

EVOLUCION DEL CONTENIDO DE NITRATOS EN UN ARGUJODOL BAJO CULTIVO DE MAIZ

Demetrio Zourarakis (1)

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, U.B.A., Av. San Martín 4453
(1417) Capital Federal

RESUMEN

Se estudió la evolución de la concentración de nitratos presentes en un suelo bajo cultivo de maíz. Se empleó un ensayo de campo llevado a cabo en el noreste de la provincia de Buenos Aires, en el que fueron aplicados tres niveles de fertilizantes (0; 40 y 80 kg N ha⁻¹) en diferentes épocas (a la siembra y a la escardillada), en combinación con dos tipos de labranza (cincelado y arada convencional).

En un experimento simultáneo se estudió la capacidad de producción de nitratos del suelo desnudo y cultivado.

Pudo observarse una marcada variación de la concentración de nitratos a lo largo del ciclo del cultivo, la que fue relativamente independiente del tratamiento aplicado. Los resultados de los experimentos de incubación parecen indicar una tendencia a la regulación.

Palabras claves: Fertilización nitrogenada en maíz; nitratos; incubación a campo; labranzas.

NITRATE CONTENT EVOLUTION OF AN ARGUJODOLL IN A CULTIVATED CORN

SUMMARY

The evolution of soil nitrate concentration in a cultivated corn was studied. A field trial was carried out in the NE of Buenos Aires province. In the trial were used three fertilization levels (0; 40 and 80 kg N ha⁻¹) at different times (at seeding and at weeding) and in combination with two different tillage operations (chisel and conventional tillage).

In a parallel experiment the capacity of nitrate production in a bare or cultivated soil was studied.

A significant variation in nitrate concentration during the crop life, relatively independent from the applied treatment could be observed. The incubation results showed an apparent regulation tendency.

Key words: Nitrogen fertilization in corn; nitrates; field incubation; tillage.

INTRODUCCION

La concentración del ión nitrato es, sin duda, el índice empleado con mayor frecuencia a los fines de caracterizar el estado de los suelos en relación a la disponibilidad inmediata de nitrógeno para los cultivos, (Bonel *et al.*, 1978; Barberis *et al.*, 1980; Zourarakis y Barberis, 1982).

Dicho parámetro ha sido, asimismo, objeto de estudio en lo que hace a su variabilidad espacial y temporal en los suelos sujetos a diferentes manejos, (Bar-

beris *et al.*, 1977; Conti *et al.*, 1980; de Hein y Panigatti, 1980).

El interés por la aplicación de sistemas de labranza de tipo conservacionista ha crecido considerablemente en el curso de los últimos años. Del mismo modo, la preocupación por la dinámica de la fertilidad nitrogenada de los suelos a los cuales se está aplicando dicho tipo de técnicas ha ido en constante aumento, (Lattanzi *et al.*, 1979; Zeljkovich *et al.*, 1980).

Por otro lado, es evidente que un importante fac-

1) Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

tor de regulación de la fertilidad edáfica, en relación al nitrógeno, está constituido por el empleo cada vez más frecuente de los fertilizantes.

La variada gama de resultados experimentales obtenidos en numerosos trabajos de fertilización, pone en evidencia la necesidad de lograr una caracterización más acabada de la dinámica de provisión de nitrógeno edáfico al cultivo de maíz, (Zaffanella, 1977; Puricelli *et al.*, 1965; Senigaglia *et al.*, 1979; Vivas *et al.*, 1980; Barberis *et al.*, 1980, 1981 y 1982).

Dentro del marco del proceso de decisión para la aplicación del fertilizante, la elevada movilidad que en el perfil del suelo presenta el ión nitrato, determina la necesidad de considerar la factibilidad de aplicar la dosis en forma fraccionada a lo largo del ciclo del cultivo.

Atendiendo a razones de orden físico-químico, se piensa generalmente que dicha movilidad está fuertemente condicionada por el flujo masal de la solución edáfica, (Gardner, 1965). Las precipitaciones pluviales ocurridas durante el lapso considerado podrían definir, pues, el patrón de variación del valor de la concentración de nitratos en determinada capa u horizonte, (Bonel *et al.*, 1965).

En contraposición a los procesos de lixiviación, volatilización, inmovilización microbiana y absorción por parte del cultivo, todos los cuales determinan la desaparición de formas solubles de nitrógeno, encontramos un solo mecanismo de importancia para la reposición de nitrógeno asimilable: la mineralización del nitrógeno contenido en las formas orgánicas. Este fenómeno se traduce, en ciertas condiciones, en un aumento de la concentración del ión nitrato en la solución edáfica.

La estimación del valor de la tasa de producción de nitratos sería, entonces, un paso de relativa importancia en la cuantificación de la dinámica que rige la evolución temporal de las formas nitrogenadas. En este caso, la dependencia del proceso respecto de un número de variables ambientales, tales como temperatura, humedad, potencial rédox, etc., es relativamente más compleja que en el caso del movimiento de formas solubles en el perfil.

Los objetivos de este trabajo pueden ser enumerados de la siguiente forma:

- 1) Efectuar un seguimiento de la concentración de nitratos en el perfil de un suelo sometido al cultivo de maíz a lo largo de su ciclo.
- 2) Estudiar la influencia de los siguientes factores sobre la evolución de la concentración de nitratos:
 - a) Tipo de labranza empleada en la preparación del terreno.

b) Nivel de fertilizante nitrogenado empleado y momento de su aplicación.

c) Precipitaciones pluviales ocurridas durante el ciclo.

- 3) Estimar la capacidad del suelo para producir nitratos, en condiciones de campo y en determinados momentos del ciclo del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

1) ENSAYOS DE CAMPO

Para llevar a cabo el estudio se emplearon algunas parcelas pertenecientes a uno de los ensayos efectuados en el establecimiento "El Salto" (Gahan, Partido de Salto, Prov. de Buenos Aires). Dicho establecimiento integró, durante la campaña 1981-1982 la Red de Ensayos de Fertilización Nitrogenada en el Cultivo de Maíz, implementada por la Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes (Fac. de Agronomía, UBA) en colaboración con un grupo de productores del área denominada "núcleo maicero".

