

MINERALIZACIÓN DE UREA EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Rosa M. Palma y Marta E. Conti

Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA
Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires.

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue determinar el efecto del cultivo y profundidad a la que se extrae la muestra sobre la actividad ureásica del suelo. Además se estableció su asociación con las principales variables físico-químicas del suelo y con la velocidad de mineralización de urea en suelos incubados a 25°C durante ocho semanas. La actividad ureásica resultó ser más elevada en suelos con pastura natural que en los cultivados, especialmente en muestras obtenidas de 0 a 2,5 cm. En suelos cultivados, la actividad ureásica no presentó variaciones en muestras recogidas a las dos profundidades ensayadas (0 - 2,5 cm y 0 - 15 cm). En todos los suelos el carbono orgánico y el nitrógeno total fueron las variables más afines a la actividad ureásica. La mineralización de urea se realizaba en general, sin acumulación de NH_4^+ o NO_2^- . Sólo con agregados masivos de urea en suelos de baja actividad enzimática, se observó acumulación de estos compuestos junto a pérdidas de N-mineral. En estos casos, el valor de pH original se transformó en ácido o alcalino según los contenidos de NO_3^- o NH_4^+ presentes en las muestras.

Palabras clave: actividad ureásica, mineralización de urea.

UREA MINERALIZATION IN SOILS OF BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

The aim of this paper was to determine the effect of crops and depth of sample extraction on soil urease activity. The association both with the main soil physico-chemical properties and the rate of urea mineralization was also determined. Urease activity was higher in grassland soils than in plowed soils, especially in samples taken from a 2.5 cm depth. The urease activity in samples taken at two depths (0 - 2.5 and 0 - 15 cm) of plowed soils appeared to be similar. The main correlation appeared between organic carbon or total nitrogen and the soil urease activity for all the studied samples. Urea mineralization was generally performed without ammonium or nitrite accumulation. Only when a great amount of urea was added to soils with low enzymatic activity, an accumulation of these compounds together with N-mineral losses was observed. In these cases, the original pH changed to acid or alkaline values according to the nitrate or ammonium content measured in each soil sample.

Key words: urease activity, urea mineralization.

INTRODUCCION

La ureasa (E. C. 3.5.1.5.) es una enzima de gran importancia agrícola, por cuanto cataliza la conversión de la urea, procedente de excretas animales o añadida como fertilizante, a amoníaco y dióxido de carbono. Esta transformación ocurre de manera rápida en casi todos los suelos dependiendo su tasa de descomposición de la intensidad de los mecanismos químicos y enzimáticos. La correlación entre la actividad ureásica (AU) y diversas características físico-químicas del suelo han sido estudiados por varios investigadores. La mayoría de ellos han encontrado que la AU está correlacionada con el carbono orgánico, nitrógeno, azufre total, capacidad de intercambio catiónico, pH, contenidos de limo más arcilla, humedad y actividad proteásica (Zantua et al., 1977; Dash et al., 1981). Reynolds et al., (1985) hallaron grandes variaciones en la AU dependiendo de la profundidad de la muestra obtenida y del tipo de vegetación.

El propósito de este estudio fue determinar el efecto del manejo sobre la actividad ureásica, así como la localización de la profundidad a la que se toma la muestra y la relación con las propiedades físico-químicas del suelo. Además se cuantificó la transformación de urea en formas inorgánicas de nitrógeno disponibles para vegetales y microorganismos durante un período de ocho semanas de incubación de muestras de suelos.

