

• **DEPURACIÓN DE AGUAS**

1.1 INTRODUCCIÓN

Nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era el drenaje, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las calles significaba que junto con el agua de las escorrentías viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa, primero, excavaciones subterráneas privadas y, más tarde, letrinas. Cuando éstas estaban llenas, unos obreros vaciaban el lugar en nombre del propietario. El contenido de los pozos negros se empleaba como fertilizante en las granjas cercanas o era vertido en los cursos de agua o en tierras no explotadas.

Unos siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette entre 159 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres. Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. A pesar de que existían reservas respecto a éstos por el desperdicio de recursos que suponían, por los riesgos para la salud que planteaban y por su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones públicas se adoptó primero la técnica del filtro de goteo (véase más abajo). Durante la segunda década del siglo, el proceso del lodo activado, desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

1.2. TRANSPORTE DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas. Los sistemas que transportan tanto agua de lluvia como aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas. Al ir creciendo las ciudades e imponerse el tratamiento de las aguas residuales, las de origen doméstico fueron separadas de las de los desagües de lluvia por medio de

una red separada de tuberías. Esto resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía. Permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora y evita la contaminación originada por escape o desbordamiento que se produce cuando el conducto no es lo bastante grande para transportar el flujo combinado. Para reducir costes, algunas ciudades, por ejemplo Chicago, han hallado otra solución al problema del desbordamiento: en lugar de construir una red separada, se han construido, sobre todo bajo tierra, grandes depósitos para almacenar el exceso de flujo, después se bombea el agua al sistema cuando deja de estar saturado.

Las instalaciones domésticas suelen conectarse mediante tuberías de arcilla, hierro fundido o PVC de entre 8 y 10 cm de diámetro. El tendido de alcantarillado, con tuberías maestras de mayor diámetro, puede estar situado a lo largo de la calle a unos 1,8 m o más de profundidad. Los tubos más pequeños suelen ser de arcilla, hormigón o cemento, y los mayores, de cemento reforzado con o sin revestimiento. A diferencia de lo que ocurre en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado más por efecto de la gravedad que por el de la presión. Es necesario que la tubería esté inclinada para permitir un flujo de una velocidad de al menos 0,46 m por segundo, ya que a velocidades más bajas la materia sólida tiende a depositarse. Los desagües principales para el agua de lluvia son similares a los del alcantarillado, salvo que su diámetro es mucho mayor. En algunos casos, como en el de los sifones y las tuberías de las estaciones de bombeo, el agua circula a presión.

Las canalizaciones urbanas acostumbran a desaguar en interceptadores, que pueden unirse para formar una línea de enlace que termina en la planta depuradora de aguas residuales. Los interceptadores y los tendidos de enlace, contruidos por lo general de ladrillo o cemento reforzado, miden en ocasiones hasta 6 m de anchura.

1.3. NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

• ORIGEN Y CANTIDAD

Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga. Una acería, por ejemplo, puede descargar entre 5.700 y 151.000 litros por tonelada de acero fabricado. Si se practica el reciclado, se necesita menos agua.

La infiltración se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Esto no es deseable, ya que impone una mayor carga de trabajo al tendido general y a la planta depuradora. La cantidad de agua de lluvia que habrá que drenar dependerá de la pluviosidad así como de las escorrentías o rendimiento de la cuenca de drenaje.

Un área metropolitana estándar vierte un volumen de aguas residuales entre el 60 y el 80% de sus requerimientos diarios totales, y el resto se usa para lavar coches y regar jardines, así como en procesos como el enlatado y embotellado de alimentos.

3. COMPOSICIÓN

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de

oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO5 y DQO. La DBO5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO5 del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas; y entre 6,5 y 8,0, el pH puede variar.

No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dado según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos. Este valor acostumbra a expresarse en términos de DBO5. Para la determinación del PE se emplea un valor medio de 0,077 kg, en 5 días, a 20 °C de DBO por persona y día. El equivalente de población de un matadero, por ejemplo, oscilará entre 5 y 25 PE por animal.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

• **DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Los procesos empleados en las plantas depuradoras municipales suelen clasificarse como parte del tratamiento primario, secundario o terciario.

