

# Defensa medioambiental en agricultura

## Especiales precauciones en el agua de consumo y de riego

Por: Manuel Vidal Bardan\*

### CONTAMINANTES

La creciente emisión de contaminantes de diferente origen es un tema de actualidad por la clara agresión que supone, en muchos casos, al medio natural. Las tendencias actuales de reducción del impacto de los efluentes contaminantes apuntan hacia las medidas preventivas y a la limitación de los volúmenes de contaminantes emitidos al medio en el que se mueven los seres vivos, a la vez que supone actuar también con medidas correctoras en los ambientes ya degradados.

Las aguas superficiales y subterráneas, como recurso renovable más importante, no escapan a aquellos efectos. El resultado final se traduce en una contaminación o alteración de la calidad natural de las aguas debida a la acción humana, que la hace total o parcialmente inutilizable para la aplicación útil a la que se destinaba. Paralelamente, al concepto de contaminación va asociado el de calidad del agua cuando se considera la composición y las características de la misma desde el punto de vista de su utilización o aplicación concreta.

Las fuentes potenciales de contaminación que alteran la calidad natural de

las aguas continentales (superficiales y subterráneas) se agrupan generalmente, de acuerdo con las principales actividades de la producción, en: contaminación urbana y doméstica, industrial, la inducida por sobreexplotación de acuíferos subterráneos y, por lo que respec-

ta al caso que vamos a considerar, la de origen agrícola.

La contaminación agrícola y ganadera se la considera de carácter difuso, extenso o disperso, en contraposición con la inducida, por ejemplo, por los residuos sólidos urbanos, o la de origen



(\*) Escuela T.S. Ingenieros Agrónomos de Lugo.

*Se hace preciso replantear los métodos de cultivo y sistemas de riego y abonado para reducir la carga de efluentes que generan.*

industrial, en las que sobresale un carácter más puntual o intenso. La contaminación de los recursos hídricos por prácticas agrícolas constituye, hoy día, una de las causas más generales e importantes del deterioro de su calidad natural. Si bien las fuentes de contaminación de naturaleza puntual pueden ejercer un intenso y localizado impacto sobre áreas concretas, las prácticas de *abonado* y *riego* constituyen, desde el punto de vista de volumen y amplitud de distribución, elemento causal más importante de esta problemática.

## LA CONTAMINACION POR NITRATOS

En los últimos cincuenta años, el consumo de fertilizantes nitrogenados en nuestro país se ha multiplicado por 8. En el marco de la Comunidad Económica Europea, España actualmente ocupa el último lugar en lo que se refiere a consumo total de fertilizantes/ha, pero se sitúa en quinta posición en cuanto fertilizantes nitrogenados. Esta fuerte expansión de los fertilizantes nitrogenados, tanto en España como en otros países de nuestro entorno europeo, va ligada al creciente índice de contaminación por nitratos que experimentan las aguas, y en especial las de origen subterráneo. Este tipo de alteración es creciente en nuestro país, tanto en extensión como en intensidad y persistencia. El Instituto Tecnológico y Geominero de España (1985) elaboró un amplio informe sobre el estado de contaminación por nitratos en más de ochenta y cuatro sistemas de acuíferos de nuestro país, distribuidos entre las doce cuencas hidrográficas. Este estudio revela que la cuenca norte (Asturias y Cantabria, Galicia quedó excluida) se encuentra entre las más favorables; el litoral mediterráneo (Gerona-N de Alicante) se haya gravemente afectado por este tipo de contaminación; la cuenca del Guadiana, y en concreto la provincia de Ciudad Real, presenta un grave deterioro; las provincias de Madrid, Toledo y algunos puntos de la cuenca del Duero están también seriamente afectados, al igual que el territorio insular (Mallorca, Tenerife y Gran Canaria). Por tanto las zonas más afectadas coinciden con aquellas otras de intensa explotación agrícola, o bien se realizan fuertes extracciones de aguas subterráneas o tienen gran influencia urbana. Por lo que se desprende de los resultados, la situación no tiende a mejorar con el tiempo, sino que se aprecia una tendencia al alza en los contenidos de nitratos en este tipo de aguas continentales.