En un lote destinado a la producción de híbridos comerciales se dispuso de áreas contiguas cuya preparación para la siembra había sido hecha de diferente modo. Dos de las variantes empleadas habían sido, por un lado la labranza con arado de cincel con peines y por otra parte, la labranza con arado de reja y vertedera, esto es, convencional.

Cada una de las fajas fue parcelada en superficies rectangulares de 216 metros de largo por 42 metros de ancho (60 surcos espaciados a 0,7 metros). La superficie de cada parcela fue de unos 9.072 metros cuadrados. Se dividió la totalidad de las parcelas en tres bloques, en cada uno de los cuales se distribuyeron, entre otras, las siguientes variantes en cuanto a dosis de fertilizante y momento de aplicación:

- a) Testigo.
- b) 40 kg de nitrógeno ha⁻¹ (90 kg de urea ha⁻¹) a la siembra.
- c) 40 kg de nitrógeno ha⁻¹ (90 kg de urea ha⁻¹) a la escardillada.
- d) 40 kg de nitrógeno ha⁻¹ (90 kg de urea ha⁻¹) a la siembra y 40 kg de nitrógeno ha⁻¹ (90 kg de urea ha⁻¹) a la escardillada.

Cada una de estas variantes fue asignada a una parcela dentro de cada bloque, en forma aleatoria y previa a la realización del experimento de campo. Este orden de asignación se reiteró en todos los bloques y en todas las áreas labradas de diferente modo. Los valores analíticos presentados en este trabajo corresponden siempre a la misma parcela.

El análisis químico del suelo sobre el cual se concretó el ensayo, Argiudol perteneciente a la Serie Arroyo Dulce, arrojó los valores que se presentan en Tabla 1.

Las labores de preparación de la cama de siembra, siembra, cuidados culturales y cosecha aparecen en el Cuadro 2, junto con su correspondiente calendario.

En el ensayo en cuestión se sembró el híbrido Cargill 120, lográndose una densidad a cosecha de 62.000 plantas por hectárea.

El herbicida de preemergencia fue una mezcla de Atrazina (2 kg ha⁻¹ de una formulación al 36%) y Alaclor 3 L ha⁻¹ de una formulación al 48%); el herbicida de postemergencia, fue una mezcla de 2,4-D (700

cm³ ha⁻¹ de una formulación al 75%) y Dicamba (100 cm³ ha⁻¹ de una formulación al 58%).

Las precipitaciones ocurridas durante el lapso que duró el ensayo se consignan en las Figuras 1 y 2. El total de lluvia durante el período del ensayo fue de 921,5 mm.

2) MUESTREO Y ACONDICIONAMIENTO

Las muestras de suelo fueron tomadas a profundidades de 0 a 20; 20 a 40 y 40 a 60 cm. En la primera fecha de muestreo (3 de setiembre de 1981), fueron obtenidas de pozos efectuados con pala en tanto que en las fechas subsiguientes se empleó un barreno.

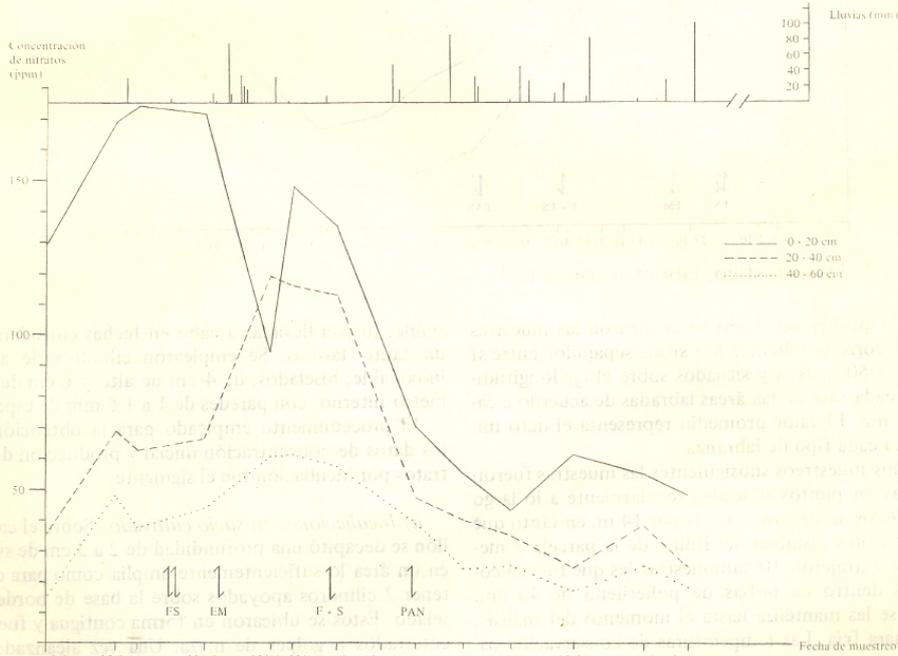


Figura 1: Dosis testigo, labranza convencional.

TABLA 1: Datos analíticos correspondientes al suelo sobre el que se desarrolló el ensayo de campo.