Las aguas residuales contienen residuos procedentes de las ciudades y fábricas. Es necesario tratarlos antes de enterrarlos o devolverlos a los sistemas hídricos locales. En una depuradora, los residuos atraviesan una serie de cedazos, cámaras y procesos químicos para reducir su volumen y toxicidad. Las tres fases del tratamiento son la primaria, la secundaria y la terciaria. En la primaria, se elimina un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. En la secundaria se trata de reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. La terciaria es necesaria cuando el agua va a ser reutilizada; elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté tan libre de impurezas como sea posible.

3.1. TRATAMIENTO PRIMARIO

Las aguas residuales que entran en una depuradora contienen materiales que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales, y se queman

o se entierran tras ser recogidos manual o mecánicamente. El agua residual pasa a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior procesamiento y eliminación.

3.1.1. Cámara de arena

En el pasado, se usaban tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban diseñadas de modo que permitieran que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositaran en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continuaban su recorrido. Hoy en día las más usadas son las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, provistos de brazos mecánicos encargados de raspar. Se elimina el residuo mineral y se vierte en vertederos sanitarios. La acumulación de estos residuos puede ir de los 0,08 a los 0,23 m³ por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.

3.1.2. Sedimentación

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO₅ y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y precipitan. La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

3.1.3. Flotación

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm². El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

3.1.4. Digestión

La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 por ciento.

3.1.5. Dsecación

El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la dsecación. El secado al aire requiere un clima

seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

4.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas.

4.2.1. Filtro de goteo

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la DBO5.

4.2.2. Fango activado

Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas *floc*, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El *floc* absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento.

Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

4.2.3. Estanque de estabilización o laguna

Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO5 de un 75 a un 85 por ciento.

4.2.4. TRATAMIENTO AVANZADO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento *terciario* como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente

eliminando los contaminantes recalcitrantes. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO5 en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema. Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización.

4.2.5. TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS.

INTRODUCCIÓN

La reutilización de efluentes es un componente intrínseco del ciclo natural del agua. Mediante el vertido de efluentes a los cursos de agua y su dilución con el caudal circulante, las aguas residuales han venido siendo reutilizadas incidentalmente en puntos aguas abajo para aprovechamientos urbanos, agrícolas e industriales. La reutilización directa o planificada de agua residual a gran escala tiene un origen más reciente y supone el aprovechamiento directo de efluentes, con un mayor o menor grado de tratamiento previo, mediante su transporte hasta el punto de aprovechamiento a través de un conducto específico, sin mediar para ello la existencia de un vertido o una dilución en un curso natural de agua.

El notable desarrollo alcanzado por la reutilización directa de agua residual tratada, especialmente en países con recursos hidráulicos suficientes, se ha debido a la necesidad tanto de ampliar sus abastecimientos de agua como de resolver sus vertidos de agua residual. El incremento registrado por las dotaciones de agua de abastecimiento, junto con el aumento de población experimentado por numerosas zonas urbanas, han hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales sean insuficientes para atender las demandas actuales. Las distancias crecientes entre las nuevas fuentes de abastecimiento y los núcleos urbanos, las limitaciones ambientales para construir nuevos embalses y las sequías plurianuales han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas residuales tratadas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable. Por otra parte, las crecientes exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las aguas continentales y marinas, junto con los requisitos de ubicación y los niveles de tratamiento cada vez más estrictos impuestos a los vertidos de aguas residuales, han hecho que el agua residual tratada se convierta en una fuente alternativa de abastecimiento, económica y segura desde el punto sanitario y ambiental.

El objetivo de esta comunicación es analizar el papel que la reutilización planificada de efluentes tiene dentro de una gestión integral de los recursos hidráulicos, especialmente en zonas costeras españolas, caracterizadas por déficits estacionales o permanentes de agua. Los objetivos específicos de esta comunicación son: 1) describir el marco conceptual de la reutilización planificada, 2) analizar los beneficios y las exigencias de la reutilización planificada, 3) describir el proceso de planificación de un proyecto de reutilización planificada, 4) examinar los sistemas de tratamiento comúnmente utilizados para la regeneración de efluentes, 5) presentar las normas y criterios de calidad internacionales para el riego agrícola y de jardinería y 5) analizar el interés de la reutilización del agua en zonas costeras españolas, indicando el valor aproximado de sus costes de construcción, explotación y mantenimiento.

LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

El proceso de tratamiento necesario para que un agua residual pueda ser reutilizada se denomina generalmente regeneración y el resultado de dicho proceso agua regenerada. De acuerdo con su significado etimológico, la regeneración de un agua consiste en devolverle, parcial o totalmente, el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada, de igual manera que la regeneración de suelos y la regeneración de playas tratan de restaurar el estado y la forma que éstos tenían en el pasado.

