

**PRACTICAS CULTURALES, SU RELACION CON LA
DINAMICA DE NITROGENO Y EL RENDIMIENTO DE MAIZ**

MARTA E. CONTI; CLAUDIA MARRE; ROSA M. PALMA (*)

Recibido: 06-07-90

Aceptado: 11-10-90

RESUMEN

Se planificó un trabajo tendiente a determinar: a) la influencia de dos sistemas de labranza y la fertilización sobre la evolución del nitrógeno liviano y nitratos producidos a lo largo del ciclo del maíz, y b) la relación de estas variables con el rendimiento del cultivo.

De la información obtenida a partir de 51 ensayos de maíz desarrollados en cinco campañas agrícolas se puede establecer:

1. La fertilización y el cultivo antecesor inmediato tienen relación con el nitrógeno liviano en el momento de siembra. La asociación desaparece en el resto del ciclo para volver a manifestar en floración y cosecha diferencias de comportamiento entre las formas de laboreo.

2. La fertilización y el cultivo antecesor inmediato causan diferencias significativas en el contenido de nitratos de las parcelas. Las mayores concentraciones se presentan en los ensayos fertilizados y con antecesor "no soja".

3. El rendimiento de maíz muestra diferencias significativas en todas las parcelas fertilizadas. Estas son máximas cuando se combinan con laboreo de cincel y antecesor soja.

Palabras clave: Sistema de labranza, maíz, nitrógeno.

CROPPING SYSTEMS AND ITS RELATIONSHIP WITH N DYNAMICS AND MAIZE YIELD

SUMMARY

The objectives of this study were: a) study the influence of two plough systems and nitrogen fertilization on the light nitrogen and nitrate evolution along the corn cycle; b) the relation of these variables with the crop yield.

From the information obtained of 51 assays through five agricultural cycles, it can be established that:

1. Fertilization and the predecessor crop are related with light nitrogen in sowing. This association disappears during the rest of the cycle but there are differences of behaviour between the two plough systems in flowering and harvest.

2. Fertilization and predecessor crop caused significative differences in the nitrate content of the plot. The major concentrations are in those trial with fertilization and predecessor "no soya-bean".

3. The corn yield show significative differences in the fertilized plots. These are the highest when ploughed with chissel and predecessor "soya-bean" are combined.

Key words: plough system, maize, nitrogen.

(*) Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, UBA. Avda. San Martín 4453.
1417 -Buenos Aires- Argentina

INTRODUCCION

Las diferencias producidas por distintas variables ecológicas y culturales sobre la evolución del nitrógeno edáfico y la influencia de éste sobre el cultivo de maíz han sido el centro de atención de numerosos investigadores del país (Zourarakis, 1983; Sierra y Barberis, 1983; Conti *et al.*, 1983b; Panigatti y Hein, 1985 y Barberis, 1985).

La disparidad en las conclusiones halladas por los autores antes mencionados, pone en evidencia la necesidad de obtener caracterizaciones más objetivas sobre la provisión de nitrógeno en los diferentes estados de crecimiento y su relación con el rendimiento de este cultivo. Esta carencia de precisión es debida a la elevada movilidad del nitrógeno soluble determinado por los procesos simultáneos de absorción, lixiviación, inmovilización y volatilización. La desaparición de los nitratos en el perfil se contrapone con el mecanismo de reposición producto de la mineralización de las formas orgánicas fácilmente utilizadas por los microorganismos y el aporte de nitrógeno mineral proveniente de la fertilización.

La influencia que las prácticas culturales imprimen a la dinámica del nitrógeno se ven afectadas, en gran medida, por las variaciones de humedad, temperatura y potencial redox del suelo. En este ensayo se intenta dilucidar algunos aspectos que relacionan ciertas prácticas culturales con los componentes nitrogenados del suelo en el ciclo del cultivo de maíz.

