

**Factores principales que afectan a la lixiviación de nitratos y manejo del agua y los fertilizantes**

# Contaminación por nitratos de los suelos y las aguas subterráneas en el Campo de Cartagena



**C. Pellicer, A. Pérez, A. Abadía.**

Equipo de Riegos del Departamento de Recursos Naturales y Desarrollo Rural del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).

En la Región de Murcia se ha comprobado que la agricultura intensiva que se practica en el Campo de Cartagena ha supuesto una fuerte contaminación por nitratos del acuífero Cuaternario. En este artículo se explican las causas de dicha lixiviación de nitratos y se sientan las bases para un correcto manejo del agua y los fertilizantes en los cultivos hortícolas de esta región.

Cada vez más la sociedad está interesada en la alimentación como fuente de salud. En este sentido se han realizado múltiples estudios que demuestran los beneficios para la salud humana de alimentos con un alto contenido en antioxidantes como el aceite de oliva virgen, el vino, la cerveza, etc., (Kenneth *et al.*, 2003; Ruano *et al.*, 2005) o la espinaca y la fresa (Cao *et al.*, 1998; Velioglu *et al.*, 1998). Los compuestos con actividad antioxidante protegen al organismo de los efectos perjudiciales de los radicales libres, producidos de forma natural en los procesos metabólicos, que

han sido relacionados con patologías tan importantes como enfermedades cardiovasculares (Knekt *et al.*, 1996; Vinson, 2000), enfermedad de Alzheimer (Engelhart, 2002) o cáncer. A nivel agronómico, existe una posible relación entre capacidad antioxidante y vida postcosecha de la fruta, al actuar algunos compuestos antioxidantes como antifúngicos (Hébert *et al.*, 2002). Además, están relacionados con determinadas propiedades de los alimentos como son el sabor o la coloración, (Maas *et al.*, 1991).

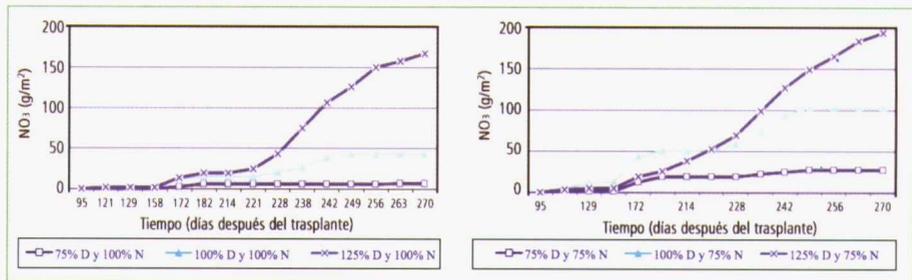
El Campo de Cartagena (Murcia) tiene una extensión de 34.627 ha dedicadas a cultivos, destinándose 18.064 ha a herbáceos y 16.563 ha a leñosos, disponiendo de riego localizado el 82% de la superficie ocupada por herbáceos y el 61% de la superficie la dedicada a leñosos (Consejería de Agricultura y Agua, 2009). Se caracteriza por ser un área de agricultura intensiva de regadío, con altos y continuos aportes de fertilizantes.

La relación entre agricultura y calidad de agua subterránea constituye motivo de preocupación a nivel científico y social. Las prácticas agrícolas como fuente de contaminación no se consideraron como problema prioritario hasta final de la década de los 70. Actualmente la literatura científica considera la agricultura la principal responsable del aumento de la concentración de nitratos en aguas subterráneas y superficiales, estando ampliamente aceptados los efectos de los retornos de regadío, el uso de plaguicidas, fertilizantes y abonos orgánicos, los cambios de vegetación y el regadío con aguas residuales sobre la calidad de las aguas subterráneas. A los sistemas de producción agrícola se les exige actualmente combinar satisfactoriamente productividad con sostenibilidad a largo plazo y ser socialmente aceptados.