En el agua pueden encontrarse las tres formas nitrogenadas:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, las dos primeras son bastante inestables y su presencia en las aguas es síntoma de un foco puntual y reciente de contaminación, con posible infección microbiana. El Reglamento Técnico Sanitario Español (1982) acota el contenido de estas for-

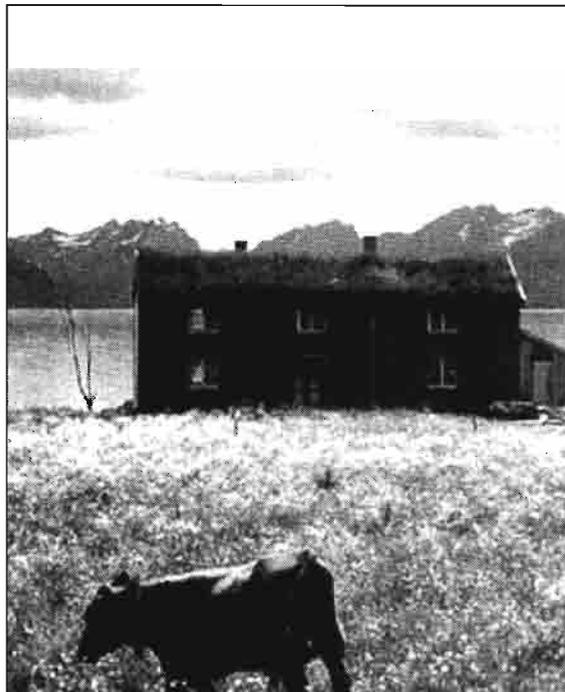
“  
**Se fijan niveles máximos en contenidos de nitratos, grado de eutrofia, carga de fósforo, etc.**  
 ”

**TABLA Nº 1  
 NORMATIVA DEL R.T.S. ESPAÑOL  
 DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS  
 NITROGENADOS EN LAS AGUAS DE  
 CONSUMO**

	nivel guía	máx. tolerable
$\text{NH}_4^+$	0,05 mg/l	0,5 mg/l
$\text{HNO}_2^-$	ausencia	0,1 mg/l
$\text{NO}_3^-$	25,0 mg/l	50,0 mg/l

**TABLA Nº 2  
 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS MUESTRAS EN INTERVALOS DE  
 CONCENTRACION PARA ALGUNAS CUENCAS HIDROGRAFICAS**

$\text{NO}_3^-$	Cuenca hidrográfica					
	Tajo	Guadalquivir	Sur	Júcar	Pirineo O	Canarias
25-50	31	12	15	18	14	—
50-100	12	16	36	13	9	5
≥100	4	13	24	31	31	29
con máx. 442		320	740	500	825	800



Los ecosistemas más eutróficos son, por este orden, las acequias, ríos, lagos y embalses.

mas nitrogenadas en las aguas destinadas a consumo entre los valores que figuran en la tabla nº 1.

Según el citado informe, en el año 1987, la situación del contenido de nitratos en las aguas subterráneas en algunas de las cuencas hidrográficas se resume en la tabla nº 2.

La incidencia que tiene sobre la salud de ingestión de nitratos y nitritos con el agua de bebida se traduce en una manifestación tóxica conocida como metahemoglobinemia, afectando principalmente a la población infantil. los nitratos experimental, en el tracto digestivo, y debido a la acción de su flora microbiana reductora, un proceso de reducción a nitritos. El ión nitrito oxida el hierro ferroso de la hemoglobina al estado férrico, dando lugar a la formación de metahemoglobina, la cual es incapaz de fijar oxígeno y, en consecuencia, de transportarlo a los tejidos. El resultado final de esta intoxicación es la aparición de una tonalidad azulada característica en la piel. A medida que aumenta el porcentaje de metahemoglobina aparecen signos de anoxia, dificultades respiratorias, vértigos, etc., pudiendo llegar a ser mortal. Aunque no se dispone de datos fidedignos, se ha llegado a apuntar también la posibilidad de que los nitratos y nitritos puedan actuar como precursores de ciertas sustancias carcinogénicas (nitrosaminas y nitrosamidas).