Horizonte	Ap	A1	A3B1	B21	B22	B3
Profundidad (cm)	0-14	14-29	29-47	47-80	80-106	106-133
pH actual	5,5	5,9	6,1	6,5	6,5	6,3
pH potencial	5,1	5,2	5,1	5,0	5,0	5,0
% Carbono organico	2,29	2,13	-	-	-	-
% Nitrógeno total	0,200	0,247	-	-	-	-
Relación C/N	11,4	8,7	-	-	-	-
P extractable (Bray y Kurtz); (ppm)	25,6	18,8	7,9	9,7	11,1	12,5

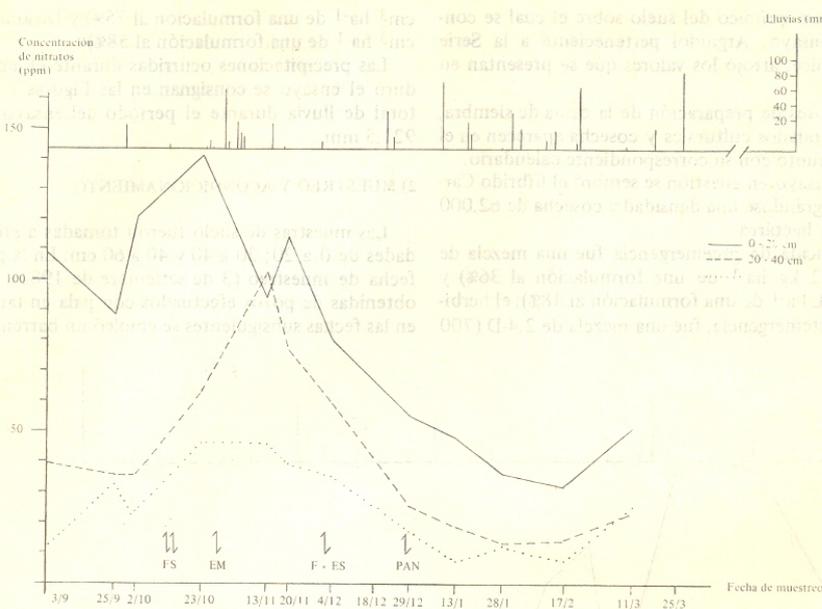


Figura 2: Dosis testigo, labranza con cincel

En el primer muestreo se analizaron las muestras simples correspondientes a 5 sitios separados entre sí por unos 50 metros y situados sobre el eje longitudinal de cada una de las áreas labradas de acuerdo a cada sistema. El valor promedio representa el dato inicial para cada tipo de labranza.

En los muestreos subsiguientes las muestras fueron tomadas en puntos ubicados regularmente a lo largo de 3 surcos separados entre sí por 14 m, en tanto que los exteriores distaban del límite de la parcela 7 metros. Se extrajeron 10 submuestras las que fueron colocadas dentro de bolsas de polietileno de 40 μ m, donde se las mantenía hasta el momento del análisis, en cámara fría. Las temperaturas de conservación oscilaban entre -5 y 5°C. En el momento de someterlas al análisis, se las homogeneizó minuciosamente.

3) ANALISIS QUIMICO

Se procedió a determinar la concentración de nitratos en la muestra húmeda según el método de Daniel y de Ravera, (1982). Se midió, asimismo, el contenido de humedad.

4) INCUBACIONES DE CAMPO

Las experiencias tendientes a determinar el potencial de nitrificación del suelo contenido en la capa

arable, fueron llevadas a cabo en fechas consideradas un tanto tardías. Se emplearon cilindros de acero inoxidable, biselados, de 4 cm de alto y 6 cm de diámetro interno, con paredes de 1 a 1,5 mm de espesor.

El procedimiento empleado para la obtención de los datos de concentración inicial y producción de nitratos por incubación fue el siguiente:

a) *Incubaciones en suelo cultivado:* Sobre el camellón se decapitó una profundidad de 2 a 3 cm de suelo en un área lo suficientemente amplia como para contener 2 cilindros apoyados sobre la base de borde biselado. Estos se ubicaron en forma contigua y fueron enterrados a golpes de maza. Una vez alcanzado el nivel del suelo, se los extrajo y el contenido de uno de ellos fue remitido a laboratorio, en tanto que al cilindro restante se le limpió la pared exterior y se le niveló la base. El cilindro fue apoyado sobre un círculo de espuma de poliuretano de unos 10 cm de diámetro y unos 1 a 2 cm de espesor y se colocó al conjunto dentro de una bolsa de polietileno. Se cubrió la otra base con otro círculo de espuma de poliuretano y se anudaba la bolsa, comprimiéndola para extraerle todo el aire que fuese posible, manteniendo su hermeticidad.

Se procedió entonces a enterrar las bolsas, respetando la disposición original de la muestra, en zanjas de escasa profundidad ubicadas en el fondo de surcos

TABLA 2: Calendario de labores, siembra, cuidados culturales y cosecha: fechas de emergencia y antesis.

Tipo de labranza	Período	Actividad
Convencional	10/06 – 13/06 (1981)	Rastra de discos excéntricos
	30/07 – 04/08 (1981)	Arado de reja y vertedera
	04/08 – 05/08 (1981)	Disqueada con rolo
	08/08 – 10/08 (1981)	Disqueada con rolo
	08/10 – 13/10 (1981)	Fertilización (presiembr) (FS en las figuras)
	10/10 – 12/10 (1981)	Rabasto
	13/10 – 15/10 (1981)	Siembra
	19/10 – 20/10 (1981)	Herbicida de preemergencia
	28/10 (1981)	Emergencia (EM en las figuras)
	16/11 – 19/11 (1981)	Rotocultivador
	01/12 – 02/12 (1981)	Fertilización (al escardillar) (F + ES en las figuras)
	01/12 – 04/12 (1981)	Escardillada
	21/12 – 28/12 (1981)	Antesis (PAN en las figuras)
	21/03 – 22/04 (1982)	Cosecha
	Cinzel	10/06 – 13/06 (1981)
01/08 – 04/08 (1981)		Arado de cinzel con peines
04/08 – 05/08 (1981)		Disqueada con rolo
08/08 – 10/08 (1981)		Disqueada con rolo
08/10 – 13/10 (1981)		Fertilización (presiembr) (ES en las figuras)
10/10 – 12/10 (1981)		Rabasto
13/10 – 15/10 (1981)		Siembra
19/10 – 20/10 (1981)		Herbicida de preemergencia
28/10 (1981)		Emergencia (EM en las figuras)
16/11 – 19/11 (1981)		Rotocultivador
01/12 – 02/12 (1981)		Fertilización (al escardillar) (F + ES en las figuras)
01/12 – 04/12 (1981)		Escardillada
21/12 – 28/12 (1981)		Antesis (PAN en las figuras)
21/03 – 22/04 (1982)		Cosecha

preexistentes, las que eran cubiertas al ras con suelo superficial. Una vez transcurrido el experimento, que en el primer caso duró 26 días (iniciado el 6/2/82) y 28 días en el segundo caso (iniciado el 26/2/82), se remitieron las muestras al laboratorio donde se los analizó del modo ya descrito.