Bajo estas consideraciones se planifica este trabajo tendiente a determinar como objetivo primario la influencia de dos sistemas de labranza (arado cincel, arado de reja) y la fertilización sobre la evolución de una forma orgánica de fácil mineralización, nitrógeno liviano (N_l) y el contenido de nitratos producidos a

lo largo del ciclo del maíz. También se relacionan estas variables con el rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Ensayo de campo

En este trabajo se presenta el resultado de 51 ensayos establecidos en la región norte de la provincia de Buenos Aires durante cinco campañas sucesivas de maíz, desde el período 1980/81 hasta 1985/86. Los ensayos se realizaron en establecimientos de la zona maicera y se condujeron en condiciones normales de producción. Los lotes seleccionados fueron distintos de un año a otro y su caracterización particular se encuentra descrita en la serie de suelo correspondiente (INTA, 1974).

Se incluyeron como variables de manejo: a) dos sistemas de labranza: arado de reja y vertedera y arado cincel, b) parcelas con y sin aplicación de fertilizantes. Se diseñaron cuatro parcelas de 60 m x 620 m para el tratamiento de laboreo, subdividiéndose cada una en testigo y fertilizada con 80 kg N/ha. El fertilizante empleado fue urea aplicada al voleo con incorporación en el momento de siembra o amoníaco anhidro cuando el maíz tenía 3-5 hojas expandidas.

Las parcelas fueron sembradas con maíz híbrido y la siembra se realizó entre el 29 de setiembre y el 10 de octubre. El material genético no fue una variable en estudio.

El diagrama general de los tratamientos y las series de los suelos figuran en el Cuadro N° 1.

Métodos de Laboratorio

Las muestras fueron seleccionadas en cuatro momentos del ciclo de maíz: siembra, 4-5 hojas expandidas, floración y cosecha, siendo extraídas a una

Cuadro N° 1: Diagrama general de los ensayos realizados en el período 80/81 hasta 85/86.

AÑO	SERIE	CANT. ENSAYOS	LABRANZA		ANTECESOR		FERTIL	
			CINCEL	REJA	NO SOJA	SOJA	SIEM 2/5H	
80/81	A Dulce	3	2	1	3	-	3	-
	Delgado	3	2	1	3	-	3	-
82/83	Rojas	4	1	3	2	2	4	-
	A Dulce	3	2	1	3	-	3	-
	La Ange*	2	1	1	1	1	-	2
	Pergamino	2	2	-	1	1	2	-
	Urquiza	1	1	-	-	1	1	-
	Delgado	2	2	-	1	1	-	2
83/84	Delgado	2	2	-	2	-	2	-
	Rojas	3	2	1	1	2	3	-
	Chivilcoy	1	1	-	-	1	1	-
84/85	Rojas	6	5	1	3	3	1	5
	Delgado	2	2	-	1	1	-	2
	Chacabuco	3	-	3	2	1	1	3
	A Dulce	2	-	2	1	1	1	1
	La Ange*	2	2	-	1	1	-	2
	Bragado*	1	1	-	1	-	1	-
85/86	S Isabel	1	1	-	-	1	-	1
	A Dulce	4	3	1	2	2	2	2
	Rojas	2	-	2	1	1	1	1
	La Ange*	2	2	-	1	1	-	2
TOTAL		51	34	17	30	21	28	23

La Ange*, Bragado*, son La Angelita y Bragado series no publicadas.

profundidad de 0 a 20 cm con barreno. Cada muestra compuesta se obtuvo a partir de seis submuestras que se mantuvieron en heladera hasta la determinación de nitratos en húmedo (Richter, 1980), luego se secaron y se pasaron por tamiz de 0,2 mm para la determinación de Nl (Conti 1983a).

Tratamiento estadístico

La evaluación estadística se realizó mediante el programa de análisis de varianza en diseños no balanceados del "Stratgraphics", que permitió comparar en su totalidad los resultados obtenidos de nitrógeno edáfico en cada momento del ciclo con los tratamientos realizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios y rangos obtenidos se encuentran en el Cuadro N° 2 y Figuras 1 y 2.

