

MEDICION DE LA CAPACIDAD DE NITRIFICACION MEDIANTE LA TECNICA DE INCUBACIONES IN SITU EN SUELOS CULTIVADOS CON MAIZ

D. ZOURAKIS, S. URRICARIET; J. SIERRA y L. BARBERIS

Recibido: 28- 7-86

Aceptado: 10-12-87

RESUMEN

Se realizaron incubaciones de suelo a campo en cilindros con el objeto de mantener la estructura del mismo, recubriéndolos con bolsas de polietileno evitando así pérdidas de N por lavado.

Se trabajó con suelos de la zona núcleo maicera durante los meses de enero y febrero (Campañas 1982/83 y 1983/84).

La producción de nitratos se calculó por diferencia entre la concentración al cabo de un mes de incubación y el contenido inicial. El proceso de mineralización se vio afectado por el tenor hídrico inicial, liberándose del 0,7 al 0,9 % del nitrógeno total.

Paralelamente, se realizaron incubaciones de laboratorio en condiciones controladas de temperatura y humedad para los cuales se obtuvieron tasas cuatro veces superiores.

No se encontró asociación entre NT, CT, y N hidrolizable con la cantidad de nitratos liberados en condiciones de campo y de laboratorio.

ESTIMATION OF NITRIFYING CAPACITY IN CORN CULTIVATED SOILS BY INCUBATION IN SITU

SUMMARY

Incubations under field conditions in cylinders had been made, in order to maintain soil's structure, covering them with polyethylene bags preventing N-loss by leaching.

Soils belonging to the center of the Argentine corn area were used during the months of January and February (Cropping season 1982/83 and 1983/84).

N-production was estimated by difference between the concentration of the first incubation month and the initial content. Mineralization process had been affected by the initial soil water content, loosing about the 0.7 to 0.9 % of the NT.

Temperature and humidity were controlled in laboratory incubations obtaining rates four times higher than field ones.

There was not associations between CT, NT and hidrolizable Nitrogen content and the N-amount liberated under field and laboratory conditions.

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía UBA.
Avda. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires. Argentina

INTRODUCCION

Es considerable el número de trabajos en los que se ha puesto en evidencia la intensa absorción estacional del nitrógeno edáfico, que el maíz efectúa durante su ciclo de crecimiento.

La marcada fluctuación descendente de las concentraciones de nitratos a lo largo del perfil hacia la época de floración constituye uno de los rasgos más interesantes del fenómeno a que se ha aludido (Zourarakis, 1983). Esta caída de los tenores de nitrógeno nítrico en prefloración y floración coincide con el tramo exponencial creciente de la curva de acumulación de materia seca del cultivo (Viets, 1965).

Hein y Panigatti (1982 y 1985) han mostrado con abundante evidencia experimental que las condiciones ambientales previas a la toma de una muestra de suelo, condicionan las cantidades y el ritmo con que se acumulan nitratos y amonio en experimentos de incubación controlada.

Este fenómeno unido al efecto que las fluctuaciones de humedad y temperatura ejercen sobre la dinámica de la mineralización (Campbell et al., 1971, 1975; Herlihy, et al., 1979; Myers et al., 1982; Wetselaar, 1968), determinó el desarrollo de técnicas de incubación a campo (Eno, 1960; Van Schreven, 1968).

El uso de cilindros de material plástico en la toma de muestras y su incubación conjunta en bolsas de polietileno, constituyó un adelanto en el mantenimiento en las condiciones de estructura (Zourarakis, 1983).

Se pretende aquí, continuando con una serie de estudios ya publicados (Zourarakis, 1983), aportar datos experimentales relacionados con la nitrificación en suelos cultivados con maíz hacia la época de floración y llenado de grano.

MATERIALES Y METODOS

Ensayos de campo

Para cumplir con el objetivo antes señalado se efectuaron ensayos de incubaciones a campo en parcelas pertenecientes al Programa de Investigación Experimental de Fertilización en Maíz (Convenio FAUBA-LAQUIGE-AACREA), durante las campañas agrícolas 1982/83 y 1983/84. Mayores detalles sobre los ensayos en cuestión figuran en trabajos ya publicados (Barberis et al., 1985; Chamorro et al., 1984).

En el Cuadro N° 1 figuran los datos referentes a la ubicación de los establecimientos de campo, naturaleza de la zona geográfica y series de suelos incluidos en este estudio. Los establecimientos están ubicados dentro de la denominada "zona núcleo maicera" y los suelos poseen en su totalidad aptitud agrícola.

Los siguientes parámetros fueron analizados en muestras extraídas alrededor de la fecha de siembra: pH, fósforo extractable (Bray y Kurtz N°1), carbono total orgánico (Walkley y Black) y nitrógeno total orgánico (Kjeldhal).

Incubaciones in situ

Tanto en la primera como en la segunda campaña, fueron llevadas a cabo experiencias durante la etapa de prefloración-floración (comienzos de diciembre a comienzos de enero).

El cultivo de maíz presentaba en los diferentes ensayos 8-10 hojas expandidas. Durante la segunda campaña se efectuó, además, una tercera serie de experimentos durante floración tardía-llenado de grano (comienzos de enero a comienzos de febrero).

El método empleado en las incubaciones de campo consistió en una técnica anteriormente descrita (Zourarakis, 1983). Las incubaciones fueron

Cuadro N° 1: Ubicación de los sitios experimentales (Campañas 1982/83 - 1983/84).