Las incubaciones se desarrollaron en un área ubicada dentro de la parcela "testigo" de fertilización para la labranza con arado de reja y vertedera, empleada en el seguimiento de la concentración de nitratos en el perfil. Dicho área tenía unas dimensiones aproximadas de 60 metros de largo por 5,6 metros de ancho. Tanto la concentración inicial como la producción de nitratos fueron medidas en 9 sitios muestrales ubicados sobre una cuadrícula de 3 filas (30 metros de largo) por 3 columnas (2,8 metros de ancho).

b) *Incubaciones en suelo desnudo*: Con el fin de obtener información adicional sobre el potencial de nitrificación de la capa rable, se procedió a efectuar 3 experimentos de incubación en una parcela denominada "barbecho de labranza convencional", correspondiente también a la parcela "testigo" de fertiliza-

ción en el área labrada en forma tradicional. Los experimentos tuvieron una duración de 26, 26 y 28 días, respectivamente, en tanto que las fechas de iniciación de los ensayos fueron, nuevamente en orden correlativo: 22/1/82, 6/2/82 y 25/2/82.

Dicha superficie fue obtenida arrancando las plantas de maíz y manteniéndola libre de malezas por medio de azada y aplicación de herbicida (principio activo: Glifosato, formulado al 48%).

El área tuvo dimensión y forma similar a las de aquella definida en el cultivo de maíz. El tratamiento sufrido por las muestras originadas fue similar en ambos casos, en tanto que los sitios de incubación fueron los sitios originales dentro del área de la parcela de barbecho, donde se colocaron las bolsas conteniendo cilindros, cubiertas por una capa de suelo, respetando la orientación y ubicación primitivas. En el primer y tercer experimentos la distribución de los puntos muestrales fue idéntica a la de la parcela cultivada, en tanto que en el segundo experimento se definieron 12 sitios ubicados sobre una cuadrícula de 3 filas (30 metros de largo) por 4 columnas (4,2 metros de ancho).

RESULTADO

En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se muestra la evolución que sigue la concentración de nitratos en las tres profundidades consideradas en este estudio, para las variantes de fertilización "testigo" y 40 kg N ha⁻¹ a la siembra. En todos los casos se grafican los valores correspondientes a ambos tipos de labranza, en forma consecutiva.

En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan las curvas de evolución de la cantidad de nitrógeno presente en el perfil (0 a 60 cm) bajo la forma de nitratos. Dichos cálculos fueron realizados considerando un valor de densidad aparente único, suponiendo que en la capa superficial dicho parámetro adquiere valores cercanos a 1,2 mientras que por otro lado, en la base del perfil estaría oscilando alrededor de un promedio de 1,4.

La fórmula empleada para el cálculo es la siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Nitrógeno de} \\ \text{nitratos en la} \\ \text{capa de 0 a 60 cm} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Concentración de} \\ \text{nitratos en la capa} \times \\ \text{de 0 a 60 cm} \end{array} \quad \begin{array}{l} 1 \\ 4,44285 \end{array} \times \begin{array}{l} 0,2 \times 10,000 \times 1,3 \times \\ 1,000 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1 \\ 1,000 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} (\text{kg ha}^{-1}) \\ (\text{kg ha}^{-1}) \end{array} = \begin{array}{l} (\text{ppm}) \\ (\text{m}) \quad (\text{m}^2) \quad (\text{ton} - \text{m}^3) \end{array}$$

$$= 0,5871 \times \text{Concentración de nitratos en la capa de 0 a 60 cm}$$

Mediante los valores de concentración inicial y final de nitratos, obtenidos éstos a través del análisis de las muestras incubadas, se halló, efectuando la diferencia de los promedios de las poblaciones de 9 y 12 días el aumento en la concentración de nitratos.

Los valores correspondientes al experimento que duró 28 días fueron multiplicados por un factor de 0,92, con el fin de compensar la mayor duración de la experiencia.

En la Figura 8 se han ubicado los resultados de las experiencias de incubación realizadas tanto en la parcela cultivada como la de barbecho, con el fin de vincular el aumento en la concentración de nitratos con la concentración inicial correspondiente al mismo punto muestral.

* Cuando en el texto y figuras se menciona N se refiere a N de NO₃.

DISCUSION

1) EVOLUCION DE LA CONCENTRACION DE NITRATOS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO:

a) *Parcelas no fertilizadas.* De la observación de las Figura 1 y 2 surge que, a grandes rasgos, la tendencia seguida por la evolución de la concentración de nitratos en las parcelas no fertilizadas es la misma tanto para las tres profundidades como para los dos tipos de labranza estudiados. Así, es posible distinguir cinco o seis etapas en dichas curvas:

- Aumento inicial en presembrado - siembra.
- Estabilización en un valor máximo, entre siembra y preescardillada.
- Lento descenso de valores, coincidente con la escardilla o algo posterior a la misma.
- Caída brusca, que se prolonga hasta pasada la antesis.
- Estabilización en un mínimo, coincidente con la etapa de llenado del grano.
- Ascenso lento hacia el final del ciclo del cultivo (madurez).

Se aprecia, asimismo, que los valores correspondientes a la parcela labrada con arado de cincel son menores, en general, que aquellos correspondientes a la parcela trabajada con arado de reja; a la vez se nota un atraso en las etapas de ascenso y un adelanto en las etapas de descenso de la curva, así como una menor duración de las etapas de estabilidad.

Considerando la evolución de los valores en la capa arable (0-20 cm) se pueden destacar dos rasgos más o menos evidentes. En primer lugar, el efecto de lavado de las lluvias de comienzos de noviembre sobre la concentración de nitratos cuyo valor tiende a restablecerse luego de una brusca disminución. La tendencia, posteriormente, es hacia una disminución cada vez más pronunciada, que se esboza ya a comienzos de diciembre luego de la escardillada.

