mary y Rémy (1979).

No se observan diferencias significativas entre estaciones ($p \geqslant 0{,}05$), lo que no concuerda con los resultados obtenidos por Drouineau y Lefevre (1949).

Por otra parte la capacidad de mineralización del suelo con pastura es notoriamente mayor que la del suelo en barbecho, siendo el N acumulado a los 100 días de incubación 227,3 y 124,5 ppm respectivamente.

Según Stanford y Smith (1972) existe una relación lineal entre la acumulación neta de N mineralizado y la raíz cuadrada del tiempo luego de las dos primeras semanas de incubación. La existencia de dicha relación implica un caso particular de función potencial con exponente igual a 0,5. Esta asociación es presentada en la Figura 2, la que muestra un ajuste significativo a p = 0,0005 para ambos manejos de suelo, descontando la primera semana de incubación; durante la

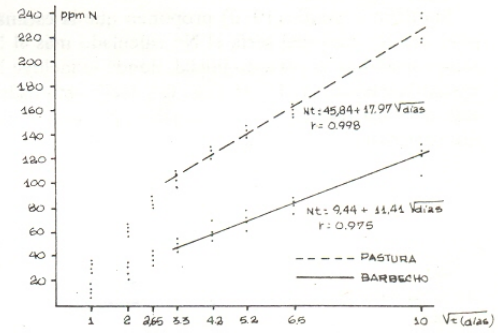

Fig. 2: Relación entre el N mineral acumulado y la raíz cuadrada del tiempo.

misma se observa una producción de N mineral más elevada, que provoca un quiebre de la recta. Esto se debe a que al comienzo de la incubación se produce una gran cantidad de NH_4^+, suficiente para saturar toda la enzima nitrificadora presente, manteniendo la reacción en su velocidad máxima. Este fenómeno fue observado por Birch (1960), Powlson y Jenkinson (1976); Navarro et al. (1980) y sería un efecto del secado y tamizado de la muestra.

Entre las distintas hipótesis mencionadas por Campbell (1978) que pueden explicar este fenómeno, la mineralización de células autolisadas a causa del se-

cado al aire de la muestra, probablemente representa la mayor contribución (Mary y Rémy, 1979). Una vez agotado este sustrato, se establece un estado de equilibrio en el cual la velocidad de nitrificación depende de la velocidad a la cual el N orgánico es amonificado.

Pero a los fines de orden práctico, es válida la aplicación de la ecuación que define la cinética de primer orden:

$$dN/dt = -kN$$

donde "N" es el N potencialmente mineralizable que queda al tiempo "t" y "k' es una constante de mineralización. Integrando y aplicando logaritmos:

$$\log (No - Nt) = \log No - kt/2.303$$

El empleo de esta ecuación permite el cálculo de No, buscando el mejor ajuste por regresión lineal de log (No – Nt) vs t, mediante iteraciones sucesivas de valores de No elegidos arbitrariamente. En la Figura 3 se presentan las rectas de regresión que dieron el mejor ajuste por dicho método, para pastura y barbecho. El No calculado para pastura es de 225 ppm y para barbecho 155 ppm.

Stanford y Smith (1972) proponen que la estimación del No mas real sería el No calculado más el N mineralizado en el período inicial, donde se incluye la extramineralización. En el caso del suelo estudiado, este período resultó de una semana, en lugar de las dos semanas propuestas por dichos autores.

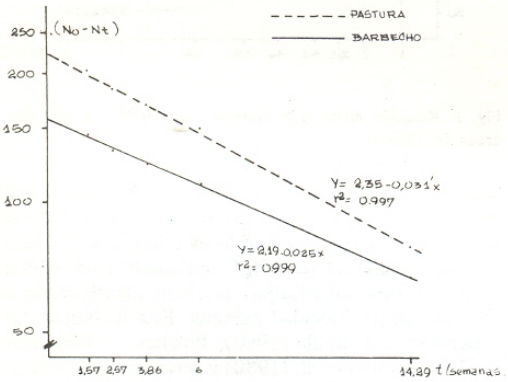

Fig. 3: Regresión lineal entre log (No-Nt) y t para los valores estimados de No de pastura y barbecho.

De acuerdo a esto el No del suelo bajo pastura resultó de 308 ppm y para el suelo bajo barbecho es de 192 ppm.

