

# Métodos para determinar nitrógeno disponible en suelos con diferente origen y contenido de materia orgánica<sup>1</sup>

Hernán Tejeda S.<sup>2</sup> y Gerald L. Gogan<sup>3</sup>

## INTRODUCCION

El uso de fertilizantes constituye uno de los principales factores en un programa destinado a lograr aumentos en la producción de cosechas. Sin embargo, su empleo indiscriminado puede dar como resultado un aumento del contenido de nutrientes cuyo nivel en el suelo sea suficiente y agravar la deficiencia de otros cuyo nivel sea bajo. Este desequilibrio no favorece la obtención de altos rendimientos ni asegura la rentabilidad de la inversión en fertilizantes.

El análisis de suelo representa una de las mejores herramientas que hoy día se disponen para evaluar "a priori" las necesidades de fertilización en una condición de suelo y cultivo determinado (9), (11), (15).

Sin embargo, para poder utilizar el análisis en la predicción de necesidades de fertilizante, se requiere cierta investigación básica previa. Una primera fase de esta investigación tiene por objeto seleccionar, del conjunto de métodos de análisis descritos en la literatura para cada nutriente, aquel método que al ser empleado en los suelos de interés, indique niveles que sean proporcionales a lo que las plantas pueden aprovechar. La segunda fase de investigación tiene por objeto establecer una relación cuantitativa entre el nivel del nutriente en el suelo determinado por el método previamente seleccionado, y la respuesta de los cultivos a la aplicación del nutriente en la forma de fertilizante. Esta relación debe incluir el efecto e interacciones de los restantes factores variables de producción que resulten importantes para el cultivo (9), (19).

La capacidad de los suelos para suministrar nitrógeno (N) a las plantas está asociada al contenido de materia orgánica (4), (23). Algunos autores fundamentan la recomendación sobre fertilización nitrogenada en base a su contenido y otras consideraciones relacionadas con el

manejo del suelo y cultivo (25). Los suelos de la provincia de Ñuble presentan gran variación en el porcentaje de materia orgánica (2), y sin embargo no se ha encontrado asociación entre su contenido y la respuesta de un cultivo, el trigo, a la aplicación de fertilizante nitrogenado (21). El presente trabajo ha tenido por objeto estudiar si alguno de los métodos de análisis propuestos recientemente en la literatura correlaciona bien con la absorción de N de una planta indicadora. Se pretende seleccionar de esta manera un método que permita posteriormente estimar la disponibilidad de este elemento mediante análisis de muestras de suelo.

## REVISION DE LITERATURA

La superficie cultivable de la provincia de Ñuble asciende a aproximadamente 362.000 ha (8) y sus suelos son predominante de cuatro orígenes: derivados de cenizas volcánicas recientes, cenizas antiguas, material granítico y depósitos fluvio-glaciales (7), (27). Los suelos volcánicos recientes, que se denominan trumaos\* (27), se caracterizan por tener baja densidad aparente y alto contenido de materia orgánica. Los suelos volcánicos antiguos, los graníticos y fluvio-glaciales, que se denominarán no trumaos\*, tienen mayor densidad aparente que los trumaos y bajo contenido de materia orgánica (3), (24). Todos los suelos constan de áreas regadas y de secano. Resultados de ensayos de campo han señalado que existe buena respuesta a la fertilización nitrogenada en estos suelos, independiente del contenido de materia orgánica y condición de riego o secano (14), (21).

Bremner (5) ha realizado una extensa revisión de la literatura relacionada con los diferentes métodos para determinar nitrógeno disponible en el suelo para los cultivos. La principal dificultad encontrada al tratar de evaluar la disponibilidad de nitrógeno se origina en que el suministro de este elemento del suelo a las plantas proviene, en gran parte, de la descomposición de la materia orgánica (4). De esto se derivan dos aspectos que se deben considerar: a) el contenido de nitrógeno inorgánico del suelo al momento de establecer el cultivo, acumulado anteriormente y que se denominará contenido inicial, y b) la capacidad de

<sup>1</sup> Publicación autorizada por la Estación Experimental Quilamapu. Parte de este trabajo fue presentado a la 7ª Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, Maracay, Venezuela, septiembre de 1967.  
Recepción manuscrito: 4 de agosto de 1969.

