

Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud



manual divulgativo

CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS
POR NITRATOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

EDITA

Consejería de Salud

AUTORAS

**Carmen Blancas Cabello
y M.ª Emilia Hervás Ramírez**

FOTOGRAFÍA

**Sector de Salud Ambiental
Sebastián López Sánchez
Manuel Rueda Cabrera
Fernando Rayo**

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Martín Moreno y Pizarro, S. L.
www.mmp triana.com

FOTOMECÁNICA

Cromotex

IMPRESIÓN

Egondi Artes Gráficas, S. A.

DEPÓSITO LEGAL: SE-1389-2001

ISBN: 84-8486-005-1

BLANCAS CABELLO, Carmen
Contaminación de las aguas por nitratos y
efectos sobre la salud / [autoras, Carmen
Blancas Cabello y M.ª Emilia Hervás Ramírez].

– [Sevilla] : Consejería de Salud, [2001]

87 p. : il. col. ; 24 cm. – (Manuales de
salud ambiental ; 3. Manual divulgativo)

ISBN: 84-8486-005-1

1. Contaminación del agua
2. Nitratos-Efectos adversos 3. Andalucía
I. Hervás Ramírez, M.ª Emilia II. Andalucía.
Consejería de Salud III. Título IV. Serie
WA 754

Prólogo del Consejero de Salud

Uno de los problemas medioambientales más preocupantes de la actualidad lo constituye sin duda la degradación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Ello deriva fundamentalmente del incremento de la demanda de agua para diversos usos, que en su retorno al medio natural y como consecuencia de la actividad humana se aumenta su carga contaminante.

Entre estas actividades humanas que potencian la contaminación del agua, destaca la producción agrícola intensiva, que produce un aumento muy significativo de la concentración de nitratos de la misma. En regiones como Andalucía, donde esta actividad agrícola representa una parte importante de la economía, el problema adquiere unas dimensiones importantes, con incidencia directa sobre las cuencas de los ríos y por tanto con repercusiones sobre la salud.

La Consejería de Salud, que permanece atenta a todos los problemas de salud pública, ha considerado conveniente con la publicación de este Manual, dar a conocer los principales efectos de este tipo de contaminación, así como divulgar las medidas preventivas que puedan paliar los efectos de la misma.

Este interés deriva de la concepción que, desde la Administración Sanitaria Andaluza, se tiene de los problemas medioambientales y de su incidencia sobre la salud de los ciudadanos. Se trata sin duda, de una política de largo alcance, una política dirigida no sólo a atender los problemas coyunturales o del momento presente, de los que se derivan consecuencias inmediatas, sino también a valorar con perspectiva más amplia en el tiempo, aquellos problemas a los que tendrán que enfrentarse las generaciones futuras de andaluces.

Hay políticas que se entienden y justifican desde la acción de futuro, como obligación de los poderes públicos de buscar soluciones que puedan evitar problemas que ya hoy se advierten. Las políticas sobre el agua, entran sin duda de lleno en esta categoría.

La Consejería de Salud es hoy la responsable de velar por la salud de los andaluces, de los andaluces de hoy y de mañana. Nuestra acción política no ha de medirse por el reducido tiempo que marca

una legislatura, ya que hay cuestiones que por su propia naturaleza exigen propuestas y soluciones por encima del plazo temporal de nuestra responsabilidad inmediata.

Con este Manual estamos colaborando a la calidad de vida de aquellos andaluces que aún hoy no han nacido y ello constituye una obligación de los que actualmente vivimos y trabajamos en nuestra tierra. Nuestro deseo es transmitir con esta publicación, además de los conocimientos científicos necesarios, un mensaje de solidaridad y compromiso colectivo por preservar nuestro medio ambiente para los que han de continuarnos en esta tarea.

Sevilla, 14 de marzo de 2001
Francisco Vallejo Serrano

s u m a r i o

| | |
|---|----|
| 1. El agua como recurso. | 9 |
| 2. Procesos de contaminación del agua. | 17 |
| <i>Origen de la contaminación.</i> | 19 |
| <i>Contaminación por compuestos nitrogenados.</i> | 23 |
| 3. Efectos de la contaminación sobre el agua. | 27 |
| <i>Contaminación de aguas superficiales. Eutrofización.</i> | 29 |
| <i>Contaminación de aguas subterráneas.</i> | 32 |
| <i>Contaminación de aguas marinas.</i> | 35 |
| 4. Protección de las aguas. | 37 |
| <i>Métodos preventivos.</i> | 40 |
| <i>Métodos de lucha contra la contaminación existente.</i> | 46 |
| <i>Mecanismos de estudio y vigilancia.</i> | 48 |
| <i>Gestión de la calidad de las aguas.</i> | 49 |
| 5. Efectos de los nitratos sobre la salud. | 53 |
| 6. Vigilancia sanitaria. | 59 |
| <i>Abastecimientos conectados.</i> | 61 |
| <i>Abastecimientos no conectados.</i> | 62 |
| 7. La situación en Europa. Medidas legislativas. | 65 |
| Anexos. | 71 |
| <i>Normativa de aplicación.</i> | 73 |
| <i>Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero.</i> | 74 |
| <i>Decreto 261/1998, de 15 de diciembre.</i> | 82 |
| <i>Bibliografía consultada para este manual.</i> | 87 |

1

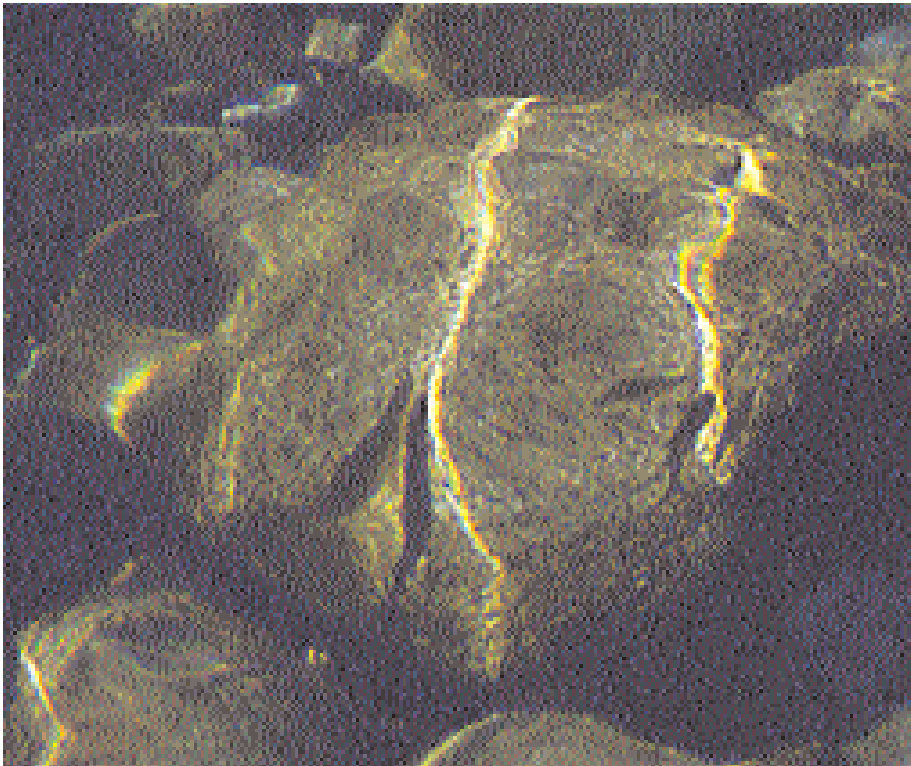
El agua como recurso



1. El agua como recurso

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades económicas; irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos. Asimismo, el agua constituye un recurso unitario, que se renueva a través del ciclo hidrológico y que conserva, a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas (Ley de Aguas, 1985).

El agua no es una sustancia pura, sino un compuesto cuya molécula está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, por tanto, su fórmula química es H_2O .



Sus propiedades y características más importantes son:

- Es inodora, incolora e insípida.
- Es el disolvente universal. Por ello incorpora sustancias disueltas y partículas en suspensión, a través de su contacto con la atmósfera y el suelo.
- Tiene la posibilidad de flotar cuando está en estado sólido, debido a la disminución de densidad que experimenta por aumento de su volumen cuando solidifica.
- Permanece en estado líquido cuando otros líquidos ya se han evaporado.
- Presenta una superficie resistente a la rotura, lo que permite que determinados insectos caminen sobre ella.

Todas estas propiedades y características hacen del agua una sustancia imprescindible, no sólo para su utilización por los seres vivos, sino también por su decisiva influencia en el clima y el relieve.

El interés del agua como recurso se resume en la Carta Europea del Agua, proclamada por el Consejo de Europa (Estrasburgo, 6 de mayo de 1968) cuyos puntos señalan:

1. Sin agua no hay vida posible. Es un bien preciado, indispensable a toda actividad humana.
2. Los recursos de agua dulce no son inagotables; es indispensable preservarlos, controlarlos y, si es posible, acrecentarlos.
3. Alterar la calidad del agua es perjudicar la vida del hombre y de los otros seres vivos que de ella dependen.
4. La calidad del agua debe ser preservada de acuerdo con normas adaptadas a los diversos usos previstos y satisfacer especialmente las exigencias sanitarias.
5. Cuando las aguas, después de utilizadas, se reintegran a la naturaleza, no deberán comprometer el uso ulterior, público o privado, que de ésta se haga.
6. El mantenimiento de la cobertura vegetal adecuada, preferentemente forestal, es esencial para la conservación de los recursos hídricos.
7. Los recursos hídricos deben inventariarse.
8. Para una adecuada administración del agua es preciso que las autoridades competentes establezcan el correspondiente plan.

9. La protección de las aguas implica un importante esfuerzo, tanto en la investigación científica como en la preparación de especialistas y en la información del público.
10. El agua es un patrimonio común, cuyo valor debe ser reconocido por todos. Cada uno tiene el deber de utilizarla con cuidado y no desperdiciarla.
11. La administración de los recursos hidráulicos debiera encuadrarse mas bien en el marco de las cuencas naturales que en el de las fronteras administrativas y políticas.
12. El agua no tiene fronteras. Es un recurso común que necesita de la cooperación internacional.

El agua en la naturaleza puede presentarse en los tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso, pasando de forma continua de un estado a otro. Es un recurso reciclable que, en términos globales, permanece constante y cuyo ciclo comienza en la condensación del vapor atmosférico y precipitación, en forma de lluvia o nieve, para llegar al suelo. Una pequeña parte del agua que alcanza el suelo queda retenida en las irregularidades del terreno, **almacenamiento superficial**; otra parte circula por ríos y arroyos para ir a parar a los lagos o al mar, **escorrentía superficial**; y otra parte se infiltra en el terreno, bien en capas someras quedando disponible para su utilización por los seres vivos y posteriormente pasar al estado de vapor por evaporación o transpiración, evapotranspiración, o bien por percolación a capas profundas, **aguas subterráneas**, donde tras la circulación en el manto acuífero, puede aflorar por manantiales e incrementar la escorrentía superficial.

Las aguas superficiales, por la acción de la temperatura, se evaporan y van a formar parte de las nubes, desde donde nuevamente caen a la tierra en forma de lluvia.

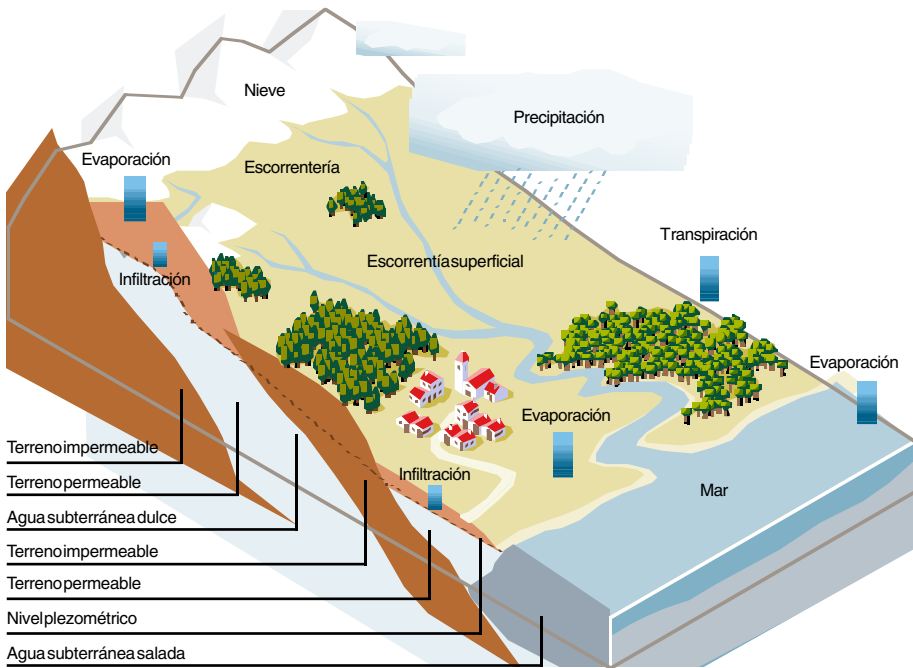
Este cambio continuo de estado se debe fundamentalmente a dos causas:

- A la energía aportada por el sol para la evaporación.
- A la gravedad que hace que precipite el agua condensada en las nubes.

Todo este proceso lo conocemos como **Ciclo Hidrológico o Ciclo del Agua**.

Este ciclo es único a escala planetaria, pero las formas que adoptan en el territorio cada una de sus fases depende de cómo se relacionan entre sí una serie de factores tales como el volumen y la distribución de las precipitaciones, las características y capacidad de retención del suelo, así como su

Ciclo del agua



Fuente: ITGE, 1991.

cobertura vegetal. En Andalucía, el ciclo se caracteriza por presentar una fuerte disminución del caudal de agua superficial durante los tres o más meses al año que duran las altas temperaturas, en los cuales los ríos pueden llegar a secarse por ausencia de lluvia e incremento de la evaporación.

En los océanos y zonas polares está el 99,3% de toda el agua existente, siendo solamente el 1% restante agua dulce. Esta “pequeña” porción de agua adquiere gran importancia, al ser determinante de la configuración del medio físico en que tiene lugar la vida humana, como soporte de la vida vegetal y actividad del hombre, medio de transporte de nutrientes, etc.

Continuamente el hombre está modificando el ciclo del agua y fundamentalmente los regímenes de escorrentía e infiltración, existiendo incluso experiencias en cuanto a precipitaciones artificiales. En muchos casos éstas modificaciones son ya de hecho una alteración fundamental, sobre todo por ser grandes obras que conllevan cambios significativos de régimen hídrico; no obstante las graves alteraciones actuales son las derivadas de ser el

agua uno de los medios receptores más importantes de contaminación, lo que no sólo está degradando las aguas superficiales, sino que tiene efectos preocupantes sobre las aguas subterráneas y amenaza la gran reserva hídrica que es el agua del mar.

El agua es imprescindible para la vida, sin embargo pocas veces pensamos en la multitud de usos que habitualmente le damos, o en las numerosas actividades de nuestra vida cotidiana en las que está presente, y en definitiva como nuestra vida cambiaría si su disponibilidad estuviera limitada.

De entre estos usos destacan aquellos que pueden afectar a nuestra salud, como son la bebida, la preparación de alimentos, la higiene personal, y la limpieza de objetos, viviendas y calles.

También la utilizamos en actividades recreativas, para regar nuestros espacios verdes o con finalidades ornamentales.

Según el uso al que se destinen, varían los requisitos de calidad del agua. Así, su utilización para riego, fuentes ornamentales, o limpieza viaria no requiere que su calidad sanitaria sea elevada. Sin embargo, para el consumo directo o aseo personal, el agua empleada debe tener una calidad especial que garantice la falta de riesgos para la salud.