Por otra parte, en España se ha incrementado durante los últimos años la superficie de regadío, aproximadamente, en unas 800.000 ha. Este aumento de superficie regable junto con los excedentes de las dotaciones de riego, las fracciones de lavado utilizadas en algunos casos o la baja eficiencia de los sistemas, favorecen el lixiviado de los fertilizantes aplicados que, en el caso concreto del  $N-NO_3^-$ , al no ser retenido por el complejo de cambio del suelo, emigran en profundidad, pudiendo, de esta manera, entrar en el dominio de la escorrentía hipodérmica o profunda. En relación con los recursos hídricos superficiales, es infrecuente sobrepasar el límite de los 50 mg/l, según se desprende de la información aportada por los Análisis de Calidad de Aguas de la Dirección General de Obras Hidráulicas. Sin embargo, en algunos casos (tabla nº 3), sí es posible detectar un ligero incremento del contenido de nitratos en determinados momentos del año y que coinciden aproximadamente con las épocas clásicas de abonado, como se revela en los casos de los ríos Guadalquivir y Azuer.

Por otra parte, las actuales normas

**TABLA Nº 3**  
**EVOLUCION DEL CONTENIDO DE NITRATOS CON EL TIEMPO**

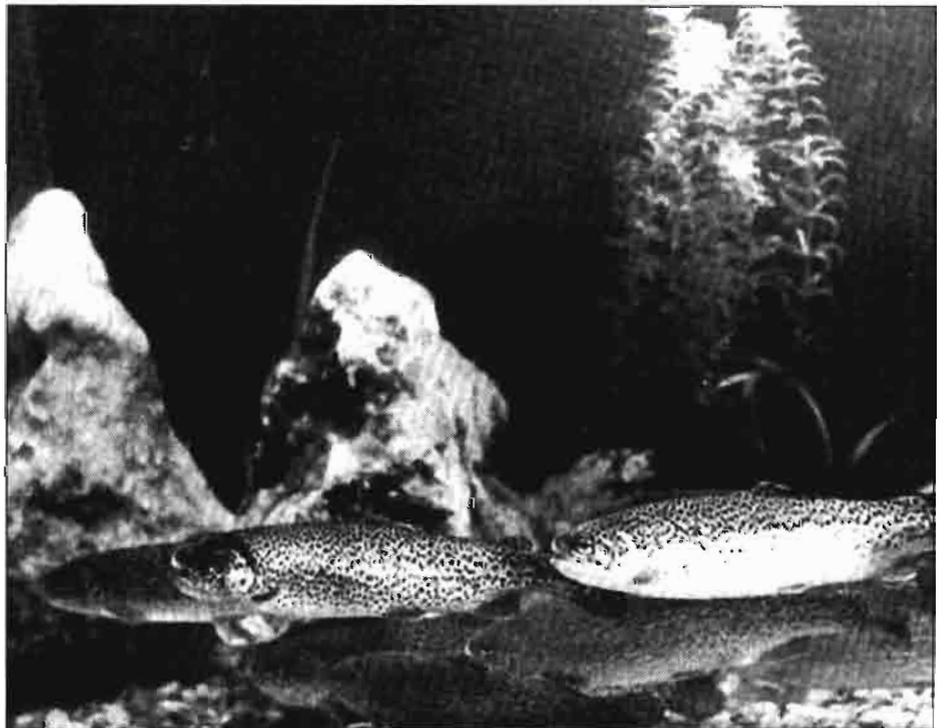
<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	
2,9	11,5	12,7	19,2	
Contenido de $NO_3^-$ (ppm) en el Guadalquivir en Sevilla (puente Patrocinio), año 1988.				
<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
26,0	26,5	28,2	32,8	42,6
Contenido de $NO_3^-$ (ppm) en el Azuer en Vallehermoso (cuena del Guadiana), año 1988.				