Establecimiento	Sitios Exp.	Localidad	Partido/Dpto.	Serie
Santa Elena	1,2,3,10a,10b	Rojas	Rojas(Bs.As.)	Rojas
Los Angeles	4,13a,13b	Carabelas	Rojas(Bs.As.)	Rojas
El Salto	5,6	Gahan	Salto(Bs.As.)	Arroyo Dulce
El Juncuillo	7	12 de Agosto	Pergamino(Bs.As.)	Pergamino
Santa Juana	14a,14b,15a,15b	Colón	Colón(Bs.As.)	Delgado
Santa Elena	12a,12b	Palemón Huergo	Chacabuco(Bs.As.)	Chacabuco
La Annelita	8,9,11a,11b	Hughes	Gral.Lóñez(S.Fé)	Hughes

desarrolladas en cada sitio dentro de áreas definidas en forma sistemática, de acuerdo a lo indicado en la Figura 1.

Durante la campaña 1982/83 se delimitaron dos zonas por ensayo (12 puntos de incubación), lo que resultó en 24 muestras iniciales remitidas a laboratorio y 24 muestras de incubación. La segunda y tercera serie de experiencias, correspondientes a la campaña 1983/84, contaron con una zona más.

En la Figura 2 se esquematiza la disposición de los cilindros de PVC, cuyas dimensiones eran: 5 cm de alto por 6,5 cm de diámetro externo y 2 mm de pared. Dos cilindros eran enterrados en forma contigua, mediante suaves golpes de maza dados sobre un trozo de madera apoyado sobre el borde de los mismos, luego de haber decapitado 3-4 cm de suelo superficial entre dos plantas de maíz.

El cilindro que permanecería en el suelo era extraído, rodeado con un trozo rectangular de espuma de poliuretano y envuelto en una bolsa de polietileno de 20 cm por 40 cm y 40 μ m de espesor. La etiqueta identificatoria era guardada entre un doble nudo hecho en el cuello de la bolsa. En la Figura 3 se presenta un esquema de cilindro en posición de incubación.

Análisis químico de las muestras. Incubaciones en condiciones controladas

Tanto las muestras remitidas al laboratorio al comienzo de cada experimento, como las extraídas de las

bolsas al final del mismo, fueron analizadas para determinar su contenido de humedad por gravimetría y secado a 105°C.

El contenido de nitratos en las muestras húmedas fue determinado por el método del Sneed (Daniel y Marbán, 1986).

Las muestras puntuales correspondientes a cada una de las repeticiones en cada ensayo, eran luego secadas, tamizadas por 2 mm, cuarteadas y compostadas para proseguir con los análisis para carbono y nitrógeno total. Asimismo, fueron medidos los contenidos de nitrógeno hidrolizable por destilación directa y potencialmente mineralizable, con el fin de evaluar las cantidades de nitrógeno lábil en las muestras (Stanford et al., 1968; Sierra y Barberis, 1983; Zourarakis y Barberis, 1980). En este último método, fueron empleados tan solo los valores de nitratos acumulados hasta la cuarta semana en las incubaciones controladas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización de los suelos

En el Cuadro N° 2 son consignados los datos culturales y químicos de los suelos empleados en los experimentos de incubación.

Puede apreciarse una alta variabilidad en cuanto a los años de agricultura continua previos, cultivo anterior y labor primaria empleada en la preparación de la cama de siembra.

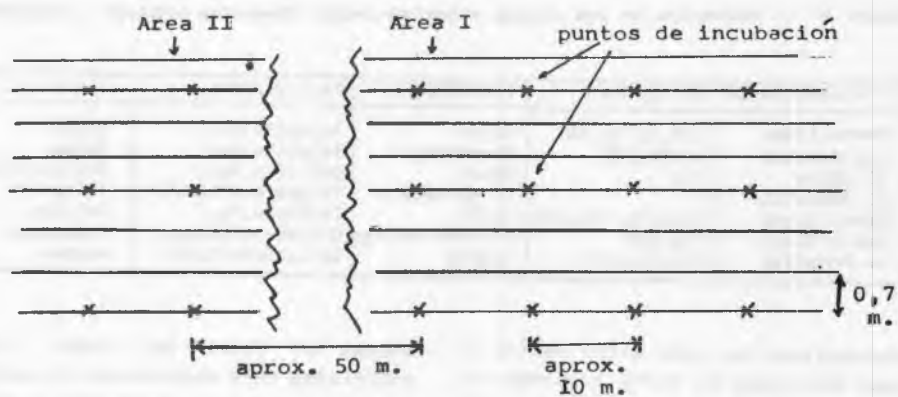


Figura 1: Disposición de los puntos de incubación y de las áreas.

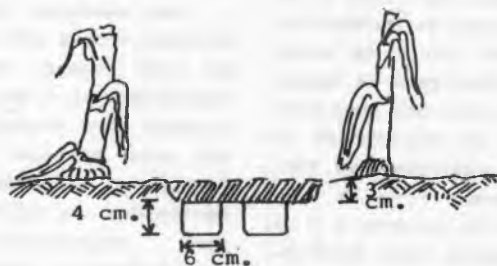


Figura 2. Ubicación de los cilindros en relación a las plantas.

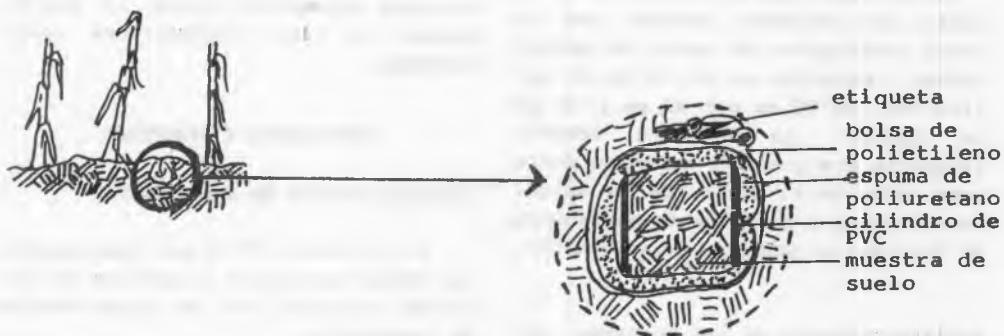


Figura 3: Disposición final de la muestra sometida a incubación.

