

# ESTUDIO DE LA CONCENTRACION DE NITRATOS EN TEJIDOS DE PLANTAS DE MAIZ

Por: Begoña Martín López; Luis Carazo Jiménez; Catherine Camina; Christopher Tye\*

## OBJETIVOS

En esta experiencia se han realizado numerosos análisis para averiguar el contenido en nitratos en muestras de plantas de maíz. Estas plantas pertenecían a varios ensayos con distintas dosis de abonado nitrogenado.

Se pretende determinar la relación entre el contenido en nitratos dentro de la planta y la dosis de abonado. Es también importante establecer la influencia del modo y la forma de abonado, así como sus interacciones con la dosis. Por otro lado, resulta interesante ver la evolución en el tiempo del contenido y establecer si existe una relación entre la dosis de abonado y el tiempo.

Son dos los objetivos de los estudios de la concentración de nitratos en plantas de maíz. El primer objetivo está directamente relacionado con la protección del medio ambiente y se trata de prevenir la contaminación del agua del suelo, evitando un exceso de nitratos en el terreno que pudieran ser lavados en profundidad por el agua de lluvia.

Las plantas de maíz son capaces de absorber todo el nitrógeno que necesitan para su desarrollo mas una parte del exceso de nitratos del suelo, que no será utilizado por la planta y se acumulará en la base del tallo. Luego si medimos la concentración acumulada en la base del tallo de las plantas, podremos saber si existen excesos en el suelo, ya que ambas cosas están directamente relacionadas.

Otro de los objetivos en los estudios que se realizan, consiste en ver la evolución de las necesidades de nitrógeno de las plantas a lo largo de su crecimiento. El conocimiento de dichas necesidades permitirá fraccionar el abonado nitrogenado total en el número de aplicaciones que fuesen necesarias, abonando en la cantidad adecuada en cada momento del ciclo de la planta.

## MATERIAL Y METODOS

El material empleado es el siguiente:

—Tiras de papel: «Nitrat(e)-Test». Marca: Merck (Merchoquant 10020).

—Colorímetro para determinar la concentración en nitratos. Marca: Nitrachek.

—Material para la toma de micromuestras. Este consiste en dos tubos: el primero, hueco de 0,5 cm de diámetro y 25 cm de largo, con uno de sus extremos dentado, y el segundo, tubo macizo de menos diámetro que el primero y longitud similar o algo mayor. Con el extremo dentado del primer tubo se penetra perpendicularmente a la planta de maíz, mediante una cierta rotación, obteniéndose así un pequeño cilindro de la planta (que se saca del primer tubo presionando con el segundo desde el interior), el cual nos servirá como muestra.

—Jeringuillas de 2 ml para la extracción del líquido de las micromuestras.

—Tubos de plástico de aproximadamente 2 ml de capacidad con tapa de cerrado hermético, para la conservación del líquido de la muestra.

—Material para la dilución:

Agua destilada y desionizada.

Pipeta automática de precisión.

Jeringuilla de 0,5 ml, subdividida en 20 unidades.

Los pasos a seguir para el desarrollo del método son:

1) Toma de muestras. Se realiza en el campo con el material de toma de micromuestras tal como se indicó en el apartado anterior. Cuando no se mencione otra cosa, los micromuestras se tomaron en el segundo entrenudo aéreo de la planta de maíz.

Las micromuestras se depositan en los tubitos de plástico herméticamente cerrados y se transportan al laboratorio.

2) Con la ayuda de la jeringuilla de 2 ml se extrae el líquido de las muestras. Se introduce la muestra en la jeringuilla y se presiona hasta obtener el líquido de la mis-

ma, que se deposita de nuevo en los tubitos cerrados.

3) Una vez extraídas las muestras, se debe hacer una dilución, para poder medir con el Nitrachek el contenido en nitratos. Normalmente, se diluye 40 veces, tomando con la jeringuilla de 0,5 ml 2 unidades del líquido muestra (0,05 cc) a las que se añaden 1,95 cc de agua destilada. Se agita la mezcla y se deposita de nuevo en tubos de plástico cerrados.

4) A continuación, se determina la concentración en nitratos de la dilución. Para ello, se deben mojar en la misma durante unos segundos el extremo de la tira. Posteriormente, se espera durante 60 segundos y con el Nitrachek se averigua dicha concentración.