Del análisis de los datos surge que las parcelas con antecesor inmediato soja tuvieron un comportamiento particular respecto a las provenientes de girasol y maíz. La separación en dos poblaciones distintas, "soja" y "no soja" permitió mejorar la interpretación de los resultados, creando otra variable de manejo: el cultivo antecesor inmediato. Consideraciones similares se encontraron sobre fertilización de maíz en la Pampa ondulada. (Barberis et al., 1985).

Cuadro N° 2: Promedios y rangos correspondientes a nitrógeno liviano y nitratos de 0-20 cm de profundidad.

NITROGRNO LIVIANO (ppm).

PARCELAS NO FERTILIZADAS	TRATAMIENTOS			
	CINCEL SOJA	CINCEL	REJA SOJA	REJA
SIEMBRA				
Promedio	73,64	106,96	63,93	110,00
Rango	34,2/125,4	42,1/185,3	37,4/97,6	34,6/184,3
4-5 HOJAS				
Promedio	51,64	70,44	62,84	67,72
Rango	21,8/73,4	42,2/149,0	63,3/73,7	59,0/76,9
FLORACION				
Promedio	63,4	62,4	53,2	60,2
Rango	37,1/110,1	31,4/204,1	45,4/65,4	31,7/88,8
COSECHA				
Promedio	62,10	93,90	34,80	55,0
Rango	38,4/106,4	43,7/167,0	32,8/47,8	30,9/100
PARCELAS FERTILIZADAS				
SIEMBRA				
Promedio	99,40	149,70	94,30	148,40
Rango	50,0/150,6	67,4/263,0	47,0/206,1	77,8/219
4-5 HOJAS				
Promedio	83,30	75,80	70,90	78,10
Rango	29,3/139,2	35,8/214,0	72,6/112,4	51,3/105
FLORACION				
Promedio	72,3	69,30	60,0	64,0
Rango	20,4/147,5	38,9/132,3	76,1/88,5	40,0/86
COSECHA				
Promedio	63,30	60,10	23,90	46,80
Rango	16,2/139,5	30,0/119,7	12,4/34,2	33,3/70

El análisis estadístico destacó que las distintas campañas arrojaron diferencias significativas de las variables, mostrando que los resultados anuales son producto de la interacción de los tratamientos con los factores climáticos. Analizar en forma conjunta las cinco campañas proporcionó una población variada de datos provenientes de las diversas combinaciones entre los factores ambientales y las series de suelos incluidas. Por esta razón los rangos observados son amplios en todos los casos.

Evolución del nitrógeno liviano

Esta variable intenta determinar la fertilidad química nitrogenada disponible para el maíz en forma mediata. Su desarrollo a través del ciclo reveló la dinámica del sustrato orgánico que en un tiempo breve se transformará en nitratos (Conti *et al.*, 1983b).

En el momento de siembra se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de fertiliza-

Cuadro N° 2: (continuación)

NITRATOS 0-20 cm (ppm)

PARCELAS NO FERTILIZADAS	TRATAMIENTOS			
	CINCEL SOJA	CINCEL	REJA SOJA	REJA
SIEMBRA				
Promedio	81,60	82,03	76,20	89,70
Rango	42,8/144,0	26,4/137,6	29,9/123,8	62,4/117
4-5 HOJAS				
Promedio	89,30	77,80	81,90	70,30
Rango	67,4/160,2	27,0/107,3	48,9/97,0	26,5/114
FLORACION				
Promedio	38,90	46,70	61,30	54,14
Rango	26,4/100,9	32,3/100,1	20,0/197,0	10,8/107
COSECHA				
Promedio	28,90	49,90	30,30	47,0
Rango	15,9/53,9	3,5/109,4	16,2/64,7	23,2/69,9
PARCELAS FERTILIZADAS				
SIEMBRA				
Promedio	95,30	125,50	89,60	145,6
Rango	50,1/150,1	72,9/216,7	68,9/135,6	68,8/274
4-5 HOJAS				
Promedio	160,30	150,20	163,70	144,80
Rango	97,4/278,5	72,3/266,2	83,9/212,6	75,5/214
FLORACION				
Promedio	71,07	87,60	92,70	106,4
Rango	24,1/140,7	8,3/328,9	25,8/138,8	25,0/187
COSECHA				
Promedio	45,50	61,50	57,10	51,30
Rango	18,9/67,3	6,6/227,6	8,7/101,6	9,5/93,1