Cuadro N° 2: Datos químicos de la capa arable (0-20 cm) y características culturales de los sitios en que se desarrollaron las incubaciones. CT= % de carbono total, NT=% de nitrógeno total, P= ppm fósforo extractable, AA= años de agricultura continuada previa, LP= labor primaria empleada en la preparación del lote, CA= cultivo antecesor.

Campaña	Sitio	AA	CA	LP	pH	P	CT	NT	CT/NT
1982/83	1	5	Maíz	Cinzel	6,2	22,4	2,04	0,150	13,6
	2	11	Soja	Cinzel	6,2	17,1	2,02	0,145	13,9
	3	11	Soja	Reja	6,2	9,7	1,89	0,139	12,2
	4	8	Maíz	Reja	6,6	16,2	2,04	0,153	13,3
	5	8	Girasol	Cinzel	6,1	15,6	2,57	0,195	13,2
	6	8	Girasol	Reja	6,1	17,0	2,18	0,161	13,5
	7	12	Maíz	Cinzel	6,1	18,6	1,76	0,156	11,3
	8	9	Maíz	Reja	6,2	8,7	1,66	0,137	12,1
	9	13	Soja	Cinzel	6,1	15,0	2,15	0,158	13,6
	\bar{x}					6,2	15,6	2,01	0,155
1983/84	10a,b	14	Maíz	Cinzel	6,4	15,6	2,13	0,174	12,2
	11a,b	13	Maíz	Reja	6,5	11,0	2,01	0,158	12,7
	12a,b	15	Soja	Cinzel	6,2	17,7	2,26	0,187	12,1
	13a,b	+7	Soja	Reja	6,2	27,6	1,97	0,178	11,1
	14a,b	5	Maíz	Cinzel	6,3	22,5	2,10	0,185	11,4
	15a,b	10	Soja	Cinzel	6,0	32,3	2,10	0,191	11,0
	\bar{x}					6,3	21,1	2,10	0,179

Los suelos empleados en la 1ra. serie de incubaciones (Campaña 1982/83), presentaron en promedio un menor contenido de carbono total, nitrógeno total y fósforo extractable (2,01%; 0,155% y 15,6 ppm) frente a aquellos que fueron incluidos en la 2da. y 3ra. serie de experimentos (Campaña 1983/84). En este grupo, los promedios fueron sensiblemente superiores (2,10%; 0,179% y 21,1 ppm, respectivamente).

Las relaciones Carbono/Nitrógeno fueron también diferentes y sus promedios 13,0 y 11,8, respectivamente. Los valores de pH, en tanto, no registraron variabilidad entre campañas y oscilaron alrededor de 6,2.

La variabilidad en cuanto al factor "capacidad" de nitrógeno se vio así asegurada, ya que los rangos abarcados por los valores de carbono total y nitrógeno total, fueron de 1,66 a 2,57% y de 0,137 a 0,195%. La tendencia observada para una y otra campaña no puede ser explicada, empero, sobre la base a un uso agrícola más intenso.

Se aprecia en general que los suelos estuvieron medianamente provistos

a muy bien provistos en cuanto a nitrógeno orgánico total y fósforo. Esto es coincidente con la historia de los lotes, que corresponde a suelos rotados con praderas.

Contenido de humedad y variación del contenido de nitratos

En el Cuadro N° 3 se presentan los promedios de producción de cada sitio de medición y las medias y coeficientes de variación correspondientes a cada serie del experimento. La duración de cada una de las tres series promedió los 36, 28 y 29 días, respectivamente.

Muy frecuentemente, las bolsas plásticas presentaron pinchaduras y desgarramientos manifiestos, a causa de la acción de insectos de suelo, raíces de maíz y rizomas de sorgo de Alepo, lo que determinó que algunos cilindros perdieran humedad o se anegaran debido a la ocurrencia de lluvias. Esto determinó la necesidad de establecer algún criterio que permitiera depurar las poblaciones de datos, para lo que se recurrió al valor de contenido

Cuadro N° 3: Producción aparente promedio de nitratos (ppm NO_3^-) para los sitios de medición de las tres series de experimentos.

Campaña 82/83 (prefloración)		Campaña 83/84 (prefloración)		Campaña 83/84 (postfloración)	
Sitio Producción		Sitio Producción		Sitio Producción	
1	95,7	10a	54,6	10b	46,3
2	66,3	11a	40,9	11b	53,9
3	49,5	12a	45,2	12b	71,3
4	66,6	13a	66,6	13b	34,6
5	38,9	14a	43,6	14b	42,2
6	23,5	15a	56,4	15b	74,1
7	112,3				
8	89,3				
9	118,2				
\bar{x}	73,4	\bar{x}	51,2	\bar{x}	53,7
CV%	44,7	CV%	19,0	CV%	29,8

hídrico. Se descartaron, así, los valores que causaran coeficientes de variación superiores al 10-15% en el contenido de humedad.

Los contenidos de humedad correspondientes a la primera campaña superaron a los de la 2da. y 3ra. series de experimentos: 25,8%; 17,7% y 16,2%, respectivamente. Las muestras obtenidas en la época de post-floración presentaron un promedio de 1,5% de humedad menos que las de prefloración, durante la campaña 1983/84.