5) Para determinar el contenido total de la muestra se debe multiplicar por 40 el valor obtenido en el paso anterior con la dilución.

En el desarrollo de este método pueden surgir varios problemas:

—Que las muestras tengan un bajo contenido en líquido y éste no sea posible de extraer. Este fenómeno ocurre frecuentemente en micromuestras tomadas en el zuro de la mazorca. También puede suceder que la cantidad de líquido extraído sea inferior a la necesaria para realizar la dilución a 40, (es decir, menos de 0,05 ml), siendo entonces preciso hacer diluciones mayores, por ejemplo a 80. En los últimos estadios del desarrollo de la planta y especialmente en las micromuestras tomadas en los entrenudos más altos, suele ser difícil la extracción del líquido.

Es preciso manejar las muestras con rapidez a fin de que no pierdan humedad, ni se altere su composición. Si no se va a extraer el líquido en el momento, las muestras se deben conservar en el refrigerador.

Asimismo, si se hace la dilución y no es posible medir inmediatamente el contenido en nitratos, también es necesario conservar las diluciones en el refrigerador.

(\* ) Universidad Católica de Lovaina.  
Facultad de Agronomía.

## RESULTADOS

Se han realizado cuatro ensayos, en parcelas diferentes. En cada parcela se hizo una serie de subdivisiones a fin de poder estudiar todas las posibles combinaciones de los parámetros considerados en cada caso. En los ensayos números 1 y 3 los parámetros estudiados son:

— Modo de aplicación del abono: general localizado.

— Forma del abono: Nitrato amónico Basa.

— Dosis de abonado nitrogenado: se utilizaron varias dosis en cada ensayo.

En el ensayo número 2 y en la segunda parte del número 1 se estudió la evolución en el tiempo de distintas dosis de abonado.

El número 4 tiene como fin ver la posible influencia de un cultivo asociado al maíz sobre la concentración de nitratos dentro del mismo.

Con los resultados obtenidos en cada caso se hizo un estudio estadístico de los mismos. Existen dos posibles formas de hacer dicho estudio, utilizando directamente los datos obtenidos o haciendo previamente una transformación logarítmica de los mismos. Aunque en principio es más correcta la segunda forma, hemos preferido utilizar la primera por ser más inmediata y no existir prácticamente en este caso diferencia en las conclusiones a las que se llega por ambas formas.

A continuación figuran los resultados de cada uno de los ensayos.

### Ensayo 1

- Lugar: Wavre.
- Fecha de siembra: 28/04/1991.
- Variedad: Lixis.
- Densidad: 100.000 plantas/ha.
- Distancia entre líneas: 75 cm.
- Cultivo anterior: Trigo.
- Fertilización orgánica: Ninguna.
- Fertilización mineral: 200 UF de K20 y 200 UF de P205.
- Tratamiento herbicida: 29/05/1991 4 l. de Laddock.
- 30/06/1991 2,31 l. de Lentagran.

En este caso se han estudiado cuatro dosis de abonado: 80, 120, 160 y 200 kg de N/ha (mas el testigo de 0 kg de N/ha). La forma general y localizada; y el modo nitrato amónico y basa.

Todos los valores de este ensayo vienen EXPRESADOS en mg/l. Cada valor obtenido es la media de 20 plantas (4 repeticiones de 5 plantas cada una).

Los resultados obtenidos son:

FECHA: 5/8/1991

MODO	FORMA	DOSIS (Kg de N/ha)				
		0	80	120	160	200
General	NH4NO3	2124	7530	9140	8998	10438
General	BASA	----	6394	9653	10651	10660
Localizado	NH4NO3	----	8248	8695	9288	10101
Localizado	BASA	----	8822	7370	7714	8058

Estudio estadístico:

$$F = 6,25^{**}$$

$$CME = 2660363$$

$$CV = 0,193$$

$$ppds = 2318 (p < 0,05).$$

F: Efecto global del tratamiento; CME: Cuadrado medio del error; CV: Coeficiente de variación significativa; ppds: Menor diferencia significativa.