MATERIALES Y METODOS

Fueron analizadas 25 muestras de suelo de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1), por presentar una amplia gama de diferencias en sus propiedades físicas y químicas. En cada estación estudiada se eligieron dos sitios contiguos, uno bajo manejo de forrajeras cultivadas y el otro con pastura natural. Las características de los suelos figuran en la Tabla 1. En cada sitio las muestras compuestas (10 submuestras por cada muestra) fueron extraídas de 0 a 2,5 cm y de 0 a 15 cm de profundidad. Esta selección se realizó con el propósito de corroborar si la profundidad de 0 - 15 cm que se emplea para el análisis de la muestra de rutina podría ser aplicada a la determinación de la actividad ureásica. Las muestras con su humedad natural se llevaron refrigeradas al laboratorio (4° C) donde fueron pasadas a través de un tamiz de 2 mm con malla no metálica. Una alícuota se colocó en bolsa plástica cerrada herméticamente y se almacenó a 4° C, valorándose la AU. El remanente fue secado

al aire durante 48 h a temperatura ambiente y posteriormente colocado en bolsa plástica, realizando en esta fracción las determinaciones físico-químicas.

Las propiedades físico-químicas fueron cuantificadas empleando métodos de rutina. El carbono orgánico fue medido según la técnica de Walkley y Black (Black, 1965). El nitrógeno total se determinó por la técnica de microkjeldahl (Conti et al., 1976). Las determinaciones de NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ se analizaron por destilación con arrastre de vapor (Richter, 1980). La capacidad de intercambio catiónico se evaluó de acuerdo al procedimiento descrito por Richter et al. (1982) y el pH se midió sobre una suspensión suelo/agua de 1:2,5 (p/p).

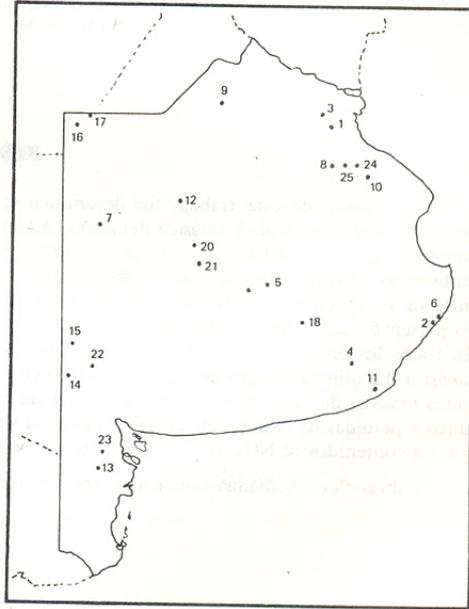


Fig. 1. Ubicación geográfica de las muestras.

- 1- Pilar (Argiudol); 2- Ostende (Udipsament); 3- Capilla del Señor (Argiudol); 4- Balcarce (Argiudol); 5- Azul (Argiudol); 6- Pinamar (Udipsament); 7- Trenque Lauquen (Hapludol); 8- Cañuelas (Argialbol); 9- Rojas (Argiudol); 10- Brandsen (Argialbol); 11- Miramar (Udipsament); 12- Carlos Casares (Hapludol); 13- Pedro Luro (Haplustol); 14- Villa Iris (Haplustol); 15- Darregueira (Haplustol); 16- Santa Regina (Haplacuo); 17- Cañada Seca (Argiacuo); 18- Tandil (Argiudol); 19- Hinojo (Argiudol); 20- Bolívar (Udifluent); 21- Paula (Udifluent); 22- Felipe Solá (Haplustol); 23- Mayor Buratovich (Haplustol); 24- San Vicente (Argialbol); 25- Vicente Casares (Argiudol).

Tabla 1. Intervalos de algunas propiedades de los 25 suelos estudiados en las dos profundidades de muestreo.