A pesar de estar aparentemente intactas, las bolsas pudieron haber perdido humedad debido a perforaciones diminutas. Esto se refleja en una disminución promedio de 11,9%, 6,5% y 5,3% del valor original, respectivamente. Pudo apreciarse una tendencia a mayores pérdidas para contenidos hídricos altos.

Dicho fenómeno se refleja en un aumento de los coeficientes de variación en los datos de humedad finales, los que muy frecuentemente estuvieron por encima del 10%. La situación se in-

vierte al considerar los coeficientes de variación de los datos iniciales, en los cuales en ningún caso superó ese porcentaje.

En relación a la concentración inicial de nitratos, se observó que ésta fue mayor en la Campaña 1982/83 que en 1983/84. Así, el promedio para la primera serie de experiencias fue de 92,3 ppm NO_3^- con un rango de valores entre 31 y 183. En la 2da. serie correspondiente a prefloración durante 1983/84, la situación se mantuvo en cuanto a rango (33 a 116 ppm NO_3^-), pero una menor dispersión en los valores arrojó un promedio de 70,1 ppm NO_3^- . En post-floración la concentración inicial promedio fue de 58,9 ppm NO_3^- , menor que la 2da. serie, en tanto que el rango conserva una amplitud considerable.

La producción de nitratos durante la Campaña 1982/83 promedió las 73,4 ppm NO_3^- , en tanto que durante la 2da. campaña los valores no superaron las 55 ppm NO_3^- . En 1982/83 los valores producidos oscilaron entre 24 y 118 ppm NO_3^- , en tanto que durante 1983/84

Cuadro N° 4: Variación de los parámetros relacionados con la capacidad de nitrógeno durante los distintos periodos de incubación a campo.

Campaña 82/83 (prefloración)					Campaña 83/84 (prefloración)					Campaña 83/84 (postfloración)				
Sitio	D%CT	D%NT	D%Nh	D%Nac	Sitio	D%CT	D%NT	D%Nh	D%Nac	Sitio	D%CT	D%NT	D%Nh	D%Nac
1	---	---	---	---	10a	-0,4	4,1	-5,5	5,4	10b	1,2	2,0	2,6	11,4
2	-2,6	-6,3	0,0	-7,9	11a	-3,0	-7,4	-2,3	9,9	11b	-1,7	0,6	-1,4	-5,7
3	2,9	0,0	-8,6	-14,3	12a	0,0	-3,2	-3,1	1,6	12b	-0,9	-10,9	-5,0	-9,3
4	3,9	6,6	1,2	-17,4	13a	-3,1	1,9	-8,8	5,8	13b	0,5	6,9	3,4	-6,3
5	0,7	-6,4	-1,7	-7,8	14a	0,0	-4,5	3,2	-9,1	14b	-0,4	-1,1	5,9	-4,4
6	-0,4	-1,0	0,0	-8,6	15a	-2,0	-3,8	4,4	16,2	15b	0,4	6,1	-0,7	10,4
7	1,4	-2,0	-4,8	-8,1										
8	1,8	-3,3	-0,4	13,0										
9	-0,4	1,0	-6,5	11,6										
\bar{X}	0,9	-1,4	-2,6	-4,9	\bar{X}	-1,4	-2,2	-2,0	5,0	\bar{X}	-0,2	0,6	0,8	-0,7

Nota: Los D% son las diferencias entre la situación final e inicial porcentualizadas en relación a los valores iniciales. CT, NT, Nh y Nac: idem Cuadro N° 2.

la variación fue algo menor: 41 a 67 ppm NO_3^- y 35 a 74 ppm NO_3^- en pre y post-floración, respectivamente.

La caracterización del conjunto de datos obtenidos fue completada merced al cálculo de los coeficientes de variación. Los pertenecientes a las concentraciones iniciales durante la 1ra. serie (prefloración 1982/83), superaron frecuentemente el 60%, mientras que en 1983/84 los valores estuvieron por debajo del 40%, en un buen número de casos. Este hecho es coincidente con las diferencias notables observadas entre los promedios, para ambas campañas.

Para el caso de las concentraciones finales, los coeficientes de variación rara vez superaron el 40% al considerar el total de casos.

En la Figura 4 puede apreciarse una relación curvilínea entre las concentraciones iniciales y finales de nitratos, sugiriendo un valor ligeramente superior a las 200 ppm NO_3^- como "límite" para la acumulación en estas condiciones de incubación.

Al analizar la relación entre cantidades producidas y concentración inicialmente presente, no surge una tendencia clara en la Figura 5a. Eli-

minando los casos con contenidos de nitratos iniciales superiores a 160 ppm puede corroborarse lo expresado.

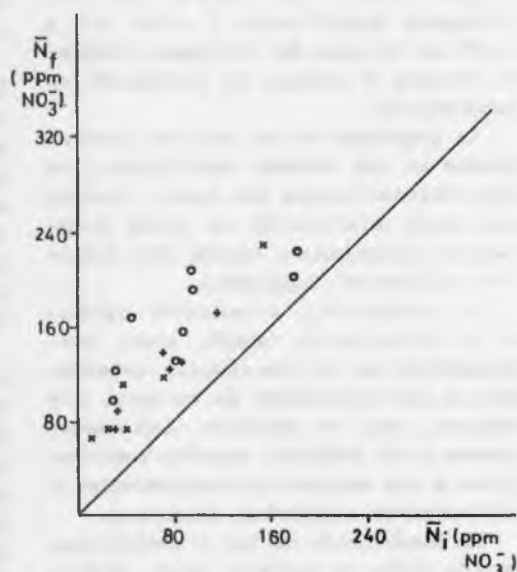


Figura 4: Contenido de nitratos medio en las muestras iniciales (\bar{N}_i) y finales (\bar{N}_f). 1ra. serie expe.= 0; 2da. serie= +, 3ra. serie= x

Factor capacidad de nitrógeno y producción de nitratos en condiciones controladas y a campo

Continuando con la búsqueda de mecanismos que explicasen la variabilidad observada en la producción de nitratos a campo, se pasó a analizar su relación con el contenido de carbono y nitrógeno total (capacidad total de nitrógeno) y de nitrógeno hidrolizable y potencialmente mineralizable en 4 semanas (capacidad lábil de nitrógeno).

