

# ESTIMACION DEL N-DISPONIBLE Y N-ORGANICO EN SUELOS CHILENOS<sup>1</sup>

## Available-N and organic-N estimation in chilean soils

Carlos Rojas W.<sup>2</sup>

### S U M M A R Y

A greenhouse experiment using corn as an indicator plant was developed (*Zea mays*). In order to estimate organic and available nitrogen seven representative soil samples (0-20 cm) of chilean soils were included in order to obtain nitrogen yield and correlate this index with several biological indexes which are able to produce acid or alkaline hydrolysis. Among major results obtained it is necessary to remark the high determination coefficients for aerobic N mineralized by 14 days at 30 °C, and those of hydrolyzable-N obtained with 1 M NaOH and 0,26 M phosphate borate sodium solution. Potentially mineralizable N was properly simulated through potentially hydrolyzable N obtained with fractioned hydrolyzsis using 0,26 M phosphate-borate sodium solution.

**Key words:** soil, corn, greenhouse, organic nitrogen, available nitrogen.

### INTRODUCCION

La disponibilidad de N del suelo, que puede ser definida como la cantidad suministrada por este medio en formas químicas susceptibles de ser absorbidas por las raíces de las plantas, ha sido estimada por numerosos índices químicos y biológicos (Bremner, 1965; Stanford, 1982; Sahrawat, 1983; Sierra y Rodríguez, 1986).

La conducta del N inorgánico es muy dinámica, e incluye numerosas interacciones de carácter complejo entre la materia orgánica, los microorganismos del suelo, los minerales, el clima y las prácticas de manejo agrícola (Vlek y Craswell, 1979; Firestone, 1982).

La apropiada estimación del suministro de N tiene una fundamental importancia en el impacto ambiental y en la economía de la producción agrícola (Aldrich, 1980, Focht y Verstraete, 1977; Hadas y otros, 1986).

En suelos chilenos, se han evaluado diversos extractantes químicos, incluyendo algunos biológicos basados en incubaciones cortas y también sucesivas, incluyendo lixiviación periódica de nitratos (Tejeda y Gogan, 1970; Rodríguez y Silva, 1984).

Numerosas investigaciones han evaluado extractantes químicos que realizan una hidrólisis de muestras de suelo de carácter alcalino o ácido, con el fin de liberar el nitrógeno orgánico e inorgánico como índices de N disponible (Geist y Hazard, 1975; Cornfield, 1960; Stanford y Smith, 1978; Nommik, 1976).

El propósito de este trabajo fue relacionar algunos índices de N disponible obtenidos por hidrólisis alcalina o ácida y algunos índices biológicos, con la absorción de N realizada por plantas de maíz (*Zea mays*), en suelos seleccionados chilenos, y relacionar algunos índices de N potencialmente mineralizable estimados por métodos biológicos y otros obtenidos por extracción alcalina.

### MATERIALES Y METODOS

Se emplearon 7 muestras superficiales de suelos chilenos (0-20 cm) de diverso origen, incluyendo 4 de origen volcánico y 3 de suelos no volcánicos, provenientes del área agrícola comprendida entre la V y X regiones del país.

Las muestras fueron almacenadas a 4 °C, para el establecimiento de un experimento de invernadero y para los análisis de N-disponible y N-orgánico.

Se estableció un experimento de invernadero empleando maíz como planta indicadora (*Zea mays*), en macetas plásticas de 500 gramos de capacidad, incluyendo los suelos como tratamientos en un diseño de bloques completamente al azar, considerando 3 repeticiones. Se agregaron todos los nutrientes, excepto nitrógeno, como lo

<sup>1</sup>Recepción de originales: 24 de abril de 1991.

Trabajo presentado en el VI Congreso Nacional de las Ciencias del Suelo, Temuco, Chile, 14 al 16 de noviembre de 1990.

Parte de la tesis presentada por el autor a la Universidad del Estado de Iowa para optar al grado de Ph.D.

<sup>2</sup>Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

recomiendan Schenkel y Baherle (1971). El cultivo se regó de modo de mantener la humedad de los suelos a 2/3 de 0,03 MPA.

El cultivo se cosechó cada 40 días tanto en su parte aérea como radical, para la obtención de rendimiento de nitrógeno de ambas fracciones de las plantas referidas a material seco a 65 °C, determinándose N total (Nelson y Sommers, 1973).

Los índices químicos empleados fueron desarrollados de acuerdo a la metodología recomendada por sus autores, así como los índices biológicos evaluados.