► **De acuerdo con la legislación vigente, son aguas potables de consumo público aquellas aguas potables utilizadas para este fin, cualquiera que sea su origen, bien en su estado natural o después de un tratamiento adecuado, ya sean aguas destinadas directamente al consumo o sean utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano y que afecten a la salubridad del producto alimenticio final.**

2

Procesos de contaminación del agua



2. Procesos de contaminación del agua

■ Origen de la contaminación

El agua a lo largo de su ciclo natural va adquiriendo una serie de sustancias, ya sea en su contacto con el aire o con el suelo. Así por ejemplo, en el agua de lluvia se encuentran muchas sales disueltas: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , además de gases disueltos: CH_4 , CO_2 , H_2 , O_2 , N_2 , He, Ar, Ne, etc.

► **La Ley de Aguas define la contaminación del agua como “la acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica”.**

Según esta definición podemos diferenciar:

- Contaminación natural, resultado del equilibrio dinámico de la tierra, actividad geofísica y fases del ciclo natural del agua.
- Contaminación artificial (antropogénica), resultado de la actividad humana que genera sustancias ajenas a la composición natural del agua o modifica las concentraciones de las ya existentes.

Por otra parte, no sólo son procesos contaminantes o degradantes del recurso agua los que afectan a su calidad haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, sino también aquellos que producen una alteración del receptor hídrico, afectando a su cantidad o caudal disponible en un determinado lugar y tiempo.

En general, y dado que la palabra contaminación suele ir asociada a la artificial, dejaremos a un lado la natural, mas aceptada, y entenderemos por procesos contaminantes los provocados o derivados por la acción del hombre.



Centrándonos en el uso del agua para abastecimiento urbano, es decir su consumo directo por el hombre, el grado de alteración tolerable viene marcado por unos valores concretos, establecidos en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, en adelante R.T.S. El análisis de una muestra representativa del agua de un abastecimiento indicará, por comparación con los valores establecidos en la R.T.S., si el contenido de alguno de sus componentes es excesivo.

Teniendo en cuenta el receptor hídrico, también podemos diferenciar la contaminación en:

- Contaminación de aguas continentales: la degradación de la calidad del agua de los ríos y lagos ha sido evidente desde hace tiempo, y su resolución se ha fundamentado principalmente en la implementación de una legislación que controle o evite la emisión de contaminantes.
- Contaminación de aguas subterráneas: por lo general, la contaminación de las aguas subterráneas carece de un diagnóstico previo, debido a que las heterogeneidades inherentes al sistema subsuperficial son difíciles de detectar y por lo común sólo se conoce la contaminación cuando afecta a los sistemas de abastecimiento de agua.
- Contaminación de aguas marinas.

El origen de la contaminación de las aguas está ligado a alguna de estas cuatro actividades:

Urbanas

La contaminación de las aguas debida a actividades urbanas, es consecuencia de la inadecuada eliminación y ubicación de los residuos, junto a las aguas residuales urbanas procedentes de usos domésticos (limpieza y cocina) y sanitarios, así como de la limpieza de calles. Las aguas residuales urbanas contienen fundamentalmente contaminantes orgánicos procedentes de vertidos de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado viario, fugas de colectores y alcantarillas, fosas sépticas, así como papeles, detergentes, aceites, restos de plásticos, etc.; también bacterias, virus y otros microorganismos acompañando a algunos de los anteriores.

La contaminación se difunde de las siguientes formas:

1. Si estas aguas se vierten sin depurar a cauces y arroyos, éstos quedan contaminados, por lo que poblaciones próximas situadas aguas abajo, deberán tenerlo en cuenta a la hora de elegirlos como captaciones de agua.
2. Por averías en las redes de saneamiento, si se producen roturas, retrosifonajes, filtraciones, fugas y cualquier otro tipo de contacto con las aguas de consumo.
3. En los casos de urbanizaciones clandestinas (viviendas de recreo próximas a grandes núcleos urbanos) que utilizan pozos ciegos para eliminar sus aguas residuales. Esta práctica está prohibida por la contaminación que puede provocar en los acuíferos subyacentes.

Agrícolas

La contaminación de las aguas por prácticas agrícolas es debida fundamentalmente a la utilización de fertilizantes y biocidas en exceso, así como a la presencia de alpechín y otros residuos agrícolas.

Los fertilizantes son ricos en compuestos nitrogenados y fosforados, siendo lavados y arrastrados de la superficie por lluvias y escorrentías, que los conducen a cauces de ríos y de ahí a lagos o embalses favoreciendo su eutrofización.

Por otra parte, muchos de los biocidas utilizados en la agricultura presentan una alta toxicidad y persistencia, con alta capacidad de acumulación en los organismos vivos.

Ganaderas

La contaminación de aguas por explotaciones ganaderas es debida a compuestos orgánicos y biológicos procedentes de residuos de instalaciones ganaderas y purines de animales estabulados.

Las aguas utilizadas en las explotaciones ganaderas, sobre todo para operaciones de limpieza, pueden arrastrar el estiércol, los purines producidos, así como restos de plaguicidas de origen ganadero. Normalmente y dadas las altas cargas que esto significa, se intenta retirar como residuo. Si las balsas de excretas de las granjas no están bien construidas o no son impermeables, contaminan el terreno y por consiguiente los acuíferos.

Industriales

La contaminación del agua por actividades industriales es la más diversa, compleja y en muchos casos difícil de eliminar.

El agua es un elemento fundamental en las actividades industriales, como vehículo energético, de transporte, disolvente, en operaciones de lavado, base para reacciones, intercambiadores de calor,... y fundamentalmente como materia prima; al mismo tiempo es, quizás, la actividad más contaminante de las aguas.

Los vertidos industriales se caracterizan por:

- Materia en suspensión.
- Materia orgánica disuelta o en suspensión.
- pH generalmente ácido.
- Elementos tóxicos disueltos.
- Temperaturas superiores a la del receptor.
- Aceites y grasas.



Los productos de cada uno de estas fuentes de contaminación guardan cierta semejanza entre sí. Así por ejemplo, la contaminación urbana se manifiesta por el aumento de la salinidad en el agua, adición de materia orgánica (que se puede manifestar como NH_4^+ , NO_3^- , y NO_2^-) y posible contaminación biológica, mientras que la contaminación de origen agrícola, se manifiesta por fuertes incrementos de compuestos nitrogenados, la presencia de organoclorados y otros compuestos orgánicos en las aguas.

Los procesos contaminantes, independientemente de su origen, se encuentran afectados, en cantidad e importancia, por las características del medio receptor, los usos del agua y calidades exigidas a la misma, aportes hídricos indirectos en relación a las características de la zona y otros factores que afecten a la dispersión de los contaminantes.

■ *Contaminación por compuestos nitrogenados*

El nitrógeno en el agua puede tener principalmente dos orígenes:

- **Nitrógeno orgánico:** es debido a contaminación orgánica, casi siempre de origen residual. Este nitrógeno se transforma sucesivamente en nitrógeno amoniacal, nitroso y nítrico, en función del tiempo y de la capacidad de oxidación del medio.

En aguas muy contaminadas la evolución puede bloquearse en nitrito y en condiciones anaerobias, es decir, en ausencia de oxígeno, los nitratos pueden evolucionar en sentido contrario:

Nitratos → Nitritos → Amoniaco → Nitrógeno gaseoso (forma neutra).

- **Nitrógeno inorgánico:** la contaminación es debida principalmente al lavado de suelos ricos en nitratos como consecuencia de prácticas agrícolas. Esta contaminación en forma de nitratos suele ser bastante estable y difícilmente reversible.

En las aguas superficiales (ríos, lagos, embalses,...) el **nitrógeno** puede encontrarse formando parte tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos. El consumo de compuestos nitrogenados como fertilizantes en las prácticas agrícolas en Andalucía es considerable. La aplicación en exceso de fertilizantes inorgánicos (fósforo y nitrógeno) es una práctica normal, debido al desconocimiento del nivel de nutrientes en el suelo y a la idea de obtener un mejor cultivo. Dado que la velocidad con la que se aportan estas sustancias es mayor que la velocidad con la que se degradan, se produce una contaminación del suelo, con el consiguiente riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

La forma amoniacal se absorbe muy fuertemente por el suelo salvo en los cal-cáreos; en cambio, los nitratos son muy móviles y se disuelven fácilmente por lavado. El problema se complica con la nitrificación permanente del nitrógeno amoniacal, es decir, con su paso a nitrato y nitrito en función del tiempo.

El uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados plantea una gran preocupación a distintos niveles en Andalucía debido a que su uso inadecuado genera una repercusión económica, introduce importantes impactos e indirectamente puede plantear **problemas de salud pública** ligados al consumo de agua.

En los vertidos urbanos, el nitrógeno tiene principalmente por origen la orina, que está compuesta por 25 g/l de urea, 0,6 g/l de ácido úrico, 1,5 g/l de creatinina y 0,6 g/l de nitrógeno amoniacal. La mayor parte de estos compuestos dan muy rápidamente amoniaco por hidrólisis. En general, se admite que, en las aguas residuales urbanas, se eliminan 13 g de nitrógeno por habitante y día.

Los desechos industriales son también una fuente importante de nitrógeno, sobre todo los procedentes de instalaciones agrícolas, alimentarias e industrias químicas. Así, resulta que según el mayor o menor grado de industrialización de la zona, la aportación de nitrógeno a las aguas debida a los vertidos domésticos, industriales, agrícolas y ganaderos, será extremadamente variable.

La presencia de **amoniaco** señala un proceso de degradación de materia orgánica. Por ello esta presencia se considera como una prueba química de contaminación orgánica más o menos peligrosa y reciente. Por esta razón la contaminación por amoniaco suele indicar contaminación microbiológica.

► **Los nitratos son constituyentes naturales del terreno y del agua, tanto superficial como subterránea. Proceden, en parte, de la descomposición de materia orgánica nitrogenada, aunque su presencia en la tierra y en los acuíferos aumenta con el uso de fertilizantes y abonos nitrogenados.**

Las concentraciones de nitratos en el agua superiores a cierto valor pueden ser nocivas para la salud humana, de ahí que el contenido de este manual se centre en este contaminante.



Los nitratos se presentan ampliamente en los organismos humanos y animales, procedentes tanto de su uso como aditivos autorizados en la industria alimentaria como inhibidores del desarrollo bacteriano, como por contaminaciones indeseables.

La concentración de nitratos de origen natural en las aguas es, generalmente, de unos pocos miligramos por litro, sin embargo, se ha observado en numerosas ocasiones en las aguas subterráneas que esta concentración aumenta hasta varios centenares de miligramos por litro, debido a la intensificación de las prácticas agrícolas

Los contenidos de nitratos en las aguas de las redes de distribución no son elevados, no es lo mismo en las aguas de pozos o fuentes no conectadas a redes municipales donde se pueden presentar concentraciones relativamente importantes. En este caso, los nitratos tienen habitualmente por origen una nitrificación del nitrógeno orgánico, pero también pueden proceder de la disolución de los terrenos atravesados que los contiene. Se ha de señalar que muy a menudo estas aguas son de calidad mediocre o mala en lo que concierne a otros elementos.

El aumento de concentraciones de nitratos tiene la causa directa en determinadas prácticas agrícolas, ya que los agricultores vierten grandes cantidades de abonos nitrogenados en los campos para poder mantener una producción adecuada e incrementar las cosechas, la mayoría de los cuales no son absorbidos por las plantas ni por los árboles, sino que se depositan en el suelo y, o bien van filtrándose hacia capas progresivamente más profundas hasta que se concentran en las capas freáticas, es decir, aquellas capas más superficiales de los acuíferos que son susceptibles de ser explotadas mediante pozos, o bien por escorrentía llegan hasta las aguas superficiales.

Con la captación de estas aguas para el consumo a través de la red pública de abastecimiento, se completa el ciclo que permite pasar a los nitratos del medio natural al organismo humano.

Los **nitritos** pueden encontrarse de forma natural en las aguas, aunque generalmente en pequeñas concentraciones. Proviene o de una oxidación incompleta del amoníaco o de una reducción de los nitratos bajo la influencia de una acción desnitrificante. Al igual que en el caso de los nitratos, es frecuente su uso como aditivo autorizado en la industria alimentaria.

La presencia de nitritos se ha puesto de manifiesto en las aguas de lluvia y en aquellas procedentes de la fundición de las nieves. Son también susceptibles de formarse bajo la acción de determinadas bacterias, a temperaturas elevadas, a partir del amoníaco que proviene de las cloraminas originadas durante la desinfección con compuestos clorados. En las estaciones de tratamiento de aguas puede usarse como inhibidor de la corrosión.

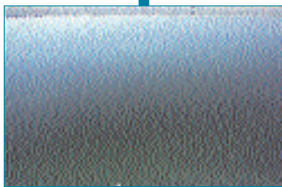
Los nitratos, nitritos y el amoníaco, entre otras sustancias, se consideran como indicadores indirectos de contaminación fecal. Un agua que contiene nitritos puede considerarse sospechosa desde el punto de vista sanitario. Sin embargo, para interpretar correctamente los resultados, será necesario tener en cuenta los contenidos de nitratos, de nitrógeno amoniacal, de materias orgánicas y el examen microbiológico. Por otro lado, hay que señalar que las aguas que están en contacto con ciertos terrenos y conducciones pueden contener nitritos de forma natural, al igual que aquellas que son pobres en oxígeno al haber sido captadas en sondeos profundos.

La eliminación de los compuestos nitrogenados de las aguas que ya han sido contaminadas es difícil:

- Los iones amonio pueden convertirse en cloraminas, pero para ello se necesitan concentraciones de cloro diez veces mayores que las utilizadas normalmente en la desinfección, teniendo en cuenta que ni el dióxido de cloro ni el ozono actúan sobre estos compuestos. Podrían eliminarse también por nitrificación y aireación, para lo cual habría que prescindir de la precloración para no eliminar las bacterias implicadas en este tratamiento.
- Los nitritos se oxidan fácilmente a nitratos en presencia de cloro u ozono.
- La eliminación de los nitratos puede resultar más compleja y podría llevarse a cabo por desnitrificación biológica en condiciones de anaerobiosis, intercambio iónico e incluso ósmosis inversa.

3

*Efectos de la
contaminación
sobre el agua*



3. Efectos de la contaminación sobre el agua

■ *Contaminación de las aguas superficiales. Eutrofización*

Se consideran aguas superficiales las contenidas en ríos, embalses y lagos. Los grandes abastecimientos establecen sus captaciones mayoritariamente en ellas, por lo que, teniendo en cuenta que estas aguas son muy susceptibles a la contaminación, es necesario tomar ciertas precauciones.

La captación de estas aguas superficiales para abastecimiento debe establecerse lo mas alejada posible de núcleos de población ya que estos suponen un riesgo importante de contaminación de las mismas. Debemos establecer una distinción según que la captación se realice en ríos o en lagos y embalses:

- **Ríos:** cuando el agua para el abastecimiento de una población proviene de un río, la captación debe establecerse aguas arriba de la misma. Si esto no es posible y la captación debe realizarse necesariamente aguas abajo, con el fin de permitir que la autodepuración sea efectiva, ésta debe localizarse a una distancia superior a diez kilómetros medidos desde los puntos de contaminación. La zona mas indicada para realizar la captación es la parte central del cauce, próxima a la superficie ya que es aquí donde presenta una mejor oxigenación.
- **Embalses y lagos:** el agua de los lagos y embalses es utilizada con varios fines no sólo de abastecimiento a la población sino también de regadío, obtención de energía, suministro industrial, extinción de incendios, etc.

En estas masas de agua la autodepuración es menor que en el caso de los ríos debido a su poca movilidad. La captación para abastecimiento humano debe establecerse en el centro del lago o embalse y en una zona bien aireada, siendo muy importante en este caso realizar una correcta regulación de las actividades, prohibiendo el vertido de aguas residuales, el baño o la pesca.