Concretamente en la Región de Murcia se ha comprobado que la agricultura intensiva que se practica en el Campo de Cartagena ha supuesto una fuerte contaminación por nitratos del acuífero Cuaternario (ITGE 1996) generando procesos de eutrofización en el Mar Menor, laguna hipersalina de excepcional valor ecológico y socioeconómico. En el BORM nº 301 de 31 de diciembre de 2001, se publicó la Orden de 20 de diciembre de 2001, por la que se designan las Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. En ella se dispone designar como zona vulnerable a la conta-

**FIGURA 1.**

Lixiviación de nitratos acumulados ( $\text{g/m}^2$ ) durante todo el ciclo de un cultivo de alcachofa, al que se aplicó distintas dosis de agua (75%, 100% y 125% de las necesidades hídricas) y dos cantidades diferentes de nitrógeno (75% y 100% de los requerimientos del cultivo).



minación por nitratos de origen agrario, la correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por zona regable oriental del Trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor.

### Causas principales de la contaminación

La salinización y contaminación de un suelo o un acuífero se produce por dos mecanismos fundamentalmente: mecanismos naturales y actividad antrópica (agricultura).

Las fuentes principales de contaminación por actividades agrícolas son:

a) Percolación de fertilizantes. Los principales fertilizantes agrícolas que tienen efectos contaminantes sobre las aguas son los nitrogenados y los fosfóricos. Los fertilizantes nitrogenados afectan a la calidad de las

aguas subterráneas cuando se produce lixiviación de nitrato. Su impacto en aguas superficiales es en general menor que en las aguas subterráneas y se produce sobre todo por arrastre de nitrato, amonio y nitrógeno orgánico en escorrentía superficial.

b) Incorporación al acuífero de retornos de regadío. Las aguas de retornos presentan elevadas concentraciones de sustancias fertilizantes y pesticidas ocasionando fundamentalmente un aumento en la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y, de forma subordinada, en fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), pesticidas, etc.

c) Infiltración de residuos generados en granjas de ganado. Puede producir la incorporación al acuífero de materia orgánica, amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), bacterias y virus.

d) Infiltración de aguas contaminadas en cauces superficiales y acuíferos subterráneos. Tiene lugar en aquellos tramos de río en los que se infiltra agua hacia los acuíferos y en canales, acequias o azarbes no revestidos, en cualquier caso aguas abajo de los puntos en que reciben vertidos residuales o excedentes de regadío.

Estudios realizados por Gómez y col. (2002) en las ramblas de la Región de Murcia indican el alarmante incremento producido en la concentración de nitratos en el periodo de 1981 a 1999. En el **cuadro I**, se presentan los contenidos en nitratos, fosfatos y otros elementos nutrientes que están presentes en el agua que llegan al Mar Menor por la Rambla del Albuñón (datos del laboratorio de riegos del IMIDA, 2009).

e) Vertido de aguas residuales o reutilización de las mismas para regadío. Puede ocasionar en el acuífero un aumento en las concentraciones de materia orgánica,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,



Cultivo de pimiento grueso bajo invernadero, típico en el Campo de Cartagena.

$\text{NO}_3^-$ , detergentes, aceites, grasas, sales diversas en función del tipo de industria, metales pesados, microorganismos patógenos, etc., en aquellos casos en que la depuración, modo y ubicación de dicho vertido no estén sometidos a regulación.

### Factores principales que afectan a la lixiviación de nitratos

#### Influencia del riego y la lluvia

El riego y la lluvia son importantes en la lixiviación de sales y nitratos ya que estos se transportan en los suelos disueltos en agua. Para reducir las pérdidas de agua y fertilizantes por percolación, principalmente en riego por goteo, además de ajustar las dosis de riego hace falta que la eficiencia de distribución sea alta. El binomio dosis de riego y lixiviación de  $\text{NO}_3^-$  no se puede estudiar independientemente. La elevada movilidad de este anión en el suelo debe llevar asociado un adecuado manejo del riego, para evitar las pérdidas a capas profundas o arrastre a otras zonas fuera del área de cultivo.