Para la determinación del N potencialmente mineralizable, se empleó incubación por 14 semanas a intervalos sucesivos de 2 semanas, por la técnica recomendada por Tabatabai y Al-Khafaji (1980).

Las hidrólisis alcalinas con fosfo-borato de sodio (pH = 11,8) fue realizada a intervalos sucesivos de 5 minutos de destilación, para liberar amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), hasta un período de 30 minutos a partir de 1 gramo de suelo empleando un equipo de destilación de vapor.

Para el cálculo del valor de  $N_0$ , se empleó ecuaciones exponenciales (Stanford y Smith, 1972) y el gráfico de los recíprocos a partir del N mineralizado en el tiempo y aquel obtenido por hidrólisis sucesiva. En este último caso, el valor de  $N_0$  equivale al intercepto.

Se efectuaron análisis de correlación simple con todos los parámetros obtenidos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La mineralización de nitrógeno ocurrida en los suelos, no permitió contribuir significativamente al N disponible, y los síntomas de deficiencia de las plantas se agudizaron con los sucesivos cortes, determinándose una limitación en la producción de materia seca dependiendo de las características de los suelos y del contenido de N total (Cuadro 1 y Figura 1).

El rendimiento de N ( $N_y$ ) mostró una correlación significativa con todos los índices biológicos evaluados, pero el más alto coeficiente de determinación, se obtuvo con la cantidad de N mineralizado en incubación aeróbica por 14 días a 30 °C (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Tejeda y Gogan (1970), en muestras de suelo de la precordillera de la provincia de Ñuble, con este mismo índice.

Entre los índices evaluados por efecto de la hidrólisis alcalina, los más altos coeficientes se obtuvieron entre el N absorbido y el liberado por hidrólisis con NaOH 1 M a partir de 1 g de suelo por 5 minutos de destilación con arrastre de vapor. Otro índice promisorio resultó ser aquel en que se obtuvo amonio con una solución "buffer" de fosfo-borato de sodio 0,26 M y el procedimiento basado en el autoclave de los suelos (Stanford y Demar, 1970), con  $\text{CaCl}_2$  0,01 M.

Todos estos índices, permitieron explicar un 92% de la variación observada en el rendimiento del N obtenido en plantas de maíz, a partir de amonio liberado por hidrólisis alcalina.

CUADRO 1. Características de los suelos

TABLE 1. Soil characteristics

Serie suelo	Sub-grupo	pH(1)	CIC(2) cmol(+)/kg	C(3) orgánico %	N total %	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (4) mg/kg
Alhué	Xeric Durandep	8,0*	15,1	1,4	0,131	16
Constitución	Ultic Paleustalf	5,6	9,3	1,6	0,119	37
Maipo	Typic Haploxeroll	7,8*	18,4	2,0	0,159	22
Agua del Gato	Patrocalcic calciaquoll	7,8*	40,4	2,8	0,297	33
Collipulli	Typic Palehumult	5,7	28,2	3,4	0,226	21
Santa Bárbara	Entic Dystrandep	6,0	39,6	8,4	0,613	29
Osorno	Typic Dystrandep	5,3	52,4	8,4	0,761	100

(1) Agua 1:2,5.

(2)  $\text{NH}_4\text{OAC}$  1N (Chapman, 1985).

(3) Mebius (1960).

(4) Keeney y Nelson (1982).

\*Carbonatos presentes.

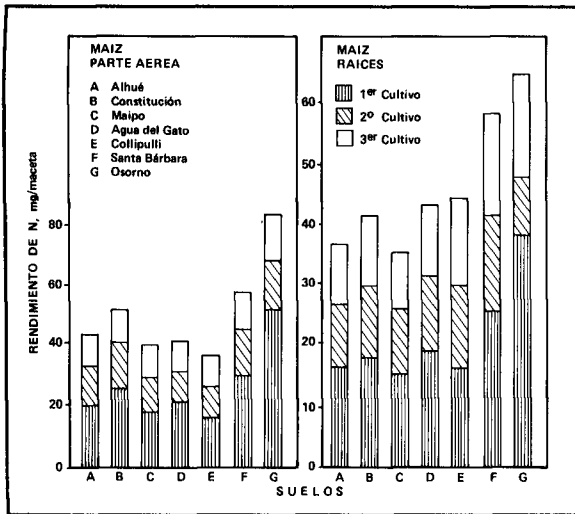


FIGURA 1. Relación entre rendimiento de nitrógeno de maíz (parte aérea + raíces) producida en tres cultivos de maíz sobre suelos chilenos.

