

# Nitrificación en suelos de Ñuble, Concepción y Biobío<sup>1</sup>

Jorge Etchevers B., Luis Longeri S. y Juan Venegas M.<sup>2</sup>

## INTRODUCCION

En las provincias de Ñuble, Concepción y Biobío existe gran diversidad de suelos cuyas características de nitrificación son poco conocidas. Entre ellos, los suelos que contienen cenizas volcánicas, ocupan una superficie importante y son de gran interés económico y científico. Sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas los hacen merecedores de especial atención.

Broadbent *et al.* (1964); observó en Nueva Zelanda, que suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, similares a algunos estudiados aquí, presentaban una menor tasa de nitrificación que suelos no alofánicos. Trabajos posteriores realizados por Aomine (1972) con suelos volcánicos chilenos y japoneses, corroboraron que ello se debe a un menor número de bacterias nitrificadoras. Bajos niveles de P disponible, relativamente altos tenores de Al extractable y la presencia de substancias tóxicas limitarían la existencia de los microorganismos nitrificadores y también los amonificadores (Longeri, 1973; Schaefer, *et al.*, 1972; Urbina, San Martín y Schaefer, 1972).

El objetivo del presente trabajo fue medir la capacidad de nitrificación de algunos suelos de origen volcánico y no volcánicos de las provincias de Ñuble, Concepción y Biobío, mediante la técnica de perfusión, al agregárseles un substrato amoniacal. Conjuntamente se determinó el número más probable de los organismos nitrificadores y la relación entre la capacidad de nitrificación y algunas características químicas de los suelos.

## MATERIALES Y METODOS

Los suelos considerados en este estudio y la forma en que fueron agrupados, se presentan en el Cuadro 1. El número de muestras para cada suelo se estimó de acuerdo a la incidencia de su superficie en el área estudiada, trabajándose con un total de 35 observaciones. Las muestras se obtuvieron de la profundidad 0 a 15 cm, se secaron al aire y se sometieron a análisis de pH, P disponible (Olsen), Al extractable (acetato de amonio, pH 4,8) y nitrógeno Kjeldahl, mediante los procedimientos descritos por Etchevers, Espinoza y Riquelme (1971).

La capacidad de nitrificación de los suelos, se determinó mediante la técnica de perfusión (Audus, 1946; Chase, 1948) modificada por Venegas, Etchevers y Longeri (1973). La técnica consistió en medir el N-NO<sub>3</sub> y N-NO<sub>2</sub> producido a partir de un substrato amoniacal. Los perfusores se cargaron con 40 g de suelo (agregados de 1,5 a 5,0 mm de diámetro) y 250 ml de una solución de 250 ppm de N como NH<sub>4</sub>Cl. La tasa de aireación se reguló a 0,80 cm<sup>3</sup> de aire por segundo y la temperatura a 22 ± 2°C. Las muestras se sometieron a perfusión por un período de 35 días. Para cada suelo se llevó un control, el cual fue perfusado con agua destilada solamente. Este tratamiento se usó para evaluar la capacidad de nitrificación en ausencia de una fuente amoniacal (nitrificación natural). Para calcular la nitrificación neta, el valor determinado como nitrificación natural fue descontado de la nitrificación total.

Luego de 1 día y posteriormente cada cinco días, se determinó el pH y los niveles de N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> y N-NH<sub>4</sub> en el perfusado. La concentración de N-NO<sub>3</sub> se midió con electrodo de nitrato y las de N-NO<sub>2</sub> y N-NH<sub>4</sub> por métodos colorimétricos. Estos procedimientos

<sup>1</sup>Proyecto de Investigación 2.01.03, financiado por la Ex Comisión de Investigación Científica de la Universidad de Concepción. Presentado a las xxviii Jornadas Agronómicas de Chile, Valdivia, noviembre de 1977.

Recepción originales: 17 de enero de 1978.