Propiedades	Suelo cultivado		Pastura natural	
	0 - 2,5 cm	0 - 15 cm	0 - 2,5 cm	0 - 15 cm
C orgánico (%)	0,33 - 4,80	0,11 - 3,98	1,12 - 5,94	0,59 - 4,00
N total (%)	0,03 - 0,40	0,03 - 0,38	0,11 - 0,58	0,06 - 0,39
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	8,00 - 42,00	7,80 - 41,60	9,40 - 48,00	8,20 - 43,00
Ca ⁺⁺	2,38 - 17,45	2,34 - 17,30	2,55 - 20,40	2,25 - 18,10
Mg ⁺⁺	0,62 - 1,81	0,59 - 1,75	0,80 - 1,81	0,74 - 1,64
K ⁺	1,40 - 2,33	1,36 - 2,28	1,93 - 2,77	1,59 - 2,65
Na ⁺	0,27 - 0,78	0,25 - 0,76	0,29 - 0,70	0,27 - 0,60
pH	4,9 - 7,9	5,0 - 7,9	5,2 - 7,3	4,8 - 7,4
Act. ureásica ($\mu\text{g urea g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	4,84 - 81,52	3,99 - 79,74	20,84 - 132,27	5,18 - 80,24

Actividad ureásica: La AU fue ensayada en relación no tamponada siguiendo la metodología descrita por Zantua y Bremner (1975). Se pesaron 5 g de suelo con agregado de tolueno, agua y urea; se incubaron a 37°C durante cinco horas. De cada una de las muestras se realizaba un blanco o control, produciendo la incubación con acetato de fenilmercurio (inhibidor enzimático) para descontar cualquier hidrólisis de urea no enzimática. Terminada la incubación se cuantificaba la urea hidrolizada por colorimetría.

Incubación de muestras fertilizadas con urea: Para estudiar la evolución del N-mineral producida en suelos con distintas AU incubados con urea, se seleccionaron las 5 muestras que presentaban mayor disparidad entre sus propiedades físico-químicas (Tabla 2). Cada una de las muestras (50 g) colocadas en recipientes de vidrio de 250 cm³ fueron mezcladas con urea (200, 400 y 800 mg kg⁻¹ N-urea) e incubadas durante 8 semanas a una temperatura constante de 25°C. El contenido de humedad próximo a su capacidad de campo fue mantenido por diferencia de peso controlado cada 12 h. Los tenores de pH y de NO₃⁻, NO₂⁻ y NH₂⁺ se determinaron cada semana hasta completar el período de incubación mencionado. En todos los

casos los análisis se efectuaron por triplicado, expresándose los resultados en base a suelo seco a 105°C. El conjunto de datos fue analizado como un diseño en bloques aleatorizados con repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variación de la actividad ureásica con la profundidad de la muestra de suelo

La AU resultó ser más elevada en los suelos con pastura natural que en los cultivados, especialmente en las muestras seleccionadas a menor profundidad (Tabla 1). En los suelos cultivados, la variación de la AU en ambas profundidades fue menor que en los suelos de pastura natural. En estos últimos, la capa de suelo de 0 a 15 cm es removida y mezclada al cultivarse; debido a este efecto, las propiedades de los suelos cultivados podrían presentar valores relativamente uniformes en esta zona. Por lo tanto, es razonable haber encontrado datos parecidos para las muestras de 0 a 2,5 cm y 0 a 15 cm.

En suelos con cobertura de pradera natural, la actividad de la enzima está ligada al conjunto de efectos que ejerce la M.O. en el suelo, como ejemplo la retención de humedad, una mejor agregación, la inmovilización enzimática sobre coloides edáficos en interfase sólido-líquido, el incremento de la humificación, factores que favorecen la proliferación microbiana y la estabilización enzimática extracelular. Este efecto se presenta de manera más acentuada en los primeros 2,5 cm. Por lo tanto, sólo en suelos cultivados puede utilizarse en la determinación de la AU muestras extraídas para análisis químicos de rutina, los que normalmente abarcan una profundidad de 0 - 15 cm.

Tabla 2. Características de los suelos seleccionados para el estudio de mineralización de urea.