Es interesante destacar, con respecto al efecto de las precipitaciones, que los valores en la capa arable se restablecen en magnitud luego de intensas lluvias ocurridas al promediar la primavera, mientras que recién lo vuelven a hacer hacia la segunda mitad del verano, cuando se está produciendo el llenado del grano. Es posible ver entonces un nuevo ascenso de los valores que descienden nuevamente a consecuencia, quizás, de las precipitaciones ocurridas, considerando que la absorción de N había cesado virtualmente a esa altura del ciclo vegetal.

En segundo término se aprecia que la velocidad de

caída de los valores en las dos primeras capas (0-20 y 20-40 cm) es similar, en tanto que las curvas correspondientes a la tercera profundidad (40-60 cm) son más atenuadas, con amplitudes menores. En contraposición con esta caída paralela de los valores en las dos primeras capas observamos, tal vez confirmando la explicación del lavado de nitratos, que existe un aumento en los valores de las profundidades de 20-40 y 40-60 cm, coincidentes con la disminución observada en la capa arable, lo que hace que el máximo se alcance hacia la postemergencia.

b) *Parcelas fertilizadas en presiembra.* En las Figuras 3 y 4 se presentan las curvas correspondientes a la evolución de la concentración de nitratos en las parcelas fertilizadas con una dosis inicial de 40 kg de N ha⁻¹ para ambos tipos de labores, en forma consecutiva. Como podemos ver, la tendencia que siguen las curvas es similar a la ya discutida anteriormente. A esto se añaden dos rasgos adicionales, que seguidamente comentaremos.

A la brusca disminución que se observa en época de emergencia del cultivo sigue un ascenso de valores,

que aparecía en el caso de las parcelas testigo (Figuras 1 y 2), pero que aquí se manifiesta tan sólo en la parcela labrada con arado de reja y vertedera, estando ausente en la parcela labrada con arado de cincel. El segundo detalle a observar consiste en el pico secundario producido a mediados de enero, luego de una importante lluvia, rasgo que está también ausente en la parcela cincelada.

2) EVOLUCION DE LA CONCENTRACION DE NITROGENO PRESENTE EN EL PERFIL BAJO LA FORMA DE NITRATOS

a) *Parcelas no fertilizadas.* En Figura 5 se puede ver la tendencia registrada para la evolución de la cantidad de nitrógeno presente en la totalidad del perfil bajo la forma de nitratos, para cada tipo de labranza estudiado. Se nota que, en primera instancia, las curvas siguen siendo del mismo tipo que las observadas para la concentración de nitratos. Se repite, aparentemente, tanto el número de fases como la diferente duración y defasaje de los períodos, en el caso de la labranza con arado de cincel.

Este hecho no es sorprendente ya que, como oport-

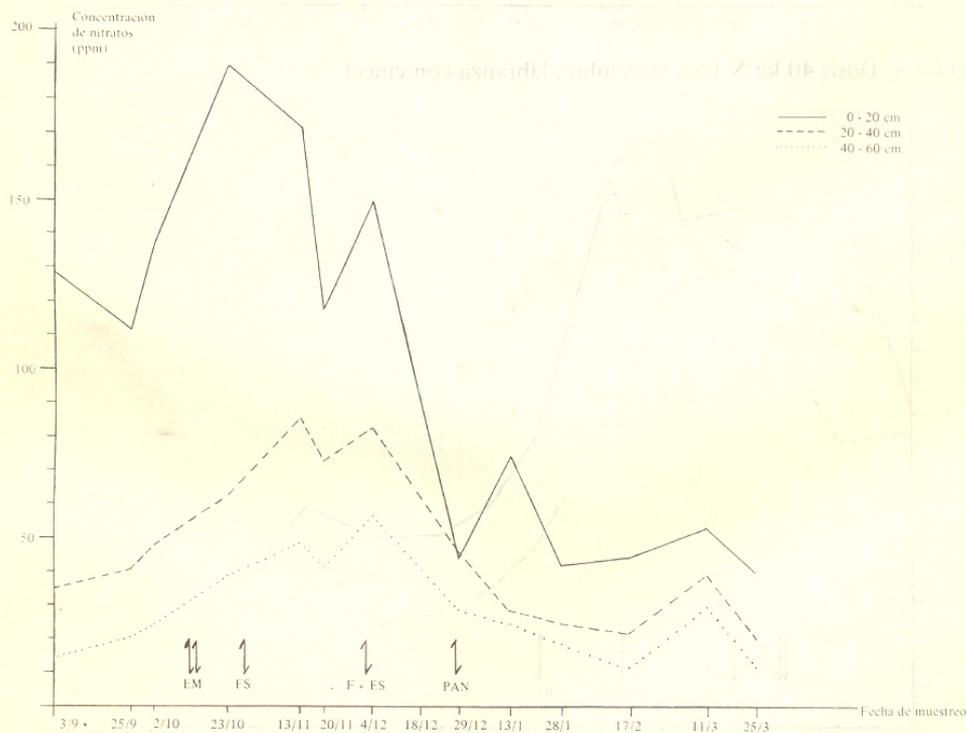


Figura 3: Dosis 40 kg N/ha a la siembra, labranza convencional.