<sup>2</sup> Ing. Agr. M. S., Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>3</sup> Agronomist, M. S., Voluntario del Cuerpo de Paz (U. S. A.), Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile. (Dirección actual: Agronomy Department, Iowa State University, Ames, Iowa, U. S. A.)

\*Se mantendrá esta denominación en el presente trabajo.

mineralización de N del suelo durante el ciclo del cultivo.

Norero (17), (18) ha encontrado correlación entre el contenido de  $N-NO_3$  inicial del suelo y absorción del N y respuesta del trigo y maíz a la fertilización nitrogenada en suelos de la región de Santiago. Por otra parte, otros investigadores han encontrado buena correlación entre la capacidad de mineralización del N del suelo medida en laboratorio, que se denominará incubación, y la absorción de N por la planta. Waring y Bremner (26) han desarrollado un método para medir la capacidad de producción de  $N-NH_4$  del suelo, denominado incubación anaeróbica y Keeney y Bremner (13) han propuesto un método para medir la capacidad de producción de  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$ , llamado incubación aeróbica. Ambos métodos, evaluados por sus autores, han resultado promisorios como indicadores de la disponibilidad de N bajo las condiciones en que realizaron los estudios. Un método químico basado en la extracción de una fracción del N del suelo mediante agua caliente, que presenta algunas ventajas sobre los métodos de incubación, ha sido propuesto por Keeney y Bremner (12). La determinación es inmediata, no necesitando el período de incubación y sus resultados no son influenciados por el manejo de la muestra.

En el presente trabajo, además de los métodos mencionados, también se evalúan el contenido de  $N-NH_4$  inicial (6), la materia orgánica (22), el nitrógeno total (22) y la relación carbono/nitrógeno del suelo como índices potenciales de disponibilidad de N.

## MATERIALES Y METODOS

Para el estudio, los suelos cultivables de la provincia de Nuble se dividieron en 4 subgrupos: no trumaos de secano, no trumaos regados, trumaos de secano y trumaos regados. De cada subgrupo se tomaron inicialmente 10 muestras de lugares geográficamente distribuidos en cada uno de ellos. Posteriormente, debido a problemas durante la realización del trabajo, este número se redujo ligeramente; la cantidad final se indica en el Cuadro 1. De cada lugar de muestreo se extrajo aproximadamente 20 Kg de suelo de la capa arable, hasta 15-18 cm de profundidad, el cual fue secado al aire y tamizado a 4 mm.

Con el suelo de cada muestra se cultivó bállica inglesa H-1 en macetas en un ensayo de 2 repeticiones. La cantidad de suelo por macetas fue de 1 Kg para los trumaos y 1,6 Kg para los no trumaos, con el objeto de tener un volumen constante de suelo en todas las macetas. A todos los suelos se les aplicó superfosfato triple y sulfato de potasio en dosis de 2,08 g y 0,2 g por maceta respectivamente, como también fungicida PCNB en dosis de 50 ppm

en el suelo para asegurar el buen desarrollo de las plantas. Las macetas se ubicaron en invernadero y se regaron diariamente, agregando el agua necesaria para mantener los suelos a capacidad de campo.

Al momento de sembrar los ensayos se separó una porción de cada suelo para los análisis de laboratorio, la cual se tamizó a 2 mm. Para caracterizar cada muestra, se realizaron determinaciones de pH (relación suelo: agua = 1:2,5), materia orgánica y nitrógeno total, de acuerdo a los métodos descritos más adelante.

Se realizaron dos cortes de materia verde, a los 30 y 60 días de crecimiento, combinándose el material de las repeticiones en cada corte y secando a 80° C en horno con ventilación forzada. El N absorbido en cada corte se determinó por el método Kjeldahl descrito por AOAC (1), y para los cálculos de correlación se consideró el N total absorbido durante los 60 días de crecimiento, es decir, la suma de la absorción en ambos cortes.

Los métodos para determinar disponibilidad de nitrógeno que se estudiaron son los siguientes:

### 1 Incubación aeróbica (13)

10 g de suelo se mezclan con 30 g cuarzo fino y 6 ml de agua destilada y se deja incubar por 14 días en incubadora a 30° C. Se determina el  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  de incubación por destilación con arrastre de vapor (6), restando el contenido inicial del suelo, el que se determina separadamente.