Suelo No	Co (%)	Nt (%)	CIC cmol kg ⁻¹	pH	AU (a)	Clase textural
1	1,87	0,17	26,7	5,90	24,12	arcillosa
2	0,28	0,02	8,0	6,92	8,02	franco arenosa
3	1,40	0,12	17,2	7,78	20,92	arcillosa
4	4,80	0,48	31,0	6,12	103,60	franca
5	2,16	0,13	21,5	7,01	74,68	franco limosa

(a) μg de urea hidrolizada $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$

Características físico-químicas del suelo y actividad ureásica

La correlación entre AU y las principales características de los suelos bajo pastura natural y cultivados se presenta en la Tabla 3. En todos los suelos, independientemente del manejo y la profundidad, el carbono orgánico y el nitrógeno total fueron las variables más correlacionadas con la AU. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Frankerberger y Dick (1983) quienes hallaron que el carbono orgánico está ligado a la AU en los suelos superficiales y por Tabatabai (1977) que estableció que la actividad de la enzima disminuye con la profundidad asociándose con el tenor de carbono orgánico. Los suelos cultivados presentaron correlaciones más altas que los de pastura natural con estas variables.

Las muestras obtenidas de 0 - 2,5 cm de profundidad presentaron un coeficiente de correlación

similar a las extraídas de 0 - 15 cm.

Las demás variables presentaron niveles de correlación bajos y en algunos casos no significativos (Tabla 3), resultados que están en concordancia con los hallados por Pancholy y Rice (1973), Zantua et al. (op. cit.), Verstraeten (1978), entre otros.

Incubación de muestras fertilizadas con urea

La adición de urea como fertilizante al suelo desencadena una serie de rápidas reacciones, que afectan la disponibilidad de N-urea para los vegetales. La hidrólisis a carbonato de amonio depende de la AU; pero la posterior transformación en otras formas de nitrógeno disponible para las plantas está relacionada a las condiciones del medio que controlan el proceso de nitrificación. Además del proceso mencionado, parte del NH_4^+ y del NO_3^-

Tabla 3. Coeficientes de correlación lineal (r) entre la actividad ureásica y las propiedades químicas de los suelos.

Muestra	Profundidad (cm)	C. orgánico	N total	CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	pH
Suelo cultivado	0 - 2,5	0,80 ^a	0,79 ^a	0,56 ^b	NS	0,41 ^c	0,47 ^c	NS	NS
	0 - 15	0,76 ^a	0,70 ^a	0,53 ^b	NS	0,40 ^c	0,45 ^c	NS	NS
Pastura natural	0 - 2,5	0,52 ^a	0,47 ^a	0,40 ^c	NS	0,40 ^c	0,43 ^c	NS	NS
	0 - 15	0,57 ^b	0,55 ^b	NS	NS	NS	NS	NS	NS

a, b, c, NS: nivel de significancia al 1 0/00, 1 0/0, 5 0/0 y no significativo, respectivamente.

Tabla 4. Evolución del N-mineral total ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$) y pH en suelos incubados con urea.

Dosis urea (ppm)	Semanas	Suelo 1		Suelo 2		Suelo 3		Suelo 4		Suelo 5	
		N min. (ppm)	pH								
200	1	280	5,70	224	6,12	231	7,40	503	5,50	292	6,80
	2	275	5,20	235	4,97	234	7,77	670	5,38	347	6,43
	4	275	5,00	241	4,90	322	7,70	620	5,16	318	6,00
	6	264	5,12	270	4,89	332	7,80	673	5,40	308	6,18
	8	288	5,13	279	4,90	370	7,91	698	5,44	290	6,29
400	1	458	6,10	434	7,28	417	7,38	688	5,60	464	7,15
	2	520	6,47	464	6,98	380	7,77	672	5,42	520	6,30
	4	428	4,60	474	4,78	463	7,80	700	5,35	444	5,90
	6	519	4,90	490	4,60	487	7,80	777	5,70	499	5,59
	8	540	5,10	505	4,78	465	7,78	809	5,72	466	6,00
800	1	796	7,00	775	8,01	873	7,27	1114	5,79	743	7,88
	2	828	6,50	728	8,70	829	7,48	1160	5,63	775	6,74
	4	707	4,50	578	8,70	823	6,99	1197	5,00	751	5,98
	6	803	4,35	646	7,50	906	7,48	1265	5,12	771	5,90
	8	760	4,37	610	6,80	835	7,78	1183	5,70	798	5,90