<sup>2</sup>Ing. Agr., Ph. D., Profesor de Suelos; Ing. Agr., M. S., Profesor de Microbiología; e Ing. Agr., respectivamente. Departamento de Suelos y Microbiología, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

**Cuadro 1 — Tasa de nitrificación neta (TNN), tasa de disminución de la concentración de amonio (TDA) y número más probable (NMP) de bacterias nitrificadoras en algunos suelos de Ñuble, Concepción y Biobío.**

Suelos*	TNN		TDA		NMP			
	0 - 35 días		0-1 día	1-35 días	Nitritadores		Nitratores	
	ppm N-NO <sub>3</sub> / día		ppm N-NH <sub>4</sub> / día		Inicial	Final	Inicial	Final
					NMP/g suelo			
<i>Derivados de cenizas volcánicas recientes</i>								
Arrayán (4)	3,4	79,0	2,7	87	10.450	130	10.790	
Santa Bárbara (5)	3,0	61,2	3,0	54	10.400	57	11.180	
<i>Contienen cenizas volcánicas antiguas</i>								
Mirador (3)	3,2	56,6	2,5	64	6.870	62	6.320	
Mininco (3)	4,9	55,2	2,9	303	6.130	190	8.990	
Collipulli (4)	4,9	51,7	2,5	450	8.610	243	11.500	
<i>Derivados de materiales fluvio-glaciales</i>								
San Carlos (3)	5,5	64,1	2,3	1.003	24.990	930	28.990	
<i>Derivados de materiales metamórficos</i>								
Pocillas (3)	2,7	49,2	2,4	42	6.330	24	4.360	
<i>Derivados de materiales aluviales arenosos</i>								
Coreo (3)	1,7	22,0	1,8	15	1.870	21	3.070	
<i>Derivados de materiales graníticos</i>								
Cauquenes (4)	3,5	43,8	2,0	130	10.040	103	8.000	
San Esteban (3)	2,3	43,0	2,1	27	8.660	31	6.710	

\*La cifra entre paréntesis corresponde al número de muestras en ese suelo.

se encuentran descritos en un trabajo previo (Venegas *et al.*, 1973).

Al comienzo y al término del período de perfusión se cuantificó, en cada suelo, la población de bacterias nitritadoras y nitratores. Esta determinación se realizó mediante la técnica del Número más Probable (NMP) descrita por Allen (1959), para series de tres tubos.

Las tasas de nitrificación y los NMP de bacterias, al inicio y término de los experimentos, se correlacionaron con el contenido de P disponible, Al extractable y N total.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Figura 1 presenta las curvas de aumento y disminución neta de N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub> en el perfusado, respectivamente. La concentración de N-NO<sub>2</sub> fue insignificante y no se incluyó en los gráficos. Los suelos nitrificaron entre 24 y 76% del substrato amoniacal, durante los 35 días que duró la experiencia. Estos valores parecen bajos, considerando las condiciones favorables bajo la cual se realizó el experimento, sin embargo, la linealidad de las curvas de producción de N-NO<sub>3</sub> muestra que la eficiencia de la flora nitrificante se mantuvo

casi constante durante los 35 días de perfusión. La concentración de N-NH<sub>4</sub>, en cambio, muestra una rápida disminución durante el primer día de perfusión y una disminución menor a partir del segundo día, esta última más pequeña que el aumento correspondiente de la concentración de N-NO<sub>3</sub>.

La magnitud del cambio inicial de la concentración de N-NH<sub>4</sub> varió con el origen del suelo. En los suelos que contienen cenizas volcánicas más antiguas fue mayor que en los suelos graníticos y aluviales arenosos, pero menor que en los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes.