FIGURE 1. Nitrogen yields of corn (tops+roots) produced in three croppings of corn on Chilean soils.

La hidrólisis ácida fue más enérgica que la obtenida con reactivos alcalinos y el más alto coeficiente de determinación para el rendimiento de N se obtuvo con una solución ácida de una mezcla de ácido ortofosfórico 0,64 M y cromato de sodio 1 M (Nommik, 1976).

En la Figura 2 se aprecia el nitrógeno acumulado en el tiempo obtenido experimentalmente para suelos volcánicos y no volcánicos. En la Figura 3 se observa que los valores recíprocos del N acumulado y tiempo, permiten estimar el índice  $N_{0h}$  correspondiente al intercepto de estas funciones lineales.

En el Cuadro 3, se puede apreciar la amplia variación de los valores de N potencialmente mineralizable ( $N_0$ ) y N potencialmente hidrolizable ( $N_{0h}$ ) obtenidos con reactivos alcalinos tales como el buffer de fosfo-borato de sodio 0,26 M y NaOH 1 M.

La estimación de N potencialmente mineralizable ( $N_0$ ) fue simulada adecuadamente a través del nitrógeno potencialmente hidrolizable ( $N_{0h}$ ), obtenido con reactivos alcalinos como el buffer de fosfo-borato de sodio 0,26 M (Figura 4). Al respecto, un 92% de la variación de valor de N potencialmente mineralizable, obtenido por incubación prolongada de muestras de suelo (más de 14 semanas) fue explicada por el índice del N potencialmente hidrolizable obtenido con el mismo reactivo durante destilaciones sucesivas de 5 minutos hasta completar 30 minutos de destilación (Figura 4).

**CUADRO 2. Coeficientes de determinación ( $r^2$ ) entre los rendimientos de nitrógeno de maíz ( $N_y$ ) y los índices de N orgánicos evaluados**

TABLE 2. Determination coefficients ( $r^2$ ) between nitrogen yields of corn ( $N_y$ ) and organic N indexes evaluated (n=7)

Rendimiento de N ( $N_y$ )	Indices biológicos							
Parte aérea + raíces (1)	0,79** (2)	0,85** (3)	0,81** (3)	0,61** (4)				
	Indices hidrólisis alcalina							
Parte aérea + raíces (1)	0,90** (5)	0,92** (6)	0,83** (7)	0,88** (8)	0,92** (8)	0,92** (8)	0,88** (8)	0,39 N.S (8)
	Indices hidrólisis ácida							
Parte aérea + raíces (1)	0,85** (9)	0,92** (10)						

(1) Suma de tres cortes.  
 (2) Keeney y Bremner (1966).  
 (3) Tabatabal y Al-Khafaji (1980).  
 (4) Waring y Bremner (1964).  
 (5) Øien y Selmer-Olsen (1980).  
 (6) Stanford y Demar (1970).

(7) Subbiah y Asija (1956).  
 (8) Rojas (1986).  
 (9) Sowden, Griffit y Schnitzer (1976).  
 (10) Nommik (1976).  
 \*Cifras significativas con una  $P \leq 0,05$ .  
 \*\*Cifras significativas con una  $P \leq 0,01$ .

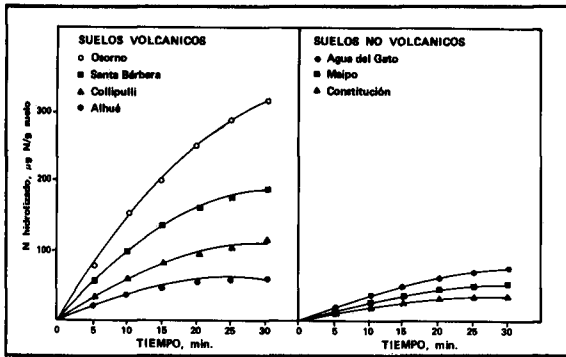


FIGURA 2. Nitrógeno hidrolizado acumulativo en el tiempo (t) con solución buffer de fosfo-borato en suelos volcánicos y no volcánicos.

FIGURE 2. Hydrolysed nitrogen cumulative through time (t) with phosphate-borate buffer solution on volcanic and no volcanic soils.

