

EFECTO DEL HISTORIAL DE CULTIVO EN EL "POOL" DE N LÁBIL Y RESISTENTE DEL SUELO

EFFECT OF SOIL MANAGEMENT HISTORY ON SOIL LABIL AND RESISTENT N POOLS

JOSÉ RODRÍGUEZ S. Y CARLOS SIERRA B.¹
*Departamento de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía
Pontificia Universidad Católica de Chile*

SUMMARY

The effect of the input of crop organic residues on different soil N parameters and soil N supply was studied in different Chilean soils.

Andisols on the South Zone presented the highest levels of potentially mineralizable N and N mineralization rate due to the high of fresh residues related to crop history. Andisols are followed by Ultisols, Vertisols and, finally, Inceptisols of the Central Zone with agrosystems allowing a more intensive use of the soil and therefore a minor input of fresh residues.

The N pool size and the mineralization rate decreased and soil cultivation. Soil management and crop history, past and recent, were found to be more important than soil and climatic characteristics on soil N supply.

1. INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior Sierra y Rodríguez (1986) mostraron el efecto del manejo pasado y reciente en la mineralización de N del suelo. El incremento de la mineralización de N se debía a un mayor "input" de residuos en los suelos con un período más prolongado de praderas en el agrosistema, en relación con aquellos sujetos a una sucesión de cultivos.

Por lo tanto, la mineralización de N estará dada por un "pool" de N estabilizado o resistente (Rodríguez y Silva, 1984a) producto del historial de cultivo del agrosistema y por la de un "pool" lábil de N resultante de la incorporación reciente (cultivo anterior) de residuos, junto a la de un "pool" lábil desprotegido, consecuencia del laboreo del suelo.

El presente trabajo tiene por objeto determinar en suelos con distinto historial de cultivo, el tamaño de los "pool" lábil y resistente y sus constantes de mineralización de N.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Suelos y muestreo

Se escogieron 29 muestras de suelos en la Zona Sur y Central, correspondiendo 19 muestras a Andisoles y seis muestras a Ultisoles de la Zona Sur, provenientes de los suelos Nueva Braunau, Corte Alto y Osorno. El suelo Cudico se muestreó como representativo de los Ultisoles. En la Zona Central se seleccionaron dos Vertisoles (Agua del Gato y San Vicente) y dos Inceptisoles (Maipo y Graneros). Los suelos se

¹Estación Experimental Remehue, INIA. Casilla 1110, Osorno.

²Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile con el N° 432/87. Fecha de recepción: 5 de junio de 1987.

ubican entre los paralelos 33° y 41° de latitud Sur.

El muestreo se orientó a obtener suelos con diferente intensidad de manejo con cultivos y praderas. El suelo Nueva Braunau se muestreó con un manejo de 1 a 10 años de cultivo y de 5 a 20 años de pradera. El suelo Corte Alto se muestreó con un manejo de 2 a 5 años de cultivo y de 5 a 10 años de pradera. Las muestras de suelo Osorno corresponden a un ensayo de larga duración (8 años) en pradera con diferentes tratamientos de fertilización: testigo, 85 kg/ha de P_2O_5 y alta fertilización ($N_{150}-P_2O_5_{300}-K_2O_{100}$) desarrollado en la Estación Experimental Remehue (INIA). El suelo Cudico se muestreó con 3 y 6 años de cultivo y 3 a 10 años de pradera. Los Vertisoles corresponden a los suelos Agua del Gato y San Vicente, manejados con sucesión de cultivos y monocultivo de maíz por 15 años, respectivamente. Los Inceptisoles se muestrearon con manejo de 6 años de cultivo para el suelo Maipo y 6 años de pradera para el suelo Graneros.

Las muestras se colectaron en febrero de 1984 a una profundidad de 20 cm y se procesaron y analizaron con humedad de campo y se tamizaron por 2 mm y por 0,5 mm.

Las características físico-químicas de los suelos muestreados fueron señaladas por Sierra y Rodríguez (1986).

2.2. Incubación de las muestras de suelo y determinación del N potencialmente mineralizable (N_o) y de la constante (k) según un modelo no lineal

Se utilizó el método propuesto por Standford y Smith (1972) con algunas modificaciones señaladas por Oyanedel y Rodríguez (1977). Las muestras se incubaron a 30°C por períodos de 1; 2; 3; 10,6 y 14,6 semanas con cuatro repeticiones. Después de cada período de incubación el N mineralizado se determinó por destilación con arrastre de vapor.