En el Cuadro N° 4 se consignan las variaciones porcentuales de los parámetros medidos, en relación al valor al comenzar las incubaciones. Surge como rasgo sobresaliente en estos datos, la erraticidad de las variaciones, tanto en magnitud como en signo.

Es necesario señalar, no obstante, que los signos resultaron frecuentemente negativos, siendo los promedios para cada una de las series de experimentos: 0,9; -1,4 y -0,2% para carbono total, -1,4; -2,2 y 0,6% para nitrógeno total, -2,6; -2,0 y 0,8% para nitrógeno hidrolizable y -4,9; 5,0 y -0,7% en el caso del nitrógeno liberado durante 4 semanas de incubación en laboratorio.

La magnitud de los errores involucrados en los métodos analíticos y la variabilidad propia del suelo, impiden una mayor elaboración de estas diferencias obtenidas a través del análisis de muestras compuestas.

La producción y acumulación aparente de nitratos no tendrá, pues, contrapartida en la disminución detectable en las cantidades de carbono, nitrógeno, etc. En adelante, los comentarios y el análisis estarán restringidos a los valores correspondientes a las muestras compuestas iniciales.

La observación de los promedios para los datos de carbono total, nitrógeno total y nitrógeno hidrolizable, arroja una similitud para las cifras correspondientes a las tres series de experimentos. Los valores obtenidos en forma correlativa son: 2,32%; 2,37% y

2,31% para carbono total, 0,195%; 0,184% y 0,181% para nitrógeno total y, 251, 272, y 257 ppm N para el hidrolizable.

Al considerar los valores de nitrógeno acumulado en cuatro semanas de incubación controlada, se aprecia una considerable variación en los promedios de cada serie: 312, 205 y 205 ppm NO_3^- , respectivamente. Este hecho coincide con la presencia de un mayor tenor de nitrógeno para la primera campaña, aunque no se refleje esta tendencia en los valores de carbono total y nitrógeno hidrolizable.

Es de destacar, asimismo, la menor dispersión de los valores de nitrógeno liberado en condiciones de laboratorio, en relación con los datos provenientes de incubaciones de campo.

Existe una estrecha asociación entre los valores de nitrógeno total y carbono total, aunque su relación adquiere valores distintos según la serie de experimentos. Este hecho refleja, asimismo, los valores consignados en el Cuadro N° 5, los que arrojaron un promedio de 11,9 para la 1ra. serie y de 13,0 y 12,8 para la 2da. y 3ra. serie, respectivamente.

Existe una asociación más o menos consistente entre el valor de nitrógeno total y nitrógeno hidrolizable. En el Cuadro N° 5 puede observarse que el porcentaje de nitrógeno hidrolizable que forma parte del nitrógeno total parece ser una fracción aproximadamente constante del mismo: 12,9%; 14,9% y 14,3% para las tres series de experimentos, respectivamente.

Los valores de nitrógeno liberado tras cuatro semanas de incubación controlada no guardaron relación con las diferentes estimaciones del factor capacidad de nitrógeno (carbono y nitrógeno total, nitrógeno hidrolizable). Una posible interpretación de este hecho sería que en condiciones óptimas de humedad y temperatura, los tenores de nitrógeno total y lábil presentes en los suelos estudiados no fueron limitantes para el proceso de nitrificación desarrollado durante un lapso de cuatro semanas.