Varias hipótesis pueden explicar esta brusca disminución de N-NH<sub>4</sub> en el perfusado: a) formación de un complejo estable entre la materia orgánica y el ión NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Broadbent, 1965); b) incorporación del ión a la fase activa o biomasa del suelo (Jansson, 1958); c) fijación rápida por coloides inorgánicos del suelo (Broadbent, 1965); y d) simple adsorción por las arcillas. En el presente trabajo se observó que a medida que aumentaba el contenido de materia orgánica, la disminución inicial de la concentración de N-NH<sub>4</sub> en el perfusado era mayor ( $r = 0,685$ ). La hipótesis de Jansson merece mayor atención. La libe-

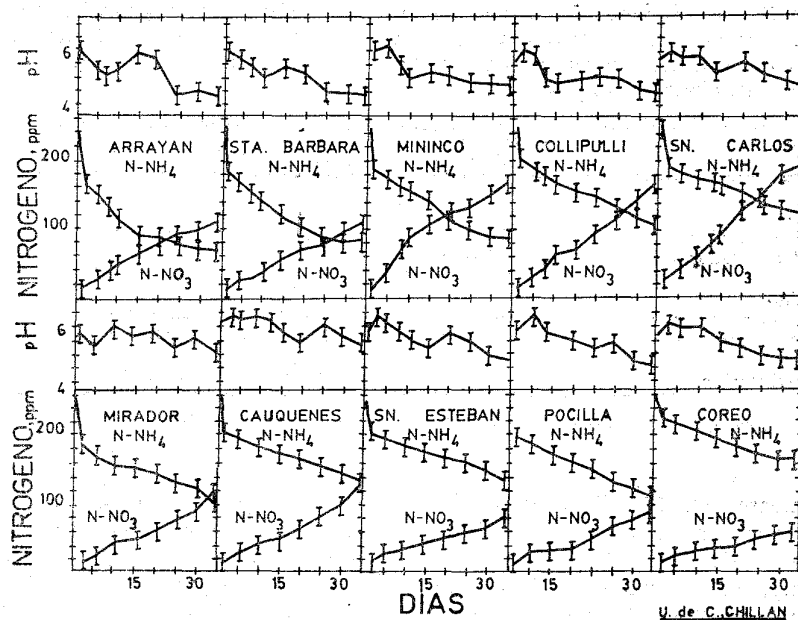


Figura 1 — Variación del pH y de las concentraciones de nitrógeno amoniacal y nítrico en la solución de perfusión de algunos suelos de las provincias de Ñuble, Concepción y Biobío.

ración de  $N-NH_4$  dependería, en este caso, de la presencia de una adecuada relación C/N de la materia orgánica.

Es interesante señalar que en todos los suelos el pH se elevó ligeramente durante las primeras 24 horas de perfusión, para luego descender hasta valores cercanos a pH 4,5. La nitrificación debería haber disminuido con valores ligeramente inferiores a pH 6,0 y haberse detenido a pH 5 o inferiores. Estos valores son considerados como umbral y crítico para la actividad nitrificadora autotrófica (Alexander, 1961). Los resultados obtenidos en esta experiencia, indicarían que las bacterias nitrificadoras en estos suelos han sufrido un proceso de adaptación a la acidez o que aparte de estos microorganismos autotróficos existirían algunos nitrificadores heterotróficos. Esta última hipótesis debería merecer mayor atención. En un trabajo preliminar realizado por uno de los autores del presente estudio, se aislaron bacterias nitrificadoras de un suelo perfusado que alcanzó aproximadamente pH 4,5 y se colocaron en un perfusor cargado con arena de cuarzo en vez de suelo, usando como perfusante medio de cultivo para estas bacterias. No hubo producción de nitrato cuando se usó medio no tamponado, el cual se acidificó rápidamente; sin embargo, cuando se adicionó  $CaCO_3$  para mantener

un pH aproximadamente neutro, las bacterias nitrificaron en forma normal. Esta observación reforzaría la hipótesis sobre la existencia de una microflora nitrificante de naturaleza heterotrófica, o de un mecanismo protector en el suelo.

El Cuadro 1 presenta las tasas de nitrificación neta, la tasa de disminución de la concentración de  $N-NH_4$  y el Número más Probable (NMP) de bacterias nitrificadoras y nitrificadoras, determinado al inicio y al término de la investigación. Este cuadro muestra que la tasa de nitrificación, en general, es mayor que la tasa de disminución de la concentración de  $N-NH_4$  entre los días 2 y 35. Ello indicaría que durante este período el  $NO_3^-$  producido no sólo provino del  $NH_4^+$  presente en solución, sino también de aquel liberado desde uno o más sitios de retención discutidos anteriormente en esta sección.