La autodepuración es la propiedad de los ecosistemas acuáticos mediante la cual, y por una serie de mecanismos naturales, se disminuye la carga contaminante aportada por un vertido en su recorrido a lo largo del cauce. Los microorganismos existentes en el agua y los aportados por el vertido

tienen la capacidad de degradar la contaminación procedente de aquél, pero a veces esta capacidad de autodepuración natural se supera.

El incremento de la actividad biodegradativa en los medios acuáticos nos lleva a la aparición de procesos de eutrofización, entendiéndose como tal el fenómeno que se produce como consecuencia de un aumento excesivo de nutrientes en el agua.

► **La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (O.C.D.E.) define la eutrofización como “un enriquecimiento de las aguas en sustancias nutritivas que conducen generalmente a modificaciones sintomáticas tales como producción acelerada de algas y otras plantas acuáticas, degradación de la pesca, deterioro de la calidad del agua, así como de todos sus usos en general”.**

La eutrofización es un proceso complejo en el que intervienen fenómenos físicos, químicos y biológicos, que los podemos sintetizar en tres fases:

Un aporte excesivo de nutrientes, sobre todo de fósforo y nitrógeno, da lugar a una rápida proliferación de vegetación acuática.

Como consecuencia de este aumento, el oxígeno del embalse se agota fundamentalmente en la superficie, que es la capa más oxigenada por su contacto con la atmósfera exterior. Los sólidos sedimentables y las células muertas precipitan al fondo.

Al acumularse la materia orgánica en el fondo ésta tiende a oxidarse rápidamente, agotando el oxígeno presente en esta zona del embalse. Se crean así unas condiciones de escasez o falta de oxígeno que favorece que se produzcan fenómenos de fermentación anaerobia de la materia orgánica en los puntos de mayor acumulación de sedimentos.

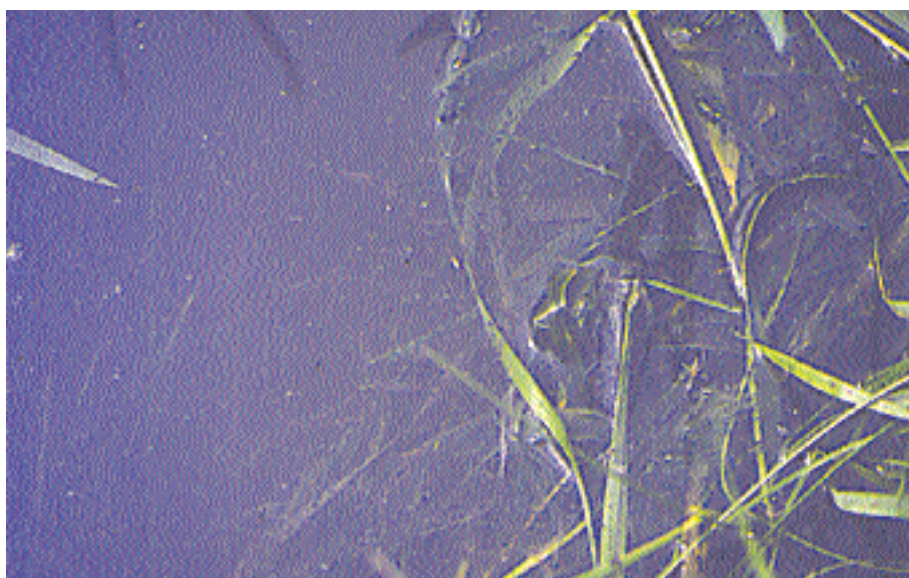
Desde el punto de vista de la eutrofización, los nutrientes más importantes son los nitratos y los fosfatos, que pueden aparecer en el agua a partir de distintas fuentes. Estos nutrientes pueden llegar al agua de forma puntual, como sería el caso del vertido de un colector de aguas residuales, o bien en grandes extensiones de terreno, por ejemplo, la escorrentía agrícola de aguas ricas en fertilizantes.

El aporte excesivo de nutrientes a las aguas ocasiona, como hemos visto anteriormente, unos efectos sobre la misma que a su vez pueden provocar, de forma indirecta, una serie de problemas en el hombre. Así, los efectos sobre el agua son:

- Una disminución importante del oxígeno disuelto, lo que puede ocasionar la eliminación de la vida acuática.
- Aumento de la turbidez.
- Aumento del grado de sedimentación.

En cuanto a los problemas que este aporte puede ocasionar de forma indirecta sobre el hombre:

- Alteración de las características organolépticas del agua, tales como olor, color, sabor.
- Alteración de los sistemas de tratamiento para las aguas de consumo por:
 - Colmatación de filtros.
 - Perturbación en el tratamiento de coagulación-floculación.
 - Dificultad para realizar el tratamiento de aguas con un pH elevado por fenómenos de fotosíntesis.
 - Aparición de materiales flotantes en los decantadores.



— Perjuicios sobre la salud, debido a:

- Producción de compuestos orgánicos que tras la cloración producen derivados clorados, especialmente cloroformo y trihalometanos, con capacidad tóxica y/o carcinogénica.
- Elevadas concentraciones de nitratos que pueden ocasionar en los lactantes metahemoglobinemia, y la formación de nitrosaminas (factor de riesgo exógeno en el cáncer de estómago).

■ *Contaminación de las aguas subterráneas*

Generalmente, estas aguas se han considerado símbolo de pureza. Se obtienen a través de manantiales y pozos. Las aguas subterráneas constituyen todavía uno de los recursos hídricos menos estudiados y más difíciles de determinar.

Las aguas subterráneas vienen caracterizadas por:

1. Ubicación invisible y relativamente inaccesible.
2. Acuíferos de enorme magnitud.
3. Caudales muy bajos, con escasa movilidad.

No obstante, pese a su invisibilidad, cumplen funciones muy importantes de orden económico, ecológico y en el campo de la salud pública, que no siempre se reconocen. Así, entre otros usos, las aguas subterráneas constituyen una fuente importante de agua para consumo público.

Su disponibilidad como recurso natural para el consumo está limitada por tres factores:

- Renovación de las aguas subterráneas por la precipitación.
- Calidad del agua utilizada para la recarga de acuíferos.
- Características del suelo y del acuífero.

Dependiendo de las características del terreno, son aguas que se pueden contaminar fácilmente cuando están próximas a viviendas, concentraciones de animales o vertederos. El problema de la contaminación de las aguas subterráneas es difícil de tratar. Es una contaminación que, normalmente, carece de un diagnóstico precoz por lo que suele detectarse cuando ya es tarde. La recuperación de la calidad de las aguas subterráneas alterada por los procesos de contaminación y de sobreexplotación necesita periodos de siglos y décadas, respectivamente

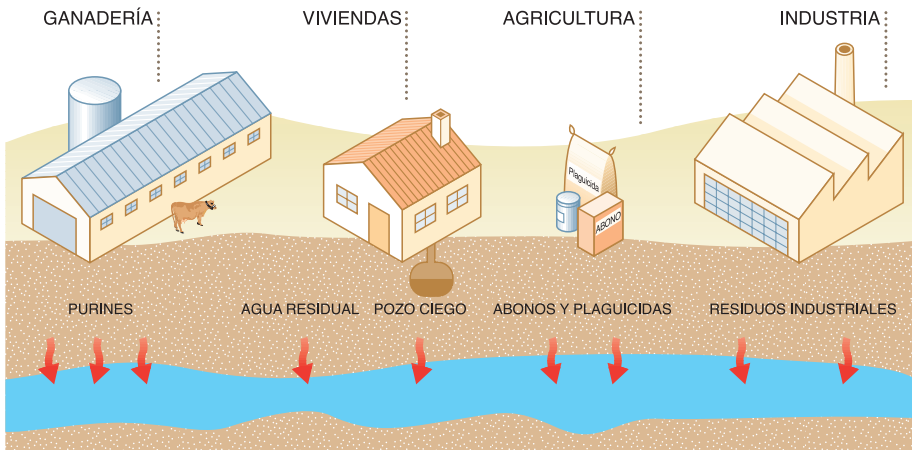
Su calidad viene determinada por la composición del terreno. Así, las aguas que penetran por terrenos arenosos, por efecto de la filtración, están menos contaminadas que las que discurren por terrenos arcillosos, que son más impermeables, por lo que el agua no se filtra sino que circula alrededor de las grietas, recogiendo todas las impurezas a su paso.

► **Un acuífero subterráneo, o simplemente acuífero, es el conjunto formado por una capa o formación geológica permeable y el agua contenida en sus poros o fisuras a través de las cuales circula por acción de la gravedad.**

Puede asimilarse a un depósito subterráneo que, por una parte, recibe por infiltración y percolación desde la superficie del terreno el agua de lluvia o de los ríos, y que por otra se descarga en fuentes o manantiales naturales, y también en pozos y sondeos realizados por el hombre.

Las aguas subterráneas pueden sufrir distintos tipos de contaminación. Así, puede ocurrir una contaminación directa o puntual, sin dilución, cuando las sustancias contaminantes se introducen en el subsuelo y alcanzan directamente el acuífero, o bien una contaminación indirecta o difusa, con dilución, cuando se produce mediante la recarga natural del acuífero, por ejemplo, la infiltración de aguas procedentes del arrastre del exceso de plaguicidas y fertilizantes agrícolas que provoca una creciente concentración de nitratos

Contaminación de las aguas subterráneas



en las aguas subterráneas, éste es uno de los principales problemas de contaminación de los acuíferos y es muy difícil de corregir. También se dan otras situaciones, completamente distintas, como la lenta entrada subterránea del agua del mar en zonas costeras con bombeos excesivos; esta intrusión marina conlleva la creciente mezcla de agua salada con la dulce del acuífero, de manera que los sondeos del área afectada proporcionan un agua cada vez más cargada de sales, hasta llegar a no ser utilizable.

En resumen, las características principales de la contaminación de las aguas subterráneas son las siguientes:

- Las posibles fuentes de contaminación, y de agentes contaminantes, son muy numerosas y están ampliamente distribuidas.
- Generalmente el origen de la contaminación está asociado con el uso del terreno, variando su tipo según sea urbano, industrial o agrícola.
- La contaminación puede estar produciéndose en sitios muy localizados y puntuales, o bien en amplias extensiones de terreno.
- Habitualmente el agua subterránea se mueve muy lentamente y responde también con gran inercia a las acciones exteriores, condición primordial a la hora de prevenir, vigilar o eliminar la contaminación de un acuífero.
- Las características del terreno, y las del movimiento del agua subterránea a su través, proporcionan una serie de factores que tienden a atenuar la contaminación a lo largo del tiempo y del recorrido.

Generalmente, la contaminación del agua subterránea se descubre a través de análisis, realizados sobre muestras del agua en cuestión, cuando ésta va a utilizarse para abastecimiento de la población. Los resultados obtenidos van a ser supuestos para toda el agua extraída de la captación, por lo que es importante tener en cuenta:

- Las muestras que se vayan a analizar deben ser lo más representativas posible de la masa de agua a la que pertenecen.
- Los contaminantes que se han de buscar en el análisis, es decir las determinaciones a realizar, deben guardar relación con el tipo de posible contaminación que amenace al acuífero.
- Si en el entorno de la captación existen posibles focos de contaminación es necesario establecer un sistema de vigilancia en sus alrededores.
- Se realizarán análisis periódicamente.

Cuando un acuífero se contamina el volumen de terreno afectado puede ser muy grande, correspondiendo a hectáreas de superficie y a decenas de me-

tros de profundidad. Por otra parte, el paso de las sustancias contaminantes a lo largo de los intersticios del acuífero, hace que parte de estas sustancias queden retenidas. Como consecuencia, resulta técnicamente complejo rehabilitar un acuífero ya contaminado; el coste suele ser prohibitivo en la inmensa mayoría de los casos, y la solución más frecuente es el abandono del acuífero y por tanto de sus posibilidades hídricas para el abastecimiento.

Por todo lo anteriormente expuesto se puede concluir que la manera más eficaz de mantener la calidad de las aguas subterráneas para que puedan seguir siendo utilizadas, consiste en garantizar su protección frente a la contaminación.

Contaminación de las aguas marinas

La captación de agua de mar, con fines de abastecimiento humano, se utiliza actualmente sólo en casos extremos, cuando no hay otras fuentes alternativas de agua. Concretamente, en nuestra Comunidad Autónoma tan sólo es utilizada como captación ordinaria en un sistema de abastecimiento.

La captación de estas aguas debe realizarse en lugares alejados de la orilla y zonas de baño, con la previa prohibición de que en sus proximidades se realicen vertidos de aguas residuales.

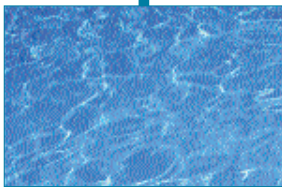
El mar puede considerarse como un depósito con gran capacidad para recibir contaminantes o residuos, siempre y cuando:

- Se eviten los grandes vertidos en zonas muy localizadas.
- Se conozcan los mecanismos naturales con los cuales el mar va a hacer frente al vertido, teniendo en cuenta los problemas de acumulación en las cadenas tróficas.



4

Protección de las aguas



4. Protección de las aguas

El agua es un recurso hídrico único que participa, como hemos visto con anterioridad, en un ciclo hidrológico. Las aguas pueden clasificarse, según el momento del ciclo en que se encuentren, en marinas, atmosféricas o continentales, y estas últimas, a su vez, en superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales y subterráneas están estrechamente relacionadas y pasan de una a otra con frecuencia.

En condiciones naturales, las aguas superficiales tienen una descarga considerable y un almacenamiento pequeño. Con las aguas subterráneas ocurre lo contrario, comparándolas con las superficiales su circulación es reducida pero su almacenamiento es considerable. También hay diferencia en su composición química ya que, en general, las aguas superficiales están más expuestas a la contaminación, mientras que el terreno puede actuar de filtro para las aguas subterráneas.

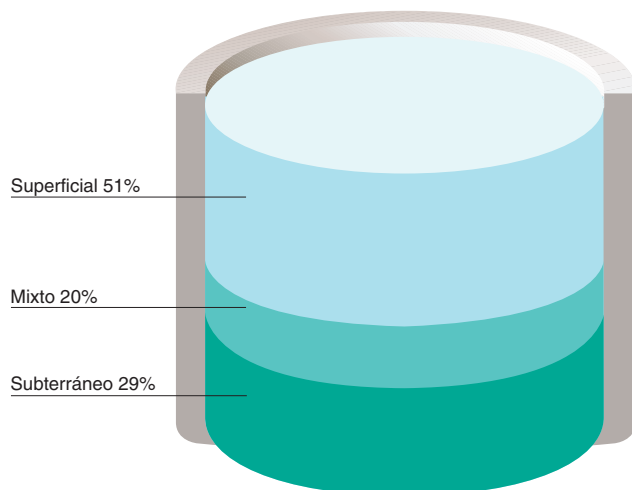
► **Las aguas subterráneas son un recurso hidráulico importante, del que dependen para abastecimiento agrícola, urbano e industrial grandes áreas de nuestra Comunidad.**

En Andalucía, según datos de 1999, el 51,37% de la población se abastece con aguas superficiales, el 28,5% con aguas subterráneas y el 20,13% con sistemas de procedencia mixta, siendo especialmente utilizadas las aguas subterráneas para el abastecimiento rural y de pequeños núcleos urbanos.

En el caso de las aguas subterráneas, la detección de la contaminación y la evaluación de sus efectos presenta mayor dificultad que en las superficiales. Mientras en éstas la identificación de la fuente de contaminación y su control es más fácil, en un acuífero los problemas en la calidad del agua suelen detectarse cuando la contaminación ha afectado ya a amplias zonas del mismo. Por eso es tan importante realizar una protección adecuada de los acuíferos.