En el caso bajo estudio el No representa un 8,2 y 5,5 por ciento del N orgánico total del suelo, considerado para pastura y barbecho respectivamente.

Los valores de k según la metodología propuesta por Stanford y Smith (1972) expresados en semanas para pastura y barbecho son 0,07 y 0,06 respectivamente. Este coeficiente representa la tasa de mineralización semanal del N potencialmente mineralizable que queda en el suelo a medida que transcurre el tiempo. Por lo tanto, es posible estimar qué fracción del No se mineralizaría en un período de tiempo determinado. En la Tabla 1 figuran los porcentajes correspondientes a 6, 12 y 24 meses, para pastura y barbecho.

Estos valores corresponden a condiciones de humedad y temperatura óptimas para la mineralización del N orgánico del suelo. Es obvio que en condiciones de campo las tasas de mineralización sean diferentes. Partiendo de la base que inicialmente el No de ambos manejos haya sido igual, ya que la parcela posteriormente destinada a barbecho también estaba con pastura, la diferencia que actualmente encontramos entre

TABLA 1: Porcentajes de No que se mineralizarían en distintos períodos de tiempo.

	Pastura	Barbecho
6 meses	84,9	80,1
12 meses	97,7	96,0
24 meses	99,9	99,8

los No es un 38 por ciento. En comparación con lo estimado en un período de un año (97,7 por ciento) este valor representa alrededor de la mitad.

Aún así, la pérdida de N potencialmente mineralizable manifestada durante el período de barbecho, es lo suficientemente importante como para no desestimar las prácticas de manejo que tienden a mantenerlo, tales como la incorporación de rastrojos, abono verde, rotación con praderas o cultivos de leguminosas, etc. También se infiere del resultado que un período de barbecho demasiado prolongado, al menos para esta zona, puede llevar a resultados contraproducentes.

Por último cabe destacar que el parámetro No, es mucho más sensible que la cantidad de N orgánico total para estimar la provisión de N del suelo para los cultivos, ya que para un barbecho de un año existe una diferencia de solamente 7 por ciento en el conte-

nido de N total. Lamentablemente la determinación de No con suficiente precisión, requiere de un período de análisis tan prolongado, que lo hace poco adaptable para predecir la necesidad de fertilización nitrogenada como método de rutina. Sin embargo puede ser usado en ensayos de investigación como una variable más de un modelo de diagnóstico.

Influencia del manejo y la estación del año sobre el tamaño de la biomasa total del suelo

En la Tabla 2 figuran los valores de biomasas calculados de acuerdo a la ecuación propuesta por Jenkinson y Powlson (1976)

$$B = (X - y) / k$$

donde "B" es la biomasa expresada en mg de C cada 100 g de suelo; "X" es el C-CO_2 liberado por el suelo fumigado entre 0 y 6 días, expresado en mg cada 100 gramos de suelo; "y" es el C-CO_2 liberado por el suelo no fumigado entre 9 y 15 días y "k" es una constante igual a 0,45, que indica la fracción de la biomasa total del suelo, que es mineralizada bajo las condiciones utilizadas por Jenkinson y Powlson (1980) (10 días de incubación a 25°C).

TABLA 2: Valores de biomasa estimados para el suelo en estudio (mg/C/100 g).

	Pastura	Barbecho
Primavera	31,56	27,89
Verano	48,49	25,00
Otoño	45,51	26,80
Invierno	43,49	30,04
X	42,26	27,43

En la Figura 4 se representa a modo de ejemplo, la liberación de CO_2 de muestras del suelo bajo pastura, extraídas en invierno.

Como ya se ha mencionado, Jenkinson y Powlson (1980) proponen un período de preincubación de cuatro días en el caso de trabajar con muestras secas al aire, para superar el fenómeno de extramineralización. Este período que fue respetado en nuestra experiencia no fue suficientemente largo. En la Figura 4 se advierte que el suelo no fumigado presenta un pico de actividad superior a la que es dable esperar para un suelo en equilibrio.

Para superar esta fuente de error, la diferencia de producción de CO_2 entre los suelos tratados y no tratados fue calculada a partir de (X-y), en lugar de (X-x), siendo x, el C-CO_2 liberado por el suelo no fumigado en el período de 0-6 días.

