

METODOS RAPIDOS DE ESTIMACION DE NITROGENO POTENCIALMENTE MINERALIZABLE EN SUELOS.

H E ECHEVERRIA, N F SAN MARTIN y R BERGONZI

Unidad Integrada EEA INTA Balcarce-FCA-UNMP. CC 276 (7620) Balcarce.

E-mail: hecheverr@balcarce.inta.gov.ar

Recibido 21 de febrero de 2000, aceptado 19 de mayo de 2000.

RAPID METHODS FOR ASSESSING POTENTIALLY MINERALIZABLE SOIL NITROGEN.

The objective of this study was to relate potentially mineralizable soil nitrogen (N) obtained by means of long-term aerobic incubations (N_o), with nitrogen mineralized using more rapid and simple methods such as KCl digestion (N_q) and short-term anaerobic incubations at 40 °C (N_a). A preliminar experience, carried out on 23 soil samples of the southeastern Buenos Aires Province, allowed to determine that a close association between nitrogen mineralization after 7 and 14 days of anaerobic incubations (N_a) exists. Consequently, N_a was incubated during 7 days. Measurements were made during 1994 to 1997 in the topsoil of soils submitted to contrasting management systems of the Pampean Region. N_q had the lowest range in samples taken in 1994 and 1995. This indicated its low sensitivity, showing no differences between managements. In both years the relationships between N_o and N_q were similar; however slopes were different suggesting that N_q was not a good predictor of N_o . Short-term anaerobic incubations at 40 °C and N_o were correlated in both years, and the slopes of the fitting equations obtained in each year were not different ($P < 0,05$). This relationship was confirmed with soil samples taken during 1996 and 1997. The fitting equation for the four analysed years was $N_o = 1,37 N_a + 83,17$ ($r^2 = 0.65$), which can be used to estimate N_o with a rapid incubation method (N_a).

Key words: rapid methods, anaerobic incubation, chemical methods, potentially mineralizable soil nitrogen.

Palabras claves: métodos rápidos, incubación anaeróbica, métodos químicos, nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos.

INTRODUCCION

El proceso de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo durante la estación de crecimiento de los cultivos, es de importancia ya que puede contribuir en gran parte a la nutrición de los mismos (Dahnke, Johnson 1990). Esto cobra relevancia en suelos ricos en materia orgánica como los del Sudeste Bonaerense (Echeverría, Ferrari 1993). Este aspecto, ha demostrado ser trascendente al modificar los umbrales de diagnóstico determinados para el cultivo de maíz, basados en los contenidos de nitratos en el suelo al estadio de seis hojas, cuando el cultivo antecesor del mismo es una pastura (Echeverría *et al.* 1999). Sin embargo, para otros cultivos el aporte por mineralización no es tenido muy en cuenta en el diagnóstico de deficiencia de nitrógeno, aunque su estimación permitiría ajustar las recomendaciones de

fertilización.

Se han descrito modelos a nivel mundial, e incluso para los suelos del Sudeste Bonaerense (Echeverría *et al.* 1994), que estiman el aporte de nitrógeno por mineralización en base a incubaciones aeróbicas por períodos prolongados (Stanford, Hanway 1955). Esta metodología, permite determinar la fracción del nitrógeno del suelo que es susceptible de ser transformada a formas minerales, denominada nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o) y la velocidad a la cual dicha fracción de nitrógeno es transformada, la constante de mineralización (K). La misma, ha producido los mejores resultados cuando los valores obtenidos en laboratorio son corregidos por las condiciones de temperatura y humedad imperantes durante el desarrollo del cultivo. Experimentalmente esta metodología ha sido

utilizada con razonable éxito en remolacha azucarera (Stanford 1977) y en trigo (Oyanedel, Rodríguez 1979), no obstante, no ha sido aún implementada en la práctica por el tiempo requerido para determinar el No.

Considerando los inconvenientes generados por las incubaciones de larga duración, surge la necesidad de encontrar métodos de laboratorio, más simples y rápidos que permitan efectuar una estimación del No del suelo. Se han propuesto numerosos índices de la disponibilidad de nitrógeno a partir de análisis biológicos y químicos, no obstante sólo unos pocos han producido resultados satisfactorios (Keeney, 1982). Gianello y Bremner (1986) recomiendan el empleo de un método anaeróbico de incubación corta (Na) a 40°C y un método químico de digestión con KCl (Nq).