puede ser inmovilizado por el edafón y transformarse en N orgánico. Bacterias fijadoras de N pueden liberar NO_3^- y NH_4^+ y los NO_2^- pueden desnitrificarse con las consecuentes pérdidas de N en forma gaseosa.

La concentración de NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- de los suelos durante el período de incubación se presenta en la Tabla 4 y Figura 2. A los datos presentados se les descontó los valores de las formas de N inorgánico anteriores a la fertilización (semana 0).

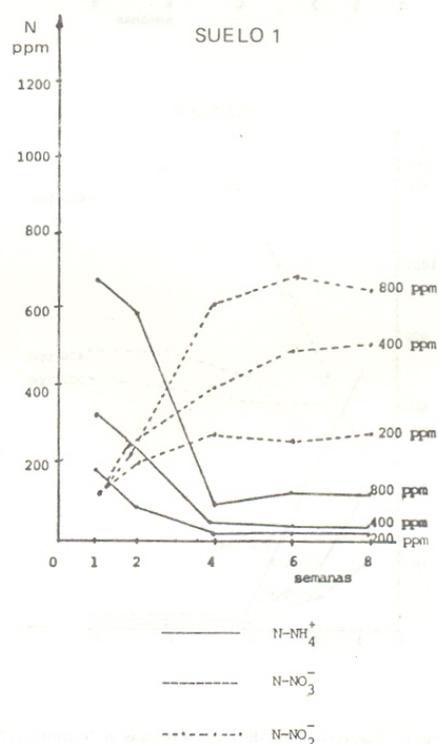
En los suelos incubados con agregado de 200 ppm de urea, los contenidos de ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) de la primera semana se encuentra entre 224 y 503 ppm; estos valores son concomitantes con la AU. La transformación de NH_4^+ en NO_3^- se completa en todos los casos entre la segunda y la cuarta semana. No se presentó en ningún suelo acumulación de NO_2^- y los contenidos de N-mineral aumentaron hasta el final del período en cantidades que representan del 3 al 60 % más que el producido en la primera semana. Esto evidenciaría que la transformación de N continúa durante todo el tiempo del ensayo.

Con el agregado de 400 ppm, los contenidos iniciales se encuentran entre 417 y 688 ppm de ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$). El proceso sigue el mismo camino que en el caso anterior finalizando con un incremento del 1 al 18 % respecto de la primera semana de incubación.

Los recipientes con adición de 800 ppm de urea hidrolizaron cantidades de ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) de 775 a 1114 ppm, manteniéndose los valores mayores en los suelos con mayor actividad ureásica y contenido de materia orgánica. La nitrificación fue comparativamente más incompleta y lenta que en las situaciones anteriores. Después de la octava semana, en el suelo 1 permanecen cantidades apreciables de NH_4^+ , lo que va acompañado por pH muy ácido y un desequilibrio en la relación carbono-nitrógeno, que probablemente inhibiría la flora bacteriana responsable de la nitrificación. Las condiciones en el suelo 2 fueron de elevado pH, acumulación de NH_4^+ con respecto al inicial en un 60 %, siendo la nitrificación inhibida a partir de la cuarta semana. Este proceso fue acompañado por la aparición de nitrito. En este caso parece que podrían producirse pérdidas de nitrógeno por volatilización, ya que la lixiviación no puede tener efecto en la situación del ensayo.