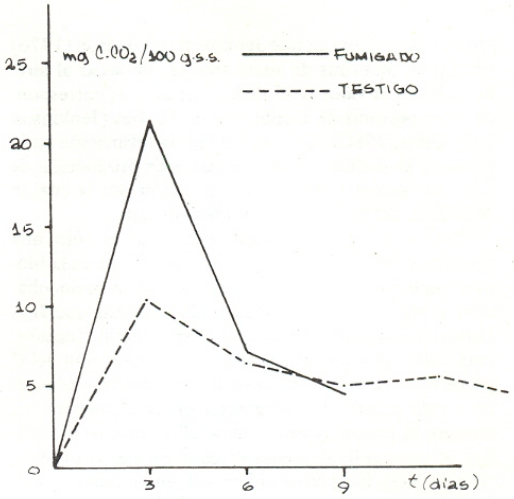

Fig. 4: Liberación de C-Co_2 en muestras del suelo bajo pastura extraídas en invierno fumigadas y sin fumigar, incubadas según la técnica de Jenkinson y Powlson (1976).

De acuerdo a Craswell y Waring (1972) la respiración del suelo es estimulada por perturbación mecánica del mismo, ya que mueren algunos microorganismos pero también quedan expuestos al ataque microbial algunos sustratos previamente inaccesibles.

Así, la extramineralización que se manifiesta cuando este suelo se pone a incubar, es debida a dos componentes: uno biológico y otro no biológico. Dado que el efecto del secado y tamizado de la muestra es mucho mayor sobre los componentes biológicos de la MO que sobre los no biológicos (Powlson y Jenkinson, 1976), el error en que se incurriría aplicando la ecuación B = (X-y)/0,45, implica una ligera sobreestimación de la biomasa.

Sin embargo, de acuerdo a los valores que figuran en la Tabla 2 no parece existir tal sobreestimación ya que al compararlos con valores hallados por Jenkinson y Powlson (1976), para suelos con contenido de MO similar, son sensiblemente menores. Asimismo, la fracción de C orgánico del suelo que es biomasa, tanto para el suelo bajo pastura (1,12 por ciento) como el mantenido en barbecho (0,79 por ciento), también es sensiblemente menor a los valores hallados por los autores mencionados.

Esta subestimación seguramente se debe a varias causas, una de ellas es que en la pre-incubación del suelo que después fue destinado a fumigación, una fracción del C de la biomasa ya había sido consumida.

Otra posible causa es que Jenkinson y Powlson (1976) utilizaron muestras de suelo frescas, sin secar al aire. Por último el valor 0,45 de la constante k, corresponde a un período de incubación de 10 días (Jenkinson y Powlson, 1980). En este trabajo la estimación de la biomasa se realizó a partir de datos de producción de CO_2 en incubaciones de 6 días, razón por la cual la constante debería ser menor a la utilizada.

Así, el valor de biomasa estimado, es sólo una aproximación. Hay que tener en cuenta que es la biomasa que existe en el suelo al final de la preincubación y no la del suelo muestreado. A pesar que Jenkinson y Powlson (1976) aconsejan la preincubación, para evitar problemas causados por la liberación del C procedente de la mineralización de sustancias expuestas a este proceso por el manipuleo de la muestra, no siempre el procedimiento, como ellos mismos lo señalan, es adecuado. En nuestro caso en que la producción de CO_2 fue presumiblemente en su mayor parte de origen biológico, la adopción de la preincubación no fue acertada.

En la Tabla 2 se observa que no existe gran variación, en los valores de biomasa para las distintas estaciones del año en ambos tratamientos, salvo para pastura en primavera cuyo valor es más bajo que los restantes. Como la biomasa que se estima es la del suelo rehumedecido y no la del suelo in situ, no sabemos si ello se debe a la época del año o al tratamiento de la muestra.

Se observan diferencias entre los valores de barbecho y pastura, lo cual era de esperar. El suelo mantenido con pastura recibe continuamente sustancias energéticas a partir de exudados de plantas, raicillas muertas, restos de la parte aérea, etc. Es lógico pensar que la biomasa de un suelo con pastura sea de mayor tamaño que la del mismo suelo bajo las condiciones de un barbecho prolongado en el que la cantidad de energía disponible para los microorganismos es inferior.