El cálculo del (N_o) y de la constante de mineralización (k) se obtuvo de la ecuación de primer orden $N_o = N_t (1-10^{-kv/2,303})$ según ajuste lineal. En el primer caso se determinó por separado el (N_o) y la constante de mineralización (k) correspondiente al N mineralizado en las primeras tres semanas y, además, se

determinó el (N_o) y (k) para el nitrógeno mineralizado a partir de la tercera semana y hasta las 14,6 semanas.

El modelo no lineal se obtuvo mediante un programa computacional NIFT (FORTRAN) desarrollado por Reynolds y Beauchamp (1984) que permite obtener una estimación numérica de los parámetros N_o y k .

El modelo lineal permitió estimar el (N_o) y (k) del "pool" lábil con el N mineralizado desde la primera a la tercera semana y el (N_o) y (k) del "pool" resistente con el N mineralizado a partir de la tercera semana y hasta las 14,6 semanas, de acuerdo a Molina *et al.* (1983) y Rodríguez y Silva (1984a).

2.3. Suministro de N

La estimación del suministro de N para todos los suelos se obtuvo del N potencialmente mineralizable (N_o) y de la constante de mineralización (k) calculados según $N_o = N_t (1-10^{-kv/2,303})$ por ajuste no lineal, asumiendo una eficiencia de utilización del 55% para el N mineralizado.

La tasa de mineralización de N de los diferentes suelos fue ajustada según Standford *et al.* (1973) por las temperaturas en las Estaciones Experimentales de La Platina y de Remehue (INIA).

El suministro de N se estimó considerando las siguientes épocas de rotura del suelo: marzo, agosto y enero. El contenido de humedad del suelo se consideró óptimo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o) y constantes de mineralización (k) del pool lábil, resistente y total

En el cuadro 1 se presentan los contenidos de nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o) y los valores de la constante de mineralización (k) según un modelo lineal y un modelo no lineal, en los suelos con distinto manejo.

En general, se observa una relación entre los contenidos de nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o) y el manejo de los suelos. Los valores del N potencialmente mineralizable y de la constante (k) de mineralización según el modelo lineal y no lineal son distintos. En

CUADRO 1

HISTORIAL DEL MANEJO DE LOS SUELOS, NITRÓGENO POTENCIALMENTE MINERALIZABLE (N_0) Y CONSTANTE DE MINERALIZACIÓN (k) DEL "POOL" LÁBIL, RESISTENTE Y TOTAL, SEGÚN MODELO LINEAL Y NO LINEAL

Soil management, potential mineralizable N, mineralization constant, labil, resistant and total pools, according to a lineal and a non lineal model on Andisols, Ultisols, Vertisols and Inceptisols

Suelo	Manejo		Ajuste lineal						Ajuste no lineal		N_0 del N total (%)
	Tipo	Años	"Pool" lábil		"Pool" resist.		Total		N_0 (Nppm)	k (sem^{-1})	
			N_0 (Nppm)	k (sem^{-1})	N_0 (Nppm)	k (sem^{-1})	N_0 (Nppm)	k (sem^{-1})			
<i>N. Braunau</i> Andisol	Cultivo	1	159	0.20	458	0.031	617	0.050	453	0.131	4.1
		2	100	0.09	315	0.033	415	0.054	363	0.098	4.5
		3	90	0.18	272	0.031	363	0.055	298	0.109	3.2
		4	106	0.11	285	0.030	311	0.056	258	0.154	2.9
		7	82	0.12	125	0.032	207	0.061	160	0.143	2.1
	Pradera	10	46	0.15	254	0.033	300	0.043	186	0.095	2.4
		5	92	0.18	303	0.029	395	0.052	338	0.092	3.8
		6	96	0.14	278	0.040	374	0.053	313	0.108	3.3
		8	94	0.15	492	0.033	586	0.044	510	0.061	5.1
		10	111	0.12	520	0.034	631	0.048	540	0.069	5.4
20	154	0.18	410	0.031	564	0.060	415	0.150	3.8		
<i>Corte Alto</i> Andisol	Cultivo	2	130	0.13	365	0.030	495	0.051	369	0.130	3.4
		4	100	0.14	394	0.036	494	0.050	368	0.098	3.7
		5	89	0.18	540	0.031	629	0.050	379	0.089	4.0
	Pradera	5	117	0.17	411	0.028	528	0.050	374	0.119	3.8
		10	173	0.21	350	0.031	523	0.053	386	0.205	4.0
<i>Osorno</i> Andisol	Pradera	8	98	0.19	281	0.031	379	0.053	319	0.107	3.5
		8	115	0.09	384	0.039	499	0.062	414	0.098	4.2
		8	100	0.16	459	0.029	559	0.049	462	0.074	4.8
<i>Cudico</i> Ultisol	Cultivo	3	56	0.10	171	0.039	227	0.050	272	0.062	6.8
		6	55	0.09	178	0.039	233	0.052	192	0.101	4.6
	Pradera	3	57	0.06	301	0.033	358	0.045	295	0.067	7.0
		5	61	0.06	325	0.033	386	0.044	285	0.076	7.1
		7	53	0.05	325	0.031	378	0.040	317	0.057	5.5
		10	50	0.04	376	0.028	426	0.034	368	0.045	7.7
<i>Agua Gato</i> Vertisol	Cultivo	8	32	0.07	150	0.035	182	0.048	102	0.066	3.6
<i>San Vicente</i> Vertisol	Mono	15	20	0.08	105	0.032	125	0.043	104	0.047	3.5
	Cultivo										
<i>Maipo</i> Inceptisol	Cultivo	6	30	0.07	136	0.037	168	0.049	103	0.066	8.6
<i>Graneros</i> Inceptisol	Pradera	8	49	0.08	178	0.038	219	0.060	169	0.086	8.0