### 2 Incubación anaeróbica (26)

5 g de suelo se colocan en un tubo de ensayo con 12,5 ml de agua destilada y se deja incubar por 7 días a 40° C. Se determina el  $NH_4$  producido por destilación con arrastre de vapor (6), restando el  $NH_4$  inicial determinado separadamente.

### 3 Extracción con agua caliente (12)

A 5 g de suelo se agregan 30 ml de agua destilada y se calientan a reflujo por 60 minutos, determinándose el N en el extracto por destilación con arrastre de vapor (6).

### 4 Método para nitrato inicial\*

El  $NO_3$  lixiviado por 600 ml de agua destilada, de una muestra de 400 g de suelo, se determina por el método Kjeldahl usando aleación Devarda. En nuestro caso, se utilizó 200 g de suelo y 300 ml de agua en vez del método original.

\*Rodríguez S., José. Comunicación personal. Universidad Católica de Chile, Santiago, Departamento de Edafología, 1966.

### 5 Método para amonio inicial (6)

Similar a la determinación de  $\text{NH}_4$  inicial en el método 2, aunque en este caso la determinación se realiza en el extracto del suelo.

### 6 Nitrógeno total (22)

10 g de suelo se digieren con mezcla sulfosalicilica, determinándose el nitrógeno por destilación. Esta determinación incluye los nitratos.

### 7 Materia orgánica (22)

2 g de suelo se digieren con mezcla crómico-sulfúrica, determinándose colorimétricamente la cantidad de cromo reducido, que es proporcional al carbono oxidado.

### 8 Relación carbono/nitrógeno

Calculada a partir de los resultados de las determinaciones N<sup>o</sup>s 6 y 7.

Como criterio de comparación para evaluar la calidad de los diferentes métodos, se utilizó el coeficiente de correlación simple entre los resultados obtenidos con cada uno y la absorción de N por la planta cultivada en maceas. Diferentes autores consideran que la absorción es la mejor estimación biológica de la disponibilidad de un nutriente en el suelo, y por lo tanto constituye el mejor patrón para comparar la utilidad de los métodos (9), (10), (16).

Los cálculos estadísticos se realizaron en la Oficina de Estadística del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, mediante el empleo de equipo IBM.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Caracterización de las muestras de suelo.** El Cuadro 1 presenta el promedio y rango de los resultados de los análisis de caracterización de las muestras para cada uno de los 4 grupos de suelo considerados.

**Cuadro 1 — Número de muestras, promedios y rangos de algunas características químicas de los suelos estudiados.**

Suelo	Nº de muestras	pH	% Materia orgánica <sup>a</sup>	% Nitrógeno total	Relación C/N
No Trumao Secano	10	6,1 b 5,3-6,4 c	1,12 0,59-2,07	0,06 0,02-0,12	11,1 5,7-17,0
No Trumao Regado	8	5,9 5,4-6,4	2,57 1,76-3,35	0,15 0,11-0,24	10,0 8,1-12,2
Trumao Secano	9	6,2 5,8-6,6	9,14 6,82-10,78	0,54 0,46-0,66	9,9 7,7-11,3
Trumao Regado	10	6,2 5,9-6,4	9,61 7,80-11,22	0,61 0,53-0,70	9,1 8,0-9,8

<sup>a</sup> Tanto por ciento M.O. = (tanto por ciento C) (1,724); <sup>b</sup> Promedio; <sup>c</sup> Rango.

Se observa que para los cuatro subgrupos de suelos existen ligeras diferencias en los valores de pH. Mientras que en los suelos trumaos la condición de riego o seco no afecta el promedio y sólo afecta ligeramente al rango, en el caso de los suelos no trumaos se observa un promedio inferior en 0,3 unidades en el subgrupo regado, siendo el rango prácticamente el mismo. El promedio inferior del pH de los suelos no trumaos regados estaría indicando el efecto de lixiviación de bases del agua de riego, efecto que sería menos aparente en los suelos trumaos regados debido a la alta capacidad de intercambio de estos últimos (24).