Teniendo en cuenta que el No constituye una fracción definida y medible que representa la fracción del nitrógeno orgánico susceptible de ser mineralizado, se plantea la hipótesis de que por medio de métodos químicos y biológicos de corta duración, es factible estimar dicha fracción. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue relacionar los valores de No obtenidos mediante el procedimiento de Stanford y Hanway (1955), con los obtenidos con métodos rápidos de tipo químico (Nq) y biológico (Na), en suelos de la Región Pampeana.

MATERIALES Y METODOS

Gianello y Bremner (1986) proponen una incubación anaeróbica a 40°C durante una o dos semanas. A fin de evaluar la conveniencia de ambas alternativas se efectuó, en una experiencia preliminar, incubaciones anaeróbicas de muestras de suelos del sudeste bonaerense durante 7 y 14 días a dicha temperatura. Se emplearon para ello un total de 23 muestras compuestas de suelos superficiales (0-20 cm) de aptitud agrícola del sudeste bonaerense. Los contenidos de MO fluctuaron entre 20,9 y 71,6 g kg⁻¹, los valores de pH entre 5,5 y 7,5 y los porcentajes de arcilla entre 12,4 y 29,3. Para determinar Na, se colocaron 5 g de suelo en tubos de ensayo (150 x 16 mm) y se completó el volumen de los mismos con agua destilada. Se cerraron herméticamente y se incubaron durante 7 y 14 días a 40°C (Keeney 1982). Finalizada la incubación, se adicionó igual volumen de KCl 4 mol dm⁻³ que de agua destilada y se determinó el N-NH₄⁺ liberado por destilación

directa de la mezcla de suelo-agua con MgO. El nitrógeno mineralizado en condiciones de anegamiento se calculó como la diferencia entre el N-NH₄⁺ producido a lo largo de la incubación y la cantidad inicial obtenida con igual procedimiento.

A fin de relacionar los valores de No con los obtenidos con los métodos rápidos (Nq y Na), se emplearon horizontes superficiales (0-20 cm) correspondientes a ocho sitios representativos de la Región Pampeana con manejos contrastantes. Las muestras seleccionadas provenían de ensayos de fertilización nitrogenada en trigo de los ciclos agrícolas 1994 y 1995, realizados en diferentes Estaciones Experimentales del INTA y de horizontes similares con pastura o descanso prolongado. En éstas, por cada localidad se tomaron tres muestras compuestas por más de 20 submuestras, y en cada ensayo se tomaron muestras compuestas de los tres bloques correspondientes al tratamiento sin el agregado de N. En una segunda etapa, correspondiente a los ciclos agrícolas 1996 y 1997, se muestrearon solamente ensayos de fertilización realizados bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), en las mismas Estaciones Experimentales del INTA.

Las muestras de suelo fueron acondicionadas mediante el secado al aire y tamizado por 2 mm. El contenido de materia orgánica (MO) y arcilla y el valor de pH de los horizontes superficiales de los sitios en estudio se presentan en la Tabla 1.

Para determinar el No se empleó como método de referencia la incubación aeróbica, por 224 días en condiciones óptimas de temperatura (35 °C) y humedad (capacidad de campo), de una mezcla de 10 g de suelo con 30 g de arena estéril (0,86 a 2 mm de diámetro). Al comienzo de la incubación y a los 14, 28, 56, 94, 122, 150, 178, 196 y 224 días las muestras fueron percoladas con 100 ml de CaCl₂ 0,01 mol dm⁻³. En el percolado se analizó la concentración de amonio y nitrato por microdestilación por arrastre de vapor (Bremner, Keeney 1965). Para efectuar el cálculo del No se ajustó el nitrógeno mineral acumulado en el tiempo a un modelo no lineal de un compartimiento, sin considerar el nitrógeno mineralizado en los primeros 14 días de incubación, el que es luego sumado al valor final de No. Se empleó el algoritmo de Marquardt del procedimiento NLIN del programa SAS (SAS Institute, Inc., 1985).

