

# Nitratos, agua y agricultura, un problema moderno de utilización del suelo

*La movilidad de los nitratos en el suelo y su capacidad de contaminación de aguas subterráneas constituyen un problema fundamental de protección medioambiental en sistemas agrarios intensivos*

J. Boixadera

Sección de Evaluación de Recurso y Nuevas Tecnologías. DARP. Generalitat de Catalunya.

A. Cortés

Departamento de Medio ambiente y Ciencias del Suelo. Universidad de Lérida.

En 1991, Adiscott y sus colaboradores escribieron un ensayo llamado *Farming, fertilizers and the nitrate problem*. ¿Qué había sucedido para que fuera necesaria esta reflexión si fue a finales del siglo XIX cuando se habían introducido los fertilizantes orgánicos, seguidos posteriormente de los minerales?

Las comunidades agrarias tradicionales han recurrido a lo largo del tiempo a diferentes sistemas que tienden a concentrar los nutrientes en determinadas áreas del terreno (Loomis y Connor, 1992), fundamentalmente mediante el manejo de las deyecciones y de todo tipo de residuos. La reposición de los nutrientes exportados por los cultivos o los animales ha sido tradicionalmente un grave problema para la sustentabilidad de los sistemas agrarios (Saguer y Garrabou, 1996). De hecho, hoy en día, una parte significativa de las tierras cultivadas del mundo está sufriendo una fuerte pérdida de nutrientes (Sánchez et al., 1997) que pone en peligro todo el sistema productivo. Se trata de una de las múltiples paradojas de carácter global.

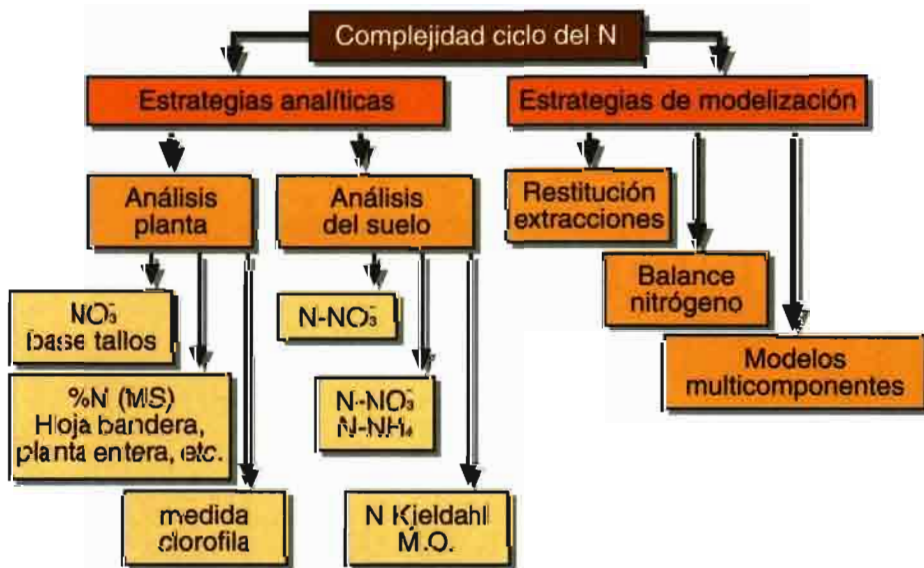
Merece la pena recordar que no fue hasta el siglo XIX, con los trabajos de Liebig (que demostraban la esencialidad del nitrógeno) y los de muchos otros, como pueden ser los de Boussingault, cuando fue posible comprobar la necesidad de aportar al suelo, de forma asimilable, los nutrientes extraídos por las plantas. A pesar de que la llamada rotación de Norfolk con leguminosas permitió un incremento muy importante de la producción, no fue hasta la introducción de los fertilizantes minerales (primero naturales y después de síntesis) cuando se produjeron fuertes y con-

tinuados incrementos de producción, asociados a nuevas tecnologías, riego, mejora del material vegetal y control de plagas y enfermedades.