En condiciones similares Van Cleemput y Baert (1984) encontraron comportamiento parecido, sugiriendo que los porcentajes elevados de pérdidas encontradas se debían a volatilización. En el suelo 3 con textura arcillosa y pH elevado, la acumulación de NO_2^- fue muy pronunciada durante todo el período de ensayo, coincidiendo con lo encontrado por Chapman y Liebig (1952) en suelos de características similares. Distinta situación presentaron los suelos 4 y 5 que, con los más altos niveles de M.O., pH cercano a la neutralidad y CIC moderada a alta, no presentaron efectos inhibitorios de la nitrificación; ésta se completó dentro de las cuatro semanas de incubación.

A través de la experiencia realizada se comprobó que la AU no sufrió ninguna inhibición, con las dosis de urea agregadas, ya que la liberación de NH_4^+ no se vio afectada. En aquellos suelos con tenores menores a 2 % de carbono orgánico no se completó el pasaje de NH_4^+ a NO_3^- , posiblemente debido a la alteración de la relación C/N.



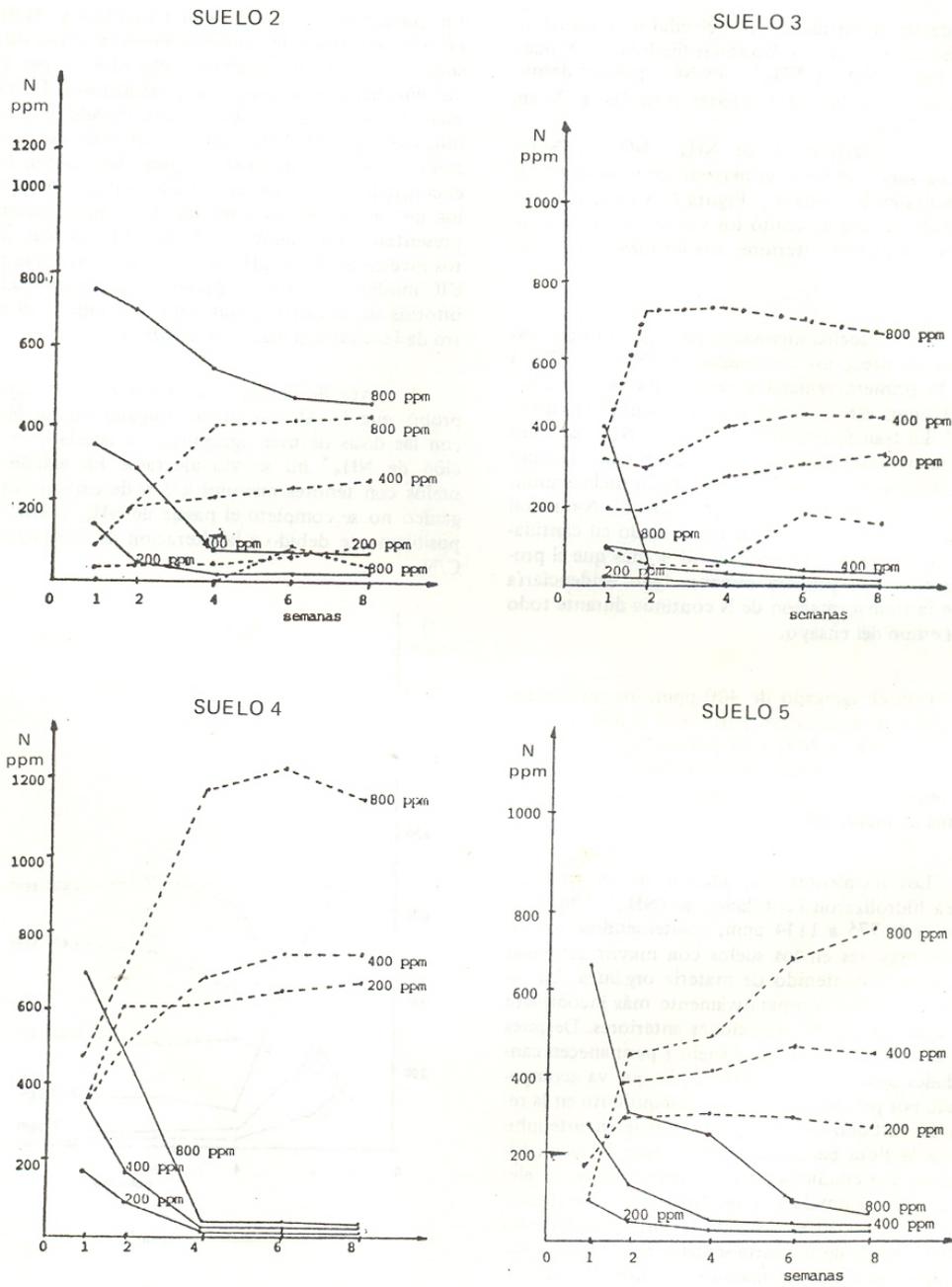


Fig. 1. Transformación de urea en formas de N-mineral (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺) de los 5 suelos estudiados.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron:

1. La AU en los suelos cultivados no presenta diferencias entre las muestras obtenidas de 0 - 2,5 cm y 0 - 15 cm. Diferente situación se presentó en los suelos de pradera natural donde la actividad de la enzima fue diferente para las dos profundidades estudiadas.
2. En todos los suelos, independientemente del

manejo y la profundidad de la muestra, el carbono orgánico y el nitrógeno total fueron las variables más correlacionadas con la AU.

3. La AU no se vio afectada por la dosis de urea empleada en el ensayo de incubación, transformándose completamente en NH_4^+ . En el proceso subsiguiente de nitrificación se produjeron alteraciones con la dosis más elevada de urea en los suelos que presentaron menos de 20 % de carbono orgánico.

REFERENCIAS