Haciendo la media de los resultados para la forma de abonado (NH4NO3 y BASA) obtenemos esta segunda tabla:

MODO	DOSIS (Kg de N/ha)					Media
	0	80	120	160	200	
generalizado	-----	6962	9397	9824	10550	9055
localizado	-----	8535	8032	8501	9080	8665
Media	(2124)	7749	8714	9163	9814	

Las F resultantes son:

$$F \text{ dosis} = 4,57^{*}$$

$$F \text{ modo} = 2,54 \text{ NS}$$

$$F \text{ forma} = 0,92 \text{ NS}$$

$$F \text{ dosis} \times \text{modo} = 3,33^{*}$$

$$F \text{ forma} \times \text{modo} = 2,99 \text{ NS}$$

$$F \text{ forma} \times \text{dosis} = 0,24 \text{ NS}$$

$$F \text{ forma} \times \text{modo} \times \text{dosis} = 1,76 \text{ NS.}$$

F: Efecto factorial (Análisis de la varianza).

Del estudio estadístico se deduce que la dosis es el principal factor. Los incrementos de la dosis de abonado conllevan incrementos significativos de la concentración en nitratos dentro de la planta.

La interacción dosis  $\times$  modo también es significativa. Para las mismas dosis si la forma en la que se ha aplicado el abono es localizada, la concentración de nitratos dentro de la planta debería ser mayor. Esto no es así y no se encuentra una razón para justificar estos resultados.

Según todo esto si queremos realizar un abonado correcto, sin aportar un exceso de nitratos no aprovechables, deberemos actuar directamente sobre la dosis. Será también necesario tener en cuenta el modo de aplicación.

Ahora figura una segunda parte de es-

FECHA	DOSIS (Kg de N/ha)					Calculo estadístico			
	0	80	120	160	180	F	ppds	CME	CV
5/8	2124	7530	9140	8998	10438	15,1**	2385	2814340	0,219
16/9	809	5964	7946	8534	14126	14,7**	3591	5324862	0,309
26/9	2170	7340	11140	12540	14200	11,9**	4298	7782507	0,294

te primer ensayo en la cual se estudió la evolución en el tiempo para las distintas dosis de abono. El modo de abonado fue generalizado y la forma NH4NO3.

Existe una cantidad máxima de nitratos que es capaz de absorber y acumular la planta. Hasta que no se alcanza dicho máximo, la planta continúa absorbiendo los nitratos disponibles en el suelo (A mayor cantidad de éstos, más absorbe).

### Ensayo 2

Las características del lugar son idénti-

cas a las descritas anteriormente.

En este ensayo se estudia la evolución en el tiempo de la concentración en nitratos para diferentes dosis de nitrato amónico.

- 0 Testigo.
- 50 + 150 kg de N/ha.
- 150 + 150 kg de N/ha.

La forma de abonado es generalizado.

Los resultados vienen dados en mg/l. Cada resultado es la media de 10 (2 repeticiones de 5 plantas cada una).

Este ensayo consta de dos partes diferentes. En la primera (tabla 1), las muestras fueron tomadas en el segundo entrenudo aéreo de las plantas de maíz, mientras que en la segunda se tomaron en el entrenudo correspondiente a la espiga de la planta.

Se intentó hacer una tercera parte tomando muestras a través de los granos y el zuro de las espigas (desde el 20/8 al 5/9) o simplemente a través del zuro (del 5/9 en adelante), pero debido a la dificultad de extracción del líquido de estas muestras, los resultados no se consideran válidos.

FECHA	DOSIS (Kg de N/ha)		
	0	50+150	150+150
13/8	1980	9862	11629
20/8	1168	4641	6432
28/8	1760	7264	9220
5/9	896	7067	8500
11/9	676	10844	11763
18/9	1384	3365	11243
21/10	432	8987	9872
16/10	3480	12590	11946
Valor medio	1472	8072	10076

Los resultados del análisis estadístico son:

F tratamiento = 132,2\*

F tiempo = 4,60\*

F tratamiento × tiempo = 2,11 NS

CME1 = 2453120,7

CV = 0,239

ppds = 1270 (p < 0,05).



FECHA	DOSIS (Kg de N/ha)		
	0	50+150	150+150
20/8	606	1651	1612
28/8	982	2022	2025
5/9	332	1460	1432
11/9	384	1080	1366
2/10	150	580	1042
16/10	640	1080	1100
Valor medio	516	1312	1431

Resultados del estudio estadístico:

F tratamiento = 102,2\*

F tiempo = 7,16\*

F tratamiento × tiempo = 0,427 NS

CV = 0,157

CME1 = 29106,78

Como el ensayo anterior, el parámetro fundamental es la dosis de abonado. El incremento del contenido en nitratos está directamente relacionado con el incremento de la dosis de abono.