La implantación de un proyecto de regeneración de agua tiene dos requisitos esenciales y complementarios: 1) definir los niveles de calidad adecuados para cada uno de los posibles usos que se piense dar al agua y 2) establecer los procesos de tratamiento y los límites de calidad del efluente recomendados para cada uno de los usos previstos. La elaboración y aprobación de estos dos aspectos técnicos de la regeneración de agua constituyen generalmente la faceta más discutida de todo programa de reutilización, debido a la dificultad de establecer una relación causal entre la calidad del agua y los efectos sobre la salud y el medio ambiente. Prueba de ello son la diversidad y heterogeneidad de criterios y normas de calidad establecidas por diversos países y organizaciones internacionales sobre la reutilización de agua residual (USEPA, 1992; OMS, 1989).

El aprovechamiento de un agua regenerada requiere normalmente: 1) su transporte desde la planta de regeneración hasta el lugar de utilización, 2) su almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta con los caudales consumidos y 3) la definición de unas normas de utilización del agua que permitan minimizar los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada. Estos tres elementos técnicos suelen formar parte integral de un programa de reutilización planificada de agua residual.

BENEFICIOS DE LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

El balance hidráulico de una zona geográfica se obtiene como diferencia entre el aporte anual de agua, constituido por las precipitaciones y las aportaciones de los ríos, acuíferos y transvases de otras cuencas, y las pérdidas anuales de agua, o pérdidas irreversibles, cuyo destino es la atmósfera o el mar. Cualquier actuación destinada a conservar agua que consiga reducir esas pérdidas irreversibles ha de mejorar la disponibilidad de agua para su aprovechamiento a lo largo del año. Por este motivo, la regeneración y reutilización de agua residual únicamente resultará en un incremento real de los recursos hidráulicos aprovechables en una zona si esas aguas residuales se pierden actualmente de forma irreversible, mediante su vertido en el mar desde una población costera o a través de la evapotranspiración en zonas del interior. No obstante, la regeneración y reutilización de agua residual en zonas del interior puede permitir en cualquier caso una gestión más adecuada de los recursos hidráulicos disponibles.

La reutilización planificada de agua residual puede tener múltiples beneficios, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Una disminución de los costes de tratamiento y de vertido del agua residual. La reutilización de un agua residual ofrecerá una clara ventaja económica cuando las exigencias de calidad de la alternativa de reutilización considerada sean menos restrictivas que las definidas por los objetivos de calidad del medio receptor en el que normalmente se venía realizando el vertido de ese agua residual.
- Una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, en particular cuando la reutilización se efectúa mediante riego agrícola, de jardinería o forestal. La reutilización de agua residual mediante riego permite que las sustancias orgánicas difíciles de mineralizar puedan ser degradadas biológicamente durante su infiltración a través del terreno de cultivo, donde sus componentes minerales serán posteriormente asimilados por las plantas.

- El aplazamiento, la reducción o incluso la supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento, con la consiguiente reducción que ello representa tanto de los efectos desfavorables sobre los cursos naturales de agua como de los costes de abastecimiento de agua.
- Un ahorro energético, al evitar la necesidad de aportes adicionales de agua desde zonas más alejadas a la que se encuentra la planta de regeneración de agua.
- Un aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua, especialmente cuando el agua regenerada se utiliza para riego agrícola y de jardinería.
- Una mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible. El flujo de agua residual es generalmente mucho más fiable que el de la mayoría de los cauces naturales de agua.

EXIGENCIAS DE LA REUTILIZACIÓN PLANIFICADA

Uno de los factores determinantes de la implantación y desarrollo de la reutilización planificada de agua residual es el establecimiento de unas normas de calidad del agua para cada uno de los posibles tipos de aprovechamientos que se contemplen. Entre la gran variedad de sustancias que se incorporan a un agua durante su utilización urbana, industrial o agrícola, cabe mencionar las sales disueltas, los elementos nutritivos, los microorganismos patógenos, las sustancias inorgánicas tóxicas y bioacumulables y los microcontaminantes orgánicos.