La protección de la calidad de las aguas subterráneas para abastecimiento humano adopta muy diversas formas, según cada caso concreto. Los métodos de los que se dispone para luchar contra la contaminación de los acuíferos pueden clasificarse en preventivos y correctores, siendo

Origen del agua para abastecimiento en Andalucía. 1999



Fuente: Consejería de Salud. Dirección General de Salud Pública y Participación.

muy fina la línea de división entre ellos. Algunos de estos métodos son aplicables, igualmente, a la protección de las aguas superficiales.

Los métodos preventivos son los más eficaces, mientras que los correctores no suelen ser útiles ni aplicables, y casi siempre son muy costosos.

Métodos preventivos

Se pueden considerar como preventivos aquellos mecanismos que, o consiguen evitar que el agente contaminante alcance el acuífero, que es lo deseable, o que la cantidad de éste que alcanza la zona saturada disminuya o que intentan conseguir la reducción de su nocividad o actividad.

Desde un punto de vista práctico podrían considerarse los siguientes:

1. Ordenación espacial de actividades

Cuando la contaminación es producida por el ejercicio de una actividad, el método más sencillo desde el punto de vista técnico y el más eficaz, es la implantación o desarrollo de la misma en zonas donde no existen acuíferos utilizables, o bien donde éstos se encuentren protegidos por capas impermeables de terreno que eviten la infiltración. Cuando se dispone de la capacidad para planificar el uso del suelo y de la información hidrogeológica lo suficientemente detallada como para realizar una evaluación fiable de la vulnerabilidad de los acuíferos, es cuando la eficacia de este método es máxima.

2. Perímetros de protección

Durante la extracción, en las proximidades del sondeo, aumenta la velocidad de circulación natural del agua subterránea. Para el caso de un contaminante que se infiltre en el acuífero cerca del punto donde está ubicado el sondeo, el tiempo de retención en éste es menor, a veces muy corto, así como las posibilidades de que se diluya y en general de que tenga lugar una autodepuración eficaz, por lo que el entorno de la captación requiere una protección adecuada. Esto se realiza con la implantación de un eficaz “perímetro de protección del sondeo para abastecimiento” que garantice que tanto la cantidad como la calidad del agua extraída sean las adecuadas. Así habrá que establecer:

- El perímetro de protección de cantidad que se basa, además de en las necesidades del abastecimiento en sí, en criterios referidos al movimiento del agua en el acuífero con relación a las características hidrogeológicas del mismo, sus posibilidades hídricas, la influencia de o sobre otros sondeos, las particularidades de los mismos, etc.
- El perímetro de protección de la calidad, además de los criterios anteriores considera los contaminantes que una actividad determinada puede introducir en el subsuelo, cómo pueden evolucionar a medida que se van infiltrando en el terreno, así como el tiempo que tardarían en llegar, una vez en el acuífero, hasta el sondeo. Se definen entonces unas zonas alrededor de la captación, con una extensión distinta y unas limitaciones para las actividades que pretenden establecerse en cada una, que básicamente consisten en lo siguiente:
 - Zona inmediata al sondeo: no se permite ninguna actividad.
 - Zona próxima: las actividades se distribuyen en prohibidas, reglamentadas o autorizadas.
 - Zona lejana: análoga a la anterior, con criterios menos exigentes.
 - Zona remota: comprende el resto del terreno con eventual influencia sobre el sondeo (área de alimentación).

Cuando alguna actividad no adecuada ya está instalada, se indica el posible riesgo de contaminación existente, así como los índices a través de los cuales se puede detectar.

3. Normas de construcción de pozos

La protección de los sondeos existentes mediante perímetros de protección, debe completarse con unas normas para el acondicionamiento de los mismos, que eviten contaminaciones no ya del acuífero en sí, sino del propio sondeo. Hay que tener en cuenta que una perforación abandonada y abierta puede ser vehículo de contaminación directa del acuífero, por lo que las reglas de acondicionamiento de sondeos deberían extenderse también a ellas, estableciéndose las normas adecuadas (aislamiento, taponamiento, etc.) para evitar que sean la causa de contaminación de los acuíferos.

Lo primero que hay que tener en cuenta son las precauciones elementales que eviten la entrada de sustancias de cualquier tipo por la boca del sondeo, el cuello del pozo, el engrase del grupo motobomba, etc. La protección habitual que se realiza mediante un recinto cerrado, normalmente una caseta, el cabezal del sondeo, la cementación de los primeros metros de la obra, etc., debe ser efectiva y comprobada con regularidad.

Para garantizar que no se captan predominantemente aguas poco profundas o superficiales, debe realizarse una cementación de las paredes del entubado, correctamente ejecutada y que comprenda algunas decenas de metros. Esto debe hacerse siempre, ya que estas aguas son susceptibles de una mayor condensación de contaminantes, sobre todo en el caso de los nitratos. Es frecuente que una perforación atraviese distintos acuíferos con agua de muy diferente calidad, siendo necesario entonces cementar el tramo que corresponde a aquellos en que ésta es mala. En ocasiones la mala calidad del agua se presenta progresivamente con la profundidad, se realizará en este caso la cementación del fondo de la perforación, situando la bomba a una profundidad adecuada. En los sondeos que estén ya en explotación y en los de nueva construcción fundamentalmente, la cementación debe ser contemplada específicamente en el proyecto hidrogeológico correspondiente.

4. Impermeabilización

Desde otro punto de vista, existe un método sencillo y generalizado en el caso de vertidos o almacenamiento de residuos sobre zonas vulnerables, es la impermeabilización artificial y deliberada del terreno sobre el que se va a verter, o del fondo y paredes de las balsas o depósitos donde se viertan o almacenen residuos o productos potencialmente contaminantes.

5. Drenaje somero

En el caso de la contaminación difusa que sufren muchos acuíferos por el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados, es prácticamente imposible crear una barrera impermeable en el terreno que detenga los nitratos en su camino hacia el nivel freático, que es como se conoce al nivel o profundidad a la que se alcanza el agua subterránea en los pozos o sondeos. Un método utilizado con éxito en algunos países es la instalación bajo el suelo de una red de tubos perforados que recogen la mayor parte del agua de retorno en el regadío y la conducen a un colector de drenaje general. No sólo se evita así el paso de nitratos al acuífero sino también de aguas muy concentradas en sales que se recogen y envían al mar a través de canales especiales de drenaje. El método es sólo aplicable en determinados casos, no sólo por razones económicas y geográficas sino por el diverso comportamiento de suelos y terrenos permeables.

6. Control de la inyección de aguas residuales en el subsuelo mediante sondeos

En ocasiones se realiza la inyección directa en el subsuelo de líquidos residuales tanto industriales como domésticos. Este proceso requiere un estudio adecuado, un diseño cuidadoso y el establecimiento de una vigilancia para evitar el paso de los contaminantes a acuíferos utilizables. Es esencial mantener una vigilancia constante en la operación y disponer de la capacidad legal y administrativa para detener la misma en los casos en los que se compruebe el paso de los contaminantes hacia zonas de aguas utilizables.

7. Lucha contra la intrusión de agua marina

Éste es el principal problema de contaminación de acuíferos en España, sobre todo en las costas mediterráneas. Aunque en muchos casos los métodos a aplicar serían correctores, la prevención pasa por la adecuada ordenación espacial de los pozos de bombeo, alejándolos de la costa y estableciéndose unos caudales de explotación adecuados.

8. Depuración artificial y natural

El método más conocido para reducir en superficie la actividad de un producto contaminante es lo que denominamos “tratamiento”.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas se consigue reducir la materia orgánica y los microorganismos obteniéndose un producto



mucho menos contaminante que el de entrada. Estas aguas, con limitaciones de uso, pueden utilizarse para regar consiguiendo así, además del beneficio agrícola, un tratamiento natural por el paso de las mismas a través del suelo y del subsuelo aprovechando su poder autodepurador.

La capacidad de autodepuración del terreno, siempre que se utilice de forma razonable y tras un estudio previo, es uno de los factores que permiten reducir la contaminación de las aguas subterráneas. La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación señala la sensibilidad de las aguas subterráneas frente a posibles alteraciones de calidad. Una adecuada evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos es imprescindible, ya que vulnerabilidad y poder autodepurador son dos conceptos que han de considerarse al mismo tiempo e indisolublemente unidos al ser uno de ellos inverso del otro.

9. Reducción de cantidades de vertido en la industria

En un proceso industrial siempre es posible reducir el volumen de residuos mediante procesos más eficaces dentro de la propia actividad; y esto sin tener en cuenta el tratamiento. El reciclado, entre otros métodos, permite reducir el volumen final de aguas residuales, aunque, en contrapartida éstas suelen estar más concentradas. A pesar de ello su manipulación es más fácil y eficaz e incluso se pueden recuperar materias primas. La reducción de vertidos líquidos en la industria

suele relacionarse directamente con una reducción en el consumo global de agua y la eficacia del método repercute tanto en los consumos como en los vertidos. Las aguas superficiales se benefician directamente, al sustituirse en ocasiones un vertido líquido al río por un vertido semilíquido sobre el terreno, o por un transporte de lodos a otra zona para posterior tratamiento.

El efecto de protección sobre las aguas subterráneas no es tan obvio, una reducción de volumen de residuo, con la correspondiente concentración del mismo tiende a originar focos puntuales intensos de contaminación. Por ello, un programa de reducción de residuos en una zona industrial donde existen acuíferos utilizables debe tener en cuenta el posible cambio de medio receptor de los residuos y establecer las medidas preventivas adecuadas.

10. Reducción de fertilizantes nitrogenados

La reducción por parte del agricultor de las cantidades de fertilizantes aplicadas al terreno es un problema de muy difícil solución, que sólo conseguirá atenuarse mediante campañas de educación e información. El aumento de precio de los fertilizantes, que por otra parte se produce ya naturalmente en la actual situación económica, está comprobado que no es un freno eficaz en el uso de aquéllos. La eficacia que tendría una reducción de la cantidad de fertilizantes utilizada se comprende teniendo en cuenta que, en general, aproximadamente el 50% del nitrógeno así aportado al suelo, se escapa de las raíces de las plantas hacia las aguas subterráneas. El beneficio sería doble al conseguirse por una parte un beneficio económico y por otra la reducción de la contaminación del acuífero.

11. El vertido controlado

En lo que conocemos como “vertido controlado” de los residuos sólidos urbanos se combinan varios aspectos a tener en cuenta: por una parte, el sistema de recubrir periódicamente los residuos evita la producción excesiva de lixiviado y, por otra, un adecuado diseño de drenaje consigue reducir la infiltración del mismo en el suelo. Si a esto añadimos que el terreno puede impermeabilizarse previamente al vertido, y que el sitio del vertedero puede escogerse de antemano en una zona donde el acuífero esté bien protegido, se reúnen en un solo caso varios de los métodos preventivos anteriores, que, como se observa, no son excluyentes los unos de los otros.

■ *Métodos de lucha contra la contaminación existente*

Cuando una parte del acuífero se encuentra ya contaminada en mayor o menor grado, la protección de aquellas zonas o captaciones que aún no han sufrido degradación en su calidad puede llevarse a cabo de varias maneras, generalmente basadas en las alteraciones del flujo subterráneo que se consiguen mediante bombeo o recarga artificial.

Estos métodos son los siguientes:

1. Modificación de los bombeos existentes

La extracción de forma excesiva de agua de un acuífero puede acelerar su contaminación. Esto se comprueba de forma evidente en el caso de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros o en el caso de aquellos que están en contacto con ríos contaminados. La solución más eficaz, que puede ser considerada como preventiva o curativa según el grado de contaminación del acuífero, pasa por reducir los bombeos existentes o modificar su distribución geográfica.

La clausura de pozos y la perforación de otros nuevos en zonas no contaminadas es la solución que se adopta con mayor frecuencia en el caso de un acuífero contaminado puntualmente por un vertido localizado. Es la adoptada de forma inevitable en los casos de salinización progresiva por intrusión del agua de mar en abastecimientos costeros. El nuevo sondeo debe ubicarse con especial cuidado con el fin de evitar que se repita la salinización, provocando así un mayor avance de la intrusión.

2. Barreras de presión

Los agentes contaminantes se mueven siempre en el mismo sentido en que circula el agua subterránea. Una línea de pozos, sondeos o balsas donde se recarga el acuífero con agua limpia, producirá una especie de cordillera en el nivel freático, de tal forma que se detenga el movimiento del agua contaminada desde el foco de contaminación hacia los puntos donde se extrae aquella cuya calidad quiere protegerse.

El método es, en teoría, relativamente simple, sin embargo, su eficacia en la práctica depende de muchos factores entre los cuales el económico es el fundamental. Una barrera es muy cara, tanto en su instalación como en su mantenimiento.

En ocasiones el problema no es tanto económico como de disponibilidad de agua limpia para recargar y de posibilidad hidrodinámica de crear

realmente una barrera, elevando eficazmente el nivel freático entre el foco contaminante y la zona de captación a proteger.

Una consecuencia de este método es la recarga artificial del acuífero. En amplias zonas geográficas, la escasez de agua se ve interrumpida por momentos de abundancia de duración variable: lluvias torrenciales, crecidas de corta duración en ríos, caudales derivados para riego cuando éste no es conveniente, efluentes susceptibles de un tratamiento adecuado, etc. La recarga de los acuíferos con estos excedentes proporciona un aumento de las reservas de agua subterránea disponible, evitando o paliando problemas de sobreexplotación entre otros.

3. Barreras de depresión

Una barrera de depresión es una especie de zanja o valle creado en el nivel freático mediante el bombeo en una línea de pozos y sondeos, y es exactamente lo contrario de lo que hemos llamado barrera de presión. Si esta línea de pozos o sondeos se sitúa entre la fuente contaminante y los sondeos que se desea proteger, puede impedirse el flujo de agua contaminada hacia aquéllos, pero en los sondeos de la barrera se estará extrayendo una mezcla de agua contaminada y agua dulce que habrá que eliminar.

El método no necesita agua adicional pero los costes de bombeo son elevados, y la capacidad de almacenamiento del acuífero y sus recursos pueden reducirse considerablemente. En general, el método, utilizado por sí solo, puede considerarse como una solución temporal de urgencia, aunque utilizado en combinación con el método de la barrera de presión se ha empleado en casos de intrusión de agua de mar.

4. Intercepción y extracción

En ocasiones se ha utilizado como método corrector la extracción de los contaminantes del agua subterránea.

Esta operación presenta varios inconvenientes, independientemente de los económicos ocasionados por el coste elevado de los bombeos: en primer lugar, es necesario eliminar o tratar el agua contaminada que se extrae de los sondeos; por otra parte, y según el tipo de agente contaminante, el vaciado de una parte del acuífero produce una zona no saturada en la que puede quedar retenido parte del agente nocivo, que vuelve a contaminar el agua cuando el nivel freático sube de nuevo. Una operación de extracción de esta clase puede prolongarse durante meses sin conseguir eliminar por completo el problema.

5. Barreras subterráneas

Este método se basa en crear verdaderas barreras físicas subterráneas impermeables para aislar una zona de agua dulce de la fuente de contaminación. Barreras de este tipo pueden crearse bien por excavación de una zanja profunda que se rellena con material impermeable, bien mediante una serie de sondeos próximos en los que se inyecta un material que posteriormente coagula y obtura los poros de la formación permeable.

Este método, aparte de ser muy costoso, es en muchas ocasiones técnicamente inviable, no sólo por la dificultad de crear una verdadera barrera sino además por la de vigilar y controlar los resultados.