La determinación de Na se realizó como ya fue indicado y para la estimación del Nq, se pesaron 3 g de las muestras de suelo y se digirieron en una solución de KCl 2mol dm⁻³ durante 4 horas en tubos cerrados ubicados en un bloque digestor mantenido a 100 °C (Gianello, Bremner 1986). El N-NH₄⁺ producido por efecto de este tratamiento se determinó por destilación

de 15 ml del digesto con MgO. El Nq se calculó como la diferencia entre el N-NH₄⁺ producido durante la digestión y la cantidad inicial. Esta se determinó por destilación directa de de la mezcla suelo-KCl.

Se realizaron análisis de correlación simple con los índices obtenidos en cada uno de los métodos y se efectuó una prueba de paralelismo (Berenson *et al.* 1983) para comparar, entre los años analizados, las pendientes de los parámetros Na y Nq.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presenta la relación obtenida entre los valores de Na obtenidos a 7 y 14 días de incubación. La elevada y estrecha relación positiva obtenida sugiere que es posible reducir el tiempo de incubación de las muestras a una semana. Esto constituye una ventaja operativa relevante al momento de llevar esta metodología a la práctica.

Tabla 1. Valores de materia orgánica (MO), pH y arcilla de los suelos analizados.

Table 1. Organic matter, pH and clay content in the studied soils.

Lugar	Suelo	Manejo	MO g kg ⁻¹	pH 1:2,5	Arcilla %
1994-1995					
EEA Rafaela	Argiudol Típico	Pastura	37,5	6.00	26.3
EEA Rafaela	Argiudol Típico	Agrícola	25,7	6.43	24.3
EEA Paraná	Argiudol Típico	Pastura	35,1	6.30	30.6
EEA Paraná	Argiudol Típico	Agrícola	27,7	6.33	29.2
EEA Balcarce	Argiudol Típico	Pastura	79,1	7.80	---
EEA Balcarce	Argiudol Típico	Agrícola	50,2	6.00	25.7
EEA Tres Arroyos	Hapludol Petrocálcico	Pastura	59,5	6.40	---
EEA Tres Arroyos	Hapludol Petrocálcico	Agrícola	33,6	6.50	22.7
EEA Dorrego	Haplustol Petrocálcico	Pastura	42,0	6.00	---
EEA Dorrego	Haplustol Petrocálcico	Agrícola	24,1	6.10	26.3
EEA Anguil	Torripsament Ustico	Pastura	29,7	5.90	16.6
EEA Anguil	Torripsament Ustico	Agrícola	20,5	6.25	17.0
EEA Bordenave	Haplustol Entico	Pastura	22,4	---	15.4
EEA Bordenave	Haplustol Entico	Agrícola	26,8	6.20	22.2
EEA Pergamino	Argiudol Típico	Pastura	35,7	5.80	23.8
EEA Pergamino	Argiudol Típico	Agrícola	28,1	6.00	23.7
1996-1997					
EEA Balcarce	Argiudol Típico	SD	55,0	5,74	25,7
EEA Balcarce	Argiudol Típico	LC	56,0	4,85	25,6
EEA Rafaela	Argiudol Típico	SD	53,0	3,31	25,4
EEA Rafaela	Argiudol Típico	LC	52,0	2,76	25,4
EEA Pergamino	Argiudol Típico	LC	62,3	3,10	22,4
EEA Balcarce	Argiudol Típico	SD	57,5	5,59	25,8
EEA Balcarce	Argiudol Típico	LC	57,5	5,26	---
EEA Rafaela	Argiudol Típico	LC	61,0	3,19	25,2
EEA Pergamino	Argiudol Típico	LC	61,0	2,97	23,1
EEA Paraná	Argiudol Típico	LC	67,3	3,24	34,3