Con objeto de obtener un agua regenerada de la mejor calidad posible, un criterio generalmente adoptado es recurrir a efluentes de carácter urbano, como primera alternativa, dejando los efluentes de tipo industrial sólo para casos excepcionales. Siguiendo este mismo criterio, la reutilización suele plantearse preferentemente con los caudales de aguas brutas que tienen una mayor componente de agua doméstica.

Para asegurar que a la planta de regeneración no llegan contaminantes imprevistos que puedan perjudicar o impedir el proyecto de reutilización, es esencial establecer un riguroso programa de control de vertidos, que incluya desde una ordenanza de vertido hasta un programa de educación ciudadana, todo ello con el fin de evitar la incorporación a la red de saneamiento de compuestos indeseables tanto para la integridad de la propia red de alcantarillado como para el proceso de tratamiento o el proyecto de reutilización.

El transporte de agua regenerada desde la planta de tratamiento hasta el punto de reutilización es una exigencia de cualquier proyecto de reutilización. Esto requiere con frecuencia la construcción de un emisario terrestre y de una doble red de distribución, especialmente cuando se trata de reutilización en zonas urbanas. Por motivos económicos, la implantación de una doble red de distribución suele realizarse de forma progresiva, empezando por los grupos de usuarios con mayor consumo total de agua y extendiéndola después a otras zonas de desarrollo urbano posterior o con menores consumos de agua.

Las normas de utilización del agua regenerada son un componente esencial de cualquier estrategia de protección de la calidad ambiental y de la salud pública. En general, cuanto menores son las restricciones impuestas al uso del agua, referidas al posible contacto con personas, animales o productos comestibles, mayor es el nivel de calidad exigido al agua regenerada. De este modo, mientras que la utilización de agua regenerada para riego de jardinería por aspersión en zonas de uso público suele exigir una filtración y una desinfección del efluente secundario, el riego agrícola mediante emisores enterrados puede realizarse con agua residual sometida únicamente a un tratamiento mecánico destinado a evitar la obturación frecuente de los orificios de salida del agua.

Las autoridades sanitarias dedican especial atención a la definición de las normas de utilización del agua regenerada, tales como: 1) la señalización mediante carteles bien visibles en los que se

indique el tipo de agua utilizada, 2) la adopción normalizada del color morado para las conducciones y dispositivos de control, 3) la instalación de dispositivos anti-retorno, 4) las inspecciones de las conexiones a la red de agua regenerada, 5) la exigencia de determinados horarios de riego y de tipos de aspersores, 6) la prohibición de instalar grifos exteriores y 7) la utilización de tamaños de conducción y de bocas de conexión de mangueras diferentes a los utilizados para las aguas de abastecimiento público. A este respecto, la aparición progresiva de contadores en el punto de conexión domiciliaria constituye una indicación clara del objetivo esencial de estos sistemas de distribución: la optimización del aprovechamiento del agua, en lugar de su evacuación y vertido mediante riego.

FIABILIDAD DEL PROCESO DE REGENERACIÓN

Un aspecto característico de los proyectos de regeneración de agua es la necesidad de asegurar una fiabilidad notable del proceso de tratamiento y una gestión adecuada del sistema de reutilización del agua. La circunstancia de que la reutilización de agua residual suele plantearse en muchos casos como la única fuente alternativa de agua para el aprovechamiento considerado, sin la protección que la dilución con agua de mejor calidad pueda ofrecer, pero, sobre todo, el hecho de que la reutilización de un agua suele conllevar en muchos casos la posibilidad de un contacto directo con personas, animales o plantas, que pueden verse afectados en su salud o desarrollo, hacen que la fiabilidad de las plantas de regeneración de agua residual deba ser elevada y constituya un elemento esencial tanto de su concepción como de su explotación y mantenimiento.

La fiabilidad de los procesos de tratamiento pasa así a constituir un elemento esencial de la concepción y explotación del sistema de reutilización, con prioridad sobre el rendimiento y eficacia de los propios procesos, que han de satisfacer los límites de calidad establecidos para el efluente. Entre las exigencias relativas a la fiabilidad del proceso de regeneración cabe destacar la instalación de controles continuos de determinados parámetros, la instalación de alarmas y automatismos, la disponibilidad de piezas de recambio, la duplicidad de equipos y procesos, la existencia de equipos de entrada en funcionamiento automático en caso de avería, la existencia de volúmenes de reserva de reactivos, especialmente de desinfectante, y la instalación de equipos autogeneradores o la duplicidad de suministros de energía eléctrica.