todos los suelos estudiados los valores de nitrógeno potencialmente mineralizable total estimados por el modelo lineal son aproximadamente un 25% más altos que los valores del nitrógeno potencialmente mineralizable esti-

mados por el modelo no lineal. Los valores más altos de nitrógeno potencialmente mineralizable según el ajuste lineal se deberían a que, al estimar los valores recíprocos de nitrógeno mineralizado acumulado, incluyendo las dos

primeras semanas, se produciría un énfasis debido a los valores iniciales. Molina *et al.* (1980) fueron los primeros en señalar que el empleo de un ajuste de cuadrados mínimos no lineales para todos los períodos de incubación permite una mejor estimación. En general, la estimación del suministro de nitrógeno con el modelo lineal tiende a sobreestimar el nitrógeno mineralizado.

Los Andisoles presentan los niveles más altos de nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o), con valores que varían entre 160 ppm y 540 ppm de N, seguidos por los Ultisoles con niveles entre 192 y 368 pp, de N según el ajuste no lineal. Los Vertisoles e Inceptisoles muestran los valores más bajos de (N_o), fluctuando entre 102 y 169 ppm de N.

El contenido de N potencialmente mineralizable de los Andisoles es superior al señalado por Smith *et al.* (1980) y por El-Haris *et al.* (1983) que presentan valores entre 125 y 156 pp, en suelos de USA manejados con trigo de secano y alternado con leguminosas, respectivamente, y por Campbell *et al.* (1981) en suelos australianos. Sin embargo, muestran contenidos similares a los indicados por Griffin y Laine (1983) en suelos de USA manejados con fertilización orgánica. Los valores señalados por Rodríguez y Silva (1984a) para Andisoles del Sur son similares a los del presente estudio debido a que corresponden a suelos similares. El alto contenido de N_o de los Andisoles se debería, por una parte, a una alta acumulación de N orgánico del "pool" resistente acumulado en un historial de manejo caracterizado por una alta proporción de praderas en el agrosistema que determina un alto "input" de residuos. Por otra parte, el procesamiento de la muestra determina una desestabilización del "pool" lábil de N-orgánico protegido físicamente en el suelo y también la mineralización de parte del "pool" lábil de los residuos frescos de la pradera no eliminados.

Los Vertisoles e Inceptisoles muestran niveles más bajos que los Andisoles y similares a los señalados para estos grupos de suelos por Smith *et al.* (1980) y Campbell *et al.* (1981).

En general, se puede señalar que los (k) calculados a partir del uso del modelo no lineal, son más altos que en el modelo lineal, lo

que se debería a la inclusión del N mineralizado en las dos primeras semanas.

Los valores de las constantes de mineralización para los 29 suelos estudiados varían entre 0,045 y 0,205 con un promedio de 0,095, valor más alto al señalado por Standford y Smith (1972), Oyanedel y Rodríguez (1977) y Prado y Rodríguez (1978), con un modelo lineal.