de calidad de aguas de riego de la FAO establecen también límites en el contenido de nitratos en el agua empleada en el riego; este máximo se cifra en 30 mg/l. Aunque nitrógeno constituye un elemento esencial en la nutrición vegetal, su exceso puede ocasionar trastornos en el cultivo de forma de sobreestimulación del crecimiento, retraso del estado de madurez o reducción de la calidad de la cosecha. A título de ejemplo, se citan como cultivos sensibles la remolacha o la vid, en los que el riego con aguas de elevada concentración en nitratos induce una reducción notable del contenido de azúcar.

## LA EUTROFIZACION DE LAS AGUAS

Se conoce por eutrofización al proceso de enriquecimiento en nutrientes que experimenta un ecosistema acuático, con el consiguiente aumento de producción vegetal. Por tanto, la eutrofización de las aguas continentales es consecuencia directa de algún tipo de contaminación, pero no se puede afirmar, en cambio, que toda contaminación genere forzosamente eutrofización.

Cuando un ecosistema acuático, bien sea un embalse, pantano, río, etc., está sometido a contaminación de tipo



*El fitoplankton es la fuente de materia y energía necesarias para el desarrollo del zooplankton que a su vez es pasto de los peces; Es importante el equilibrio en esta cadena fiolca*

puntual por vertido de aguas superficiales, o bien a una de tipo difuso y de origen agrícola, los contenidos de materia orgánica, N, P y K experimentan un aumento y, por tanto, las fuentes de materia y de energía necesarias para el desarrollo de las comunidades de algas (fitoplancton) mejoran. Todo ello se traduce en una proliferación de algas en el agua. El fitoplancton constituye, a su vez, la fuente de materia y energía necesarias para el desarrollo del zooplankton, que a su vez es pasto de los peces. Cuando las algas mueren su materia orgánica es degradada y mineralizada por las bacterias a costa de consumir el oxígeno disuelto en el agua, liberando sales minerales que posibilitan el desarrollo y crecimiento de la comunidad de algas. El resultado final de una contaminación de este tipo se traduce en que existe mucho oxígeno en la superficie del agua y muy poco en el fondo, en donde persiste una alta demanda bioquímica de oxígeno. La situación no es tan grave en invierno, cuando la diferencia de temperatura del agua de la superficie y del fondo es pequeña, pero esta situación empeora en verano cuando el agua de la superficie (más caliente y menos densa) no se mezcla con la del fondo (más fría y más densa).

Una contaminación de esta naturaleza origina, a la larga, mucha materia orgánica en el fondo del agua, favore-

ciendo de esta manera las condiciones reductoras del mismo, con posible formación de metano, ácido sulfhídrico, sulfuros, etc. Como consecuencia, el número de especies piscícolas de aguas profundas como la trucha y el albur tienen a desaparecer. La cuestión es dilucidar cuál es el nutriente que limita la productividad de un lago o embalse. En términos generales se puede afirmar que el principal responsable de la eutrofización es el fósforo; mientras que este elemento es absolutamente limitante el nitrógeno sólo lo es temporalmente. Según los datos promediados de muchos investigadores, se acepta que las relaciones atómicas medias para una comunidad de algas es:

1P:16N:106C, lo que en gramos, y comparando con el peso la materia orgánica resulta:

1P: 7,2N: 40C: 100M.O.(seca): 500M.O.(fresca)

Esta significa que si uno de los tres elementos es limitante del crecimiento de un embalse o lago y los demás se hayan en exceso respecto a las necesidades fisiológicas, el fósforo puede general 500 veces su peso en algas vivas, el nitrógeno, 71 veces (500:7,2) y el C, 12 veces (500:40) (Ortiz, 1991).