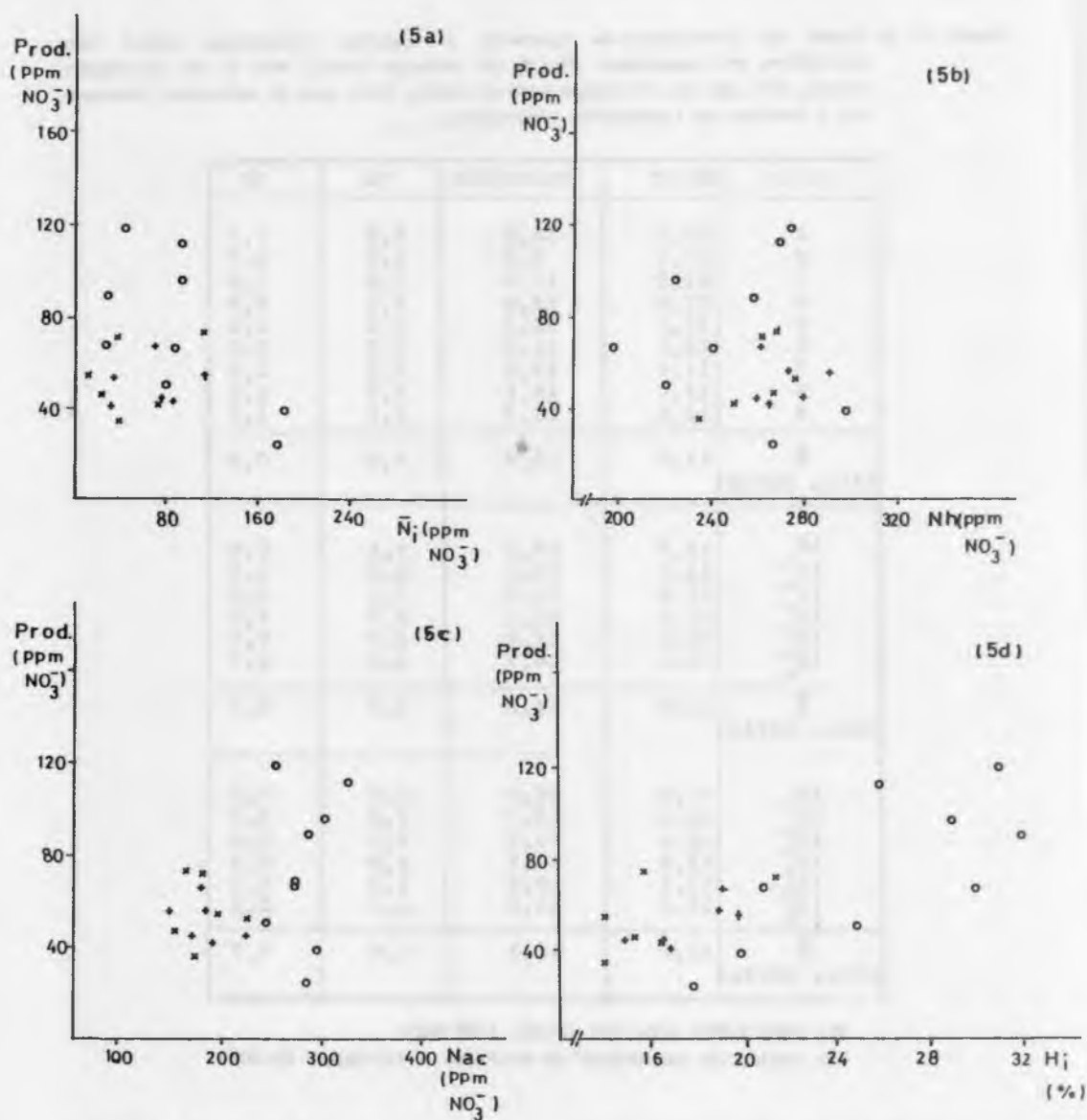


Figura 5: Producción de nitratos en condiciones de campo en función de algunos parámetros medidos: a) contenido de nitratos iniciales (N_i); b) contenido de nitrógeno hidrolizable en las muestras compuestas iniciales (NH); c) nitratos producidos en condiciones de laboratorio (Nac); d) contenido de humedad inicial (H_i). (1ra. serie: 0; 2da. serie: +; 3ra. serie: x).

Al ingresar en el análisis de lo ocurrido en condiciones de campo, se exploró la asociación existente entre la producción de nitratos *in situ* y el contenido de carbono y nitrógeno tota-

les y nitrógeno hidrolizable. En la Figura N° 5b no se evidencia un vínculo consistente entre las cantidades de sustrato disponible inicial y la cantidad de nitratos producida.

Cuadro N° 5: Tasas de nitrificación aparente y algunas relaciones entre las variables de capacidad. CT= % de carbono total, NT= % de nitrógeno total, NH= ppm de nitrógeno hidrolizable, Nac= ppm de nitratos liberado en 4 semanas de incubación controlada.

Sitio	CT/NT	(Nh/NT)100	TL	TC
1	12,2	11,1	3,8	1,1
2	11,3	9,6	3,3	0,7
3	11,9	12,9	3,6	0,6
4	12,4	14,4	4,1	0,9
5	12,1	13,5	3,4	0,4
6	12,1	13,0	3,5	0,3
7	11,1	13,6	4,1	1,3
8	12,0	14,1	3,9	1,1
9	12,0	13,7	3,1	1,3
\bar{X} (1ra. serie)	11,9	12,9	3,6	0,9
10	12,9	15,0	2,4	0,6
11 ^a	13,1	15,1	2,8	0,5
12 ^a	12,6	13,9	2,3	0,6
13 ^a	14,2	16,5	2,7	1,0
14 ^a	11,6	13,9	2,9	0,5
15 ^a	13,3	14,7	2,0	0,7
\bar{X} (2da. serie)	13,0	14,9	2,5	0,7
10 _b	12,2	13,6	2,0	0,5
11 _b	13,1	15,7	2,8	0,7
12 _b	12,4	14,2	2,5	0,9
13 _b	13,8	14,7	2,8	0,5
14 _b	12,1	12,5	3,0	0,5
15 _b	13,3	14,9	2,3	0,9
\bar{X} (3ra. serie)	12,8	14,3	2,6	0,7

TL: (NAC F/NT) 100; TC: (Prod. f/NT)100;

f: factor de conversión de nitratos a nitrógeno (0,226)

El análisis de una posible asociación entre las cantidades de nitrógeno nítrico liberadas en uno y otro sistema, llevó a la confección de la Figura 5c donde no es dable apreciar una relación importante, salvo en el caso de la primera campaña. Esto está en concordancia con el mayor contenido hídrico registrado durante la 1ra. serie de experimentos, lo que determinaría una mayor similitud entre las condiciones de campo y de laboratorio.

Al graficar las cantidades de nitratos producidos en las incubaciones

in situ en relación con el contenido hídrico inicial, en la Figura 5d se pone en evidencia una asociación interesante. El contenido hídrico de las muestras pasa a ser el determinante de las cantidades de nitratos acumuladas en condiciones de campo. Lo que está en concordancia con la ausencia de vínculos con los contenidos de nitrógeno total y lábil y con la asociación entre las cantidades liberadas a campo y laboratorio durante la 1ra. serie de experiencias.