ción y los distintos cultivos antecedentes, no presentando variaciones las formas de laboreo. Las parcelas "no soja" y las fertilizadas registraron los valores más altos del ciclo (Figura 1). El nitrógeno mineral agregaría lugar a formas de nitrógeno orgánico que responden a la extracción química de Nl. De la misma manera puede deducirse que el cultivo antecedente soja incorporaría una materia orgánica nitrogenada con menor grado de identificación en esta variable química.

En el período en que el maíz se encontró con 4-5 hojas expandidas, se evidenció una disminución generalizada de Nl, ésta es más pronunciada en los tratamientos que presentan los valores más altos. En este momento del cultivo, ninguno de los tratamientos mostró diferencias significativas.

La disminución de la variable continúa aunque en forma más atenuada hasta floración, donde se presentaron diferencias entre los tratamientos de laboreo con arado de reja y arado cincel. Similar fue lo hallado ante-

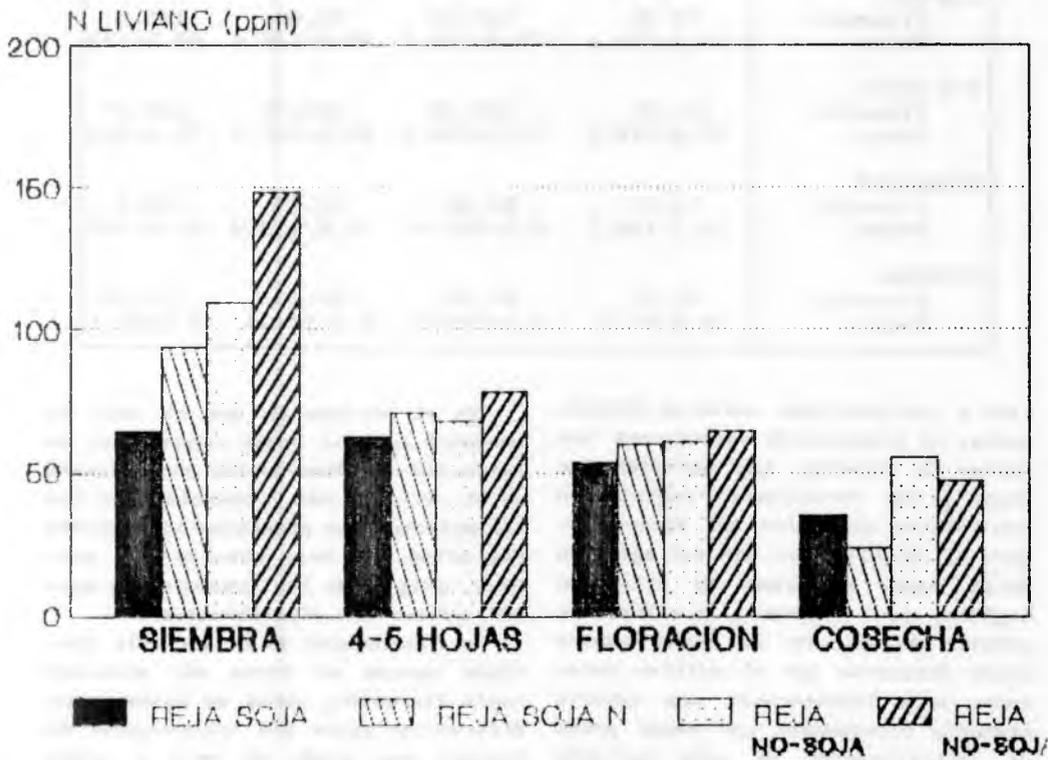
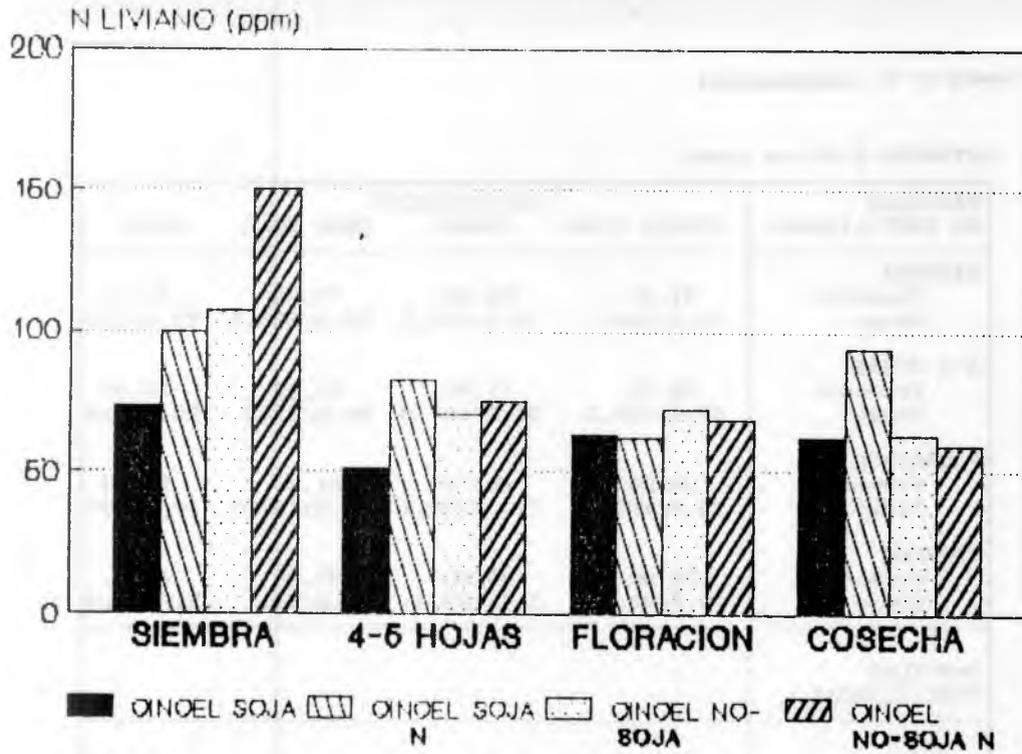