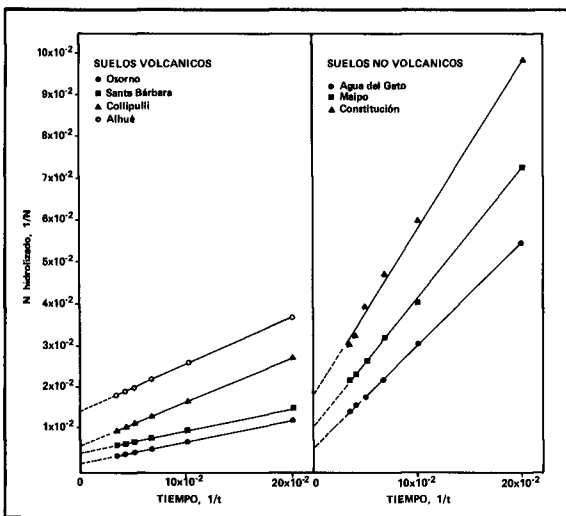


FIGURE 3. Nitrogen (1/N) hydrolyzed through time (1/t) with phosphate-borate buffer solution on volcanic and no volcanic soils for  $N_{Oh}$  estimation.

FIGURE 3. Nitrogen (1/N) hydrolyzed through time (1/t) with phosphate-borate buffer solution on volcanic and no volcanic soils for  $N_{Oh}$  estimation.

CUADRO 3. Valores de N potencialmente mineralizable ( $N_0$ ) y de N potencialmente hidrolizable ( $N_{Oh}$ ) obtenidas con algunas soluciones alcalinas en suelos chilenos

TABLE 3. Potentially mineralizable nitrogen ( $N_0$ ), and potentially hydrolyzable nitrogen ( $N_{Oh}$ ) obtained with some alkaline solutions on Chilean soils

Serie de suelo	$N_0^1$	$N_{Oh}^2$	$N_{Oh}^3$
µg de N/g suelo			
Alhué	106	68	137
Constitución	141	55	116
Maipo	91	95	1.000
Agua del Gato	112	179	625
Collipulli	130	206	588
Santa Bárbara	209	298	1.000
Osorno	234	861	1.000

<sup>1</sup>14 semanas de incubación.

<sup>2</sup>Fosfo-borato de sodio 0,26 M, pH = 11,8.

<sup>3</sup>NaOH 1 M.

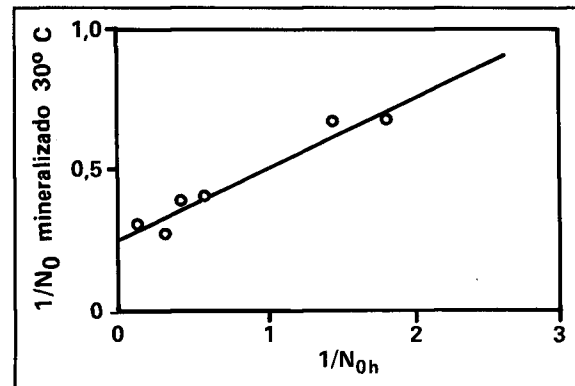


FIGURA 4. Relación entre el  $N_0$  estimado por incubación (14 semanas) y el  $N_{Oh}$  liberado por hidrólisis con una solución buffer de fosfo-borato.

FIGURE 4. Relationship between estimated  $N_0$  through incubation (14 weeks) and  $N_{Oh}$  released by hydrolysis with a buffer phosphate-borate solution.

RESUMEN

Se desarrolló un experimento de invernadero empleando maíz como planta indicadora (*Zea mays*). Para estimar nitrógeno orgánico y nitrógeno disponible en los suelos, se incluyeron 7 muestras representativas de suelos chilenos (0-20 cm), con el objeto de obtener rendimiento de nitrógeno, para correlacionar este índice con varios índices biológicos capaces de generar hidrólisis ácida o alcalina. Entre los principales resultados obtenidos es necesario destacar los altos coeficientes de determinación logrados a partir del N mineralizado por

14 días a 30 °C, y los contenidos de N hidrolizable obtenido con NaOH 1 M y una solución de fosfo-borato de sodio 0,26 M. El N potencialmente mineralizable fue apropiadamente simulado a través del N potencialmente hidrolizable, obtenido con hidrólisis fraccionada empleando una solución de fosfo-borato de sodio 0,26 M.