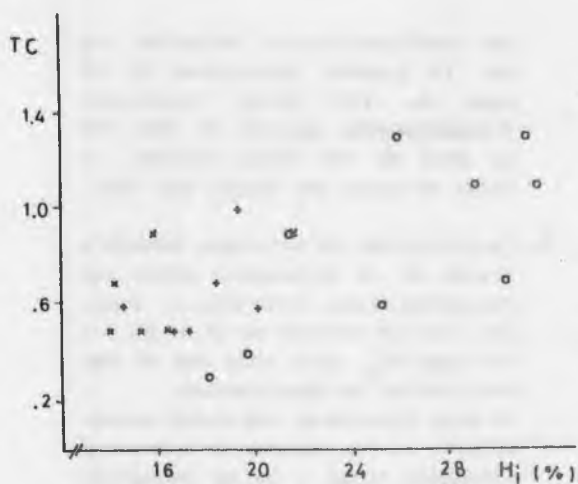


Figura 6: Proporción del nitrógeno orgánico total en los compuestos iniciales, liberado como nitratos en condiciones de campo (TC) y en condiciones de laboratorio (TL). (1ra. serie exp.= 0; 2da. serie=+; 3ra. serie= x).

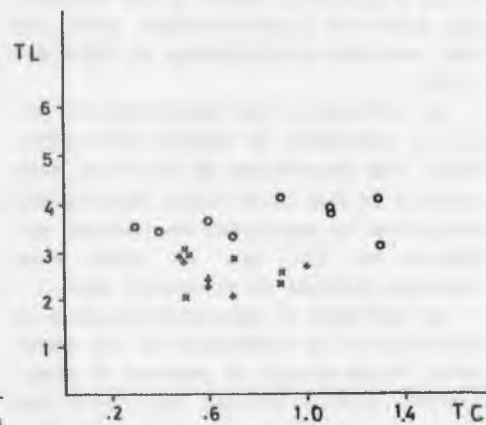


Figura 7: Proporción del nitrógeno orgánico total en las compuestas iniciales, liberado como nitratos en condiciones de campo (TC) y contenido de humedad medio en las muestras iniciales (H_i). (1ra. serie exp.= 0, 2da. serie= +, 3ra. serie x)

Esta evidencia vendría a apoyar las conclusiones de varios autores, quienes han aportado a la literatura específica modelos de regresión aptos para la predicción de las tasas de nitrificación a diferentes contenidos hídricos (Campbell et al., 1975; Myers, 1982; Wetselaar, 1968).

Se analizó finalmente la relación existente entre los porcentuales de nitrógeno total orgánico liberados en el plazo de unas 4-5 semanas, tanto en condiciones de campo como de laboratorio. En el Cuadro N° 5 puede apreciarse que la liberación mensual de nitrógeno nítrico en condiciones de laboratorio alcanzó cifras que representaron entre el 2,0 y el 4,1% del nitrógeno total inicial.

En condiciones de campo y para lapsos no mayores a cinco semanas, la tasa de nitrificación "aparente" osciló entre el 0,3 y el 1,3% del nitrógeno total inicialmente presente. Esto indicaría que los promedios para las tasas de laboratorio resultaron ser de

alrededor de cuatro veces superiores a las medidas en condiciones de campo: 3,6; 2,5 y 2,6% versus 0,9; 0,7 y 0,7% para cada una de las tres series de experimentos, respectivamente.

Estas cifras equivalen a una movilización de más del 2,0% del nitrógeno orgánico para el trimestre más cálido del año. La magnitud de los errores puestos en juego, no obstante, impone la necesidad de manejar estos datos con gran cautela.

No es dable apreciar, al observar la Figura 6, una relación consistente entre las tasas medidas a campo y las de laboratorio. Es aparente, en cambio, una relativa constancia de estas últimas para cada una de las diferentes campañas (Cuadro N° 5).

Una vez más, en la Figura N° 7, surge una aparente influencia del contenido hídrico inicial sobre la tasa de nitrificación "aparente", medida en condiciones de campo.

Se aprecia, asimismo, una distribución de puntos similar a la observada

en la Figura 5d, debido a los contenidos hídricos contrastantes para las dos campañas consideradas en este estudio.

La influencia que aparentemente posee el contenido de humedad del suelo, sobre las cantidades de nitratos acumulados en las condiciones descritas, determina la necesidad de encarar estudios en los que se mida como variable hídrica el potencial agua.

La medición de geotemperaturas y el análisis de la atmósfera de las muestras, según avanza el proceso de incubación, podría arrojar luz sobre los procesos desencadenados por este tipo de estudios.

CONCLUSIONES

El desarrollo de tres series de experimentos de incubaciones a campo en las que fue empleada la técnica de los cilindros, durante las campañas 1982/83 y 1983/84, permitió obtener las siguientes conclusiones:

1. Las muestras de suelo tomadas en la capa situada entre los 4 cm y los 10 cm, presentaron 25,8%; 17,7% y 16,2% de humedad total, durante los meses de diciembre de 1982 y 1983 y enero de 1984. Las muestras sometidas a incubación sufrieron, no obstante la baja permeabilidad del polietileno al vapor de agua, pérdidas de humedad de alrededor de 5,3 a 11,9% de su contenido original. Los coeficientes de variación de los datos de humedad finales, superaron a los iniciales, aunque en ningún caso excedieron el 16%, estando por debajo del 10% en la mayoría de los casos.
2. Las concentraciones iniciales de nitratos medidas en la mencionada profundidad a lo largo del camellón, presentaron los siguientes valores promedio: 92,3 ppm NO_3^- (diciembre 1982), 70,1 ppm NO_3^- (diciembre 1983) y 58,9 ppm NO_3^- (enero 1984).

Los coeficientes de variación son por lo general superiores en el caso de los datos iniciales, frecuentemente superan el 50%. En el caso de los datos finales el valor se halla por debajo del 40%.