6. Reasignación de usos

Puede ocurrir que un sondeo esté proporcionando agua de muy buena calidad para regadío, mientras que la correspondiente al abastecimiento urbano presenta concentraciones excesivas en algún contaminante que en ocasiones no dañaría el cultivo agrícola, incluso a veces supondría una mejora, es el caso de los nitratos, el calcio, el potasio,... el problema se solucionaría con una permuta de los usos de ambos sondeos. Naturalmente, un estudio técnico tendría que garantizar estas circunstancias.

Los planes hidráulicos deben considerar la calidad del agua como uno de los parámetros básicos que determinen su uso cuando la distribución del agua está por ejecutar (transvases, explotaciones nuevas de acuíferos, etc.), reservando la mejor calidad en la medida de lo posible para el consumo humano, sobretodo en las zonas donde los recursos son escasos.

La reutilización de aguas residuales, especialmente para regadío, tiene un doble interés: al aprovechamiento beneficioso de unos compuestos causantes de contaminación, se añade el ahorro de un caudal de agua importante, a menudo de buena calidad, sustituido por las aguas residuales. También hay que recordar la exigencia de un estudio técnico y sanitario que garantice el buen funcionamiento e inocuidad del sistema respectivamente.

Mecanismos de estudio y vigilancia

La protección de la calidad del agua subterránea requiere como base indispensable disponer de datos hidrogeológicos regionales y locales. Todos los mecanismos utilizados en la lucha contra la contaminación deben apoyarse en un sistema de evaluación periódica de la calidad del agua en el acuífero así como de la actividad de los focos potenciales de contaminación. Para poder plantear una campaña de protección de las

aguas subterráneas es imprescindible disponer de la correspondiente red de vigilancia, en la que, entre otros parámetros, se realice el control constante de la calidad química y microbiológica de las mismas.

La red de vigilancia se establece, para cada región, en base a un conjunto de manantiales, pozos y sondeos, ubicados en los acuíferos que se desea proteger, donde periódicamente se toman muestras del agua subterránea para su posterior análisis y estudio de su evolución.

El número de puntos de muestreo se determinará, en cada caso, en base a las características hidrogeológicas del terreno.

En el caso de los sondeos, para que el muestreo sea representativo, éste debe hacerse del agua bombeada, nunca de la contenida en el sondeo en reposo, ya que ésta podría no ser representativa.

Según el tipo de contaminación que afecte al acuífero variara la frecuencia de muestreo, así para estudiar la evolución general bastan dos muestras al año, para analizar la intrusión marina es conveniente al menos una muestra mensual, y en el caso de ciertas operaciones de inyección puede ser necesario una muestra diaria.

Los parámetros químicos que deben analizarse dependen del problema que se esté vigilando: en un acuífero que esté situado en una zona donde se usen fertilizantes en superficie, la medida de nitratos es imprescindible en zonas urbanizadas, además de los iones normales, es importante analizar los compuestos nitrogenados (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), el potasio, las trazas de detergentes y el contenido en microorganismos fecales; en zonas industrializadas debe realizarse al menos una vez al año un análisis de metales pesados lo más completo posible y en casos de intrusión marina basta medir conductividad y cloruros.

El diseño de las redes de vigilancia debe establecerse, en cada caso, teniendo en cuenta las características hidrogeológicas del acuífero, los focos o causas potenciales de contaminación y la ubicación de las captaciones.

Gestión de la calidad del agua

La protección de la calidad del agua subterránea puede plantearse a muy diversas escalas: protección de una captación, de una zona del acuífero, de un acuífero completo, de los acuíferos de una región hidrológica (cuenca hidrográfica o isla) y de las aguas subterráneas del conjunto del país.

Existe una variedad de métodos tecnológicos que han de encuadrarse en el marco adecuado para que su eficacia y oportunidad de aplicación sean óptimas.

Las normas legales deben establecer las herramientas para llevar a cabo las operaciones de protección necesarias, que siempre han de ser óptimas desde un punto de vista socioeconómico. Los ciudadanos, a través de las adecuadas campañas de concienciación, deben comprender la necesidad de proteger las aguas subterráneas y colaborar positivamente.

El Plan de protección de las aguas subterráneas que se establece a nivel de una cuenca hidrológica concreta es la herramienta de gestión más adecuada para proteger su calidad. Este Plan ha de encuadrarse en un Plan general de lucha contra la contaminación de las aguas continentales que a su vez debe integrarse en el Plan Hidrológico de la misma región. El Plan de protección de la calidad del agua subterránea ha de basarse por una parte en una normativa general aplicable a todas las aguas subterráneas del país y, por otra, en normas establecidas a nivel de cuenca hidrológica especialmente adecuadas a los usos y problemas específicos del agua subterránea en dicha cuenca.

El Plan de protección de la calidad debe comprender un conjunto de acciones claras y específicas que sean flexibles en función de distintos parámetros, estructuradas en el tiempo y en el espacio, y cuya puesta en práctica se realice a través de organismos autonómicos, provinciales y locales, cuyas responsabilidades y competencias estén perfectamente definidas. Un comité de seguimiento de los resultados del Plan debe velar por el cumplimiento de acciones y objetivos del mismo y conectar con el Plan general de protección de la calidad del agua y con el Plan Hidrológico.

En cualquier caso, e independientemente de la existencia de un Plan de protección de la calidad, debe existir un grupo de normativas generales de ámbito nacional, a aplicar por cada administración competente en la materia, y entre las cuales podrían contarse:

- Reglamento sobre terminación y acondicionamiento de sondeos de captación.
- Normativa sobre perímetros de protección de la calidad de los sondeos de abastecimiento.
- Reglamento sobre vertederos de residuos sólidos, urbanos e industriales.
- Reglamento sobre balsas de retención, evaporación, etc. de residuos o productos industriales líquidos o semilíquidos.
- Normativa sobre inyección de residuos en el subsuelo.

La contaminación de las aguas causada, en determinadas circunstancias, por la producción agraria, es un fenómeno cada vez más acusado en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

► Esta contaminación se manifiesta, especialmente, en un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, así como en la eutrofización de embalses, estuarios y aguas litorales.

El problema de la contaminación por nitratos está reconocido internacionalmente y está relacionado generalmente con las prácticas agrícolas intensivas. La Directiva del Consejo Europeo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, impone a los Estados Miembros de la Unión Europea el establecimiento de códigos de adecuadas prácticas agrícolas y la identificación de las áreas vulnerables. Estos códigos pretenden reducir el desequilibrio entre la aportación de fertilizantes y su captación por la vegetación y propugnan las siguientes medidas:

- Selección de cultivos que requieran menos nutrientes.
- Aplicación de fertilizantes en el momento adecuado (durante la estación de crecimiento), con lo que la eficacia de su aplicación aumentaría significativamente.
- Mejora de los métodos de aplicación de estiércol mediante la introducción directa del estiércol líquido en el suelo (lo que evita la volatilización del amoníaco).
- Mayor precisión en cuanto a la aplicación de fertilizantes y la determinación de la necesidad de los mismos por parte de los cultivos mediante la utilización de métodos de campo modernos para determinar la cantidad de nitrógeno disponible presente en el suelo.
- Minimizar las pérdidas por lixiviación procedentes de la tierra cultivable mediante la siembra de cultivos intermedios de invierno en otoño.
- Reducir la duración de la estación de pastoreo.
- El uso menos intensivo de prados y pastizales, disminuyendo, por ejemplo, la densidad del ganado.

Para paliar este problema y partiendo de las obligaciones establecidas en dicha Directiva y su transposición a la normativa española por el Real Decreto 261/1996, la Junta de Andalucía dispuso el Decreto 261/1998 mediante el cual se designaron seis zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en nuestra Comunidad.

Según lo establecido en el Real Decreto 261/1996, se consideran zonas vulnerables aquellas superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a las aguas superficiales, subterráneas o litorales ya contaminadas por aportación de nitratos de origen agrario o en riesgo de estarlo.

También se establece la obligación de elaborar, por parte de la autoridad competente, un código de buenas prácticas agrarias, que los agricultores podrán poner en práctica, de forma voluntaria, con la finalidad de reducir la contaminación producida por los nitratos de origen agrario, sea cual sea la zona en la que estén ubicados. Se establece, igualmente, la obligación de elaborar programas de actuación para las zonas vulnerables donde se recogen, con carácter obligatorio, una serie de medidas que tienen por objeto prevenir y reducir este tipo de contaminación, así como programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas.

En el Decreto 261/1996, como se ha mencionado anteriormente, se establece una relación de los términos municipales designados como zonas vulnerables agrupados en seis áreas, sobre cada una de las cuales se establecerá un Programa de Actuación. Estas áreas son:

- Valle del Guadalquivir (Sevilla).
- Valle del Guadalquivir (Córdoba y Jaén).
- Detrítico de Antequera.
- Vega de Granada.
- Litoral Atlántico.
- Litoral Mediterráneo.

5

*Efectos de los nitratos
sobre la salud*



5. Efectos de los nitratos sobre la salud



Está reconocido que un agua contaminada con nitratos empleada para la preparación de biberones es susceptible de hacer aparecer en los lactantes una cianosis debida a la formación de metahemoglobina. Esta intoxicación, provocada por la absorción de nitratos, es en realidad debida a los nitritos formados por reducción de aquellos bajo la influencia de una acción bacteriana. Los nitritos, al ser absorbidos pasan a la sangre combinándose con la hemoglobina, que es la encargada del transporte del oxígeno, dando lugar a la metahemoglobina, con menor capacidad de transporte. El poder de absorción del oxígeno por la sangre disminuye así progresivamente y se traduce en fenómenos de asfixia interna. Esta intoxicación no ocurre en niños de mayor edad ni en adultos, en los que al existir una acidez gástrica más elevada no se produce una proliferación bacteriana en los tramos altos del intestino, por lo que no ocurre esta reducción de nitratos a nitritos.

Los nitratos y nitritos son rápidamente absorbidos. Los nitratos se excretan rápidamente mientras que los nitritos, como se ha visto anteriormente, reaccionan con la hemoglobina para formar metahemoglobina, la cual en adultos es rápidamente convertida en oxihemoglobina por sistemas de reducción tal como la NADH-metahemoglobina reductasa. En el recién nacido, hasta aproximadamente los 3-5 meses, este sistema enzimático capaz de reducir la metahemoglobina a hemoglobina no está completamente desarrollado, por lo que son especialmente susceptibles a la inducción de metahemoglobinemia por nitratos y nitritos ingeridos con el agua y alimentos.

► **En resumen, el principal efecto tóxico relacionado con la ingestión de nitratos y nitritos es la metahemoglobinemia en los niños pequeños.**

El riesgo provocado por este efecto tóxico se basa en:

- La baja acidez en el estómago de los lactantes permite el crecimiento de ciertos microorganismos que contienen enzimas capaces de reducir los nitratos a nitritos.
- La hemoglobina fetal y los eritrocitos en los bebés son más susceptibles de transformarse en metahemoglobina por la acción de los nitritos.
- El sistema enzimático capaz de reducir la metahemoglobina a hemoglobina es deficiente en el niño pequeño.
- La ingestión de líquido en relación con el peso corporal del niño pequeño es mayor que en el adulto.

Sus síntomas clínicos son coloración azulada de la piel y sangre de color parduzco.

Por lo común e independientemente del grupo de edad, cuando las concentraciones en el agua potable son inferiores a 10 mg/l, la principal fuente de la ingesta total de nitratos serán las verduras. Cuando las concentraciones son superiores a 50 mg/l, el agua será la fuente principal.

La existencia de nitratos o nitritos en el agua de bebida puede, además de la metahemoglobinemia, determinar la producción de nitrosaminas por la reacción de los nitritos, ingeridos directamente o formados en la reducción de nitratos, con aminas secundarias-terciarias contenidas en los alimentos. Es conocido el poder carcinógeno de los nitroso-derivados para los animales de laboratorio.

El origen de las nitrosaminas en el organismo puede ser exógeno a partir de vegetales, alcohol, productos de síntesis, cigarrillos, etc., o endógeno por su formación *in vivo* a partir de aminas, esto es difícil, pues el paso de nitratos a nitritos necesita un pH superior a 5, mientras que la reacción de los nitritos sobre las aminas secundarias requeriría un pH menor de 3. Ciertas afecciones pueden, sin embargo, establecer condiciones favorables a la biosíntesis de las nitrosaminas.

Los compuestos N-nitrosos (formados por la reacción de nitritos con aminas o amidas) son carcinogénicos en muchas especies, la mayoría son mutagénicos y teratogénicos en los animales. Es muy probable que estos com-

puestos sean también carcinogénicos en el hombre, aunque no existe una evidencia epidemiológica o clínica. Por tanto, aunque se atribuye a la presencia de las nitrosaminas un papel importante en el aumento de ciertos cánceres, no se conoce la dosis mínima que origina su aparición. Sin embargo, es recomendable que la exposición a compuestos N-nitrosos y sus precursores (nitritos, aminas y amidas) sean tan bajas como sea posible.

Por otra parte, los nitritos ejercen sobre el sistema cardiovascular un efecto vasodilatador periférico.

La legislación actualmente vigente en España, es decir, el Real Decreto 1138/1990 por el que se aprueba la Reglamentación Técnica Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, establece un nivel guía de 25 mg/l y una concentración máxima admisible de 50 mg/l. Para los nitritos se establece exclusivamente una concentración máxima admisible de 0,1 mg/l. En la Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, que está actualmente en proceso de transposición a nuestro ordenamiento jurídico, se establecen unos valores paramétricos de 50 mg/l para los nitratos y de 0,50 mg/l para los nitritos, medidos en la red de distribución, debiendo cumplirse, además, la condición de que:

$[Nitrato]/50 + [Nitrito]/3 < 1$, donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato y el nitrito.



6

Vigilancia sanitaria



6. *Vigilancia sanitaria*

La Dirección General de Salud Pública y Participación de la Consejería de Salud tiene establecido un Programa de Vigilancia y Control de las Aguas de Consumo Público. Este Programa tiene entre sus objetivos, prevenir los factores ambientales de riesgo asociados a las aguas de consumo público, manteniendo y mejorando el nivel de la calidad sanitaria de las mismas, en base al conocimiento de la situación.

Este objetivo general se desglosa en otros de carácter específico:

- Asegurar la calidad sanitaria de las aguas de consumo público mediante la planificación y el establecimiento de adecuados mecanismos de vigilancia, control y prevención de riesgos.
- Controlar el grado de adecuación higiénico-sanitaria de los procesos e instalaciones implicados, a través de las correspondientes inspecciones.
- Colaborar con otros Organismos y entidades relacionadas con el abastecimiento y consumo de agua.

Para llevar a cabo este objetivo se establece la Red de Vigilancia de la Calidad Sanitaria de las Aguas de Consumo Público. Las actividades que se desarrollan dentro de la misma se basan en el control analítico correspondiente, tanto a las aguas suministradas por los abastecimientos conectados a redes públicas como en aquellos independientes de ésta, ya sean públicos o privados.

■ *Abastecimientos conectados*

Corresponde a las empresas proveedoras y/o distribuidoras de las aguas potables de consumo público, sean privadas o públicas, la ejecución material de las actividades de explotación, de los análisis y controles, así como la adopción de las medidas oportunas para que los resultados de las mismas sean de público conocimiento.

► **Los Ayuntamientos son los responsables de suministrar agua potable a sus respectivos municipios.**

La Administración Sanitaria tiene la responsabilidad pública de vigilar y controlar las actuaciones de las empresas abastecedoras, sean públicas o privadas.

■ ***Abastecimientos no conectados***

a) Establecimientos y urbanizaciones no conectadas. Aparte de la red pública de abastecimiento, existen otras de carácter particular, entre ellas cabe señalar las de urbanizaciones y establecimientos como ventas o bares de carretera. En ellos, los responsables de la calidad sanitaria del agua a distribuir son las comunidades de propietarios, en el caso de las urbanizaciones, y la sociedad económica o empresario, para los establecimientos de hostelería.