El NMP de microorganismos nitrificadores y nitrificadores por gramo de suelo varió considerablemente con el tipo de suelo y estuvo estrechamente ligada a la tasa de nitrificación. Esta variación se debe, en parte, al contenido de P disponible, Al extractable y, en menor grado, al N total (Cuadro 2). Los suelos derivados de materiales fluvio-glaciales y aluviales arenosos presentaron el mayor y menor NMP inicial y final de microorganismos por

**Cuadro 2 — Coeficientes de correlación entre el número más probable (NMP) de microorganismos nitrificadores y nitratores y la tasa de nitrificación, fósforo disponible, aluminio extractable y nitrógeno total en algunos suelos de Ñuble, Concepción y Biobío.**

Variable	Tasa de Nitrificación	P Disponible	Al Extractable	N Total
"r"				
Al inicio				
NMP nitrificadores	0,743**	0,605**	-0,534**	0,432*
NMP nitratores	0,658**	0,574**	-0,429**	0,415*
Al término				
NMP nitrificadores	0,526**	0,611**	-0,472**	0,235
NMP nitratores	0,630**	0,603**	-0,548**	0,129
Tasa nitrificación	—	0,827**	-0,541**	0,433*

\*\* y \* Denota correlación significativa al nivel  $P = 0,01$  y  $P = 0,05$  respectivamente.

gramo, respectivamente. El NMP de nitrificadores en los suelos derivados de cenizas volcánicas fue relativamente bajo al inicio del experimento, pero aumentó a más de 10.000 por gramo de suelo al final del período de perfusión.

La baja tasa de nitrificación de los suelos graníticos, derivados de material metamórfico y aluvial arenoso, se explicaría por la baja fertilidad de estos suelos. Los dos primeros han sido sometidos a un proceso intenso de erosión y el segundo, es naturalmente infértil. La menor tasa de nitrificación en los suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, respecto de los suelos de cenizas volcánicas antiguas y material fluvio-glacial, concuerda con lo observado por Broadbent *et al.* (1964), para suelos similares de Nueva Zelanda y se explicaría por la gran inmovilización inicial

del amonio y el bajo número inicial de microorganismos nitrificadores.

Los resultados de este trabajo confirman las sugerencias hechas por Schaefer *et al.* (1972) y Longeri (1973), que niveles relativamente altos de Al intercambiable inhibirían la actividad bacteriana. Sin embargo debe destacarse que un adecuado suministro de  $N-NH_4$  produjo en los suelos derivados de cenizas volcánicas, que tienen niveles relativamente altos de Al intercambiable, un aumento apreciable del NMP de bacterias. El substrato amoniacal podría revertir la inhibición temporal del número de bacterias causada por los bajos niveles de P disponible y altos niveles de Al extractable de estos suelos. Broadbent *et al.* (1964), Nishio y Furusaka (1970) y Nishio (1971), han observado que la falta de nitrógeno amoniacal, limita la actividad de las bacterias nitrificadoras.

## RESUMEN

Se determinó la capacidad de nitrificación de 35 muestras de suelos de Ñuble, Concepción y Biobío, bajo condiciones controladas de laboratorio mediante una técnica de perfusión.

Los suelos nitrificaron entre 24 y 76% del substrato amoniacal al cabo de 35 días. Los suelos derivados de cenizas volcánicas nitrificaron más que los suelos graníticos de la costa y que aquellos derivados de materiales aluviales arenosos y metamórficos del Valle Central, pero menos que un suelo derivado de materiales fluvio-glaciales del mismo Valle. La tasa de nitrificación (incremento de  $N-NO_3$ /día), se correlacionó: a) significativa y positivamente con el número inicial y final de bacterias nitrificadoras; b) significativa y positivamente con el P disponible inicialmente y c) significativa y negativamente con la concentración de Al extractable. Durante las 24 horas iniciales se observó una disminución apreciable de la concentración de  $N-NH_4$ , que no resultó en un aumento de la concentración de  $N-NO_3$ . Se sospecha que mecanismos ajenos a la nitrificación son responsables de este fenómeno. Llamó la atención que la nitrificación no se inhibiera a pH ácidos.