Para evitar que la utilización de un agua inadecuadamente regenerada pueda provocar un riesgo ambiental y sanitario inaceptable, las normas de regeneración suelen exigir la instalación de lagunas de almacenamiento, donde desviar el efluente inadecuadamente tratado hasta que sea procesado posteriormente, o de un sistema alternativo de vertido.

En definitiva, la regeneración de agua residual se concibe actualmente como un proceso destinado a obtener un producto de calidad. La elaboración y la comercialización de este producto deben plantearse en un marco más amplio que el tradicional de lucha contra la contaminación, y con una nueva mentalidad en la concepción y explotación de los procesos de regeneración diferente a la adoptada generalmente en el tratamiento de agua residual, cuyo su resultado final suele considerarse un residuo líquido o sólido. Esta nueva forma de plantear la regeneración de agua residual ha hecho que la reutilización planificada de agua residual pase a ser un elemento esencial de la gestión integral de los recursos hidráulicos.

PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE REUTILIZACIÓN

La planificación y el análisis adecuados de cualquier proyecto de reutilización de agua permiten asegurar que no lleguen a rechazarse proyectos dignos de ser llevados a la práctica, y que los proyectos que se adopten lleguen a satisfacer los objetivos para los que fueron propuestos. El estudio publicado por Asano y Mills (1990) constituye una síntesis autorizada y reciente sobre este

tema, donde se resume la experiencia adquirida durante más de diez años sobre la planificación y el análisis técnico, económico y financiero de los proyectos de reutilización de agua realizados en California. La discusión que aparece a continuación está basada en dicho estudio.

Uno de los conceptos erróneos que con más frecuencia se presentan a la hora de planificar un proyecto de reutilización de agua es el de considerar que el agua regenerada es una fuente alternativa de agua barata. En general, esta hipótesis sólo suele ser correcta cuando las instalaciones de regeneración están situadas en las proximidades de las zonas donde se piensa utilizar el agua y no es necesario realizar ningún tratamiento adicional del efluente disponible. En caso contrario, el coste del sistema de distribución del agua regenerada suele constituir la partida principal del presupuesto del proyecto de reutilización.

Una condición esencial para la planificación adecuada de cualquier proyecto de reutilización es una definición clara de los objetivos que se persiguen. Uno de los principales aspectos a definir desde el primer momento es el alcance del proyecto de reutilización: si tiene un único objetivo prioritario o si se plantea con varios objetivos igualmente prioritarios. En general, los proyectos de reutilización de agua residual se plantean como un medio de lucha contra la contaminación o como un medio de obtener un suministro alternativo de agua. Teniendo en cuenta que la mayoría de los servicios de obras públicas tienen competencias en un solo aspecto del ciclo del agua, la planificación de la mayoría de los proyectos de reutilización suele plantearse con un único objetivo.

En el momento actual, sin embargo, esta concepción tradicional de los proyectos de reutilización, como actuaciones con un único objetivo, está cambiando debido a dos circunstancias concretas: 1) las normas de calidad de los efluentes de agua residual son cada vez más restrictivas y 2) los recursos naturales de agua son cada vez más insuficientes para atender las crecientes demandas de agua. Esta nueva concepción de los proyectos de reutilización, como actuaciones destinadas a satisfacer varios objetivos simultáneamente, ofrece a los planificadores posibilidades adicionales de gestión tales como compartir la responsabilidad y los costes del proyecto, y conseguir un equilibrio óptimo de los beneficios. Este nuevo énfasis en la necesidad de establecer proyectos destinados a satisfacer varios objetivos simultáneamente evidencia lo anticuado que resultan los proyectos establecidos por un único servicio de la administración y bajo un único programa de financiación, por lo que ello puede significar de actuación ineficaz ante las demandas cada vez más complejas de una sociedad preocupada por la calidad ambiental.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la planificación de los proyectos de reutilización de agua es la definición de su zona de influencia. El enfoque tradicional suele consistir en asociar la zona de influencia del proyecto con la zona de competencia del patrocinador del proyecto. En principio, la zona de estudio debería incluir toda el área que pueda beneficiarse de la regeneración y la reutilización del efluente de una determinada planta de tratamiento de agua residual.