Los resultados para materia orgánica y N-total presentan un alto grado de asociación, a

pesar de las grandes diferencias en contenido en los dos grupos de suelo. Ambas características presentan un coeficiente de correlación lineal  $r = 0,987$ , asociación también se refleja en la relativa constancia del promedio de la relación C/N. Los contenidos de materia orgánica y N-total delimitan los grupos de suelo. En ambos, las áreas regadas presentan promedios y rangos ligeramente superiores que las de seco. Sin embargo, mientras el contenido más alto de materia orgánica de los suelos no trumaos no sobrepasa 3,5 por ciento, el mínimo correspondiente a los trumaos no baja de 6,5 por ciento. Una relación análoga se observa en los contenidos de N-total.

Teniendo en cuenta que la condición de rie-

go o secano resultó sólo de ligera influencia en las características analizadas, se decidió considerar sólo dos grupos de suelo para el estudio de selección de métodos para nitrógeno: trumao y no trumao.

**Correlación entre métodos y absorción de N.** La segunda y tercera columnas del Cuadro 2 presentan los coeficientes de correlación entre los resultados de los análisis de suelo para N por los diferentes métodos y la absorción de N por la planta en los dos grupos de suelo. Para los métodos de incubación se calcularon separadamente los coeficientes de correlación para el valor inicial, para la incubación y para la suma de las respectivas fracciones de N determinadas. La mayoría de los métodos resultaron con valores de r significativos al nivel de 1 por ciento a excepción del N-NH<sub>4</sub> inicial de la in-

cubación anaeróbica y relación C/N en el caso de los suelos no trumaos, y la materia orgánica para los suelos trumaos. Sólo el N-NH<sub>4</sub> inicial determinado en extracto de suelo no resultó significativo para ambos suelos.

La Figura 1 describe la relación entre materia orgánica del suelo y absorción de N por la planta. Además de la mayor dispersión en los trumaos, se puede observar que en estos suelos se requiere un contenido varias veces mayor de materia orgánica que en los no trumaos para producir una absorción de N equivalente. Estos resultados son consistentes con la falta de correlación entre contenido de materia orgánica y respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada, cuando se considera un conjunto de ensayos realizados en diferentes suelos regados de la provincia de Nuble (21).

**Cuadro 2 — Coeficiente de correlación entre N absorbido y disponibilidad de N en el suelo por diferentes métodos.**

Métodos de Análisis	Suelos No Trumaos n = 18	Suelos Trumaos n = 19	Chi-cuadrado para homogeneidad de r.	Todos los suelos n = 37
<b>Incubación Aeróbica</b>				
N-(NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> ) inicial	0,707**	0,918**	3,80	0,887**
N-(NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> ) incubación	0,778**	0,716**	0,15	0,806**
N-(NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + NH <sub>4</sub> ) total	0,848**	0,948**	2,47	0,943**
<b>Incubación Anaeróbica</b>				
N-NH <sub>4</sub> inicial	0,375	0,489*	—	—
N-NH <sub>4</sub> incubación	0,784**	0,582**	1,17	0,643**
N-NH <sub>4</sub> total	0,794**	0,607**	1,10	0,672**
N-extractable	0,798**	0,834**	0,08	0,845**
N-NO <sub>3</sub> inicial	0,633**	0,916**	5,16*	—
N-NH <sub>4</sub> inicial	0,342	0,063	—	—
N-total	0,870**	0,617**	2,90	0,645**
Materia Orgánica	0,806**	0,385	—	—
Relación C/N	0,259	0,490*	—	—

\* = Significativo al nivel de 5 por ciento.

\*\* = Significativo al nivel de 1 por ciento.

Como el objetivo principal del estudio era determinar si algún método presentaba alta correlación con absorción al considerar todos los suelos, es decir, si la efectividad del método se mantenía a través de todo el rango de contenido de materia orgánica, se utilizó la prueba de chi-cuadrado (20) para probar la homogeneidad de las parejas de coeficientes de correlación obtenidas al aplicar cada método a los dos grupos de suelos. Sólo en caso de resultar ho-

mogéneos los miembros de cada pareja es válido calcular un coeficiente de correlación común para los dos suelos (20).