LC = labranza convencional, SD = siembra directa

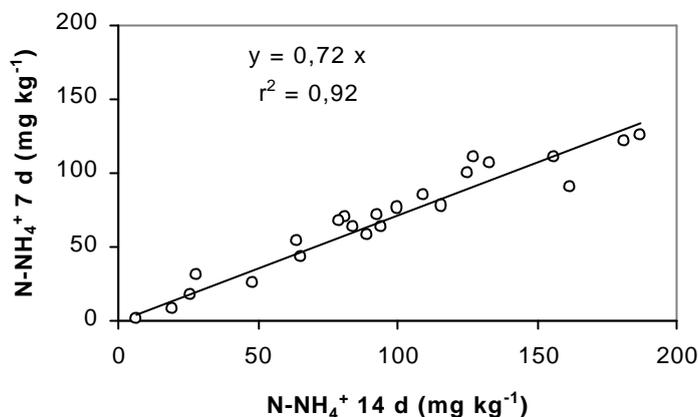


Figura 1. Relación entre el nitrógeno mineralizado durante 7 y 14 días en incubación anaeróbica (*Na*), en 23 suelos del sudeste de la Provincia de Buenos Aires.

Figure 1. Relationship between nitrogen mineralization during 7 and 14 days of anaerobic incubation (*Na*), of 23 soil samples of the southeastern Buenos Aires Province.

Los valores promedios de *MO* de las muestras de suelo de las campañas 1994 y 1995 provenientes de pastura superan en forma considerable a las de manejo agrícola (42,6 y 29,6 g kg⁻¹, respectivamente), mientras que los contenidos de pH (6,31 y 6,23, respectivamente) y de arcilla (22,5 y 23,3 %, respectivamente) de las mismas, no manifiestan cambios de relevancia. Estos resultados ponen de manifiesto el impacto de la actividad agrícola sobre la fracción orgánica de los suelos, hecho que ha sido puesto de manifiesto en otras oportunidades (Echeverría, Ferrari 1993, Studdert *et al.* 1997, Studdert, Echeverría 2000).

Los valores de *No* de los suelos analizados durante las campañas 1994 y 1995 coinciden con los reportados con anterioridad para suelos del Sudeste Bonaerense (Echeverría, Bergonzi 1995), los mismos reflejan la historia cultural, ya que el promedio de los suelos bajo pastura fue de 200 mg kg⁻¹ y los sometidos a manejo agrícola prolongado 154 mg kg⁻¹. Un comportamiento similar se determinó para *Na* y *Nq*, ya que los promedios para los suelos bajo pastura fue de 82 y 14 mg kg⁻¹, y para los suelos bajo manejo agrícola de 55 y 10 mg kg⁻¹.

En la Tabla 2 se presentan los estadísticos descriptivos de los parámetros

evaluados. En función de los valores de la media y la mediana, para los años 1994 y 1995, es factible afirmar que el tamaño de la fracción denominada *No* es más del doble del *Na* y ésta a su vez sextuplica a *Nq*. En cuanto a la dispersión de los resultados obtenidos, a pesar de que *No* presenta los desvíos estándar más elevados, los coeficientes de variación (*CV*) fueron los más bajos. El *Nq* presenta los menores desvíos estándar y *Na* valores intermedios. Estos dos índices tuvieron *CV* mayores en el segundo año de medición.

En general, en los dos primeros años evaluados, los valores menores de *No*, *Na* y *Nq*, correspondieron a las muestras de suelo provenientes de la localidad de Anguil con manejo agrícola. Los valores más elevados, se determinaron en las muestras provenientes de la Región Pampeana húmeda con manejo descansado, siendo similares los resultados de las localidades de Balcarce, Rafaela, Pergamino y Paraná. De todos modos, los valores obtenidos aplicando el método *Nq* presentaron el menor rango absoluto, lo que otorga una baja sensibilidad que no permite apreciar las diferencias entre manejos o localidades. Por el contrario, el rango de valores obtenidos con el método *Na* fue aproximadamente siete veces mayor al obtenido con el método de *Nq*, lo que le ofrece

mayor sensibilidad. El comportamiento de estos dos índices es similar al reportado por Carriquiry *et al.* (1999), quienes trabajaron con suelos de diferentes manejos provenientes de la República Oriental del Uruguay.