La Autoridad Sanitaria Andaluza realiza una vigilancia de la adecuación y calidad sanitaria de las instalaciones y agua servida, a través de inspecciones y controles analíticos respectivamente.

b) Fuentes no conectadas. Las fuentes de agua son la surgencia en superficie de acuíferos subterráneos. Sus aguas han sido usadas hasta nuestro siglo para abastecimiento de la población y del ganado, riego agrícola y diversas finalidades industriales. Hoy día son numerosas las fuentes usadas para riegos agrícolas y como abrevadero del ganado y más escasas las utilizadas para consumo directo de la población. El uso que de ellas se ha hecho durante generaciones las convierte en elementos culturales cotidianos, muchas personas siguen apreciando el agua de las fuentes por considerarla más “sana” y no clorada, y su localización en el centro de los pueblos las hace punto de encuentro de los vecinos. Además, parte de la vida económica de algunos municipios de nuestra Comunidad está centrada en la explotación de fuentes con características especiales, por ejemplo: Lanjarón, Marmolejo, etc...

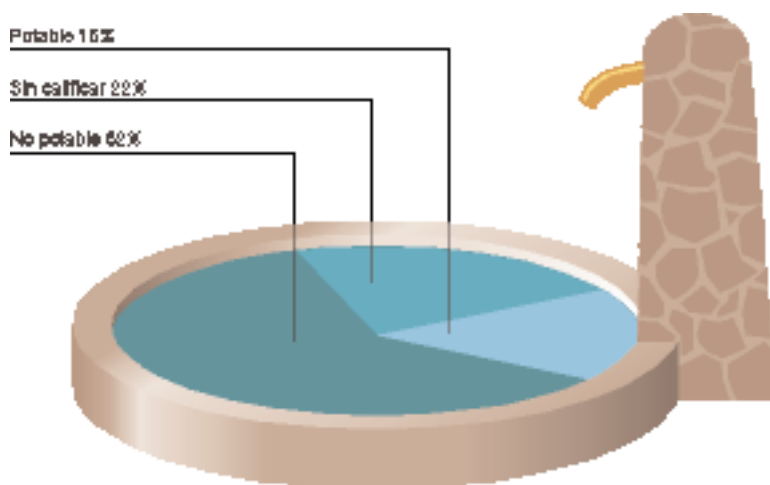
► **Sin embargo, el uso de las fuentes puede conllevar riesgos para la salud, debido a su desconexión de cualquier red de distribución pública.**

En un porcentaje elevado las fuentes de nuestra Comunidad Autónoma presentan algún tipo de contaminante, los más frecuentes son: nitratos y nitritos cuya presencia en el agua indica habitualmente el aporte de nitrógeno orgánico y la posibilidad de una contaminación procedente de los productos fertilizantes y desinfectantes aplicados sobre los cultivos, y los microbiológicos (coliformes totales y fecales, estreptococos fecales...) procedentes de la descomposición de residuos orgánicos (basuras y heces principalmente).

Por ello, hay que resaltar la importancia que reviste la función de vigilancia en la protección de la calidad de las aguas subterráneas. A través de la correcta toma de muestras de agua representativas en puntos estratégicos, se garantiza que la calidad del agua es aceptable, puesto que los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos así lo atestiguan. En el caso de las fuentes y pozos se vigila el cumplimiento de los valores paramétricos establecidos en la R.T.S. haciendo especial hincapié en la presencia de nitratos, se realiza la calificación sanitaria de dicha fuente o pozo, así como que, por parte del Ayuntamiento, se proceda a rotular correctamente a la misma, en concordancia con la calificación sanitaria obtenida en base a la analítica efectuada (POTABLE, NO POTABLE O NO CONTROLADA SANITARIAMENTE). Con la rotulación se pretende que el ciudadano esté informado sobre las condiciones higiénico-sanitarias del agua y que tome la decisión sobre su uso de manera responsable. Desgraciadamente, no todo el mundo comprende la finalidad de las rotulaciones, considerándolas como una injerencia en su vida cotidiana, y destruye los rótulos colocados.



Calificación sanitaria de las fuentes de Andalucía. 1999



Fuente: Consejería de Salud. D.G. Salud Pública y Participación.

En 1999, se tenían censadas en nuestra Comunidad 1.751 fuentes. Tan solo un 16,2% de las mismas fueron calificadas como potables.

Por encontrarse ubicadas en zonas especialmente sensibles a la contaminación por nitratos a un 57,6% de las fuentes censadas se les realizaron análisis de este parámetro, resultando un 30,1% de las fuentes a las que se les realizó esta analítica, contaminadas por nitratos.

7

*La situación en Europa.
Medidas legislativas*



7. La situación en Europa. Medidas legislativas

La actual problemática de sobreexplotación y contaminación de las aguas continentales por compuestos nitrogenados en Andalucía, no es un hecho específico de esta Comunidad, al contrario es un fiel reflejo de la situación ya no sólo en España sino a nivel europeo. Así, y según el informe “**Medio Ambiente en Europa**” de la Agencia Europea de Medio Ambiente:

- En aproximadamente el 60% de los núcleos industriales y urbanos de Europa hay acuíferos sobreexplotados.
- Alrededor de 140 millones de habitantes de las principales ciudades se abastecen con agua tomada de fuentes sobreexplotadas, lo que obliga en ocasiones a restringir el suministro.
- Aproximadamente el 6% del área de los acuíferos apropiados para el consumo sufre sobreexplotación, y la proporción va en aumento.
- La calidad de las aguas subterráneas a nivel europeo, está amenazada por las elevadas concentraciones de nitratos causadas por el uso excesivo de abonos naturales y fertilizantes artificiales en suelos agrícolas.
- Cálculos sobre la lixiviación de nitratos a partir de suelos agrícolas, indican que el 87% y el 22% de la superficie agrícola de Europa presentan en las aguas niveles de nitratos superiores a los valores establecidos por la Unión Europea como objetivo (25 mg de NO_3/l) y por la norma sobre agua de consumo público (50 mg de NO_3/l), respectivamente.
- En los últimos años, los niveles de nitratos han aumentado en casi todos los ríos europeos.
- Los vertidos excesivos de materia orgánica generada por actividades humanas a las masas de aguas continentales, provocan alteraciones indeseables e irreversibles para el consumo humano. En general, los niveles máximos de materia orgánica se dan en los ríos del centro y sur de Europa, coincidiendo con zonas de mayor densidad de población y deficiencias en el tratamiento de las aguas residuales, o en su caso ausencia de tratamiento de las mismas.

- Las concentraciones de nitratos esperadas en las aguas subterráneas de diversas zonas de Europa donde se practica una agricultura intensiva resultaron ser superiores a los niveles máximos establecidos como directriz para proteger a los niños de la metahemoglobinemia, una enfermedad grave que pone en peligro la vida.
- La intensificación de la actividad agraria europea y la especialización y la concentración de la ganadería en zonas específicas, están produciendo el excesivo enriquecimiento de las aguas subterráneas y superficiales en nutrientes, nitrógeno y fósforo, lo cual contribuye a problemas como el de la eutrofización.

Europa en su conjunto no padece de escasez de agua dulce, entendiendo como tal la cantidad total de agua en ríos y acuíferos, pero existe un desequilibrio regional entre la oferta y la demanda. La escorrentía, que puede servir de fuente continua de suministro, es menor que la media de los últimos años. Paulatinamente se incrementan los problemas de sobreexplotación, con especial atención en España, Italia y Grecia. La degradación de la calidad limita la disponibilidad de agua para el consumo. Su mala calidad impide incluso su utilización para fines distintos al consumo humano.

Los niveles y las tendencias de la contaminación del agua en Europa son en general poco alentadores. Así, en algunos países hasta el 10% de la población puede estar expuesto a concentraciones de nitratos superiores a 50 mg/l en el agua de bebida. No obstante, en varios países, la legislación y los programas de acción encaminados a reducir la liberación de contaminantes, han frenado la contaminación en los últimos años y han mejorado la calidad de las aguas superficiales.

Ante la situación descrita, es necesario equilibrar el uso del agua con los recursos disponibles a largo plazo. Los recursos son renovables, pero limitados, y previsiblemente la escasez aumentará.

Las tendencias de la contaminación están reduciendo el uso potencial del agua, mientras que la demanda total va en aumento. Evidentemente estas tendencias no son sostenibles, y exigen marcar unas estrategias y acciones para mejorar la situación de los recursos del agua dulce y adaptar la política sobre materia hídrica, de forma que se garantice la estabilidad.

Así, la Comisión de las Comunidades Europeas, aprueba la **Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas**, para la protección de las aguas superficiales y sub-

terráneas de la Comunidad Europea de acuerdo con un planteamiento común y con unos objetivos, principios y medidas básicas también comunes, en el que se abordan aspectos cualitativos y cuantitativos. La Directiva está concebida para prevenir una mayor degradación y proteger y mejorar la calidad y la cantidad de los ecosistemas acuáticos.

Los cuatro objetivos principales de una política globalizada de aguas son:

1. El suministro de agua potable.
2. El suministro de agua para otras necesidades económicas.
3. La protección del medio ambiente.
4. La atenuación de los aspectos adversos de inundaciones y sequías.

Estos objetivos no son siempre compatibles entre sí, pero la Comisión llega a la conclusión de que el principal objetivo de la Directiva Marco sobre aguas, ha de ser la protección del medio ambiente, pero que ésta también aporta una significativa contribución a los dos primeros objetivos al proteger los recursos naturales.

Descendiendo del marco común de aguas hasta la contaminación específica de las mismas por nitratos, a nivel comunitario se considera que el contenido de nitratos de las aguas está aumentando con carácter general, y que éste es elevado con relación a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y en particular de las aguas destinadas al consumo humano.

Asimismo se incide en que, en consecuencia, es necesario reducir la contaminación de las aguas provocada por los nitratos procedentes de las fuentes agrarias para proteger la **salud humana** así como los ecosistemas acuáticos, por lo tanto aunque la agricultura comunitaria necesite fertilizantes nitrogenados y abonos animales, el uso excesivo de ambos es un riesgo para el medio ambiente. Para paliar la situación es necesario desarrollar actuaciones e iniciativas comunes para controlar los problemas ocasionados por la ganadería intensiva y además en los planteamientos de la política agraria debe tenerse más en cuenta la política medioambiental.

Con estos antecedentes, valorando que hay zonas que vierten en aguas vulnerables a la contaminación producida por compuestos nitrogenados que requieren una protección especial y que hay situaciones hidrogeológicas en las que pueden transcurrir muchos años antes de que las medidas de protección individualizadas produzcan una mejora de la calidad de las aguas, se aprobó la **Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de**

diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, cuyo objetivo es reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario y actuar preventivamente contra nuevas contaminaciones de dicha clase. Esta Directiva se transpone a la legislación española en el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero.

Respecto a la calidad de las aguas para el consumo humano, en 1998 el Consejo de la Unión Europea adopta la **Directiva 98/83/CE, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano**, al objeto de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza, considerando en su planteamiento la importancia de la calidad del agua de consumo público para la salud y la necesidad de adoptar medidas para todos los parámetros que afectan directamente a la salud, entre los que se incluyen nitratos, fijando para este parámetro una concentración de 50 mg/l.



anexos

- I.
Normativa de aplicación
- II.
*Real Decreto 261/1996,
de 16 de febrero*
- III.
*Decreto 261/1998,
de 15 de diciembre*
- IV.
*Bibliografía consultada
para este manual*

Anexo I.

Normativa de aplicación

Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Decreto 261/1998, de 15 de diciembre, por el que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Resolución de la Dirección General de la Producción Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca, de 12 de diciembre de 1997. Mediante esta Resolución se establece y hace público el Código de Buenas Prácticas Agrarias.

Anexo II.

Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero

Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. (BOE 61/1996, de 11 de marzo).

La contaminación de las aguas causada, en determinadas circunstancias, por la producción agrícola intensiva es un fenómeno cada vez más acusado que se manifiesta, especialmente, en un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, así como a la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales.

De hecho, entre las fuentes difusas que contribuyen a la contaminación de las aguas, la más importante actualmente es la aplicación excesiva o inadecuada de los fertilizantes nitrogenados en la agricultura.

Para paliar este problema, la Directiva 91/676/CEE, de 12 diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola, impone a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación por nitratos de esta procedencia, cuyas concentraciones deberán ser vigiladas en una serie de estaciones de muestreo. Por otra parte, establece criterios para designar como zonas vulnerables, aquellas superficies territoriales cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos. Una vez determinadas tales zonas, se deberán realizar y poner en funcionamiento programas de actuación, coordinados con técnicas agrícolas, con la finalidad de eliminar o minimizar los efectos de los nitratos sobre las aguas. Por último, la Directiva establece la obligación de emitir periódicamente informes de situación sobre este tipo de contaminación.

Asimismo, el Reglamento (CEE) 2078/92, del Consejo, de 30 de junio, ha establecido las normas sobre los métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural. Para aplicar las medidas contenidas en el mismo se han dictado los Reales Decretos 51/1995, de 20 de enero, por el que se establece un régimen de medidas horizontales para fomentar dichos métodos; 632/1995, de 21 de abril, por el que se establece un régimen de medidas a aplicar en las zonas de influencia de los parques nacionales y de otras zonas sensibles de especial protección, para fomentar el empleo de dichos métodos, y 928/1995, de 9 de junio, por el que se establece un régimen de fomento del uso, en determinados humedales, de dichos métodos.

Mediante el presente Real Decreto se incorpora a nuestro ordenamiento la Directiva 91/676/CEE, de conformidad con las competencias atribuidas al Estado por el artículo 149.1.13.^ª, 22.^ª y 23.^ª de la Constitución, en materia de planificación general de la economía, de legislación sobre recursos hidráulicos cuando las aguas discurren por más de una Comunidad Autónoma y de legislación básica sobre protección del medio ambiente, respectivamente.

En la elaboración del presente Real Decreto se ha consultado a las Comunidades Autónomas y a los sectores afectados.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, y de Agricultura, Pesca y Alimentación, de acuerdo con el Consejo de Estado, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 16 de febrero de 1996,

DISPONGO

ARTÍCULO 1. OBJETO.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas, continentales y litorales, causada por los nitratos de origen agrario.

ARTÍCULO 2. DEFINICIONES.

A los efectos de este Real Decreto se entiende por:

- a) Compuesto nitrogenado: cualquier sustancia que contenga nitrógeno, excepto el nitrógeno molecular gaseoso.
- b) Ganado: todos los animales criados con fines de aprovechamiento o lucrativos.
- c) Fertilizante: cualquier sustancia que contenga uno o varios compuestos nitrogenados y se aplique sobre el terreno para aumentar el crecimiento de la vegetación, incluidos el estiércol, el compost, los residuos de las piscifactorías y los lodos de depuradora.
- d) Fertilizante químico: cualquier fertilizante fabricado mediante un proceso industrial.
- e) Estiércol: los excrementos y residuos excretados por el ganado, solos o mezclados, aunque se hubieran transformado.
- f) Aplicación sobre el terreno: la incorporación de sustancias al suelo, extendiéndolas sobre la superficie, inyectándolas, introduciéndolas bajo la superficie o mezclándolas con las capas superficiales del suelo.
- g) Eutrofización: el aumento de la concentración de compuestos de nitrógeno que provoca un crecimiento acelerado de las algas o las plantas acuáticas superiores, causando trastornos negativos en el equilibrio de las poblaciones biológicas presentes en el medio acuático y en la propia calidad del agua.

ARTÍCULO 3. AGUAS AFECTADAS POR LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS.

1. El Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, en el caso de aguas continentales de cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma, y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en el resto de los casos, determinarán las masas de agua que se encuentran afectadas por la contaminación, o en riesgo de estarlo, por aportación de nitratos de origen agrario.