Se calculó chi-cuadrado para aquellos métodos cuyos r resultaron significativos en ambos grupos de suelo. Solamente el N-NO<sub>3</sub> inicial aparece con coeficientes r no homogéneos al nivel de 5 por ciento. Este resultado sugiere que el comportamiento del resto de los métodos no es significativamente dependiente de los di-

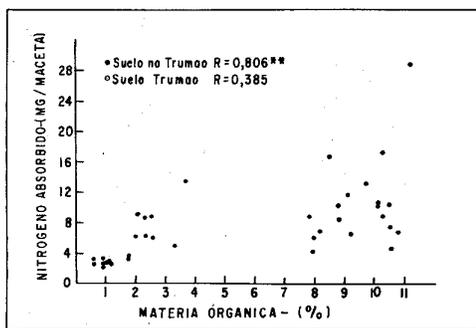


Fig 1.— Relación entre porcentaje de materia orgánica en el suelo y nitrógeno absorbido por la planta indicadora.

ferentes rangos de materia orgánica que presentando los suelos. Considerando lo anterior, se calcularon los correspondientes coeficientes de correlación comunes para ambos suelos, todos los cuales son significativos al nivel de 1 por ciento (Cuadro 2).

Las determinaciones asociadas al método de incubación aeróbica y N-extractable presentan los niveles más altos de  $r$ , situación que se mantiene al considerar cada grupo de suelo por separado. La buena correlación de las fases inicial, incubación y total de la suma  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  concuerda con la afirmación que la planta puede usar estas tres formas de nitrógeno del suelo (4). La Figura 2 muestra la relación entre absorción de N y  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  total del suelo. Se observa que los suelos no trumao y trumao difieren sólo en el nivel promedio de disponibilidad de N, a pesar de lo cual las observaciones de ambos suelos tienden a agruparse sobre una línea de regresión común. De esto puede deducirse que la disponibilidad, medida por este método, es independiente de las características que diferencian los dos grupos de suelos. Igual resultado se observó para el resto de las determinaciones cuyas pruebas de homogeneidad no son significativas, a excepción del caso del N-total, como se verá más adelante.

Las determinaciones correspondientes a la incubación anaeróbica presentan correlaciones más bajas. Solamente las fases de incubación

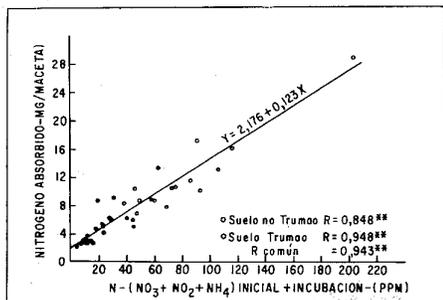


Fig 2.— Relación entre  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  total del suelo y nitrógeno absorbido por la planta indicadora.

y total resultaron con valores de  $r$  altamente significativos y homogéneos. El  $N-NH_4$  inicial, en las dos formas consideradas, no correlacionó significativamente a excepción de la determinación correspondiente a la incubación anaeróbica en suelos de trumao.

La determinación del N-extractable en agua caliente presenta alta correlación significativa para todos los suelos, siendo igualmente altos, significativos y homogéneos los coeficientes para cada grupo. De acuerdo a Black (4) las fracciones de N disueltas durante el calentamiento a reflujo, además del contenido inorgánico, están asociadas a aquellos compuestos orgánicos más susceptibles de ser mineralizados. La Figura 3 muestra las observaciones para ambos suelos y la recta de regresión común.

El porcentaje de N-total presenta una correlación significativa al 1 por ciento para todos los suelos y para cada grupo de suelos, no siendo significativa la prueba de homogeneidad. Sin embargo, el menor valor encontrado

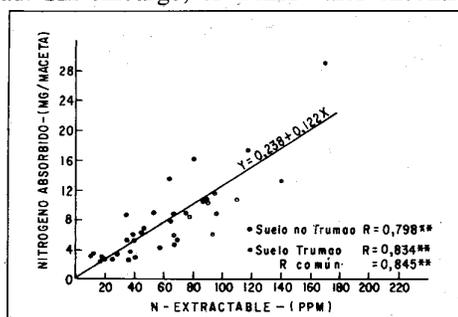


Fig 3.— Relación entre nitrógeno extractable del suelo y nitrógeno absorbido por la planta indicadora.