En España el GUANO se introdujo primero en Valencia y después en Cataluña. A partir de 1863 empezó a desarrollarse en Cataluña la industria de fertilizantes (Sunyer, 1996) que permitiría el incremento de la fertilidad química de los suelos de cultivo. A partir de entonces, el incremento en el uso de abonos minerales o químicos fue en aumento, sometido a los vaivenes sociopolíticos, pero su expansión generalizada fue difícil en términos de cantidad. Es realmente a partir de 1950 cuando se incrementa en Cataluña y a nivel mundial también el consumo de abonos nitrogenados que se estabiliza hacia 1980. Es decir, el uso de abonos químicos es relativamente reciente en la escala temporal de la agricultura. El impacto en la productividad de los cultivos es bastante claro, aunque sólo sea



## Métodos para optimizar la fertilización nitrogenada





Incorporación de purines

una de las causas, pero absolutamente imprescindible.

El nitrógeno es, después de la temperatura y del agua, el tercer factor limitante a la producción agrícola. Durante muchos años la investigación y experimentación, así como las recomendaciones derivadas de ella, se han centrado en optimizar la producción con un enfoque a nivel de parcela. Se han trabajado y desarrollado estrategias para determinar las cantidades, momento y forma en que se deben aplicar los abonos nitrogenados en base a dosis óptimas técnicas y económicas. También la industria ha contribuido de forma significativa a este desarrollo al producir nuevos fertilizantes que han permitido el desarrollo de tecnologías de alta producción: abonos con alto grado de pureza y solubilidad para fertirrigación, abonos de liberación lenta, etc.

Pero todo este sistema descansa sobre dos supuestos: se trata de optimizar la producción (técnica y económicamente), sin considerar

las salidas de nutrientes al sistema, máximo como una simple pérdida económica que, considerando los precios actuales de los diferentes inputs y outputs, no es muy importante, especialmente en los casos de cultivos más intensivos (por ejemplo hortícolas) que son, casualmente, también los menos eficientes en el uso de nitrógeno.

Lo importante, hasta hace poco, era maximizar el beneficio por peseta de abono utilizado. Esto, desde un punto de vista técnico, se hacía conociendo las curvas de respuesta al nitrógeno para un determinado cultivo y localidad, lo cual permite determinar el óptimo técnico y económico. Por desgracia, en la práctica, esto es más complicado, porque para aplicarlo se necesita saber el nitrógeno disponible para la planta presente en el suelo de cultivo y la producción que se obtendrá, datos que no se conocen y que en un país tan dependiente del agua como es España, su predicción es muy incierta. En este úl-

timo caso y hasta cierto límite, el uso de la fertilización nitrogenada podría jugar un papel de seguro.

Otro hecho notable es que situándose en la parte de la curva nitrógeno-rendimiento donde los incrementos de rendimiento por unidad de nitrógeno aplicado son más bajos, es decir, cerca del máximo, la pendiente disminuye considerablemente y, para el caso de los cultivos hortícolas, esta sección de la curva es muy grande. En el caso de los cereales se ha visto que, trabajando por debajo del óptimo técnico - que muchas veces es el óptimo económico -, la cantidad de nitratos que quedan en el suelo es mínima y que el total no se incrementa sensiblemente.

---

**E**l nitrógeno, después de la temperatura y el agua, es el tercer factor de la producción agrícola. Hasta ahora, las tecnologías se han centrado en optimizar la producción a nivel de parcela.

---

En la práctica, se puede volver a utilizar el ejemplo de los cereales, uno de los principales cultivos a nivel catalán y mundial, donde la eficiencia que se obtiene para el N aplicado en los climas templados es del orden del 60-70% y de 30-50% en climas mediterráneos. Estas eficiencias tan bajas se han de interpretar con mucha precaución, ya que no quiere decir que el exceso se ha perdido o salido del suelo, pero si que ilustran sobre otro concepto a tener en cuenta, que es que no puede haber una eficiencia del 100% en el uso del nitrógeno en agricultura.

Los patrones alimentarios actuales, con un importante crecimiento del consumo de proteínas animales, han favorecido el desarrollo de la ganadería industrial con el consiguiente transporte de alimentos para los animales - y por lo tanto de nitrógeno - a escala intercontinental, contribuye a incrementar aun más el problema, al concentrar en determinadas áreas geográficas una gran cantidad de heces, ricas en nutrientes, que deben ser recicladas a través del suelo.