De esta manera, se pone de manifiesto el efecto estimulante que tienen el P y el N en el desarrollo de la biomasa de fitoplancton de las aguas continentales. De los tres parámetros indicadores del grado de eutrofia establecidos por la OCDE (1980): el fósforo reactivo solu-

**TABLA Nº 4**  
**CLASIFICACION DEL GRADO DE EUTROFIA SEGUN LA OCDE (1980)**

Grado de eutrofia	Clorofila (mg/m <sup>3</sup> )	prof. Secchi (m)	Fósforo (mg/m <sup>3</sup> )
Ultra-oligotrófico	≤1,0	≥12	≤4,0
Oligotrófico	1,0-2,5	12,0-6,0	4,0-10,0
Mesotrófico	2,5-8,0	6,0-3,0	10,0-35,0
Eutrófico	8,0-25,0	3,0-1,5	35,0-100,0
Hipereutróficos	>25,0	<1,5	>100



*Debemos racionalizar el empleo de fertilizantes para alcanzar un equilibrio en binomio agua producción agrícola, existen nuevos abonos de liberación lenta, inhibidores de la nitrificación y filtros verdes que potencian la depuración del suelo.*

ble, la clorofila "a" y el disco de Secchi, el más utilizado es el primero, de manera que el umbral de fósforo total necesario para generar fenómenos de este tipo se establece entre 30 a 150 mg/m<sup>3</sup> (0,03-0,15 ppm). En la tabla nº 4 se presenta la clasificación del grado de eutrofia establecida por la OCDE (1980), de acuerdo con los parámetros indicadores utilizados.

## CONSIDERACIONES A LA EUTROFIZACION

Como toda solución a los problemas de contaminación, es precisa una reducción, más o menos drástica, de las cargas o aportaciones de contaminantes. Es, por tanto, de primordial interés conocer el tipo y la magnitud de las fuentes de nutrientes, que permitan valorar tanto las aportaciones como la entidad de cada una las posibles fuentes. Se distingue generalmente entre las emisiones de origen natural y las procedentes de la actividad humana. También se puede anticipar que las fuentes naturales son siempre difusas, mientras

que las originadas por el hombre pueden ser difusas o puntuales. Las primeras son muy reducidas en relación con las causadas por la actividad humana y, además, van asociadas con eventos esporádicos, tales como incendios forestales o posibles erupciones volcánicas; por otra parte, por ser de origen natural poco o nada puede hacerse por evitar o controlar este tipo de emisiones.

Las emisiones de nutrientes debidas al hombre y de naturaleza puntual no son otras que los vertidos de aguas residuales urbanas e industriales, tanto si son aguas negras, como si son efluentes de plantas de tratamiento primario o secundario. En este último caso, un tratamiento por el método de los fangos activados, si bien proporciona una eliminación de la DBO superior al 80%, no reduce el contenido de fósforo en más del 30%. Una buena parte del fósforo contenido en este tipo de efluentes proviene de los detergentes convencionales, cuya finalidad es eliminar la dureza del agua, secuestrando el calcio, y facilitar el lavado. Por lo que se refiere a España y a las aportaciones de P, el consumo medio de detergentes es del orden de 12,7 kg/habitante y año con una riqueza media de P en este tipo de productos del 5%, lo que supone una emisión de aproximadamente 1,0 kg de P/habitante y año. Otros tipos de emisión puntual son los generados por la actividad agrícola, como pueden ser los efluentes originados en las granjas o establos y en las piscifactorías.

Entre las fuentes difusas o no puntuales están las derivadas de la actividad agrícola y muy concretamente de las prácticas de abonado mineral y orgánico. Dentro de esta categoría cabría resaltar las enmiendas húmicas a base de estiércol de cuadra o los vertidos de purín en zonas vulnerables por presentar litologías impermeables (pizarras, granitos, etc.), que generan fácilmente escorrentías superficiales. En el caso de la fertilización con purín de vacuno, el