- Black, C. A., 1965. Methods of soil analysis. Am. Soc. Agr. Inc. Madison Wisconsin. pp. 771 - 1572.
- Conti, M. E.; M. Richter y L. Giuffrè, 1976. Método de determinación rápida de nitrógeno en suelos. IDIA N° 343 - 348:119 - 122.
- Chapman, H. D. y G. F. Liebig Jr., 1952. Field and laboratory studies of nitrite accumulation in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 16: 276-282.
- Dash, M. C.; P. C. Mischra; R. K. Mohanty y N. Bhatt, 1981. Effects of specific conductance and temperature on urease activity in some Indian soils. Soil Bio. Biochem. 13: 73 - 74.
- Frankerberger, W. T. y W. A. Dick, 1983. Relationship between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 945 - 951.
- Pancholy, S. K. y E. L. Rice, 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: Amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urease. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 47 - 50.
- Reynolds, C. M.; D. C. Wolf y J. A. Armbruster, 1985. Factors related to urea hydrolysis in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 104 - 108.
- Richter, M., 1980. Mejoras en la determinación de amonio por destilación. Revista Facultad Agronomía 1: 1 - 9.
- Richter, M.; M. E. Conti y G. D. Maccarini, 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico en suelos. Revista Facultad Agronomía (UBA). 3: 145-155.
- Tabatabai, M. A., 1977. Effects of trace elements on urease activity in soils. Soil Biol. Biochem. 9: 9 - 13.
- Van Cleemput, O. y L. Baert, 1984. Nitrite: a key compound in N loss processes under acid conditions. Plant and Soil 76: 233 - 241.
- Verstraeten, L. M. J., 1978. Interaction between urease activity and soil characteristics. Agrochimica 22: 454 - 463.
- Zantua, M. I. y J. M. Bremner, 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils. Soil Biol. Biochem. 7: 291 - 295.
- Zantua, M. I.; L. C. Dumenil y J. M. Bremner, 1977. Relationships between soil urease activity and other soil properties. Soil Sci. Am. J. 41: 350 - 352.