Sin embargo, Juma *et al.* (1984), Molina *et al.* (1980) y El-Haris (1983) estudiando suelos de Canadá y USA, respectivamente, han reportado valores de (k) similares a los del presente trabajo, estimados con un modelo no lineal. Por otra parte, Griffin y Laine (1983) estudiando varios suelos de Connecticut (USA) determinaron valores de (k) ligeramente inferiores que oscilaban entre 0,024 y 0,081 a 35°C.

La constante de mineralización (k) de los Andisoles es aproximadamente el doble de los valores de k de los suelos de la Zona Central. Esto se debería a la distinta naturaleza de los residuos frescos de los Vertisoles e Inceptisoles de la Zona Central intensamente cultivados y la de los Andisoles bajo praderas. Pinck *et al.* (1950) y Hunt (1977) han señalado que la heterogeneidad de los residuos lábiles incorporados en los suelos determinan que estos muestren distintas constantes de mineralización de N.

Además, los suelos presentan un rango más amplio de valores que los estimados con el modelo no lineal. Esta mayor variación de los (k) estaría determinada por la distinta labilidad de los residuos frescos. El estrecho rango de valores de (k) obtenidos por Standford y Smith (1972), Oyanedel y Rodríguez (1977) y Campbell *et al.* (1981) al usar el método propuesto por Standford y Smith (1972) sugiere la universalidad de una tasa constante de mineralización para los suelos de 0,054 y que las formas de N orgánico que contribuyen al N_o son similares. Sin embargo, Juma *et al.* (1984) señalan que la existencia de un "pool" de N orgánico homogéneo y continuo en el suelo es poco probable ya que diversos estudios del ciclo interno del N permiten señalar que el N en el suelo está presente en diversas fracciones, las cuales presentarían diferentes tasas de mineralización. La tasa constante de mineralización del N orgánico sugerida por Standford y Smith (1972) corresponde a la tasa del "pool" resistente, ya

C U A D R O 2
HISTORIAL DEL MANEJO Y SUMINISTRO DE NITRÓGENO DEL SUELO
EN EL PERÍODO DE LOS CULTIVOS DE INVIERNO, PRIMAVERA
Y ANUAL

*Soil management and N supply in the crop period of winter, spring
and annual*

Suelo	Manejo		N mineralizable durante el cultivo (*)		
	Tipo	Años	Invierno (Mar.-Dic.)	Primavera (Ago.-Ene.)	Anual (Ene.-Dic.)
			----- (N, kg/ha) -----		
<i>N. Braunau</i> Andisol	Cultivo	1	148	112	178
		2	119	90	142
		3	97	74	117
		4	84	64	101
		7	52	40	63
	Pradera	10	61	46	73
		5	111	83	133
		6	102	77	123
		8	167	126	200
		10	177	133	212
	20	135	102	163	
<i>Corte Alto</i> Andisol	Cultivo	2	120	91	145
		4	120	90	145
		5	124	94	149
	Pradera	5	122	92	147
		10	126	95	152
<i>Osorno</i> Andisol	Pradera	8	104	79	125
		8	135	102	163
		8	151	114	182
<i>Cudico</i> Ultisol	Cultivo	3	100	77	122
		6	70	54	86
	Pradera	3	127	99	156
		5	124	96	151
		7	137	106	168
		10	159	123	194
<i>Agua del Gato</i> Vertisol	Cultivo	8	79	72	89
<i>San Vicente</i> Vertisol	Mono	15	73	61	79
	Cultivo				
<i>Maipo</i> Inceptisol	Cultivo	6	66	58	76
<i>Graneros</i> Inceptisol	Pradera	6	120	107	133

*Se considera una eficiencia de recuperación por el cultivo del N-orgánico de 0,55 y las temperaturas promedio mensuales del suelo (Prado y Rodríguez, 1978).

que estos autores en su metodología eliminaban el N mineralizado en las dos primeras semanas de incubación cuando se mineraliza la mayor parte del "pool" lábil. Stanford y Smith (1972) y Oyanedel y Rodríguez (1977) trabajaron con suelos con un manejo muy intensivo (sucesión de cultivos) el cual determina un bajo "input" de residuos y, por lo tanto, un "pool" lábil poco significativo.

La existencia de diferentes tasas de mineralización de los residuos orgánicos fue reconocida posteriormente por Mary y Remy (1979), Molina *et al.* (1983) y Rodríguez y Silva (1984b).