potencial contaminante es alto, dado que del 4,5% de N-total que tiene de riqueza media, más del 50% de este N está bajo forma amoniacal y el resto, aunque bajo forma orgánica, experimenta una mineralización relativamente fácil. El purín de vacuno, como abono desequilibrado que es, tiene tan sólo una riqueza media de  $P_2O_5$  del orden de 1,8% sobre la materia seca, pero aproximadamente las 2/3 partes es fósforo inorgánico. Se admite que una res adulta de ganado vacuno equivale a 10 habitantes en cuanto a emisión de fósforo y a 12 habitantes en cuanto a nitrógeno, mientras que una cabeza de menos de 1 año de edad supone un 50% de una adulta. Es ciertamente difícil estimar las cantidades anuales de P y de N que una unidad de superficie agrícola emite por escorrentía superficial.

Las cargas anuales específicas según el tipo de utilización del terreno o, como normalmente se designa, "coeficiente de exportación de nutrientes", suelen medirse en kg/ha/año. La tabla nº 5 ofrece los valores de carga de fósforo propuestos por algunos autores.

Como se desprende del trabajo de Alvarez Cobellas (1991) sobre la "Eutrofización de las aguas continentales españolas", las comunidades autónomas con mayor grado de eutrofia son las de Madrid, País Vasco y Castilla-La Mancha, y las de menor contaminación por fósforo son las de Baleares, Galicia, Asturias y Murcia. Por otra parte, los ecosistemas más eutróficos son las acequias, ríos, lagos y embalses, por este orden. El número de embalses con categoría de eutróficos en nuestro país asciende al 70%. Por último, se puede afirmar que la contribución promedio del fósforo de los detergentes convencionales a la eutrofización de nuestros recursos hídricos superficiales se estima en un 31% para el conjunto de to-

das las cuencas hidrográficas, el resto se distribuye entre las diversas fuentes apuntadas en la tabla nº 5.

## ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION AGRICOLA

La prevención constituye el método más eficaz para combatir el riesgo de contaminación de los recursos hídricos. Las soluciones a *posteriori* son costosas y difíciles, y con relativa frecuencia concluyen en una declaración de irrecurabilidad del bien dañado.

La consideración teórica preliminar para fijar un objetivo de prevención se centra en dos posibles vías de actuación:

1º.- Analizar y en su caso redefinir con criterios de protección ambiental, el modelo más idóneo de actividad agrícola en las áreas que resulten más vulnerables a este tipo de contaminación.

2º.- Replantear los métodos de cultivo y sistemas de riego y abonado, con el fin de reducir la carga de efluentes que generan.

Respecto al importante capítulo de los fertilizantes, es preciso recomendar una racionalización de su empleo, con el fin de alcanzar un equilibrio en el binomio agua-producción agrícola. Todo ello supone ajustar dosis de abonado mejorar las infraestructuras de nuestros regadíos y las eficiencias de los mismos, y elegir correctamente las rotaciones de cultivo. Existen, hoy día, otros aspectos de gran interés como son los nuevos abonos de liberación lenta, los inhibidores de la nitrificación, o la creación de filtros verdes que potencien el efecto depurador del propio suelo.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarez Cobellas, M., 1991. "La eutrofización de las aguas continentales españolas". Henkel Ibérica, S.A., 339 pp. Madrid.

Instituto Geológico y Minero de España, 1985. "Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España". Informe de síntesis. Madrid.

Ortiz Casas, J.L., 1991. "Indicadores de eutrofización. Criterios de clasificación de embalses según el grado de eutrofia". Jornadas sobre eutrofización de embalses e indicadores biológicos de la calidad de las aguas en ríos. CEDEX, MOPT.

**TABLA Nº 5  
APORTACIONES ESPECIFICAS DE FOSFORO**

Fuente	Unidad	valor propuesto		
		alto	medio	bajo
agrícola	kg/ha/año	3,0	0,4-1,7	0,1
forestal	"	0,45	0,15-0,3	0,02
urbana	"	5,0	0,8-3,0	0,5
lluvia	"	0,6	0,2-0,5	0,15
fosas sépticas	"	1,8	0,4-0,9	0,3