para los suelos trumao pudiera significar que, además del porcentaje de N-total, otros factores pudieran estar limitando la transformación del N-total a las formas inorgánicas aprovechables para la planta. Alternativamente, la alta correlación presentada por los suelos no trumao reflejaría el hecho que la principal limitante a la mineralización lo constituye la escasa disponibilidad de N orgánico en estos suelos (Figura 4). A pesar de no ser significativa la prueba de homogeneidad para la pareja de coeficientes  $r$ , no parece que una recta de regresión común sea la forma más apropiada de describir el fenómeno, sino más bien una recta para cada suelo. La disponibilidad real de N aparece asociada de diferente manera al N-total, según sea el grupo de suelo. La semejanza de este resultado con el obtenido para la materia orgánica (Figura 1) y la similitud de la relación C/N en los dos grupos de suelos (Cuadro 1) sugieren la presencia de otro(s) factor(es) responsable(s) del comportamiento que presenta el N-total en relación al N-disponible en los suelos no trumao y trumao.

El contenido de  $N-NO_3$  inicial presenta alta

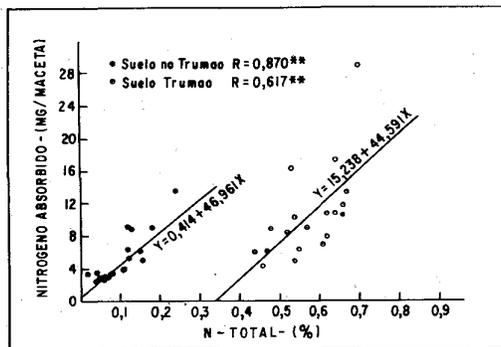


Fig. 4.— Relación entre nitrógeno total del suelo y nitrógeno absorbido por la planta indicadora.

correlación significativa al 1 por ciento para ambos grupos de suelos. Sin embargo, la prueba de homogeneidad resultó significativa, siendo menor el valor de  $r$  para los suelos no trumaos. Esto último pudiera interpretarse en el sentido que si bien para el suelo trumao el  $N-NO_3$  representaría prácticamente la totalidad de la fracción disponible, no ocurriría lo mismo para el otro grupo, pudiendo tener mayor importancia las formas más reducidas.

La escasa correlación resultante entre relación  $C/N$  y absorción concuerda con lo expuesto por Black (4) en el sentido que generalmente esta relación no es un buen índice de la capacidad de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo.

## RESUMEN

Se evaluaron diferentes métodos de laboratorio para determinar disponibilidad de nitrógeno (N) en suelos de la provincia de Nuble.

Los suelos considerados tienen cuatro orígenes, cenizas volcánicas recientes y antiguas, material granítico y material fluvio-glacial, que para el estudio se agruparon en dos categorías. Los suelos volcánicos recientes, que tienen alto contenido de materia orgánica, constituyen el grupo de los suelos trumaos. Los suelos volcánicos antiguos, los graníticos y fluvio-glaciales, con niveles moderados o bajos de materia orgánica, se agruparon arbitrariamente bajo el nombre de suelos no trumaos.

Dado que en ambos suelos existe agricultura de riego y secano, se muestreó separadamente 10 lugares de cada condición en ambos grupos. Se estableció un ensayo en macetas con ballica inglesa, la cual se cortó a los 30 y 60 días de crecimiento, determinándose el N absorbido en la materia seca de los cortes.

Se utilizaron 8 métodos para estimar la disponibilidad de N en los suelos: incubación aeróbica, determinándose el  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  en su fase inicial, de incubación y suma de ambas; incubación anaeróbica, determinándose el  $N-NH_4$  en las mismas fases que para el caso anterior; N-extractable;  $N-NO_3$  inicial;  $N-NH_4$  inicial en extracto de suelo; N-total; materia orgánica y relación  $C/N$ . Como criterio de comparación se utilizó el coeficiente de correlación simple entre los resultados de disponibilidad de N obtenidos con cada método y la absorción de N. Los coeficientes se calcularon separadamente para los no trumaos y trumaos, no considerando la condición de riego o secano debido a su baja incidencia en los contenidos de materia orgánica.