3.2. Suministro de N

En el cuadro 2 se presenta la estimación del N mineralizado de un cultivo de invierno (marzo-diciembre), de primavera (agosto-enero) y el suministro anual (enero-diciembre), para los distintos suelos con diferente historial de manejo.

Los suministros de N estimados según el N mineralizado y la constante (k) están determinados por el manejo de los suelos y sus condiciones ecológicas. El suministro de N para cultivos de invierno (marzo-diciembre) presenta valores más bajos que el suministro anual. Andisoles y Ultisoles presentan el mayor aporte de N con valores entre 100 y 150 kg/ha de N. Los Vertisoles e Inceptisoles aportan entre 66 y 120 kg/ha de N. El suministro de N del suelo para un cultivo de primavera con laboreo del suelo en agosto es más bajo aún. Esto se explicaría por la menor temperatura del invierno al momento de la rotura del suelo. Esta menor mineralización implica una mayor probabilidad de respuesta al nitrógeno por los cultivos. Experimentalmente se ha observado que la respuesta al nitrógeno por el trigo sembrado en primavera es mayor que la mostrada por el trigo de invierno. Sierra (1977, no publicado).

En general, los suelos de la Zona Sur presentan un mayor suministro de N que los suelos de la Zona Central, esto se debería al mayor nivel de residuos orgánicos frescos de N estabilizado en los Andisoles y Ultisoles, como ha sido señalado anteriormente.

Al comparar los suelos de la Zona Central y Sur, se observa que los suministros de N están

más afectados por el manejo del suelo que por el tipo de suelo. El suelo Nueva Braunau con 5 años de pradera suministra la misma cantidad de N que el suelo Graneros con 6 años de pradera, aún cuando el Andisol presenta un 100% más de N total. Estas diferencias se deberían a las temperaturas más bajas de la Zona Sur. Por otra parte, el suelo Nueva Braunau con 10 años de cultivo presenta un suministro de N similar al suelo Maipo con 6 años de cultivo. El incremento de la fertilización mineral en el suelo Osorno produce un mayor suministro de N debido a la mayor acumulación de residuos orgánicos frescos.

Por otra parte, el suministro anual de N puede ser un índice del aporte de N del suelo en la pradera permanente, como indican Curll (1982) y Whitehead (1970). El N reciclaría como una eficiencia del 55 y 70% según se trate de pastoreo con ganado lechero y/o ganado de carne. De acuerdo al suministro estimado a partir del nitrógeno potencialmente mineralizable (Cuadro 2) y utilizando una eficiencia de 70% se obtuvo una producción estimada más alta de materia seca que la obtenida experimentalmente por Bernier (1983), de 8.500 kg/ha de materia seca para el tratamiento con fertilización fosfatada.

La sobreestimación del suministro de N podría explicarse, en parte, por el aporte de nitrógeno estabilizado desprotegido por efecto de la distribución de la muestra de suelo en el laboratorio. Esta sobreestimación del (N_o) correspondería al efecto del laboreo de los suelos.

Es interesante señalar que con la sola aplicación de fósforo a la pradera se obtienen 8.500 kg/ha de materia seca, lo que indicaría que el suministro de nitrógeno del suelo permite alcanzar dicha producción. En las praderas permanentes el pastoreo con ganado lechero, sin un aporte adecuado de N de las leguminosas, determinará un rápido agotamiento de los residuos orgánicos frescos si no se considera la devolución de los residuos animales. Para mantener la producción de carne y leche establecida por Siebald (1983) y Goic e Hiriart (1982), las pérdidas anuales de N del sistema deberían ser menores a 30 kg/ha de N.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se estudió el efecto del manejo del suelo

sobre el nitrógeno potencialmente mineralizable (N_o), la constante de mineralización de N (k), el aporte natural de residuos orgánicos y el suministro de N del suelo. Para ello se colectaron 29 muestras de suelos de la Zona Sur y Central con diferente historial de intensidad de cultivo.

Los Andisoles de la Zona Sur presentaron los mayores niveles de N potencialmente mineralizable y tasas de mineralización de N debido al mayor "input" de residuos frescos de su historial de cultivo predominante. A continua-

ción siguieron los Ultisoles, Vertisoles y finalmente los Inceptisoles de la Zona Central con agrosistemas de un uso más intensivo del suelo y un menor aporte, por consiguiente, de residuos frescos.