Aunque el factor tiempo aparece como ligeramente significativo, no se puede considerar muy importante (en el análisis estadístico con transformación logarítmica resulta ser no significativo). Si se observa en las tablas, se ve que en general y salvo excepciones, para una misma dosis no suele haber grandes diferencias en la concentración en nitratos entre las diferentes fechas. Asimismo, no existe tampoco una tendencia creciente en el contenido en nitratos a lo largo del tiempo. Por todo esto, creemos que no se puede establecer una relación entre el tiempo y dicho contenido.

Si se observan ambas tablas, se puede comprobar que los valores obtenidos en la primera, a partir de las muestras tomadas en la base del tallo, son mucho mayores. Esto demuestra que se produce

una acumulación de nitratos en la base del tallo de las plantas. Independientemente de esto, las conclusiones a las que se llega en ambos casos son las mismas.

### Ensayo 3

- Lugar: Estinnes-au-val
- Cultivo precedente: maíz
- Variedad: Carric
- Fecha de siembra: 26/4/91
- Densidad: 125.000 gr/ha
- Distancia entre líneas: 75 cm.
- Abonado orgánico: 40 t de estiércol de bovino/ha
- Abonado mineral: 100 UF de P205 el 15/4/91  
160 UF de K2O el 25/2/91.
- Tratamiento herbicida: 1,8 l. de Atrazina en pre-emergencia el día 15/4/91.

En este ensayo se han estudiado tres dosis de abono diferentes: 85, 125 y 160 kg de N/ha, más el testigo. La forma de abonado: general y localizada; y el modo: NH4NO3 y BASA.

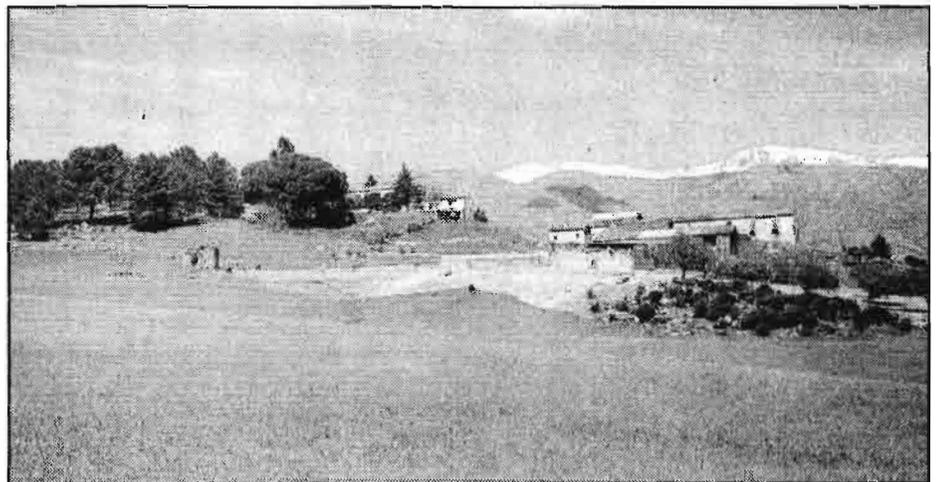
Los datos se expresan en mg/l y cada uno de ellos se obtiene de la media de 15 plantas (3 repeticiones de 5 plantas cada una).

Las muestras se tomaron en el segundo entrenudo aéreo.

Los resultados son los siguientes:

FECHA: 11/9/1991

MODO	FORMA	DOSIS (Kg de N/ha)			
		0	85	125	160
generalizado	NH4NO3	144	2062	5379	5645
generalizado	BASA	-----	4397	5287	6780
localizado	NH4NO3	-----	2944	6823	5385
localizado	BASA	-----	2325	3295	3389
	Media	(144)	2932	5196	5300



Campiña cacereña. Al fondo la Sierra que se extiende desde Gredos hasta la Estrella.

**Estudio estadístico:**

F = 5,03\*\*  
 CME = 226643,6  
 CV = 0,365  
 ppds = 2586 (p < 0,05).

