

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.