## SUMMARY

## NITRIFICATION IN SOILS OF ÑUBLE, CONCEPCION AND BIOBIO (CHILE)

The nitrification process was studied in soils of Ñuble, Concepcion and Biobio by a perfusion technique. The percentage of  $\text{NH}_4\text{-N}$  nitrified by the different soils ranged from 24 to 76% at the end of a 35-day period. Soils derived from volcanic ashes nitrified more  $\text{NH}_4^+$  than soils derived from sandy alluvial and metamorphic materials but less than a soil originated from fluvio-glacial materials. The nitrification rate was constant throughout the experiment for a particular soil and was significantly and positively correlated with the most probable number of nitrifying bacterias and the concentration of available-P. The nitrification rate was also significantly but negatively correlated with the concentration of extractable-Al.

A substantial decrease of the  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentration occurred during the first 24 hours of perfusion. It is suspected that mechanisms other than nitrification were responsible for this decrease.

## LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York, N. Y. John Wiley and Sons., Inc. 472 p.
- ALLEN, O. N. 1959. Experiments in soil bacteriology. Third edition. Madison, Wisconsin, Burgess Publishing, Co. 117 p.
- AOMINE, S. 1972. Nitrogen fertility and humic matter of Chilean andosols. *Soil Science and Plant Nutrition* 18: 105-113.
- AUDUS, L. J. 1946. A new soil perfusion apparatus. *Nature* 158: 419-420.
- BROADBENT, F. E. 1965. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen. *Soil Science Society of America Proceedings* 29: 692-695.
- , JACKMAN, R. H. and MCNICOLL, J. 1964. Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand allophanic soils. *Soil Science* 98: 118-128.
- CHASE, F. E. 1948. A preliminary report on the use of Less and Quastel soil perfusion technique in determining the nitrifying capacity of field soils. *Scientific Agriculture* 28: 315-320.
- ETCHEVERS, J., ESPINOZA, W. y RIQUELME, E. 1971. Manual de laboratorio para Fertilidad y Fertilizantes. Chillán, Chile, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción. 62 p.
- JANSSON, L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformation in soil with special attention to mineralization-immobilization relationships. The annals of the Royal Agriculture College of Sweden 24: 101-361.
- LONGERI, L. 1973. Contribución al estudio microbiológico de algunos suelos chilenos. Chillán, Chile, Departamento de Suelos, Universidad de Concepción (Boletín Técnico 48). 18 p.
- NISHIO, M. and FURUSAKA, C. 1970. The distribution of nitrifying bacteria in soil aggregates. *Soil Science and Plant Nutrition* 18: 24-29.
- . 1971. Kinetics study of soil percolated with nitrite. *Soil Science and Plant Nutrition* 17: 61-67.
- SCHAEFER, R., URBINA, A., SAN MARTÍN, E. y KLENNER, N. 1972. Reconocimiento e investigación de los suelos. Estudio sobre la actividad de poblaciones microbianas en suelos chilenos. Roma, Italia, FAO. (Informe Técnico 4 AGL:SF/CHI 18). 45 p.
- URBINA DE ALCAYAGA, A., SAN MARTÍN V., E. y SCHAEFER, R. 1972. La actividad de algunos grupos fisiológicos de microbios en suelos Nadis de Chile. II. Mineralización del carbono y nitrógeno orgánico en condiciones de campo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 32 (1): 1-10.
- VENEGAS, J., ETCHEVERS, J. y LONGERI, LUIS. 1973. Metodología de perfusión para estudios de nitrificación en suelos. Chillán, Chile, Departamento de Suelos, Universidad de Concepción (Boletín Técnico 48). 18 p.