La planificación de un proyecto de reutilización de agua consta básicamente de las siguientes etapas:

- Realizar un estudio de mercado que permita definir la posible demanda de agua residual y las condiciones a cumplir para satisfacer dicho mercado.
- Evaluar las instalaciones existentes de abastecimiento de agua y de tratamiento de agua residual, con objeto de establecer alternativas preliminares para atender a una parte o al total de dicho mercado, satisfaciendo sus exigencias técnicas y de calidad del agua.
- Identificar las instalaciones requeridas por las alternativas técnicas que no impliquen la reutilización de agua, tales como plantas de tratamiento con un vertido del efluente en cursos naturales de agua o de embalses de agua de abastecimiento, a fin de disponer de puntos de

referencia con los que poder comparar las opciones de regeneración y de reutilización de agua residual.

- Realizar una primera selección de las alternativas de regeneración de agua, a fin de establecer sus exigencias técnicas, económicas, financieras, de venta del agua regenerada y de cualquier otro tipo, tales como las relativas a la protección sanitaria.

Si un estudio preliminar de viabilidad como el indicado pone de manifiesto que la regeneración y la reutilización de agua residual son factibles y deseables, es posible continuar con la fase posterior de planificación detallada del proyecto, en la que se desarrollen las alternativas detalladas de las instalaciones, llegando así a establecer la propuesta final de las instalaciones que deberán construirse.

Una de las principales tareas de la planificación de un proyecto de regeneración de agua residual es identificar los posibles usuarios que desean y saben como utilizar el agua regenerada. Por otra parte, un proyecto destinado prioritariamente al suministro de agua puede explotarse de forma mucho más flexible si se dispone de un método alternativo para poder verter el caudal de agua que no pueda ser reutilizada en un momento determinado. Entre otras ventajas, esta flexibilidad permite comercializar el agua en régimen de utilización voluntaria por parte de los usuarios. La ejecución de un proyecto de suministro de agua regenerada en régimen de utilización voluntaria exige previamente un conocimiento profundo de la situación del abastecimiento de agua y, especialmente, de la forma en que el agua proveniente de fuentes convencionales compite en calidad, coste y conveniencia con el agua regenerada.

Aunque los factores técnicos, ambientales y sociales son aspectos importantes en la planificación de un proyecto de reutilización de agua, los aspectos económicos suelen ser determinantes a la hora de decidir la puesta en práctica de un proyecto. Los análisis presupuestarios pueden dividirse en dos grandes grupos: análisis económicos y análisis financieros. Aunque ambos términos pueden parecer similares, la distinción entre ambos tipos de análisis tiene una importancia crítica. El objetivo de un análisis económico es establecer las bases sobre las que justificar la viabilidad de un proyecto en términos económicos. Una vez determinada la conveniencia económica de un proyecto, el análisis financiero permite establecer su viabilidad económica.

El patrocinador de un proyecto de regeneración y de reutilización de agua no es el único agente de interés en un análisis financiero. Los futuros usuarios del agua regenerada constituyen así mismo interlocutores de gran importancia. El usuario confía normalmente que el coste del agua regenerada sea inferior al que habría de pagar por un agua proveniente de fuentes de abastecimiento convencionales. Además, un usuario de agua regenerada habrá de sufragar los costes de las modificaciones necesarias para adecuar sus conducciones, o instalar una doble red de distribución, a fin de poder utilizar el agua residual regenerada.

Teniendo en cuenta que la venta de agua residual regenerada puede reducir los beneficios de la venta de agua de abastecimiento, será necesario evaluar los efectos que el proyecto propuesto pueda tener sobre los proveedores de agua de abastecimiento y sobre los precios del agua proveniente de fuentes convencionales. Puede ocurrir que parte de los beneficios de la venta de agua residual regenerada deban destinarse a sufragar las pérdidas de beneficios de los proveedores de agua. Por otra parte, si la disponibilidad de agua regenerada evita el desarrollo y la construcción de nuevas fuentes de abastecimiento de agua mucho más costosas, parecería lógico destinar una parte de los beneficios y de los ahorros conseguidos por los proveedores de agua de abastecimiento a sufragar los costes de los proyectos de regeneración de agua residual.

Los resultados del estudio de planificación deberán reflejarse en un informe final en el que se definan las instalaciones necesarias para la regeneración y reutilización del agua residual. La

Tabla 1 contiene un guión de los aspectos más importantes a tener en cuenta en dicho informe. Aunque no todos los aspectos indicados en la Tabla 1 deben ser analizados en profundidad, sí que es necesario que sean tenidos en cuenta. El grado de detalle deberá ser proporcionado al tamaño y a la complejidad del proyecto propuesto. Aunque el énfasis relativo a los aspectos asociados con el suministro de agua residual o con el de agua de abastecimiento dependerán en gran modo de que el proyecto abarque sólo el primero o ambos de esos objetivos, cualquier iniciativa de regeneración y reutilización de agua residual requiere la consideración de ambos aspectos.