MODO	FORMA		Media
	NH4NO3	BASA	
generalizado	4360	5488	4924
localizado	5052	3004	4028
Media	4706	4246	

Los valores de las F son:

F dosis = 9,21\*\* (ppds = 1293)  
 F modo = 3,11 NS  
 F forma = 0,82 NS  
 F modo x dosis = 0,86 NS  
 F modo x forma = 9,71\*\*  
 F forma x dosis = 2,29 NS  
 F forma x modo x dosis = 0,019 NS

Al igual que en los otros ensayos se llega a la conclusión de que el factor dosis es muy significativo, mientras que no lo son ni el factor modo, ni la forma. De las posibles interacciones solo es significativa la interacción modo por forma, pero no se encuentra explicación a este resultado. No parece lógico que con el tipo de abono basa se obtenga una concentración en nitratos menor para la aplicación localizada que para la generalizada.

**Ensayo 4**

- Lugar: Corroy le Grand
- Cultivo anterior: Cebada
- Variedad: Magda
- Densidad de siembra: 100.000 plantas/ha.
- Fecha de siembra: 25/04/91
- Fecha de siembra de los cultivos asociados:
  - Festuca roja: 05/06/91
  - Lucerna: 05/06/91
  - Ray Grass: 11/07/91.
- Tipo de suelo: areno-limoso
- Abonado mineral: 1.000 kg/ha del compuesto 12-7-8
- Abonado orgánico: 65 Tm de estiércol/ha.

Independientemente de los tres ensayos anteriores, se hizo este cuarto ensayo para estudiar la influencia de un cultivo asociado al maíz sobre la concentración en nitratos acumulada dentro del mismo.

Los resultados se miden en mg/l y se obtienen a partir de la media de 20 muestras (repeticiones de 5 plantas cada una).

**Estudio estadístico:**

F = 1,20 NS  
 CME = 890930  
 CV = 0,115

Se puede observar que entre los tres casos de cultivo asociado, no existen diferencias significativas de la concentración en nitratos acumulada en las plantas de maíz. La absorción de nitratos se puede decir que es más o menos independiente de la especie del cultivo asociado.



Cárabo. Todavía presente en el Valle del Jerte. Cáceres.

**CONCLUSION**

Tras el estudio de la concentración en nitratos en base a las plantas de maíz podemos decir que de todos los parámetros estudiados, la dosis es el principal. Existe una relación clara y directa entre la dosis de abono aplicada y la acumulación de nitratos en la base de la planta (a mayor dosis, mayor acumulación). Si queremos prevenir los excesos de nitratos en el suelo, deberemos actuar directamente sobre la dosis de abonado, aportando solo las cantidades de nitrógeno que utilizarán las plantas en su desarrollo.

La influencia del modo y la forma de abonado sobre la concentración de nitratos aplicación localizado.

No se ha podido establecer una relación clara entre el contenido en nitratos y su evolución en el tiempo. En general, no se puede decir que dicho contenido aumente de manera considerable en el transcurso de la vida de la planta, por lo tanto no parece significativa la influencia del factor tiempo sobre la acumulación de nitratos.

De todo esto se deduce que de todos los factores, es la dosis de abonado el que tiene una mayor influencia sobre la acumulación de nitratos. Los efectos de los restantes factores deberían ser estudiados con más profundidad, realizando un mayor número de ensayos.

Sería interesante para completar este estudio, obtener los datos de rendimiento del cultivo, para ver si existe una relación con los distintos factores, especialmente con la dosis.

**RESUMEN**

La dosis de abono es el factor más determinante en la acumulación de nitratos en la base de las plantas de maíz. Esta acumulación, indica un exceso de nitratos en el suelo, los cuales podrían contaminar la capa freática.

Para prevenir este exceso, es preciso controlar las dosis de estiércol.

El modo y la forma de distribución del abono no parece ser de los factores importantes de este proceso.

No se ha encontrado una gran variación en la acumulación relacionada con las diferentes fechas de medida.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración prestada a M<sup>a</sup> Angeles Mendiola (Profesora Coordinadora de las Becas Erasmus de la E.T.S.I.A. de Madrid) y a M. Ledant (Catedrático de Ecología de Grandes Cultivos de la Universidad de Lovaina) y sus colaboradores.

TESTIGO	ESPECIE ASOCIADA		
	Festuca roja	Luzerna	Ray grass
7552	8302	8098	8807