2. Dicha determinación se efectuará sobre aquellas masas de agua que se encuentren en las circunstancias que se indican a continuación:

- a) Aguas superficiales que presenten, o puedan llegar a presentar si no se actúa de conformidad con lo establecido en el artículo 6 de la presente disposición, una concentración de nitratos superior a los límites fijados en el anexo número 1 del reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, aprobado por Real Decreto 927/1988, modificado por el Real Decreto 1541/1994, de 8 de julio.
- b) Aguas subterráneas cuya concentración de nitratos sea superior a 50 mg/l o pueda llegar a superar este límite si no se actúa de conformidad con el artículo 6.
- c) Embalses, lagos naturales, charcas, estuarios y aguas litorales que se encuentren en estado eutrófico o puedan eutrofizarse en un futuro próximo si no se actúa de conformidad al artículo 6.

3. Al valorar las situaciones indicadas en el apartado anterior también deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Características limnológicas de los ecosistemas acuáticos y factores ambientales de las cuencas alimentadoras y, en especial, las emisiones puntuales de nitrógeno, tales como vertidos de aguas residuales y su contribución al contenido de nitratos en las aguas.
- b) Conocimiento científico actual sobre el comportamiento de los compuestos nitrogenados en los medios acuático, atmosférico, edáfico y litológico.

c) Conocimientos actuales sobre las posibles repercusiones de las medidas previstas en el artículo 6 de este Real Decreto.

4. Cuando la determinación de las aguas afectadas por la contaminación haya sido llevada a cabo por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, éste lo pondrá en conocimiento de los órganos competentes de las Comunidades Autónomas territorialmente afectadas, a efectos de la declaración de zonas vulnerables y la consiguiente elaboración de los programas de actuación, de acuerdo con lo establecido en los artículos 4 y 6.

ARTÍCULO 4. ZONAS VULNERABLES.

1. En el plazo de seis meses a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas designarán como zonas vulnerables en sus respectivos ámbitos, aquellas superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a la contaminación por nitratos de las aguas contempladas en el artículo anterior.

2. Las zonas designadas como vulnerables deberán ser examinadas y, en su caso, modificadas o ampliadas por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en un plazo adecuado y como mínimo cada cuatro años, a fin de tener en cuenta los cambios o factores que no hubiesen sido previstos en el momento de su designación.

3. En el plazo de cinco meses a partir de la designación, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas pondrán en conocimiento de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente la relación de las zonas vulnerables designadas, para su comunicación a la Comisión Europea. Asimismo, en idéntico plazo y con los mismos efectos, comunicarán, en su caso, las zonas modificadas o ampliadas.

4. Cuando las aguas indicadas en el artículo anterior estén afectadas por la contaminación por nitratos de origen agrario procedente de otro Estado miembro, el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, previa notificación efectuada, en su caso, por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, lo pondrá en conocimiento de dicho Estado y de la Comisión Europea, a través del cauce correspondiente, a fin de facilitar la actuación concertada entre los Estados miembros afectados y, en su caso, con la Comisión Europea, para determinar las fuentes causantes de la contaminación y las medidas que deban tomarse para proteger las aguas afectadas.

ARTÍCULO 5. CÓDIGOS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS.

1. Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas elaborarán, de acuerdo con las determinaciones que se especifican en el anejo 1 y en plazo máximo de seis meses desde la entrada en vigor del presente Real Decreto, uno o varios códigos de buenas prácticas agrarias, que los agricultores podrán poner en práctica de forma voluntaria, con la finalidad de reducir la contaminación producida por los nitratos de origen agrario. Asimismo, si lo estiman conveniente, podrán elaborar programas de fomento de la puesta en práctica de los códigos de buenas prácticas agrarias, que incluirán la formación e información a los agricultores.

2. Las Comunidades Autónomas remitirán los códigos de buenas prácticas agrarias que hayan elaborado al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a los efectos de su comunicación a la Comisión Europea, a través del cauce correspondiente.

ARTÍCULO 6. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN.

1. En las zonas designadas como vulnerables, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas establecerán programas de actuación con objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario. Estos programas de actuación serán elaborados en el plazo de dos años a partir de la designación inicial de zonas vulnerables, o de un año a partir de cada ampliación o modificación complementaria, y se llevarán a la práctica durante los cuatro años siguientes a su elaboración.

2. Se podrán establecer programas de actuación diferentes para distintas zonas vulnerables o partes de éstas, cuando esta solución sea más apropiada.

3. Los programas de actuación habrán de tener en cuenta la información científica de que se disponga, en especial, en lo que se refiere a las aportaciones de nitrógeno de origen agrario o de otras fuentes, así como las condiciones medioambientales existentes o previsibles en las zonas afectadas.

4. Los programas de actuación se revisarán, al menos, cada cuatro años, y se modificarán, si fuera necesario, para incluir en ellos aquellas medidas adicionales que se consideren oportunas a la vista del grado de cumplimiento que, con respecto a la finalidad enunciada en el artículo 1 de este Real Decreto, se haya alcanzado mediante la aplicación de las medidas indicadas en el anejo 2. Para adoptar estas medidas adicionales se tendrá en cuenta su eficacia y su coste en comparación con otras posibles medidas de prevención.

5. Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas aportarán el contenido de los programas de actuación en el procedimiento de elaboración de los planes hidrológicos de cuenca, de conformidad con lo establecido en los artículos 95 y 100.3 del Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica.

6. Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas enviarán a la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda los programas de actuación elaborados o modificados, a efectos de su comunicación a la Comisión Europea, a través del cauce correspondiente.

ARTÍCULO 7. MEDIDAS A INCORPORAR EN LOS PROGRAMAS DE ACTUACIÓN.

1. Los programas de actuación deberán contener con carácter obligatorio, al menos, las medidas que se indican en el anejo 2.

Asimismo, los programas de actuación incluirán las medidas incorporadas en los códigos de buenas prácticas agrarias elaborados por las respectivas Comunidades Autónomas.

2. Las medidas indicadas en el apartado anterior deberán evitar que la cantidad de estiércol aplicada al terreno cada año, incluyendo la de los propios animales existentes en cada explotación o unidad ganadera, exceda de las cantidades específicas por hectárea establecidas en el anejo 3 de esta disposición.

Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas informarán a la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda sobre la forma en que estén aplicando lo establecido en este apartado, a efectos de su comunicación a la Comisión Europea, a través del cauce correspondiente.

ARTÍCULO 8. PROGRAMAS DE MUESTREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.

1. A fin de modificar, en su caso, la relación de zonas vulnerables designadas, así como para comprobar la eficacia de los programas de actuación elaborados, los organismos de cuenca y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, realizarán programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas, con las siguientes especificaciones:

a) En el plazo de dos años a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto se controlará la concentración de nitratos en las aguas continentales durante un año:

1.º En las estaciones de muestreo de las redes de vigilancia de los organismos de cuenca o de los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, según los casos, al menos, una vez al mes, y con mayor frecuencia durante los meses de crecida.

2.º En las estaciones de muestreo que sean representativas de los acuíferos subterráneos, a intervalos regulares y teniendo en cuenta lo establecido en el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

b) Los controles establecidos en el apartado anterior se repetirán cada cuatro años. No obstante, se suprimirán los controles en las estaciones de muestreo en las que la con-

centración de nitratos de todas las muestras anteriores hubiere sido inferior a 25 mg/l y cuando no hubieren aparecido nuevos factores que pudiesen propiciar un aumento del contenido de nitratos. En tal caso, bastará con repetir el programa de seguimiento cada ocho años.

c) Cada cuatro años se revisará el estado de eutrofia de los embalses, lagos naturales, charcas, estuarios y aguas litorales.

2. La medición de los nitratos se hará según los métodos de referencia fijados en el anejo 4.

3. La Administración General del Estado y los órganos competentes de las Comunidades Autónomas se intercambiarán los datos obtenidos como consecuencia del resultado de los programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas que hayan realizado, como todo de colaboración en el ejercicio de las competencias que corresponden a cada una de ellas, de acuerdo con lo establecido en este Real Decreto.

ARTÍCULO 9. INFORME DE SITUACIÓN.

Los Ministerios de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y de Agricultura, Pesca y Alimentación elaborarán cada cuatro años un informe de situación. Este informe será comunicado a la Comisión Europea a través del cauce correspondiente, dentro de los seis meses siguientes al final del período al que se refiera y deberá contener los extremos que se señalan en el anejo 5, que serán previamente notificados por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas a la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda cuando se corresponda con actuaciones llevadas a cabo en el ejercicio de sus competencias.

Dicho informe se pondrá en conocimiento de los órganos competentes de las Comunidades Autónomas.

DISPOSICIÓN FINAL PRIMERA. FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL Y CARÁCTER BÁSICO.

El presente Real Decreto tiene el carácter de legislación básica en materia de planificación general de la economía y sobre protección del medio ambiente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 149.1.13.^ª y 23.^ª de la Constitución, y se dicta, además, de conformidad con la competencia atribuida al Estado por el artículo 149.1.22.^ª en materia de legislación sobre recursos hidráulicos cuando las aguas discurran por más de una Comunidad Autónoma.

DISPOSICIÓN FINAL SEGUNDA. AUTORIZACIÓN DE DESARROLLO.

Se autoriza a los Ministros de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y de Agricultura, Pesca y Alimentación para dictar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las disposiciones necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto y, en particular, para adaptar la presente disposición a las modificaciones que, en su caso, sean introducidas por la Comisión Europea en los anejos de la Directiva 91/676/CEE, para adaptarlos al progreso científico y técnico.

DISPOSICIÓN FINAL TERCERA. ENTRADA EN VIGOR.

Este Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Madrid a 16 de febrero de 1996. Juan Carlos R.

Alfredo Pérez Rubalcaba.
El Ministro de la Presidencia.

ANEJO 1

Códigos de buenas prácticas agrarias.

A) El código, o los códigos, de buenas prácticas agrarias deberán contener, al menos, disposiciones que contemplen las siguientes determinaciones, en la medida en que sean pertinentes:

1. Los períodos en que no es conveniente la aplicación de fertilizantes a las tierras.
2. La aplicación de fertilizantes a tierras en terrenos inclinados y escarpados.
3. La aplicación de fertilizantes a tierra en terrenos hidromorfos, inundados, helados o cubiertos de nieve.
4. Las condiciones de aplicación de fertilizantes a tierras cercanas a cursos de aguas.
5. La capacidad y el diseño de los tanques de almacenamiento de estiércol, las medidas para evitar la contaminación del agua por escorrentía y filtración en aguas superficiales o subterráneas de líquidos que contengan estiércol y residuos procedentes de productos vegetales almacenados como el forraje ensilado.
6. Los procedimientos para la aplicación a las tierras de fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes en las aguas a un nivel aceptable, considerando tanto la periodicidad como la uniformidad de la aplicación.

B) Además de lo indicado en el apartado A) anterior, el código, o los códigos de buenas prácticas agrarias también podrán incluir las siguientes cuestiones, con carácter complementario:

1. La gestión del uso de la tierra con referencia a los sistemas de rotación de cultivos y a la proporción de la superficie de tierras dedicadas a cultivos permanentes en relación con cultivos anuales.
2. El mantenimiento durante períodos lluviosos de un manto mínimo de vegetación que absorba el nitrógeno del suelo que, de lo contrario, podría causar fenómenos de contaminación del agua por nitratos.
3. La utilización, como alternativa, de cultivos con alta demanda de nitrógeno y con sistemas radicales potentes, capaces de aprovechar los nitratos que hayan sido arrastrados a capas profundas.
4. El establecimiento de planes de fertilización acordes con la situación particular de cada explotación y la consignación en registro del uso de fertilizantes.
5. La prevención de la contaminación del agua por escorrentía y la filtración del agua por debajo de los sistemas radiculares de los cultivos en los sistemas de riego.

ANEJO 2

Medidas a incorporar en los programas de actuación.

a) Determinación de los períodos en los que esté prohibida la aplicación al terreno de determinados tipos de fertilizantes.

b) Determinación de la capacidad necesaria de los tanques de almacenamiento de estiércol, que deberá ser superior a la requerida para almacenamiento de este abono a lo largo del período más largo durante el cual esté prohibida la aplicación del mismo a la zona vulnerable. Esta medida no será necesaria cuando pueda demostrarse a las autoridades competentes que toda cantidad de estiércol que exceda de la capacidad real de almacenamiento será eliminada de forma que no cause daños al medio ambiente.

c) Limitación de la aplicación de fertilizantes al terreno, de tal manera que ésta sea compatible con prácticas agrarias adecuadas y que tenga en cuenta las características de la zona vulnerable considerada y, en particular, los siguientes factores: el estado del suelo, tipo de suelo y pendiente; las condiciones climáticas de la zona y necesidades de riego; los usos de la tierra y prácticas agrarias, incluidos los sistemas de rotación de cultivos.

Esta limitación deberá basarse en un equilibrio entre la cantidad previsible de nitrógeno que en su momento precisen los cultivos y la cantidad de nitrógeno que éstos vayan a tener disponible. Esta disponibilidad de nitrógeno se compone de las siguientes fracciones:

1. Cantidad de nitrógeno presente en el suelo en el momento en que los cultivos comienzan a demandar un elevado consumo de nitrógeno.
2. Suministro de nitrógeno a través de la mineralización neta de las reservas de nitrógeno orgánico del suelo.
3. Aportes de compuestos nitrogenados de excrementos animales.
4. Aportes de compuestos nitrogenados procedentes de fertilizantes químicos y otros productos, así como de las propias aguas utilizadas para el riego.

ANEJO 3

Cantidades máximas de estiércol aplicadas al terreno.

1. La cantidad específica por hectárea será la cantidad de estiércol que contenga 170 kg/año de nitrógeno. No obstante, durante los primeros programas de actuación cuatrienal se podrá permitir una cantidad de estiércol que contenga hasta 210 kg/año de nitrógeno. Estas cantidades podrán ser calculadas basándose en el número de animales de la explotación agraria.

2. Asimismo, durante, y una vez transcurrido, el primer programa de actuación cuatrienal, los órganos competentes de las Comunidades Autónomas podrán establecer cantidades distintas a las mencionadas anteriormente. Dichas cantidades deberán establecerse de forma que no perjudiquen el cumplimiento de los objetivos especificados en el artículo 1 y deberán justificarse con arreglo a criterios objetivos tales como:

Ciclos de crecimiento largos.

Cultivos con elevada captación de nitrógeno.

Alta precipitación neta en la zona vulnerable.

Suelos con capacidad de pérdida de nitrógeno excepcionalmente elevada.

ANEJO 4

Métodos de medición de referencia.

1. Fertilizantes químicos: la medición de los compuestos nitrogenados se efectuará con arreglo a lo dispuesto en la Orden de 18 de julio de 1989, por la que se aprueba el método oficial de la toma de muestras de fertilizantes y por la Orden de 18 de julio de 1989, por la que se aprueban los métodos de análisis de fertilizantes.

2. Aguas continentales, costeras y marinas: la concentración de nitratos se medirá, en mg/l NO_3 por espectrofotometría de absorción molecular.

ANEJO 5

Contenido que deberá figurar en el informe de situación a que se hace referencia en el artículo 9.

1. Declaración de medidas preventivas adoptadas de conformidad con los códigos de buenas prácticas agrarias que se elaboren.

2. Mapa que refleje las aguas afectadas por la contaminación por nitratos, señalando las circunstancias que se han aplicado entre las expuestas en el apartado 2 del artículo 3 de este Real Decreto.

3. Localización de las zonas designadas como vulnerables, distinguiendo entre las zonas ya existentes y las que hayan sido designadas, en su caso, con posterioridad al anterior informe de situación.