Una vez aprobada la propuesta de realización de un proyecto de regeneración y reutilización de agua residual, debe procederse lógicamente a la redacción de los proyectos constructivos de las instalaciones. No obstante, es igualmente importante adoptar las medidas necesarias para asegurar que los futuros usuarios se comprometen a utilizar el agua regenerada disponible. Hay dos posibilidades a este respecto: el uso obligatorio y el uso voluntario.

Antes de comprometerse a sufragar los presupuestos elevados que representan generalmente los proyectos de regeneración y reutilización de agua, es conveniente asegurarse la participación de los futuros usuarios mediante el establecimiento de acuerdos contractuales. La experiencia ha puesto de manifiesto que, a pesar de que los usuarios potenciales muestran con frecuencia un interés favorable a la utilización de agua regenerada, pueden posteriormente cambiar de parecer, una vez construidas las instalaciones. En resumen, los contratos deberán resolver las preocupaciones del proveedor y del usuario, estableciendo claramente las responsabilidades civiles, financieras y operativas del proyecto.

TIPOS DE REUTILIZACIÓN

El agua residual regenerada se viene empleando para múltiples usos, entre los que cabe destacar: 1) la reutilización urbana (jardinería, incendios, lavado de calles y automóviles), 2) la reutilización industrial (refrigeración), 3) la reutilización agrícola y forestal, 4) la reutilización ornamental y recreativa, 5) la mejora y preservación del medio natural y 6) la recarga de acuíferos.

La reutilización agrícola y de jardinería constituye el aprovechamiento más extendido del agua residual regenerada, tanto para cultivos hortícolas (consumo crudo) como de cultivos con procesamiento posterior, cereales, cítricos, y viñedos, y tanto mediante riego por aspersión, microaspersión y goteo, como por riego por inundación.

REUTILIZACIÓN EN RIEGO AGRÍCOLA Y DE JARDINERÍA

La reutilización de agua regenerada para riego agrícola y de jardinería es una práctica bien conocida en muchas partes del mundo. No obstante, sólo ha sido durante las últimas décadas cuando la reutilización planificada para riego agrícola y de jardinería en zonas urbanas ha alcanzado una notable aplicación en países desarrollados y con recursos hidráulicos tradicionalmente abundantes.

La publicación en 1984 por el Estado de California del Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada, editado en castellano con el patrocinio de la Generalitat de Catalunya y la UPC (Mujeriego, 1990), constituye el punto culminante del proceso de elaboración y puesta a punto de criterios y normas de calidad para el diseño, construcción, mantenimiento y explotación de proyectos de riego con agua residual regenerada. A este trabajo de síntesis habría que añadir los resultados del estudio de demostración patrocinado por el Estado de California, con una duración de 5 años y un presupuesto de 7 millones de dólares, sobre el riego por aspersión con agua residual regenerada de hortalizas de consumo directo, llevado a cabo en la zona agrícola de Monterey, California (Sheikh y col. 1990).

Como complemento de todos estos estudios, la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU ha publicado un Manual titulado Guidelines for Water Reuse (USEPA, 1992), en el que se ofrecen directrices ampliamente documentadas con las que los servicios municipales o regionales, y los organismos estatales y nacionales puedan promover y desarrollar de forma adecuada y eficaz la reutilización planificada de agua residual. Estas directrices están orientadas principalmente hacia la reutilización planificada en usos urbanos no potables, en usos industriales y en usos agrícolas, sobre los que existe actualmente un gran consenso respecto a la idoneidad de su aplicación. Así mismo, la Water Pollution Control Federation (1989) ha publicado un manual práctico en el que se recogen los aspectos técnicos, económicos y de gestión relativos a la reutilización de agua.