**Palabras claves:** suelo, maíz, invernadero, nitrógeno orgánico, nitrógeno disponible.

## LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S. R. 1980. Nitrogen in relation to food, environment and energy. Illinois (Urbane-Champaign) Agric. Explt. Str. Bulletin 1.980: 1-7.
- BREMNER, J.M. 1965. Organic nitrogen in soils. In: W.V. Bartholomew and F.E. Clark (ed.). Soil nitrogen. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p.: 93-132.
- CORNFIELD, A.H. 1960. Ammonia released on treating soil with N sodium hydroxide as a possible means of predicting the nitrogen-supplying power of soils. Nature (London) 187: 260-261.
- CHAPMAN, H.D. 19875. Cation-exchange capacity. In: Black, C. A. (ed.). Methods of soil analysis. Part. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p.: 891-901.
- FIRESTONE, M.K. 1982. Biological denitrification. In: F.J. Stevenson (ed.). Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Monograph 22: 289-326.
- FOCHT, D.D. and VERSTRAETE, W. 1977. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. Adv. Microbiol. Ecol. 1: 135-214.
- GEIST, J. M. and HAZARD, J.W. 1975. Total nitrogen using sodium hydroxide index and double sampling theory. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 340-343.
- HADES, A., FEIGENBAUM, S. FEIGIN, A. and PORTNOY, R. 1986. Distribution of nitrogen forms and variability indexes in profiles of differently managed soil types. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 309-313.
- KEENEY, D.R. and BREMNER, J.M. 1966. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. Agron. J. 58: 498-503.
- KEENEY, D.R. and NELSON, D.W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.). Methods of soil analysis. Monograph 9. Part 2. 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p.: 643-698.
- MEBIUS, L.J. 1960. A rapid method for determination of organic carbon in soil. Anal. Chim. Acta 22: 120-124.
- NELSON, D.W. and SOMMERS, L.E. 1993. Determination of total nitrogen in plant material. Agron. J. 65: 109-112.
- ØIEN A. and SELMER-OLSEN, A.R. 1980. A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. Acta Agric. Scand. 30: 149-156.
- RODRIGUEZ S., JOSE y SILVA E., HUGO. 1984. Nitrógeno potencialmente mineralizable en Andisoles. Ciencia e Investigación Agropecuaria. Vol. II (1): 81-88.
- ROJAS, C.F. 1986. Indexes of plant available organic nitrogen in soils. Iowa State University, Ames, Iowa. 208 p. (Ph.D. Dissertation).
- STANFORD, G. and SMITH, S.J. 1972. Nitrogen mineralization potential of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36: 465-472.
- STANFORD, G. 1982. Assessment of soil nitrogen availability. In: F.J. Stevenson (ed.). Nitrogen in Agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Monograph 22: 651-688.
- STANFORD, G. and DEMAR, W.H. 1970. Extraction of soil organic nitrogen by autoclaving in water. II. Diffusible ammonia an index of soil nitrogen availability. Soil Sci. 109: 190-196.
- STANFORD, G. and SMITH, S.J. 1978. Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. Soil Sci. 126: 210-218.
- SCHENKEL S., GOTARDO y BAHERLE V., PEDRO. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en mace-tas. II. Método usado. Agricultura Técnica (Chile) 31: 9-20.
- SAHRAWAT, K.L. 1983. Nitrogen availability indexes for submerged rice soils. Adv. Agron. 36: 415-451.
- SIERRA B., CARLOS y RODRIGUEZ S., JOSE. 1986. Efecto del manejo del suelo en el suministro de N. Ciencia e Investi-gación Agraria 13 (3): 229-238.
- SOWDEN, F.J., GRIFFIT, S.M. and SCHNITZER, M. 1976. The distribution of nitrogen in some highly organic tropical volcanic soils. Soil Biol. Biochem. 8: 55-60.
- SUBBIAH, B.V. and ASIJA, G.L. 1956. A rapid procedure for estimative of available nitrogen in soils. Curr. Sci. 25: 259-260.
- TABATABAI, M.A. and AL-KHAFAJI, A.A. 1980. Comparison of nitrogen and sulfur mineralization in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44 : 1.000-1.006.
- TEJEDA S., HERNAN y GOGAN, GERALD L. 1970. Métodos para determinar disponibilidad de N en suelos de diferente origen y contenido de materia orgánica. Agricultura Técnica (Chile) 30: 57-63.
- VLEK, P.L.G. and CRASWELL, E.T. 1979. Effect of nitrogen source and management of ammonia volatilization losses from flooded rice-soil systems. Soil Sei. Soc. Am. J. 43: 352-358.
- WARING S.A. and BREMNER, J.M. 1964. Ammonium produc-tion in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature (London) 201: 951-952.