En zonas donde se han introducido técnicas de regadío muy eficientes, es posible un mayor control de los lixiviados. Pero no siempre supone una mejora, sino que puede producir elevadas tasas de nitratos en acuíferos subterráneos por la utilización de elevadas dosis de riego. Se ha podido comprobar experimentalmente, para cultivos de alcachofa y de pimiento, que la lixiviación de nutrientes resulta consecuente con la cantidad de agua percolada, más que con la cantidad de nitratos adicionados (figura 1).

#### Dosis de abonado

La aplicación en exceso de nutrientes es práctica habitual de sistemas intensivos, lo que implica que un alto porcentaje del agua

El binomio dosis de riego y lixiviación de  $\text{NO}_3^-$  no se puede estudiar independientemente.

La elevada movilidad de este anión en el suelo debe llevar asociado un adecuado manejo del riego, para evitar las pérdidas a capas profundas o arrastre a otras zonas fuera del área de cultivo

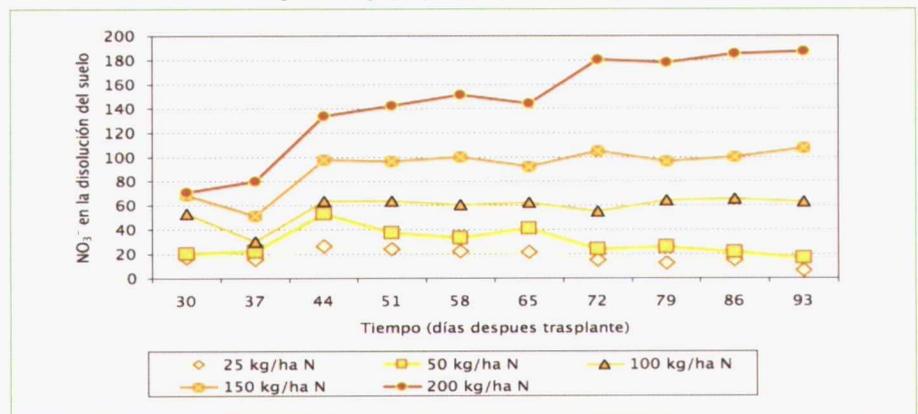
y de los fertilizantes aportados no es aprovechado directamente por la planta en aumentar la producción, pues se desaprovecha por el drenaje. Según Fushiwaki y Magara (2005) se tiende a aplicar una cantidad excesiva de nitrógeno a los cultivos. Una re-

ducción en la dosis de fertilizante no afectará al rendimiento y sin embargo mejorará la eficiencia de utilización de nitrógeno.

Los cultivos responden de manera notable al abonado nitrogenado cuando las dosis son bajas y menos a medida que éstas crecen, hasta llegar a unos valores a partir de los cuales los incrementos de abonado ya no producen aumento en la producción (Rincón y Pellicer, 1986; Rincón y col., 1998). Cuando la cantidad de N fertilizante aplicado excede a la que el cultivo puede absorber, entonces la lixiviación de nitrato aumenta rápidamente con los aumentos de abonado nitrogenado. En la figura 2 se representan las concentraciones de nitratos en suelo, obtenidos experimentalmente en un cultivo de lechuga iceberg al que se aplicó distintas dosis de nitrógeno en fertirrigación (Rincón y col., 1998). En este ensayo se evaluó la concentración de los nitratos en el suelo periódicamente y para cada tratamiento, aquellos tratamientos en los que el aporte de nitrógeno fue menor, 25 y 50

FIGURA 2.

Concentración de nitratos en el bulbo húmedo del suelo según cantidad de nitrógeno aportada con el agua de riego (25, 50, 100, 150 y 200 kg/ha de N).



# COSECHADORAS DE OCASIÓN



[www.enriquesegura.com](http://www.enriquesegura.com)

Polígono industrial Sector 4, nº 9  
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España  
Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 • E-mail: [enrique@enriquesegura.com](mailto:enrique@enriquesegura.com)



**CUADRO I.**

Concentración de elementos nutritivos en las aguas de la Rambla del Albuñón, Murcia. (Datos del laboratorio de Riegos del IMIDA, 2009).