CONCLUSIONES

1) En suelos bajo pastura la fracción de N fácilmente mineralizable y la biomasa total, se mantienen elevadas y constantes a través del año. Cuando el suelo es sometido a un barbecho prolongado, ambas disminuyen sensiblemente.
   Ambos hechos justifican que el suelo bajo pastura tenga mayor capacidad de mineralización que el suelo mantenido en barbecho.

2) El No se manifestó como una variable sensible para evaluar el estado nitrogenado de los suelos, pero su valor predictivo se ve limitado por su falta de rapidez. Podría ser utilizado como uno de los componentes de un modelo de diagnóstico.

3) El método utilizado para determinar la biomasa total del suelo provocó una subestimación del valor real, debido al secado, almacenaje y preincubación de las muestras.

REFERENCIAS

Berardo, A.; Culot, J.; Darwich, N. y Duarte, J., 1974. Evaluación del potencial de producción y de la respuesta a la fertilización del cultivo de maíz en los partidos de Gral. Alvarado, Gral. Pueyrredón y Balcarce. En "Memorias de la II Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes. S.C.A. Buenos Aires.

Berardo, A. y Maneiro, C., 1978. Efecto del manejo anterior del suelo sobre la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo. 8º Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires. Argentina (en prensa).

Berardo, A.; Duarte, J.; Echeverría, H.; Navarro, C. y Tuñon, E., 1978. Evaluación de algunos factores que inciden sobre los rendimientos del cultivo de papa y diagnóstico para su fertilización. 8º Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Bs. As. Arg. (en prensa).

Birch, H., 1960. Nitrificación in soil after differents periods of dryness. Plan and Soil. 12: 81-96.

Bremner, J., 1965. Nitrogen availability indexes. En C. Black. Methods of Soil Analysis. Part. 2 Madison American Society of Agronomy (Agronomy 9, pp. 1324-1345).

Bremner, J. and Keeney, D., 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrate. Annal. Chem. Acta. 32: 485-495.

Campbell, C., 1978. Soil Organic Carbon, Nitrogen and Fertility. In. Schnitzer, M. and Khan, S. (ed.) Soil Organic Matter. Elsevier. Oxford and New York. Elsevier. pp. 173-271.

Craswell, E. and Waring, S., 1972. Effect of grinding on the descomposition of soil organic matter. II Oxygen uptake and nitrogen mineralization in Virgin and cultivated cracking clay soils. Soil Biol. Biochem. 4: 435-442.

Droquineau, G. et Lefevre, G., 1949. Première contribution a l'etude de L'azote mineralizable dans les sols. Ann. Agronn. 19: 518-536.

Jenkinson, D. and Powlson, D., 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. Soil. Biol. Biochem. 8: 209-213.

Jenkinson, D. and Powlson, D., 1980. Measurement of microbial biomass in intract soil cores and in sieved soil. Soil Biol. Biochem. 12: 579-581.

Mary, B. et Rémy, J., 1979. Essai d'appreciation de la capacité de mineralisation de L'azote des sols: I. Signification des cinetiques de mineralisation de la matiere organique humifiée. Ann. Agron. 30: 513-527.

Navarro, C., 1966. El método de la incubación como medio de estimación del estado nitrogenado de los suelos. Tesis Ing. Agr. Fac. Agr. Balcarce. U.C.M. del P. 63 p.

Navarro, C , 1973. Contribution a L'etude de la mineralisation du Phosphore organique dans des sols argentins et belges. Etude des systemes phosphatasiques de ces sols. Tesis Gembloux. Belgique. Faculte des Sciences Agronomiques de L'Etat. 206 p.

Navarro, C.; Echeverría, H.; González, N. e Iglesias, M., 1980. Cinética de las reacciones de amonificación y nitrificación en algunos suelos de la Argentina. IX Reunión Argentina de la Ciencias del Suelo. Paraná, Argentina, pp. 431-437.

Powlson, D. and Jenkinson, D., 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. II. Gamma irradiation, autoclaving, air-dryng and fumigation. Soil. Biol. Biochem. 8: 179-188.

Stanford, G. and Hanway, J., 1955. Predicting nitrogen fertilizer needs of low soils.: II. A simplified technique for determining relative nitrate production in soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 19: 74-77.

Stanford, G. and Smith, S., 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36: 465-472.

Stanford, G. and Epstein, E., 1974. Nitrogen mineralization-water relations in soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 38: 103-107.