El ciclo del nitrógeno en el suelo está muy ligado al de la materia orgánica (Stevenson, 1968); de hecho la mayor parte del nitrógeno del suelo está en forma orgánica y sólo una pequeña parte bajo forma de nitratos, vale decir, disponible para ser absorbido por las



plantas o lixiviado. El manejo de la materia orgánica, el laboreo del suelo y el manejo del riego son aspectos claves del manejo para minimizar las pérdidas de nitrógeno del sistema.

El descubrimiento que en muchos lugares existía un elevado contenido de nitratos en el agua (MOPTMA, 1984; Follet, 1989), cosa que representa un riesgo sanitario serio, al mismo tiempo que limita las posibilidades de uso de esas aguas, especialmente las subterráneas, ha obligado, como en tantos otros aspectos de la acción humana, a repensar todo el tema. En el momento de arar, parece claro que hay que contemplar el ciclo del N en una escala un poco más amplia que la de la parcela - de hecho algunos autores (Lanyon, 1995) han sugerido de una manera más metafórica que sólo el ciclo del nitrógeno cambia con su fijación industrial, hecho al que no se le ha dado la importancia que merece - y que hay que plantearse el efecto de la salida de N de los sistemas agrarios hacia los distintos ecosistemas adyacentes incluyendo todo a un nivel más global, como es el caso de los balances de nutrientes a escala regional. Si se estudia el balance de nutrientes en todo un estado, como es el caso de Dinamarca (Cuadro 1), se puede ver hasta que punto está desequilibrado el balance de nitrógeno y que peso tienen los diferentes componentes del balance. Es posible realizar ejercicios similares para otros países de nuestro entorno, como es el caso de Gran Bretaña o los Países Bajos, obteniéndose resultados similares. (Böckman et al., 1991; Diederik et al., 1998).

A pesar de los progresos conseguidos en alimentación animal, el N recuperado por los animales se mantiene en unos niveles



*Diferentes niveles de N en cereales*

***Se ha puesto en evidencia que no se sabía tanto como se pensaba en estos temas. Se ha comenzado una nueva etapa de investigación para diseñar sistemas que minimicen las salidas de nitrógeno de los mismos, ya que no se pueden eliminar totalmente.***

reducidos, aunque hay grandes diferencias entre especies. Esto, de pasada, ha hecho disminuir de gran manera la eficiencia global del N en los sistemas agrarios, como lo ha demostrado van der Ploeg et al. (1997) recientemente para Alemania.

Estos hechos han obligado a un cambio de enfoque, ya que se ha puesto en evidencia que, después de todo, no se sabía tanto como se pensaba sobre estos temas. Se ha comenzado una nueva etapa de investigación en la que se emplean todas las tecnologías a los efectos de diseñar nuevos sistemas de uso de nitrógeno que minimicen las salidas del sistema, dado que no es posible eliminarlas totalmente.

El problema de los nitratos tiene una multiplicidad de aspectos en las dimensiones espacial y temporal y es evidente que falta un enfoque que considere todos estos aspectos. Es lo que se denomina un enfoque holístico. Pero donde resulta más complicado es dentro del sistema agrario, por su relación con otros factores no solo naturales o ecológicos, sino también sociales y económicos, siendo éste el punto más difícil de resolver.

Entonces, para afrontar este problema, que bien se puede considerar como un problema moderno de uso del suelo, es necesario desarrollar y emplear todas las herramientas adecuadas. Se debe profundizar no solo en aspectos clásicos de investigación, como la cuantificación del ciclo del nitrógeno, sino también adoptar instrumentos de gestión idóneos, cosa que exige un marco socioeconómico, legal y administrativo adecuados.

### **Cuadro 1:**

#### **Balance de nitrógeno en términos de masa en la agricultura danesa cerca de 1950 y de 1980**

	1980		1950	
	10 <sup>3</sup> t N	kg N ha <sup>-1</sup>	10 <sup>3</sup> t N	kg N ha <sup>-1</sup>
<b>Entradas</b>				
Fertilizantes	375	130	63	20
Concentrados importados	180	62	54	17
Fijación biológica	29	10	189	60
Precipitación	44	15	16	5
Total	628	217	322	102
<b>Salidas (productos)</b>				
Productos vegetales	29	10	38	12
Productos animales	58	20	22	7
Total	87	30	60	19
<b>Nitrógeno perdido hacia el medio ambiente</b>	<b>541</b>	<b>187</b>	<b>262</b>	<b>83</b>