Los valores de  $r$  en ambos grupos de suelos resultaron significativos al nivel de 1 por ciento, a excepción del  $NH_4$  inicial de la incubación anaeróbica y relación  $C/N$  en los suelos no trumaos, materia orgánica en los suelos trumaos y  $NH_4$  inicial del extracto para ambos. En los métodos que presentaron correlaciones significativas con absorción en ambos grupos de suelos, se evaluó la homogeneidad de las respectivas parejas de coeficientes  $r$  mediante una prueba de chi-cuadrado. Resultaron no homogéneos solamente los valores de  $r$  para el  $N-NO_3$  inicial, lo que sugiere que para los métodos restantes el valor de  $r$  es independiente de los diferentes rangos de materia orgánica que presentan los suelos trumaos y no trumaos. En estos métodos se calculó el coeficiente  $r$  común que considera ambos grupos de suelos. El  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  total de la incubación aeróbica presentó el valor más alto;  $r = 0,943^{**}$ , por lo que constituye un índice promisorio para evaluar la disponibilidad de nitrógeno en los suelos estudiados. Lo mismo se puede deducir para las determinaciones  $N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)$  inicial e incubación y N-extractable, cuyos coeficientes de correlación son  $r = 0,887^{**}$ ,  $r = 0,806^{**}$  y  $r = 0,845^{**}$ , respectivamente. Las restantes determinaciones cuyas correlaciones con absorción de N no resultaron asociadas con la variación en el rango de materia orgánica son las siguientes:  $N-NH_4$  total y de incubación en el método de incubación anaeróbica y N-total.

Los valores de los correspondientes coeficientes de correlación son  $r = 0,672^{**}$ ,  $r = 0,643^{**}$  y  $r = 0,645^{**}$ , respectivamente. A pesar de no resultar significativa la prueba de homogeneidad y de ser significativa al 1 por ciento la correlación común, se observó que la absorción de N no presenta una misma relación con N-total en los dos grupos de suelos. Dada la constancia de la relación C/N probablemente existen otros factores responsables de esta diferencia.

### SUMMARY

Different laboratory methods to estimate nitrogen availability in Nuble soils were evaluated.

Soils with four different parent material, recent and ancient volcanic ash, granitic rock and glacial-alluvial deposits, were included in the study, grouped into two categories. Soils derived from recent volcanic ash, which are high in organic matter, were grouped under the name of trumao soils. Soils from the other three origins are moderate to low in organic matter and were arbitrarily grouped under the name of non trumao soils.

Ten irrigated and ten non irrigated sites were sampled at each soil group. A greenhouse experiment with ryegrass was conducted. Two cuttings, at 30 and 60 days from planting, were done and nitrogen uptakes was determined.

Eight methods for soil nitrogen availability were tested. They are: aerobic and anaerobic incubation, including separate determination of the initial, incubated and sum of both fraction of the inorganic N; extractable N; initial  $\text{NO}_3\text{-N}$ ; initial  $\text{NH}_4\text{-N}$  in soil extract; total N; organic matter and C/N ratio. Simple correlation coefficient between available N by these methods and N uptake by ryegrass was used as evaluation criteria. Separate coefficients were calculated for trumao and non trumao soils, the irrigation condition not being considered as it showed a low incidence on the organic matter contents.

The r values were significant at the 1 per cent level in both groups of soils, except for the initial  $\text{NH}_4\text{-N}$  of the anaerobic incubation and the C/N ratio in the non trumao soils, organic matter in the trumao soils and initial  $\text{NH}_4\text{-N}$  in the extract for the both soils. Homogeneity of the pairs of r coefficients, calculated for each method at both soil groups, was tested through a chi-square test, for those method that showed significant correlations with N uptake on both soils. Only the r values for the initial  $\text{NO}_3\text{-N}$  were found to be non-homogeneous, suggesting that for the other methods, the r coefficient are not associated with the different ranges of organic matter content presented by the trumao and non trumao soils. A common correlation coefficient that included both groups of soils was calculated for these methods. The total  $(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)\text{-N}$  of the aerobic incubation presented the highest r value,  $r = 0,943^{**}$ , being a highly promising method to evaluate N availability. The same applies to the initial and incubated fraction of  $(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)\text{-N}$  and extractable N, with correlation coefficient of  $r = 0,887^{**}$ ,  $r = 0,806^{**}$  and  $r = 0,845^{**}$  respectively. Incubated and total  $\text{NH}_4\text{-N}$  fractions of the anaerobic incubation and total N also were not affected by differences in the organic matter range. The r values for these methods are  $0,672^{**}$ ,  $0,643^{**}$  and  $0,645^{**}$  respectively. Nevertheless, N uptake did not show the same relationship with total N in both soil groups, although the homogeneity test was not significant and the common correlation was significant at the 1 per cent level. As the C/N ratio was very similar, other factors should probably be responsables for the observed difference.