El N potencialmente mineralizable y las tasas de mineralización decrecieron al intensificarse el cultivo del suelo. El historial del cultivo del suelo, tanto pasado como reciente, determinó en mayor medida el suministro de N que las características del suelo y su medio ecológico.

5. LITERATURA CITADA

- BERNIER, V.R. 1983. Informe Técnico Anual. Estación Experimental Remehue, INIA.
- CAMPBELL C.A., R.J.K. MYERS y K.L. WEIER. 1981. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. *Australian Journal Soil Res.* 18: 323-32.
- CURLL M.L. 1982. The grass and clover content of pasture grazed by sheep. *Herbage Abstracts* 52: 9.
- EL-HARIS, M.K., V.L. COCHRAN, L.P. ELLIOTT y D.P. BEZDICEK. 1983. Effect of tillage, cropping and fertilizer management on soil nitrogen mineralization potential. *Soil. Sci. Soc. Austr. J.* 47: 1157-1161.
- GOÍC, L.M. y M. HIRIART L. 1982. Efectos de cuatro niveles de fertilización en una pradera mixta, en producción de leche. I. Efectos en disponibilidad y valor nutritivo. *Agricultura Técnica* 42(4): 293-297.
- GRIFFIN, G.F. y A.F. LAINE. 1983. Nitrogen mineralization in soils previously amended with organic wastes. *Agronomy Journal* 75: 124-129.
- HUNT, M.W. 1977. A simulation model for decomposition in grasslands. *Ecology* 58: 469-484.
- JUMA, N.G., E.A. PAUL y B. MARY. 1984. Kinetic analysis of net nitrogen mineralization in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 76-80.
- MARY, B.J. y J.C. REMY. 1979. Essai d'appréciation de la capacité de mineralization de l'azote de sols de grande culture. *Ann. Agron.* 30: 513-527.
- MOLINA, J.A.E., C.E. CLAPP y W.E. LARSON. 1980. Potentially mineralizable nitrogen in soil: The simple exponential model does not apply for the first 12 weeks of incubation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 442-443.
- MOLINA, J.A.E., C.E. CLAPP, M.J. SCHAEFER, F.W. CHICHESTER y W.E. LARSON. 1983. N.C. soil, a model of nitrogen and carbon transformation in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 85-91.
- OYANEDEL, C. y J. RODRÍGUEZ. 1977. Estimación de la mineralización del N en el suelo. *Ciencia e Inv. Agraria* 4(1): 33-44.
- PINCK, L.A., F.E. ALLISON y M.S. SHERMAN. 1950. Maintenance of soil organic matter. II. Losses of carbon and nitrogen from young and mature plant materials during decomposition in soil. *Soil Science* 69: 391-401.
- PRADO, O. y J. RODRÍGUEZ. 1978. Estimación de las necesidades de fertilización nitrogenada del trigo. *Ciencia e Inv. Agraria* 5(1): 29-40.
- REYNOLDS, W.D., E.G. BEAUCHAMP. 1984. Comments on potential errors in the first-order model for estimating soil nitrogen mineralization potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(3): 698.
- RODRÍGUEZ, J.S. y E.H. SILVA. 1984 a. Estimación de la mineralización de N y requerimientos de N de los cultivos en suelos con distinto manejo. *Ciencia e Inv. Agr.* 11(1): 73-80.
- RODRÍGUEZ, J.S. y E.H. SILVA. 1984b. Nitrógeno potencialmente mineralizable en Andisoles. *Ciencia e Inv. Agraria* 11(1): 81-88.
- SIEBALD, E.SCH., K. MATZNER y M. BECKER. 1983. Mejoramiento de praderas naturales del Llano Central de la Xª Región. *Agricultura Técnica* 43(4): 313-321.
- SIERRA, C. y J. RODRÍGUEZ. 1986. Efecto del manejo del suelo en el suministro de N. *Ciencia e Inv. Agraria* 13(3): 231-238.
- SMITH, J.L., R.R. SCHNABEL, B.L. NEAL y G.S. CAMPBELL. 1980. Potential errors in the first

- order model for estimating soil nitrogen mineralization potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 996-1000.
- STANFORD, G. y S.J. SMITH. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36: 465-472.
- STANFORD, G., M.H. FRERE y D.H. SCHWANINGER. 1973. Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization. *Soil Science* 115: 321-323.
- WHITEHEAD, D.C. 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. *The Grassland Research Institute, Hurley Bulletin* 48. 202 pp.