La relación entre N_o y N_q fue muy similar en ambos años, $R^2=0,59$ y $R^2=0,67$ para 1994 y 1995, respectivamente (Figura 2). No obstante, las pendientes difirieron significativamente ($P>0,05$), según la prueba de paralelismo, por lo que no es factible emplear una única ecuación para estimar el N_o . Estos resultados, junto con el escaso rango de concentración, constituyen una seria limitante a la posibilidad de emplear este método rápido para estimar N_o , aunque ofrezca las ventajas de estar menos afectado por el pretratamiento de la muestra como secado al aire, tamizado y tiempo de almacenamiento (Keeney 1982). Probablemente, el reducido ajuste del método

N_q pueda deberse a que ningún reactivo químico es capaz de simular la actividad de los organismos del suelo o liberar selectivamente el nitrógeno disponible a partir de una fracción más lábil (Bremner 1965).

Se obtuvo un aceptable ajuste entre los valores de N_{an} y N_o (Figura 3), en el primer año evaluado ($R^2=0,59$) y el mismo fue superior aún en el segundo año ($R^2=0,88$). Las pendientes obtenidas no difirieron significativamente ($P<0,05$), según la prueba de paralelismo, por lo que es factible emplear una única ecuación para ambos años, 1994 y 1995, ($N_o=75,30+1,48 N_{an}$ $R^2=0,72$).

A fin de confirmar la estabilidad de la relación entre N_o y N_{an} se consideró de interés incorporar al análisis muestras de suelo de las campañas 1996 y 1997 con manejo agrícola y diferente sistema de labranza (Tabla 1). El valor promedio de CV del método N_{an} para los cuatro años analizados (Tabla 2) es

Tabla 2. Parámetros estadísticos de los métodos evaluados: nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o), incubación anaeróbica de corta duración (N_{an}) y método químico de digestión con KCl (N_q) en los suelos estudiados.

Table 2. Statistics parameters of evaluated methods: potentially mineralizable nitrogen (N_o), short term anaerobic incubation (N_{an}) and chemical method with KCl digestion (N_q), in the studied soils.

Año	Método	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	DE*	CV*	
		-----mg N kg ⁻¹ suelo-----					%	
1994	No	168,9	164,0	270,0	120,0	40,9	24,2	
	Na	67,2	62,9	130,3	46,9	23,6	35,1	
	Nq	10,8	10,7	15,5	7,0	2,7	25,3	
1995	No	173,9	165,0	286,0	125,0	47,1	27,0	
	Na	61,4	54,9	130,3	36,2	26,9	43,8	
	Nq	11,2	10,8	24,5	5,6	5,9	52,8	
1996	No	159,3	159,0	199,0	127,0	20,9	13,2	
	Na	50,5	48,0	91,0	27,0	23,2	45,9	
1997	No	141,0	124,0	200,0	97,0	31,5	26,6	
	Na	47,4	49,0	58,0	37,0	6,6	13,9	

* DE= Desvío estándar ; CV= Coeficiente de variación

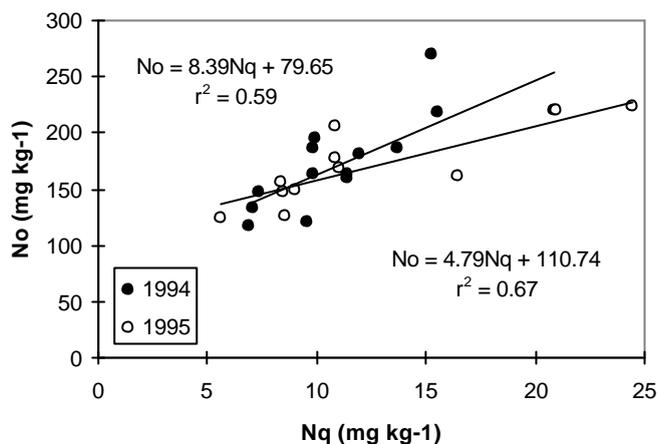


Figura 2. Relación entre el nitrógeno potencialmente mineralizable (No) y el método químico de digestión con KCl (Nq), de muestras de suelo tomadas durante las campañas 1994 y 1995 .