Figura 1: Variación de nitrógeno liviano. Ciclo de maíz.

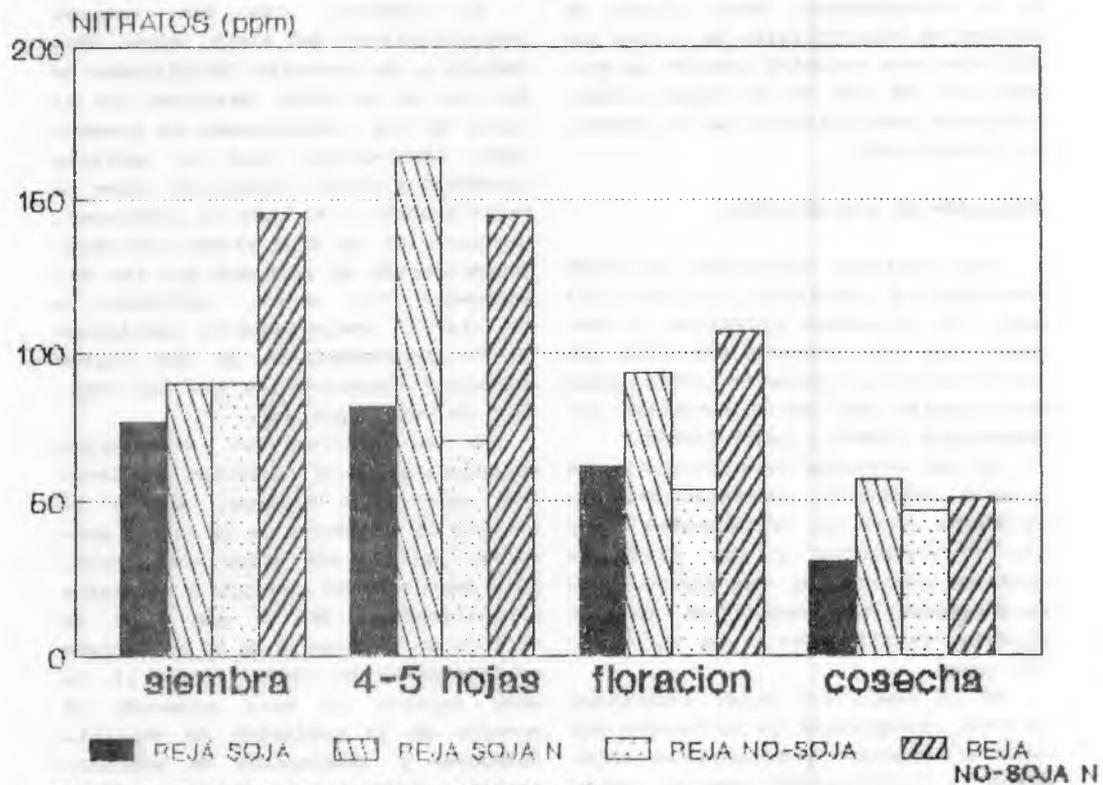
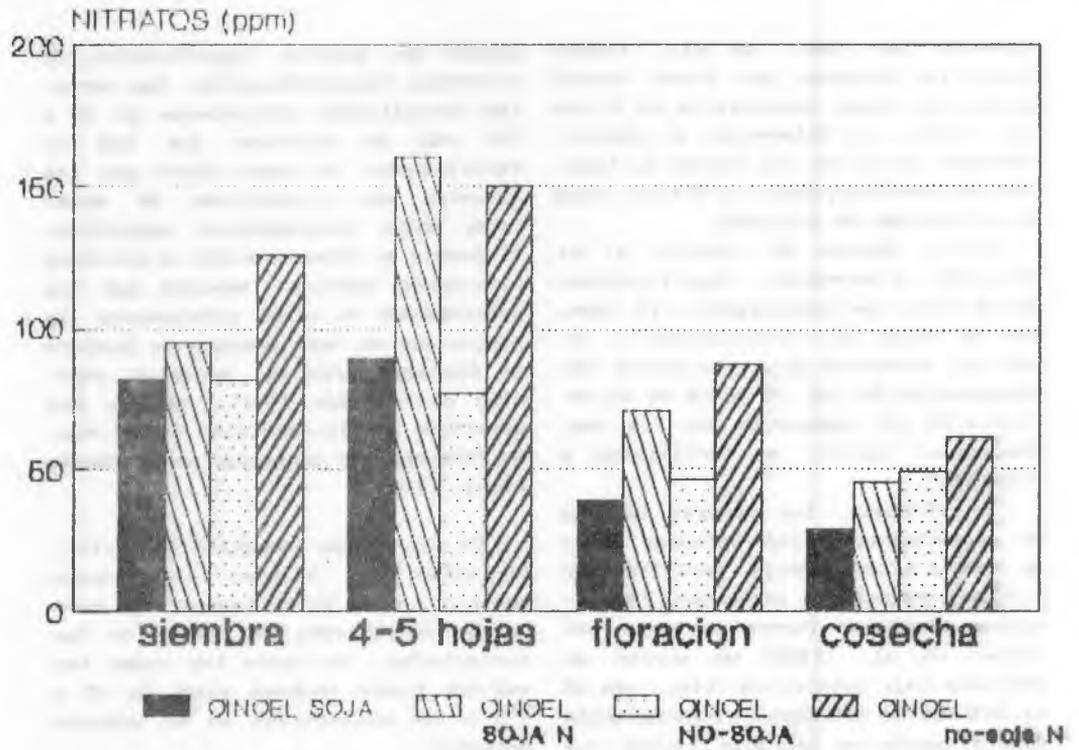


Figura 2: Variación de nitratos. Ciclo de maíz.

riamente por Conti *et al.*, (1983) donde la labranza con arado cincel produjo un menor decaimiento de N1 de los suelos. La diferencia de comportamiento entre las dos formas de laboreo se acrecentó hasta la última etapa de extracción de muestras.