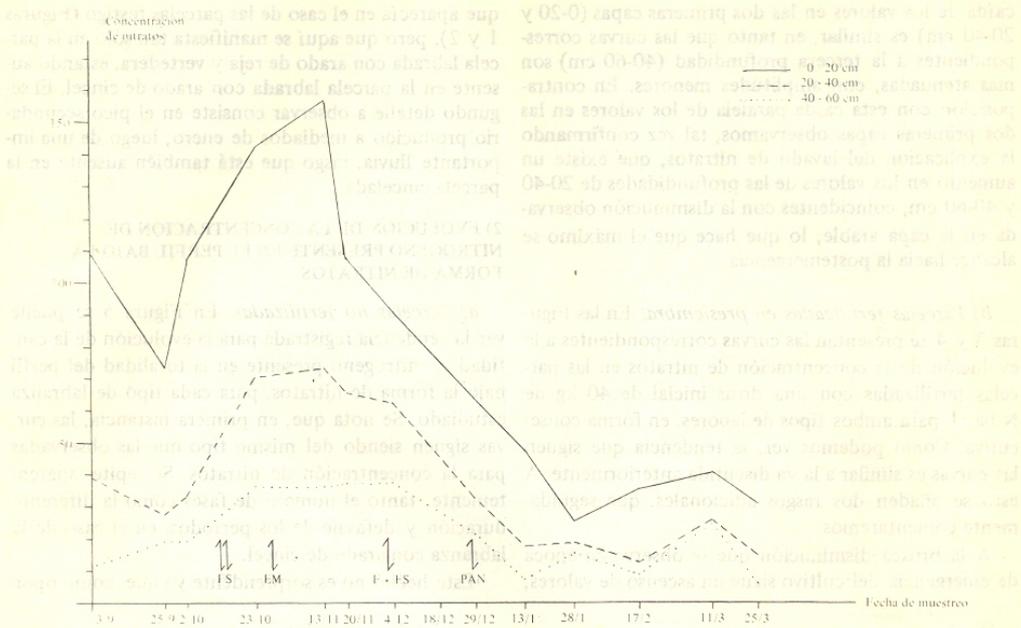


Figura 4: Dosis 40 kg N/ha a la siembra, labranza con cincel.

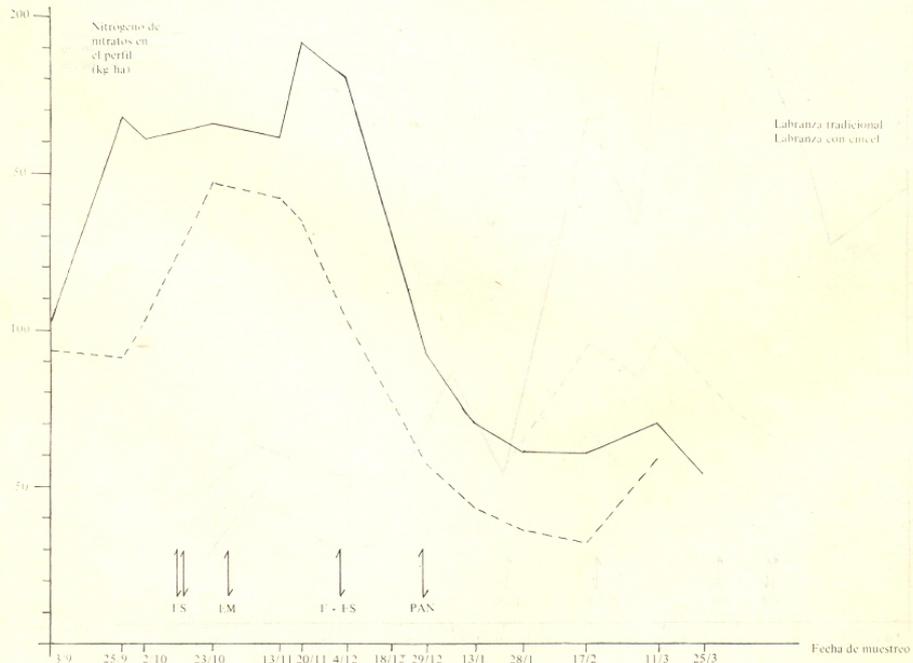


Figura 5: Dosis testigo

tunamente se señalara, existe una coincidencia en las tendencias observadas para cada una de las capas estudiadas.

Es evidente, a juzgar por los valores de nitrógeno total en nitratos y considerando que el principal centro de absorción podría ser el cultivo, que el consumo comienza a ser intenso alrededor de mediados de noviembre, esto es, en forma posterior a la realización de la escardillada, para luego intensificarse en anthesis, prolongándose hasta ya iniciado el período de llenado del grano.

En las Figuras 1 y 2, ya previamente comentadas, se puede observar que las curvas correspondientes a labranza con arado de cincel tienen amplitudes similares a aquellas de la parcela labrada con arado convencional, en tanto que la magnitud de los valores y la duración de las fases es distinta. Es así, que en la Figura 5 se ve claramente que la diferencia entre ambas curvas es constante a partir de anthesis, siendo su valor de aproximadamente 25 kg de N ha⁻¹.

En el caso de la labranza convencional es posible observar cómo en presiembra y luego de la escardillada se producen dos "picos" que se superponen a la curva básica, de formas ya conocidas. Esto quizás se deba al efecto de las labores de remoción del suelo que causan un aumento en la concentración de nitratos en la capa de 0 a 20 cm, como ya comentáramos al hacer referencia a la Figura 1.

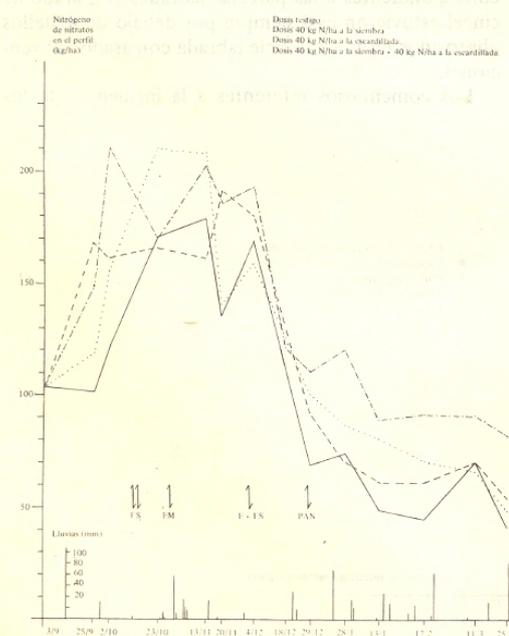


Figura 6: Labranza convencional.

b) Parcelas fertilizadas y no fertilizadas. En las Figuras 6 y 7 se presentan las curvas correspondientes a la evolución de nitrógeno contenido en el perfil bajo la forma de nitratos, para ambos tipos de labranza, discriminadas según variante de fertilización. Se han incluido, asimismo, las curvas pertenecientes a las fertilizaciones con 40 kg de N ha⁻¹ en la escardillada y 40 kg de N ha⁻¹ en presiembra e igual dosis al escardillar.