4. Resumen del resultado del seguimiento efectuado en las estaciones de muestreo, de conformidad con el artículo 8, en el que deben constar los motivos que han inducido a la designación de cada zona vulnerable o, en su caso, a su modificación o ampliación.

5. Resumen de los programas de actuación elaborados de conformidad con el artículo 6 de la presente disposición y, en especial, de:

Las medidas impuestas de conformidad con lo establecido en los anejos 2 y 3 del presente Real Decreto y, en su caso, en los códigos de buenas prácticas agrarias, así como las medidas adicionales indicadas en el segundo párrafo del apartado 1 del artículo 7.

La información a que se hace referencia en el segundo párrafo del apartado 2 del artículo 7 del presente Real Decreto.

6. Resumen de los programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas indicados en el artículo 8.

7. Hipótesis, grado de certidumbre y plazos en los que se presume se producirán resultados beneficiosos para las aguas contaminadas por nitratos, como consecuencia de los programas de actuación.

Anexo III.

Decreto 261/1998, de 15 de diciembre

Decreto 261/1998, de 15 de diciembre, por el que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Andalucía. (BOJA 5/1999, de 12 de enero).

La Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, impone a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación por nitratos de esta procedencia. Igualmente, establece criterios para designar como zonas vulnerables aquellas superficies cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos. Posteriormente, se promulga por el Ministerio de la Presidencia el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias para adaptar dicha normativa a nuestro ordenamiento jurídico.

En el artículo 3 del mismo se establece la obligación del hoy Ministerio de Medio Ambiente en el caso de aguas continentales de cuencas hidrográficas intercomunitarias y de las Comunidades Autónomas en el resto de los casos, de determinar las masas de agua que se encuentran afectadas por la contaminación, o el riesgo de estarlo, por aportación de nitratos de origen agrario.

Por otra parte, en el artículo 4 se establece igualmente que los órganos competentes de las Comunidades Autónomas designarán como zonas vulnerables aquellas superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a las masas de agua antes referidas.

En cumplimiento del artículo 3, el Ministerio de Medio Ambiente ha remitido a la Junta de Andalucía comunicación de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas por la que se determinan las masas de agua afectadas de su competencia, declarando como tales, aguas continentales de las cuencas hidrográficas del Guadalquivir y del Sur. Por el contrario, no se han declarado como afectadas, aguas superficiales ni subterráneas en la cuenca hidrográfica del Guadiana pertenecientes al territorio andaluz. Asimismo, no se han declarado por parte de la Junta de Andalucía masas de agua litorales o de estuario afectadas, o en riesgo de estarlo, de acuerdo con los datos existentes.

Mediante el presente Decreto, de acuerdo con lo establecido en el artículo 15.1.7 del Estatuto de Autonomía para Andalucía en relación con el artículo 149.1.13 de la Constitución española, se da cumplimiento al citado artículo 4 del Real Decreto 261/1996, de acuerdo con la determinación previa de las masas de aguas superficiales y subterráneas afectadas realizada por el Ministerio de Medio Ambiente. Asimismo, el Código de Buenas Prácticas Agrarias ha sido elaborado y hecho público por la Consejería de Agricultura y Pesca mediante Resolución de 12 de diciembre de 1997, del Director General de Producción Agraria, en cumplimiento del artículo 5 del citado Real Decreto 261/1996.

Por otro lado, el artículo 8 de la citada norma obliga a los Organismos de Cuenca y a los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, a realizar programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas con el fin de tener datos suficientes para modificar, en su caso, la relación de zonas vulnerables, así como a comprobar la eficacia de los programas de actuación elaborados. Dentro de estos programas se incluirán todas las zonas vulnerables.

En su virtud, a propuesta de las Consejerías de Medio Ambiente y Agricultura y Pesca, oídas las entidades públicas y privadas afectadas, y previa deliberación del Consejo de Gobierno en su reunión de 15 de diciembre de 1998,

DISPONGO

ARTÍCULO 1. ZONAS VULNERABLES.

1. Se designan zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, los términos municipales que se relacionan en el Anexo, en cumplimiento del artículo 4 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

ARTÍCULO 2. ZONAS DEL PROGRAMA DE MUESTREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.

1. Se incluyen en el programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas, que es obligatorio realizar según el artículo 8 del Real Decreto 261/1996, las aguas continentales de los términos municipales designados zonas vulnerables.
2. El programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas se elaborará y realizará por el Organismo de Cuenca conjuntamente con la Consejería de Medio Ambiente y la Consejería de Agricultura y Pesca, con las especificaciones y plazos que fija el artículo 8 del Real Decreto 261/1996, salvo el plazo previsto en la letra a) de su apartado 1, que será de seis meses desde la entrada en vigor del presente Decreto.

ARTÍCULO 3. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN Y CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS.

Teniendo en cuenta lo dispuesto en los artículos 5, 6 y 7 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, en las Zonas declaradas Vulnerables, las medidas contenidas en el Código de Buenas Prácticas Agrarias, hecho público mediante Resolución de la Dirección General de la Producción Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca, de 12 de diciembre de 1997, serán de obligado cumplimiento una vez se aprueben y hagan públicos los correspondientes programas de actuación de dichas zonas con objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario, los cuales incluirán las medidas contenidas en dicho Código.

Para el establecimiento de los programas de actuación previstos en el artículo 6 del Real Decreto 261/1996, los términos municipales designados zonas vulnerables en el Anexo de este Decreto se agruparán en las seis áreas siguientes, sobre cada una de las cuales se establecerá un Programa de Actuación:

1. Valle del Guadalquivir (Sevilla).
2. Valle del Guadalquivir (Córdoba y Jaén).
3. Detrítico de Antequera.
4. Vega de Granada.
5. Litoral Atlántico.
6. Litoral Mediterráneo.

ARTÍCULO 4. COMISIÓN.

1. Se crea la Comisión para la aplicación y seguimiento de lo dispuesto en la normativa sobre contaminación producida por los nitratos de origen agrario, Comisión que dependerá de la Consejería de Medio Ambiente.
2. La Comisión estará integrada por:
 - El Director de Protección Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente, que actuará como Presidente.
 - El Director General de Producción Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca.
 - Dos representantes de la Consejería de Medio Ambiente, uno de los cuales actuará como Secretario.
 - Dos representantes de la Consejería de Agricultura y Pesca.
 - Un representante de la Consejería de Salud.
 - Un representante de la Consejería de Obras Públicas y Transportes.

3. La Comisión elaborará y aprobará su Reglamento de Régimen Interior. Se regirá, en cuanto a su funcionamiento, por las normas contenidas en el Capítulo II, Título II, de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y por el Reglamento de Régimen Interior.
4. La Comisión podrá requerir la colaboración como asesor de cualquier otro organismo o persona que estime oportuno.
5. Corresponde al Presidente de la Comisión:
 - Acordar la convocatoria de las reuniones y fijar el orden del día, teniendo en cuenta, en su caso, las peticiones de los demás miembros formuladas con la suficiente antelación.
 - Ejercer cuantas otras funciones sean inherentes a su condición de Presidente y reguladas en el Reglamento de Régimen Interior de la Comisión.
6. Serán funciones de la Comisión las siguientes:
 - El examen y la propuesta de modificación y/o la ampliación de las zonas vulnerables.
 - La elaboración de la propuesta de aprobación de los Programas de Actuación, así como sus revisiones y modificaciones.
 - La elaboración de la información que ha de suministrarse al Estado en cumplimiento del artículo 9 del Real Decreto 261/1996.
7. La Comisión, para el desempeño de las citadas funciones, se estructurará en Comisiones de Trabajo.

DISPOSICIÓN ADICIONAL ÚNICA. CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN.

1. La Comisión se constituirá dentro de los quince días siguientes a la fecha de entrada en vigor del presente Decreto.
2. La Comisión aprobará su Reglamento de Régimen Interior en el plazo de un mes desde su constitución.

DISPOSICIÓN FINAL PRIMERA. AUTORIZACIÓN DE DESARROLLO Y EJECUCIÓN.

Se faculta a los Consejeros de Medio Ambiente y Agricultura y Pesca para dictar cuantas disposiciones sean necesarias para el desarrollo y ejecución de lo establecido en el presente Decreto.

DISPOSICIÓN FINAL SEGUNDA. ENTRADA EN VIGOR.

El presente Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

Sevilla, 15 de diciembre de 1998 Manuel Chaves González.
Presidente de la Junta de Andalucía.

Gaspar Zarrías Arévalo.
Consejero de la Presidencia.

ANEXO

Zonas vulnerables

| PROVINCIA | CODINE | MUNICIPIO | LÍMITES |
|-----------|--------|-----------|---------|
|-----------|--------|-----------|---------|

VALLE DEL GUADALQUIVIR (SEVILLA)

| | | | |
|---------|-------|------------------------------|--|
| Sevilla | 41004 | Alcalá de Guadaira | |
| Sevilla | 41005 | Alcalá del Río | |
| Sevilla | 41006 | Alcolea del Río | |
| Sevilla | 41007 | Algaba (La) | |
| Sevilla | 41018 | Brenes | |
| Sevilla | 41019 | Burguillos | |
| Sevilla | 41023 | Cantillana | |
| Sevilla | 41024 | Carmona | |
| Sevilla | 41034 | Coria del Río | |
| Sevilla | 41038 | Dos Hermanas | |
| Sevilla | 41039 | Écija | |
| Sevilla | 41055 | Lora del Río | |
| Sevilla | 41056 | Luisiana (La) | |
| Sevilla | 41058 | Mairena del Alcor | |
| Sevilla | 41063 | Molares (Los) | |
| Sevilla | 41069 | Palacios y Villafranca (Los) | |
| Sevilla | 41074 | Peñaflor | |
| Sevilla | 41081 | Rinconada (La) | |
| Sevilla | 41091 | Sevilla (capital) | |
| Sevilla | 41092 | Tocina | |
| Sevilla | 41095 | Utrera | |
| Sevilla | 41099 | Villanueva del Río | |
| Sevilla | 41101 | Villaverde del Río | |
| Sevilla | 41102 | Viso del Alcor (El) | |
| Sevilla | 41901 | Cañada Rosal | |

VALLE DEL GUADALQUIVIR (CÓRDOBA Y JAÉN)

| | | | |
|---------|-------|------------------------|-----------------------|
| Córdoba | 14005 | Almodóvar del Río | |
| Córdoba | 14017 | Carlota (La) | |
| Córdoba | 14021 | Córdoba (capital) | |
| Córdoba | 14030 | Fuente Palmera | |
| Córdoba | 14033 | Guadalcazar | |
| Córdoba | 14036 | Hornachuelos | Bajo la cota de 200 m |
| Córdoba | 14049 | Palma del Río | |
| Córdoba | 14053 | Posadas | |
| Jaén | 23005 | Andújar | Bajo la cota de 300 m |
| Jaén | 23059 | Marmolejo | Bajo la cota de 300 m |
| Jaén | 23096 | Villanueva de la Reina | Bajo la cota de 300 m |

DETRÍTICO DE ANTEQUERA

| | | | |
|---------|-------|------------------------|-----------------------|
| Málaga | 29015 | Antequera | Bajo la cota de 500 m |
| Málaga | 29055 | Fuente de Piedra | |
| Málaga | 29059 | Humilladero | |
| Málaga | 29072 | Mollina | |
| Málaga | 29088 | Sierra de Yeguas | |
| Sevilla | 41082 | Roda de Andalucía (La) | |

| PROVINCIA | CODINE | MUNICIPIO | LÍMITES |
|-----------|--------|-----------|---------|
|-----------|--------|-----------|---------|

VEGA DE GRANADA

| | | |
|---------|-------|----------------------|
| Granada | 18003 | Albolote |
| Granada | 18021 | Armillá |
| Granada | 18022 | Atarfe |
| Granada | 18048 | Cijuela |
| Granada | 18057 | Cúllar-Vega |
| Granada | 18059 | Chauchina |
| Granada | 18062 | Churriana de la Vega |
| Granada | 18079 | Fuente Vaqueros |
| Granada | 18087 | Granada (capital) |
| Granada | 18100 | Huétor-Tájar |
| Granada | 18111 | Jun |
| Granada | 18115 | Láchar |
| Granada | 18127 | Maracena |
| Granada | 18138 | Moraleda de Zafayona |
| Granada | 18145 | Ogijares |
| Granada | 18153 | Peligros |
| Granada | 18158 | Pinos-Puente |
| Granada | 18165 | Pulianas |
| Granada | 18175 | Santa Fe |
| Granada | 18188 | Villanueva Mesía |
| Granada | 18192 | Zafarraya |
| Granada | 18911 | Vegas del Genil |

LITORAL ATLÁNTICO

| | | |
|-------|-------|----------------------------|
| Cádiz | 11014 | Conil de la Frontera |
| Cádiz | 11016 | Chipiona |
| Cádiz | 11027 | Puerto de Santa María (El) |
| Cádiz | 11030 | Rota |
| Cádiz | 11032 | Sanlúcar de Barrameda |
| Cádiz | 11039 | Vejer de la Frontera |

LITORAL MEDITERRÁNEO

| | | |
|---------|-------|--------------------|
| Almería | 4003 | Adra |
| Almería | 4013 | Almería (capital) |
| Almería | 4024 | Benahadux |
| Almería | 4047 | Gádor |
| Almería | 4052 | Huércal de Almería |
| Almería | 4074 | Pechina |
| Almería | 4078 | Rioja |
| Almería | 4079 | Roquetas de Mar |
| Almería | 4101 | Viator |
| Almería | 4102 | Vícar |
| Almería | 4902 | Ejido (El) |
| Almería | 4903 | Mojonera (La) |
| Granada | 18017 | Almuñécar |
| Granada | 18093 | Gualchos |
| Granada | 18109 | Jete |
| Granada | 18124 | Lújar |
| Granada | 18140 | Motril |
| Granada | 18173 | Salobreña |
| Málaga | 29005 | Algarrobo |
| Málaga | 29038 | Cártama |
| Málaga | 29067 | Málaga (capital) |
| Málaga | 29094 | Vélez-Málaga |

Anexo IV.

Bibliografía consultada para este manual

- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA. 1999. *Código de Buenas Prácticas Agrarias*. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- GALLEGO QUEVEDO, M.T.; MONTES GÓMEZ, J.E. 1996. Agua y Salud. *Manual para Manipuladores de Alimentos*. Consejería de Salud. Junta de Andalucía, Sevilla.
- GOZALBES BOJA, J.A. 1994. *Las Aguas Potables en Andalucía. Recursos Hídricos, Tratamientos y Control Sanitario*. Consejería de Salud. Junta de Andalucía. Sevilla.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. 1989. *Notas de divulgación relativas a la protección de la calidad de las aguas subterráneas en los abastecimientos urbanos*. ITGE. Madrid.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. 1998. *Atlas Hidrogeológico de Andalucía*. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía.
- LÓPEZ VERA, FERNANDO. 1990. *Contaminación de las Aguas Subterráneas*. MOPU. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 1998. *Libro Blanco del Agua en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1995. *Guías para la calidad del agua potable. Vol.1. Recomendaciones*. OMS. Ginebra.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1997. *La Protección de las Captaciones*. OMS.
- PÉREZ LÓPEZ, J.A.; ESPIGARES GARCÍA, M. 1995. *Estudio Sanitario del Agua*. Universidad de Granada. Granada.
- RODIER, J. 1981. *Análisis de las Aguas*. Ediciones Omega. Barcelona.
- SANCHIS MOLL, E.J. 1991. *Estudio de la Contaminación por Nitratos de las Aguas Subterráneas de la provincia de Valencia, Origen, Balance y Evolución Espacial y Temporal*. Diputación Provincial de Valencia. Valencia.
- STANNERS, D.; BOURDEAU, P. (Edit). 1998. *Medio Ambiente en Europa, El Informe Dobris*. Agencia Europea de Medio Ambiente. Madrid.