En el momento de cosecha, el N1 presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos. El laboreo de reja, la fertilización y el cultivo antecesor soja provocaron una disminución del 42, 27 y 20% de la variable N1 al compararla con los tratamientos: cincel, no fertilizado y "no soja".

En síntesis, los menores valores se presentaron en las parcelas donde se asocia el arado reja, fertilización y soja como cultivo antecesor. Conclusiones similares fueron vertidas por Broder *et al.* (1984) en suelos de Nebraska bajo cultivo de trigo, con 12 al 39% más de nitrógeno potencialmente mineralizable en labranza mínima que en la convencional. Doran (1980) en horizontes superficiales de suelos con labranza cero encontró también un promedio de 35% más de nitrógeno potencialmente mineralizable que en labranza convencional.

Evolución de los nitratos

Esta variable representa la forma inmediata de provisión nitrógeno del maíz. Los promedios obtenidos en este ensayo son relativamente más altos que los hallados por Barberis (1985), pero coincidentes con los presentados por Zourorakis (1983) y Conti (1983).

En los nitratos determinados a la siembra (Figura 2), se presentaron diferencias entre los tratamientos con y sin fertilizantes y los distintos cultivos antecesores. Las mayores concentraciones se encontraron en las parcelas fertilizadas y con antecesor "no soja".

En la etapa 4-5 hojas expandidas de maíz, desapareció la influencia del cultivo antecesor manteniéndose solamente la fertilización como un trata-

miento de aumento significativo de nitratos. Comparativamente, las parcelas fertilizadas mantuvieron de 40 a 50% más de nitratos que las no fertilizadas. Se hace notar que las parcelas que provinieron de antecesor soja incrementaron significativamente su concentración en nitratos alcanzando valores mayores que los provenientes de otros antecesores. Se supone que en este momento se aceleró la descomposición del material orgánico nitrogenado lábil, que no fue detectado previamente como N1. El mismo fenómeno fue destacado por Barberis *et al.* (1985).

En el período inmediato posterior, floración, se mantuvo el esquema anterior, sólo se destacaron las parcelas fertilizadas del resto de los tratamientos. En todos los casos los valores fueron menores entre un 20 y 50% a los encontrados en el estadio anterior.

La cosecha, con las menores concentraciones del ciclo, sigue destacando a las parcelas fertilizadas de las que no lo están, mientras que el resto de los tratamientos no presentaron diferencias. Aquí el análisis estadístico marca interacción entre la fertilización y el cultivo antecesor. Las parcelas con soja tienen una menor concentración de nitratos que las del antecesor "no soja", volviendo a resaltar el comportamiento particular de la descomposición de sus restos orgánicos comparándolos con los residuos de maíz o girasol.

No se manifestaron diferencias estadísticas en el contenido de nitratos entre los laboreos, aunque es notoria la tendencia de la reja a presentar valores más altos que cincel. Este aspecto está asociado a una mayor inmovilización del N que bien se refleja en el aumento de N1 encontrado en esta parte del ciclo (Figura 1). En este aspecto es bien conocido el aumento de la población de denitrificadores y disminución de microorganismos oxidantes de amonio y nitrí-

Cuadro N° 3: Rendimientos promedios y rangos del cultivo de maíz en las cinco campañas agrícolas.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTOS	
	PROMEDIOS (kg/ha)	RANGO (kg/ha)
NO FERTILIZADOS		
Cincel soja	4579	2193-8838
Cincel	5401	3446-9234
Reja soja	5795	4282-7186
Reja	5637	3498-7526
FERTILIZADO		
Cincel soja	6080	2487-9215
Cincel	6704	3636-9142
Reja soja	6250	4416-8421
Reja	5912	4833-8024

tos que producen los laboreos conservacionistas, consecuencia del aumento de densidad y contenido hídrico del suelo (Rice y Smith, 1982; Doran 1980 y Broder et al., 1984).