Es dable apreciar, en el caso de la Figura 7, correspondiente a las parcelas labradas con arado de cincel, como existe una notable coincidencia de valores en las curvas, salvo para la variante en que se aplicó el fertilizante a la siembra y a la escardillada, donde se desplaza el máximo en forma vertical.

En el caso de las parcelas labradas en forma convencional (Figura 6), el comportamiento no es tan coherente, y la coincidencia en la forma de las curvas se da a partir del momento de escardillada.

Un rasgo interesante es que tanto en el caso de las parcelas labradas con arado de reja y vertedera, como en el caso de aquellas labradas con arado de cincel, las curvas correspondientes a las variantes que incluyen una fertilización tardía se hallan a partir de panojamiento, por debajo de aquellas que corresponden al testigo y fertilización temprana.

Con respecto a las diferencias observadas entre los

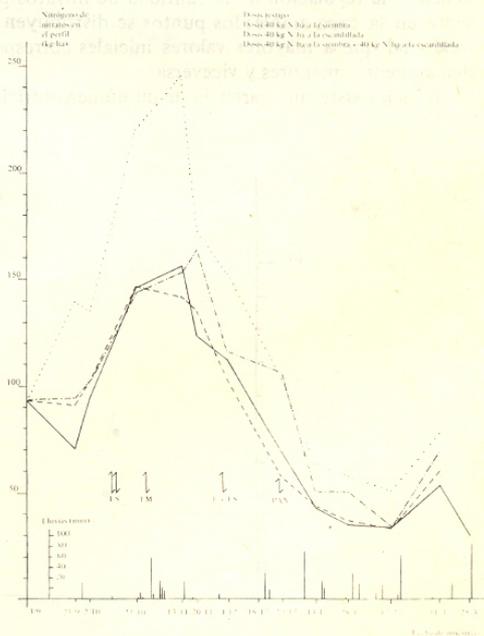


Figura 7: Labranza con cincel.

valores correspondientes a las parcelas fertilizadas de un mismo modo pero labradas de modo diferente, notamos que existe una diferencia del orden de 20 kg de N ha⁻¹ a favor de aquellas labradas en forma convencional, cuando se alcanza la culminación de los períodos de estabilización. Esta diferencia alcanza un valor de 55 kg de N ha⁻¹ en postfloración, a favor de la labranza tradicional, en la parcela fertilizada en forma tardía exclusivamente. El único caso en que la variante labrada con cincel supera a la labrada en forma convencional se presenta en la dosis doble de fertilización, hacia preescardillada.

Los valores máximos registrados en el caso de la labranza tradicional están entre 180 y 210 kg de N ha⁻¹, en tanto que para las parcelas labradas con arado de cincel los mismos se hallan entre 150 y 170 kg de N ha⁻¹, con la excepción del caso en que se aplicó dosis doble de fertilizante.

Los valores mínimos se sitúan entre 40 y 60 kg de N ha⁻¹ en el caso de la labranza convencional, a excepción del caso en que se aplicó fertilizante a escardillada, y de 30 a 50 kg de N ha⁻¹ para las parcelas labradas con arado de cincel.

3) POTENCIAL DE NITRIFICACIÓN APARENTE EN CONDICIONES DE CAMPO

Al observar la Figura 8 se aprecia una aparente tendencia a la regulación de la cantidad de nitratos presente en la capa arable; los puntos se distribuyen de modo tal que a mayores valores iniciales corresponden aumentos menores y viceversa.

Si bien existe una carencia de un número suficien-

te de puntos muestrales, no parece haber una diferencia marcada entre el comportamiento de los suelos sometidos a cultivo y aquellos provenientes de la parcela de barbecho.

CONCLUSIONES

Se han observado algunos rasgos de interés vinculados con la dinámica de los nitratos, en el perfil de un suelo.

En primer lugar, se ha puesto en evidencia la aparente influencia de la absorción del nutriente por parte del cultivo de maíz sobre la evolución de la concentración de nitratos. Existiría de este modo y en principio, relación entre el estado fenológico de maíz y el tipo de cambios producidos en los valores de aquel parámetro químico.

Es notable el hecho de que tanto el tipo de labor de preparación del suelo como el tipo de fertilización, en cuanto a momento de aplicación, parecen ejercer poco o ningún efecto sobre la forma que toma la curva de evolución de la concentración de nitratos.

Existe evidencia (Lattanzi *et al.*, 1979), de que el tipo de labranza empleada en la preparación del suelo ejerce influencia sobre el valor de concentración de nitratos del mismo en el momento de la siembra. En nuestro caso fue posible observar cómo los valores correspondientes a las parcelas labradas con arado de cincel estuvieron casi siempre por debajo de aquellos observados en la superficie labrada con arado convencional.

Los comentarios referentes a la influencia de los

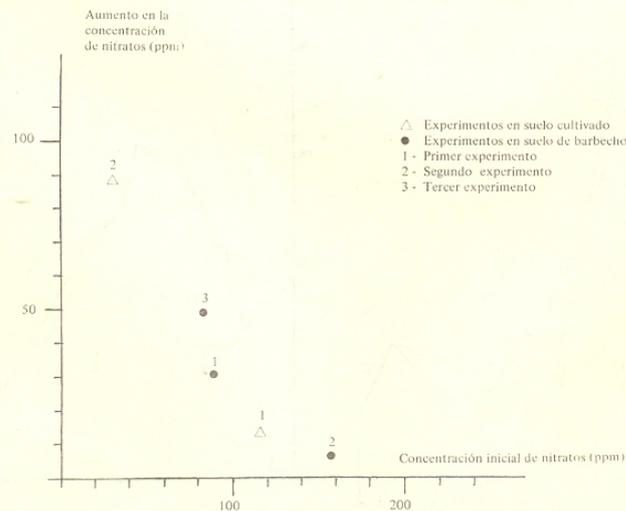


Figura 8: Relación entre aumento de la concentración de nitratos y valor inicial de la misma.

factores estudiados (tipo de labranza precedente, fertilización nitrogenada) sobre la marcha de la concentración de nitratos en el perfil, valen también para el caso de la evolución de la cantidad de nitrógeno presente en el perfil como nitratos.