Figure 2. Relationship between potentially mineralizable soil nitrogen (No) and chemical method with KCl digestion (Nq), of soil samples taking during 1994 and 1995.

coincidente con el reportado por Carriquiry *et al.* (1999).

Los valores promedio de No para siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) prácticamente no difieren (156 y 152 mg kg⁻¹, respectivamente), y lo mismo ocurre con los valores promedio de Na para los mismos sistemas de labranza (51 y 50 mg kg⁻¹, para

SD y LC, respectivamente). Probablemente, los similares valores promedio de materia orgánica en los suelos analizados (55,2 y 55,5 g kg⁻¹ en SD y LC, respectivamente) explicarían dichos resultados. En línea con estos resultados, Berg (1998) determinó durante el ciclo del cultivo de trigo, escasas diferencias en los contenidos de Na entre SD

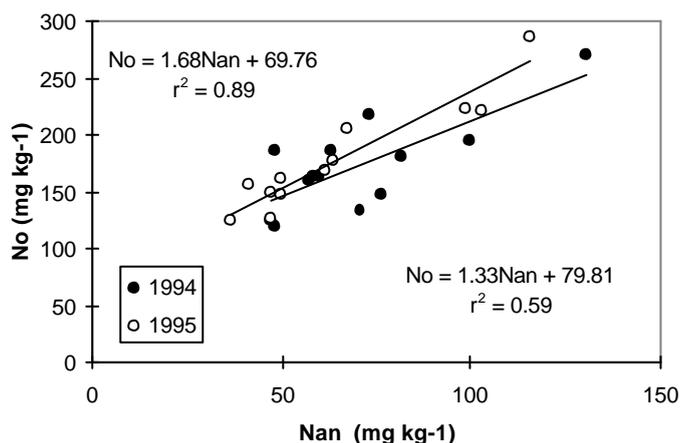


Figura 3. Relación entre el nitrógeno potencialmente mineralizable (No) y el método anaeróbico de corta duración (Na), de muestras de suelo tomadas durante las campañas 1994 y 1995.

Figure 3. Relationship between potentially mineralizable soil nitrogen (No) and short term anaerobic incubation (Na), of soil samples taking during 1994 and 1995.

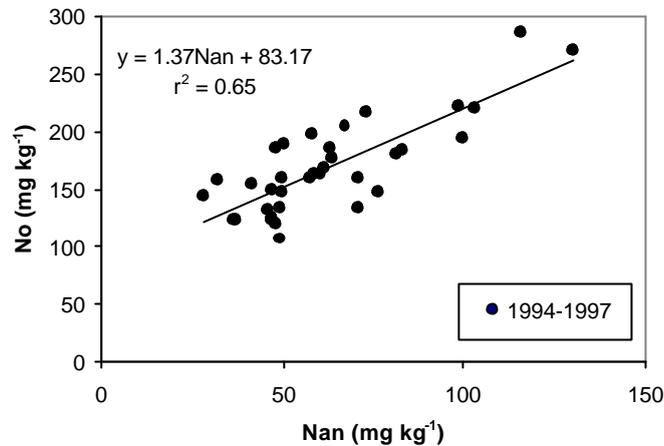


Figura 4. Relación entre el nitrógeno potencialmente mineralizable (No) y el método anaeróbico de corta duración (Na), de muestras de suelo tomadas durante las campañas 1994 y 1997 .

Figure 4. Relationship between potentially mineralizable soil nitrogen (No) and short term anaerobic incubation (Na), of soil samples taking during 1994 and 1997.

y LC. No obstante, este método ha sido señalado como el más sensible para detectar los efectos del uso y manejo del suelo, particularmente en los primeros centímetros del mismo (Morón, Sawchik 1999).

Para la totalidad de las muestras en estudio se obtuvo un buen ajuste ($R^2=0,65$) entre los valores de Na y No (Figura 4), lo que permitiría efectuar estimaciones de este último en función del Na. Entre las ventajas de este método se mencionan, poca o ninguna influencia del pretratamiento de la muestra sobre los resultados, requerimientos mínimos de aparatos y reactivos (ya que sólo debe determinarse $N-NH_4^+$) y ausencia de los problemas relacionados con el ajuste de las condiciones de humedad óptimas durante la incubación. Además, a igualdad de temperatura y tiempo de incubación, se liberará más nitrógeno mineral en condiciones de anaerobiosis que en aerobiosis (Keeney 1982, Bundy, Meisinger 1994).