Año	Amonio	Fosfatos	Nitritos	Nitratos
meq/l				
2005	0,467	0,088	0,038	1,358
2006	0,411	0,055	0,037	2,023
2007	0,113	0,080	0,073	2,375
2008	0,073	0,055	0,009	2,766

**CUADRO II.**

Datos experimentales de lixiviación de nitratos en cultivos de tomate y pimiento sobre sustratos (Pellicer y col., 2000, 2006; Pérez y col., 2000).

Cultivo	Sustrato	Nitratos drenados
kg/ha y campaña		
Pimiento	Fibra de coco	1.840
Pimiento	Lana de roca	1.870
Pimiento	Perlita	1.908
Tomate (primavera-verano)	Perlita	2.258
Tomate (invierno-primavera)	Perlita	1.151
Tomate	Arena	1.733
Tomate	Arena	1.663

kg/ha de nitrógeno, la concentración en suelo disminuyó durante el cultivo, el consumo por las plantas fue superior a lo aportado. Los suelos donde se adicionó 100 y 150 kg/ha de nitrógeno presentaron un nivel de fertilidad bueno, entendiéndose por tal, aquellos suelos que poseen un nivel suficientemente alto de un determinado nutriente como para no responder a las aportaciones de los abonos que lo contienen (Saña y col., 1996). En el suelo en que se aplicó 200 kg/ha, la concentración de nitratos aumentó hasta el final del cultivo dando lugar a pérdidas por percolación.

**Influencia del tipo de suelo o medio de cultivo**

La incorporación de los cultivos sin suelo a la agricultura, principalmente en el sur y sudeste español, ha dado lugar a otra importante fuente de contaminación del suelo y acuíferos. Los sistemas de cultivos sin suelo más extendidos son los denominados abiertos, en los que la disolución nutritiva lixiviada se infiltra en el suelo. La cantidad de solución lixiviada es función de las características del sistema de cultivo, de la calidad del agua de riego y del sustrato, pudiendo oscilar entre 2.000-3.000 m<sup>3</sup>/ha y año (Morard, 1996) y pudiendo llegar a pérdidas superiores a

2.000 kg/ha y año de nitrógeno (Marfá, 1994, Morard, 1996). En el **cuadro II**, se muestran las cantidades totales de nitratos drenados por cultivos de tomate y pimiento sobre distintos sustratos y para diferentes épocas de cultivo.

Respecto a los suelos, las características que más influyen en la lixiviación de los nitratos son la textura y el contenido en materia orgánica, los suelos arenosos y con más materia orgánica suelen tener mayores pérdidas por lixiviación de nitratos.

**Manejo de agua y fertilizantes en la fertirrigación nitrogenada**

**Manejo del riego**

Para un correcto manejo del riego se plantean cuatro aspectos fundamentales:

- Los Servicios de Información Agraria de las comunidades autónomas facilitan datos agro-climatológicos de los que se pueden obtener la evapotranspiración o las necesidades hídricas de cada cultivo, ayudando su utilización al ajuste semanal de la programación del riego.

- Adecuar el riego al tipo de suelo, estableciendo la dosis y la frecuencia, tratando de reducir al máximo la percolación por debajo de la zona radicular.

- Se programará el riego semanalmente con los datos climatológicos de la semana anterior, reajustando la programación en el caso de que exista una variación del clima importante.

- La utilización de dispositivos de medida de humedad del suelo nos ayudará al ajuste del riego.

**Manejo de los fertilizantes**

En este apartado es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Sincronizar a lo largo del ciclo de cultivo las aportaciones de nitrógeno con las necesidades del cultivo en cada fase del crecimiento (**figura 3**), evitando aportaciones elevadas que den lugar a altas concentraciones de nitrógeno en el suelo y a su ulterior percolación por debajo de la zona radicular.

- Se deben utilizar formulaciones nítricas y amoniacales en la proporción 75-70% en forma nítrica y 25-30% en forma amoniacal (Rincón, 2005).

- Se debe tener en cuenta el nitrógeno aportado por el ácido nítrico, en el caso de utilizar este para ajustar el pH de la disolución de riego.