3. La producción de nitratos, medida a través de la diferencia entre las concentraciones iniciales y finales, arrojó valores de 73,4; 51,2 y 53,7 ppm NO_3^- , para cada una de las tres series de experimentos.

No pudo detectarse una caída concomitante en los valores de carbono y nitrógeno total o en el contenido de nitrógeno hidrolizable de las muestras compuestas, luego de transcurridas las incubaciones.

Las muestras compuestas iniciales arrojaron promedios de 2,32; 2,37 y 2,31% de carbono total, 0,195; 0,184 y 0,181% de nitrógeno total y 251, 272 y 257 ppm N hidrolizable, en cada una de las tres series de experimentos.

La relación carbono/nitrógeno promedió valores de 11,9 a 13,3, en tanto que el nitrógeno hidrolizable, representó del 12,9 al 14,9% del nitrógeno total.

4. No hubo evidencias de que el contenido de carbono total, nitrógeno total o nitrógeno hidrolizable, determinarían las cantidades de nitratos acumulados en condiciones de campo o laboratorio. El contenido de humedad, en cambio, pareció jugar un rol importante en la cantidad de nitratos liberados en condiciones de campo. Para el grupo de experiencias realizadas en condiciones de humedad más favorables, las cantidades liberadas a campo estuvieron mejor asociadas a las que se acumularon en condiciones de laboratorio.
5. Las cantidades de nitratos acumuladas a campo, representaron el 0,9; 0,7 y 0,7% del nitrógeno orgánico total presente en las muestras ini-

ciales, para cada una de las tres series, respectivamente.

Las cantidades liberadas en condiciones de temperatura y humedad controladas, fueron unas cuatro veces superiores a las anteriores.

La tasa de nitrificación "aparen-

te", evaluada a través de este tipo de métodos, resultaría en valores de movilización del nitrógeno orgánico del 2,0% para el trimestre más cálido del año. Esta cifra representaría cerca de la mitad de los valores comunmente aceptadas.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BARBERIS, L.; E. CHAMORRO; C. BAUMANN FONAY; D. ZOURARAKIS; D. CANOVA y S. URRICARIET. 1985. Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización nitrogenada en la Pampa Ondulada. Campañas 1980/81 - 1983/84. II- Modelos predictivos y explicativos. *Rev. Facultad Agronomía*, 6(1-2):65-84.
- 2) CAMPBELL, C.; V. BIEDERBECK and W. HINMAN. 1975. Relationships between nitrate in summer fallowed surface soil and some environmental variables. *Can J. Soil Sci.*, 55:213-223.
- 3) CAMPBELL, C.; V. BIEDERBECK and F. WARDER. 1971. Influence of simulated fall and spring conditions on the soil system. II: Effect on soil nitrogen. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35:480-483.
- 4) CHAMORRO, E.; D. ZOURARAKIS; S. URRICARIET y D. CANOVA. 1984. Efecto de la labor principal sobre la dinámica del nitrógeno en el cultivo de maíz. *Actas del III Congreso Nacional de Maíz*.
- 5) DANIEL, P. y L. MARRAN. 1986. Adaptación de un método espectrofotométrico reductivo para la determinación de nitratos de suelos. *Ciencia del suelo (en prensa)*.
- 6) ENO, C. 1960. Nitrate production in the field by incubating the soil in polyethylene bags. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24:277-279.
- 7) HEIN, W. y J. PANIGATTI. 1982. Mineralización potencial del nitrógeno en suelos con diferentes manejos. *Informe Técnico N° 12 INTA EERA Rafaela*. 25 pp
- 8) HEERLIHY, M. 1979. Nitrogen mineralization in soils varying texture, moisture and organic matter. I. Potential and experimental values in fallow soils. *Plant and Soil*, 53:255-267.
- 9) HEERLIHY, M. and P. SHEEHAN. 1979. Nitrogen mineralization in soils of varying texture, moisture and organic matter. II. Values in soils cropped with ryegrass. *Plant and Soil*, 53:269-275.
- 10) MYERS, R.; C. CAMPBELL and K. WEIER. 1982. Quantitative relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 62:111-124.
- 11) PANIGATTI, J. y W. HEIN. 1985. Mineralización potencial del nitrógeno en epipedones del norte de la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo*, 3:53-60.
- 12) SIERRA, J. y L. BARBERIS. 1983. Análisis de un modelo de mineralización de nitrógeno en suelos del Oeste de la Provincia de Buenos Aires. *Rev. Facultad de Agronomía*, 4(3):309-315.
- 13) STANFORD, G.; J. CARTER and S. SMITH. 1974. Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short-term incubations. *Soil Sci.*, 38:99-102
- 14) VAN SCHREVEN, D. 1968. The production of mineral nitrogen by soil samples, contained in polyethylene bags, under field conditions and in the laboratory. *Plant and Soil*, 29:170-183.

- 15) VIETS, F. 1965. The plant's need for and use of nitrogen, 503-544, en Bartholomew W, and Clarck F. (ed), Soil Nitrogen; Am. Soc. of Agronomy, Agronomy N° 10. 615 pp.
- 16) WETSELLAR, R. 1968. Soil organic nitrogen mineralization as affected by low soil water potentials. *Plant and Soil*, 29:9-17.
- 17) ZOURARAKIS, D. y L. BARBERIS. 1980. Estudio comparativo del valor de algunos métodos químicos como elemento diagnóstico de la fertilidad nitrogenada en suelos de la Pradera Pampeana. *Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, 2:413-424.
- 18) ZOURARAKIS, D. 1983. Evolución del contenido de nitratos en un argiudol bajo cultivo de maíz. *Ciencia del Suelo*, 1:53-63.