Los resultados obtenidos permiten concluir que el método químico de extracción con KCl no permite efectuar estimaciones del No, por el contrario, el método biológico de incubación corta Nan se asocia al No y dicha asociación no difiere entre años, ni entre sistemas de manejo de cultivos. Por lo tanto, es factible su empleo como una alternativa

rápida, económica y sencilla para estimar el No.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los proyectos PICT-97 08/089 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, y 15/A107 de la FCA-UNMP y por recursos de la Est. Exp. Agrop. INTA de Balcarce.

REFERENCIAS

- Berenson ML, Levine DM, Golztein M. 1983. Intermediate statistical methods and applications. Prentice Hall. 579 pp.
- Bergh RG. 1997. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. Tesis M. Sc. EEA INTA Balcarce- FCA. UNMDP, Balcarce. 75 pp.
- Bremner JM.. 1965. Nitrogen availability indexes. En CA Black *et al.* (Eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, EEUU. p. 1324-1345.
- Bremner J, Keeney D. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Annal. Chem. Acta.* 32 : 485-495.
- Bundy LG, Meisinger JJ. 1994. Nitrogen availability indices. In: Weaver RW *et al.* (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological

- and Biochemical Properties Nº 5 Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU. 951-984 pp.
- Carriquiry M, Morón A, Sawchik J. Potencial de mineralización de nitrógeno de suelos del área agrícola del Uruguay. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco, Chile. Noviembre 1999.
- Dahnke WC, Johnson GV. 1990. Testing soils for available nitrogen. En: Westerman RL *et al.* (Eds.). Soil Testing and Plant Analysis. Nº3 Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU. 127-139 pp.
- Echeverría HE, Bergonzi R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico Nº 135. EEA INTA Balcarce. Balcarce, Buenos Aires. 15 p.
- Echeverría HE, Ferrari JL. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Boletín Técnico Nº 112. EEA INTA Balcarce, Balcarce, Buenos Aires. 18 pp.
- Echeverría HE, Bergonzi R, Ferrari JL. 1994. Un modelo para estimar la mineralización de nitrógeno en suelos de la Provincia de Buenos Aires. Ciencia del Suelo 12 : 56-62.
- Echeverría HE, Sainz Rozas H, Dominguez G, Studdert GA. 1999. Nitrato en el suelo al estadio de seis hojas del maíz como diagnóstico de la nutrición nitrogenada. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Temuco, Chile. Noviembre.
- Gianello C, Bremner JM. 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 17:195-214.
- Keeney DR. 1982. Nitrogen-Availability Indices. In : Page AL *et al.* (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Nº 9. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU. p. 711-733.
- Morón A, Sawchik J. 1999. Nuevos indicadores de carbono y nitrógeno para el diagnóstico de uso y manejo de suelo. Jornada Técnica sobre Biología del Suelo en Siembra Directa. Boletín Especial de la Asoc. Arg. de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires. 37 pp.
- Oyanedel C, Rodríguez J. 1976. Estimación de la mineralización de nitrógeno en condiciones de campo. Ciencia e Investigación Agraria (Chile), 4 : 33-44.
- SAS Institute 1985. SAS user's guide : Statistic. Version 5.18 Ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Stanford G. 1977. Evaluating the nitrogen-supplying capacities of soils. Proc. Int. Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. p. 412-418.
- Stanford G, Hanway J. 1955. Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa soils: a simplified technique for determining relative nitrate production in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19 : 74-77.
- Studdert GA, Echeverría HE. 2000. Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo en el sudeste bonaerense. In: FH Andrade y V Sadras (Eds.). Bases para el manejo del maíz, girasol y soja. INTA Balcarce- FCA. UNMdP. p. 407-437.
- Studdert GA, Echeverría HE, Casanovas EM. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudol. Soil Science Society of American Journal. 61:1466-1472.