### LITERATURA CITADA

1. AOAC. Official methods of analysis. 8th. ed. Washington 4, D. C. 1955. pp. 12,30.
2. BEHN T., GUENTER. Contenido de materia orgánica en suelos chilenos por diferentes métodos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción. 1965. 93p. (Mimeografiada).
3. BERNIER V. RENE. Características hídricas de ocho suelos de la provincia de Nuble. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción. 1966. 151p. (Mimeografiada).
4. BLACK, C. A. Soil-plant relationships. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1968 792p.
5. BREMNER, J. M. Nitrogen availability indexes. IN Black, C. A., editor-in-chief. Methods of soil analysis, Part 2. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc. 1965. pp. 1324-1345.

6. ————. Inorganic forms of nitrogen. In Black, C. A., editor-in-chief. Methods of soil analysis. Part 2. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc. 1965. pp. 1179-1237.
7. CHILE. CORFO. Suelos. Descripciones proyecto aerofotogramétrico. CHILE/OEA/BID. Santiago. Instituto de Investigación de Recursos Naturales. Publicación Nº 2. 1964. 391p.
8. CHILE. DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO. IV Censo Nacional Agropecuario. Año Agrícola 1964-1965. Santiago. Imprenta de la Dirección de Estadística y Censo. 1966. 139p.
9. COREY, R. B. Calibración de los métodos de análisis químico de suelos en el laboratorio, invernadero y campo. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura. ca. 1964. (Mimeografiada).
10. DOS SANTOS, A. F. *et al.* Evaluation of biological indexes of soil phosphorus availability. *Soil Science* 89:137-144. 1960.
11. FITTS, J. W. and NELSON W. The determination of lime and fertilizer requirements of soil through chemical test. *Advances in Agronomy* 8:241-282. 1956.
12. KEENEY, D. R. and BRÉMNER J. M. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining and index of soil nitrogen availability. *Agronomy Journal* 58:498-503. 1966.
13. ———— and ————. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 6. Mineralizable nitrogen. *Soil Sci. Soc. of Am. Proc.* 31:34-39. 1967.
14. LETELIER A., ELIAS. Uso actual y necesidad potencial de fertilizantes en la agricultura chilena (II). *Agricultura Técnica (Chile)* 25(4):137-154. 1965.
15. MUHR, G. R. *et al.* Soil testing in India. 2nd. ed. New Delhi, India, USAID-Mission to India. 1965. 120p.
16. MUNSON, R. D. and STANFORD G. Predicting nitrogen fertilizer needs in Iowa soils. IV. Evaluation of nitrate production as a criterion of nitrogen availability. *Soil Sci. of Am. Proc.* 19:464-468. 1955.
17. NORERO, SCH. ALDO. Estimación de las necesidades de fertilizantes en trigo mediante el análisis de tierra y planta (Años 1962-65). Santiago. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile. Boletín de Divulgación Nº 1. 1967. 20p.
18. ————. Estimación de las necesidades fertilizantes en maíz mediante el análisis de tierra y planta (Años 1963-65). Santiago. Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile. Boletín de Divulgación Nº 2. 1967.
19. PESEK, J. T. Some considerations for production function research. Ames. Iowa University of Science and Technology. ca. 1964. 9p. (Mimeographed).
20. STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1960. 481p.
21. TEJEDA, H. y ARAOS, J. F. Respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en Nuble. Chillán, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 1969. (Inédito).
22. THUN, R., HERMANN und NICKMANN, E. R. Die untersuchung von böden. Dritte auflage. Berlin, Neuman Verlag. 1955. 271p.
23. TISDALE, S. L. and NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers, 2nd. ed. New York. The MacMillan Company. 1966. 694p.
24. URBINA DE ALCAYAGA, ANGELA. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)* 25(1):9-18. 1965.
25. WALSH, L. M. *et al.* Machine programed soil test recommendations. Madison University of Wisconsin. 1964. 13p. (Mimeografiada).
26. WARING, S. A. and BREMNER J. M. Amonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201:951-952. 1964.
27. WRIGHT, A. CHARLES S. Observaciones sobre los suelos de la zona central de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 19 y 20(1):65-95. 1959-1960.