Rendimiento y su relación con las variables nitrogenadas

Los promedios y rangos de rendimiento del maíz se encuentran en el cuadro N° 3. Del análisis estadístico surgieron sólo diferencias entre los tratamientos con y sin uso de fertilizantes. Los resultados obtenidos en los rendimientos del cultivo son concomitantes a la evolución de los nitratos a través del ciclo, mostrando su estrecha relación con esta variable. El aumento de nitratos producto del empleo de fertilizantes se tradujo en el incremento de grano, este fenómeno es general en todos los tratamientos. Los incrementos producidos por la fertilización son máximos cuando se combinaron con cincel y antecesor soja (1.500 kg/ha) y mínimas en la combinación reja-no soja (275 kg/ha).

No se encontró relación entre los rendimientos y el contenido de N1 presentes en la siembra, 4-5 hojas expandidas y floración. Los valores de N1 obtenidos en el momento de la cosecha se aproximaron de manera inversa a los rendimientos. Las combinaciones de tratamientos que lograron terminar el ciclo con los valores más bajos de esta variable, son los de mejores rendimientos.

CONCLUSIONES

De la información producida a partir de los 51 ensayos de maíz desarrollados durante cinco campañas agrícolas, se puede establecer que las prácticas culturales afectan los componentes nitrogenados estudiados de la siguiente manera:

1. El arado cincel produce una mayor conservación de N1 que el arado rastra, especialmente en la última etapa del ciclo (floración y cosecha),

2. La fertilización causa diferencias significativas en el contenido de nitratos de las parcelas en todo el ciclo del maíz. Las mayores concentraciones se presentan en los ensayos fertilizados y sin antecesor soja. En las parcelas no fertilizadas el laboreo reja manifiesta una tendencia a presentar mayores contenidos de nitratos que el cincel.
3. El rendimiento de maíz muestra correlación significativa con los contenidos de nitratos, alcanzando su máximo rendimiento en las parcelas donde se combina fertilización con laboreo cincel y antecesor soja.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BARBERIS, L.; E. CHAMORRO; C. BAUMAN FONAY; D. ZOURARAKIS, D. CANOVA y S. URRICARIET. 1985. Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización nitrogenada en la Pampa Ondulada II. Modelos predictivos y explicativos. *Rev. Fac. de Agronomía*, 6(1-2):65-84.
- 2) BRODER, M.W.; DORAN J.; G. PETERSON and C. FENSTER. 1984. Fallow tillage influence on spring population on soil. Nitrifiers, Denitrifiers and available nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:1060-1066.
- 3) CONTI, M.E.; A. RODRIGUEZ JANEIRO; R.M. PALMA y M. GONZALEZ. 1983a. Determinación de nitrógeno en las fracciones livianas de los complejos órgano-minerales de los suelos. *Rev. Fac. de Agronomía*, 4(1):1-5.
- 4) CONTI, M.E.; A. RODRIGUEZ JANEIRO y C. MARRE. 1983b. Variaciones de nitrógeno liviano y nitratos producidos por los distintos manejos del cultivo del maíz en suelos Argiudoles. *Rev. Fac. de Agronomía*, 4(3):336-343.
- 5) DORAN, J.E. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:765-771.
- 6) HEIN, W. y J.L. PANIGATTI. 1985. Mineralización potencial del nitrógeno en epipedones del norte de la región pampeana. *Rev. Ciencia del Suelo*, 3(1-2):15-26.
- 7) INTA. 1974. Carta de Suelo de la Rep. Argentina. Hoja 3560-2.
- 8) RICE, C.W. and M.S. SMITH. 1982. Denitrification in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1168-1172.
- 9) RICHTER, M. 1980. Mejoras en la determinación de amonio por destilación. *Rev. Fac. de Agronomía*, 1(2):145-155.
- 10) ZOURARAKIS, D. 1983. Evolución del contenido de nitratos en un Argiudol bajo cultivo de maíz. *Rev. Ciencia del Suelo*, 1(1):53-63.