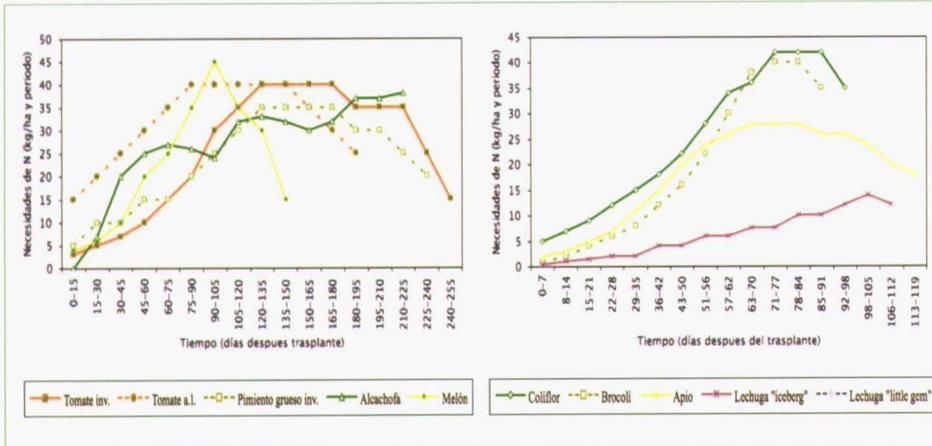
**Otras actuaciones**

La fertilización que contempla la agricultura ecológica, en la que se utilizan fertilizantes orgánicos en lugar de sintéticos, puede ser una práctica que reduzca la contaminación por nitratos. Los trabajos realizados presentan resultados no coincidentes. Hay estudios que demuestran que los fertilizantes orgánicos producen menos pérdidas de nitratos por lavado (Kirchmann y Bergström, 2001), mientras que otros no encuentran diferencias (Dufault y col., 2008) o incluso algunos indican que la lixiviación de nitratos y otros nutrientes es mayor cuando solo se aporta materia orgánica (Berntsen y col., 2006). La dificultad en este tipo de producción radica en conseguir que coincidan en el tiempo la disponibilidad de nitrógeno con las necesidades de las plantas.

Otra alternativa al aporte de fertilizantes nitrogenados es la utilización de activadores de crecimiento de las plantas tales como son los preparados bacterianos que facilitan o aceleran procesos naturales del suelo. En el mercado existen actualmente estirpes seleccionadas que fijan N atmosférico.

**FIGURA 3.**

Necesidades del nitrógeno (kg/ha y periodo) en la fertirrigación de cultivos hortícolas (Fuente: Rincón, 2005).



rico sin la necesidad una planta huésped, capaces de sustituir el N químico sin merma de la producción y por tanto disminuyendo la contaminación por nitratos. Rincón y col. (2005), obtuvieron para un cultivo de pimiento rendimientos iguales, donde se ino-

culó *Azotobacter* y *Azospirillum* y se adicionó el 50% de las necesidades totales de nitrógeno respecto a cuando se adicionó el 100% del nitrógeno.

No obstante, se ha podido comprobar en condiciones experimentales elevadas

perdidas de nitratos por lixiviación, en los casos en los que se aplican biofertilizantes y nitrógeno orgánico conjuntamente (Rincón y col., 2008; Rincón y col., 2009).

Con fecha 12 de diciembre de 2003 se publicó el Código de Buenas Prácticas Agrarias. Y en el BORM 31/12/2003 se publicó la Orden de 12 de Diciembre de 2003 de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, en la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los Acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo-Segura y el Sector Litoral del Mar Menor. Con el Objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por nitratos de origen agrario. ●

**Bibliografía**

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores, que pueden solicitar en el e-mail: [redaccion@eumedia.es](mailto:redaccion@eumedia.es)

**Turbofarmer por encima de las expectativas.**



Cuando la tecnología Merlo entra en acción no dudeis en aprovechar al máximo de vuestra máquina, porque no queremos poner límites a vuestras expectativas.



Constructor de confianza.

[www.merlo.com](http://www.merlo.com)