En relación con las conclusiones de los experimentos de incubación en condiciones de campo, aparentemente existiría una relación inversa entre el valor inicial de concentración de nitratos en la capa arable y el aumento observado en dicha concentración.

Si bien la técnica de incubación del suelo in situ ha sido empleada con anterioridad por otros autores, (Eno, 1960; van Schreven, 1968), la posibilidad de

evaluar la probable existencia de un poder de regulación de la cantidad de nitratos que se puedan acumular o producir en el suelo, no había sido explorada en profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor L. A. Barberis, quien con su acertada intervención guió en todo sentido la confección de este artículo. A A. S. Urricariet, por haber colaborado en forma activa y eficaz en el diseño y desarrollo de la metodología de incubación y en la etapa de análisis químico de las muestras.

BIBLIOGRAFIA

- Barberis, L. A.; D. Zourarakis y D. Sunde, 1977. Influencia de las técnicas de muestreo y acondicionamiento en la determinación del nivel de nitratos en suelo. En: Actas de la III Reunión Nacional de Fertilidad y Fertilizantes; Buenos Aires, 28 de noviembre - 1 de diciembre 1977. C/8: 1-C/8: 14.
- Barberis, L. A.; M. E. Conti; H. del Campo; A. Nervi y P. Daniel, 1980. Respuestas del trigo a la fertilización nitrogenada en el norte y oeste de la Pampa Húmeda; (Campañas 1978/79 y 79/80). Actas 9a. R.A.C.S., Paraná (E.R.); 537-548.
- Barberis, L. A.; E. Chamorro y C. Vollert, 1980/81/82. Informes elaborados en base a los resultados de los ensayos de fertilización pertenecientes a la Red de Ensayos de Fertilización Nitrogenada en Maíz, (Cat. de Fertilidad, Fac. de Agronomía, U.N.B.A.). No publicados.
- Bonel, J. A.; C. A. Puricelli y P. Novello, 1965. Influencia de diferentes manejos sobre la disponibilidad de nitrógeno y agua a través del año en un suelo brunizem de Marcos Juárez, Córdoba. I.N.T.A.; E.E.R.A. M. Juárez (Cba.). Pub. Técnica No 3, 70 pp.
- Bonel, J. A.; P. Novello; A. I. Legasa; B. L. Masiero y G. Ayub, 1978. Método de diagnóstico para el asesoramiento técnico de fertilización nitrogenada del trigo y del maíz. I.N.T.A.; E.E.R.A. M. Juárez (Cba.). Pub. Técnica No 5, 23 pp.
- Conti M. E.; N. Arrigo; R. M. Palma y M. Vazquez, 1980. Efecto de las variaciones estacionales, profundidad de muestreo e influencia de los diferentes manejos sobre los resultados analíticos de C, N, P y pH del suelo. Actas 9a. RACS, Paraná (E.R.), 273-277.
- Daniel P. E. y L. M. de Ravera, 1982. Determinación del contenido de nitratos en suelos mediante electrodo específico. Rev. de la Fac. Agron. (U.B.A.), 3 (2): 127-132.
- De Hein, W. H. y J. L. Panigatti, 1980. Evolución de nitratos en argiudoles del centro de Santa Fe. Actas 9a. RACS, Paraná (E.R.), 475-483.
- Eno, C. F., 1960. Nitrate production in the field by incubating the soil in polyethylene bags. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24, 277-279.
- Gardner, W. R., 1965. Movement of nitrogen in soil. En: W. V. Bartholomew y F. E. Clark, 1965. (Ed.), Soil Nitrogen. American Society of Agronomy. Ma., Wisc., 615 pp.
- Lattanzi, A.; H. Marelli y M. Nardone, 1979. Siembra directa en maíz continuo. Actas 2a. Reunión Técnica Nacional de Labranza Conservacionista (Siembra Directa - Labranza Reducida), Rosario (Sta. Fe), 18-28.
- Puricelli, C. A.; P. Novello y J. A. Bonel, 1965. Resultados e interpretación de datos en los ensayos de fertilización en maíz correspondientes al año agrícola 1964/65 en el área de la Est. Exp. de Marcos Juárez (Cba.). I.N.T.A.; E.E.R.A. M. Juárez (Cba.); Inf. Técnica No 4, 16 pp.
- Senigagliesi, C.; R. García y M. L. de Galetto, 1979. Evaluación de la respuesta de la fertilización nitrogenada en maíz en diferentes alternativas de estudio. I.N.T.A., Carpeta de Prod. Vegetal - Maíz. Inf. No 11 (Agosto '79). II: 5 pp.
- van Schreven, D. A., 1968. The production of mineral nitrogen by soil samples, contained in polyethylene bags, under field conditions and in the laboratory. Plant and Soil 29 (1): 170-183.
- Vivas, H.; R. Moresco; S. Gambaudo y O. Quaino, 1980. Fertilización nitrogenada de maíz en los departamentos San Justo y La Capital (Pcia. de Sta. Fe). I.N.T.A., Inf. para Extensión No 25. 9 pp.
- Zaffanella, M. J. R., 1977. Posibilidades de fertilizar trigo, maíz y parturas en la Pampa Húmeda. Información del INTA interpretada agroecológicamente. I.N.T.A., Suelos. Tirada Interna No 60. 1ra. Reimpresión. 78 pp.
- Zeljkovich, V.; L. Blotta; O. Hansen y M. L. de Galetto, 1980. Estudios comparativos de sistemas de labranzas. I.N.T.A., Carpeta de Producción Vegetal-Maíz. Inf. No 22 (Agosto '80). III: 3 pp.
- Zourarakis D. y L. A. Barberis, 1982. Técnicas de diagnóstico de la fertilidad nitrogenada edáfica. Fundamento y desarrollo de las mismas. Remitido para su publicación a la Rev. Fac. Agron. (U.B.A.).