- **Características de la zona de estudio:** geografía, geología, clima, aguas subterráneas, aguas superficiales, usos del suelo y características demográficas.
- **Características e instalaciones del sistema de abastecimiento de agua en la zona:** áreas jurisdiccionales de cada entidad, fuentes y calidades de cada suministro, descripción de las principales instalaciones, tendencias en el consumo de agua, instalaciones necesarias en el futuro, gestión y problemas de las aguas subterráneas, costes presentes y futuros del agua de abastecimiento, subvenciones y precios al consumidor.
- **Características e instalaciones del sistema de tratamiento de agua residual:** áreas jurisdiccionales, descripción de las principales instalaciones, calidad y cantidad del efluente tratado, fluctuaciones horarias y estacionales del caudal y de la calidad del afluente, instalaciones necesarias en el futuro, necesidad de un programa de control de las fuentes de contaminación de aquellos contaminantes que afectan la reutilización, y descripción de los tipos de reutilización que se realiza en la actualidad, identificando los usuarios, los caudales reutilizados y los acuerdos contractuales y régimen de precios actuales.
- **Niveles de tratamiento exigidos para el vertido y la reutilización, y otras restricciones:** normas de protección sanitaria y de calidad del agua, normas de calidad del agua utilizada para cada uso específico y normas de control aplicables a las zonas de utilización del agua.
- **Posibles usuarios del agua regenerada:** descripción de los métodos de análisis de mercado, inventario de los posibles usuarios del agua y resultados de la encuesta de usuarios.
- **Análisis de alternativas del proyecto:** costes de inversión y costes de explotación y mantenimiento, viabilidad técnica, análisis económicos, análisis financieros, análisis energéticos, efectos sobre la calidad del agua, aceptación del público y del mercado, efectos sobre el régimen de concesiones de agua, efectos sociales y medio-ambientales, análisis comparativo entre alternativas y propuesta de selección, incluyendo aspectos tales como:
 - alternativas de tratamiento,
 - mercados alternativos, de acuerdo con diferentes niveles de tratamiento y áreas de servicio,
 - rutas alternativas de colocación de las tuberías de distribución,
 - opciones y localizaciones alternativas para el almacenamiento de agua regenerada,
 - alternativas de fuentes convencionales de suministro de agua,
 - alternativas de lucha contra la contaminación de las aguas, y
 - alternativa de no llevar a cabo el proyecto propuesto.
- **Plan de acción recomendado:** descripción de las instalaciones propuestas, criterios preliminares de diseño, costes previstos, lista de posibles usuarios y compromisos para la utilización del agua, caudales de agua regenerada y variación de la demanda de agua regenerada con respecto a la oferta, fiabilidad del suministro y necesidad de suministros adicionales o de reserva, plan de ejecución de los trabajos y plan de explotación de las instalaciones.

- **Plan de financiación de las obras y programa económico de la explotación:** fuentes y plazos de los recursos destinados al proyecto y construcción de las instalaciones, política de precios del agua regenerada, distribución de costes entre los beneficios relativos al suministro de agua y a las actuaciones de lucha contra la contaminación, previsiones futuras de uso del agua regenerada, precios del agua de abastecimiento, costes del proyecto de regeneración de agua, costes unitarios, precios unitarios, entrada total de capital, subvenciones, costes de depreciación y capacidad de endeudamiento, y análisis de sensibilidad relativo a posibles cambios en las condiciones de partida del proyecto.

Los resultados de estos estudios y demostraciones prácticas han hecho que el riego con agua residual regenerada sea considerado actualmente, tanto en California como en otros Estados del Sur de los EEUU, y en países mediterráneos como Israel, como una alternativa adicional, y en algunos casos como la única disponible, para llevar a cabo una explotación agrícola de regadío o un programa de jardinería urbana. La reutilización de agua para riego de jardinería en zonas urbanas, tanto de uso público como privado, ha pasado a formar parte de la gestión cotidiana de los recursos hidráulicos de numerosos municipios de California, Florida, y otros Estados del sur de los EEUU; del mismo modo, el riego por aspersión de hortalizas de consumo crudo en esos mismos Estados constituye una práctica aceptada tanto por las autoridades sanitarias como por los consumidores, en base a límites de calidad obtenidos y confirmados mediante proyectos de investigación y de demostración, y de sistemas de supervisión del diseño y explotación de las plantas de regeneración, coordinados por las autoridades de recursos hidráulicos, de protección de la calidad del agua y de salud pública (Asano y col., 1990, 1991; D'Angelo, 1993; Paret y Elsner, 1993; Newnham, 1993).

El Manual de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada (Mujeriego, 1990) constituye una base de partida de gran utilidad para el diseño y explotación de los proyectos de reutilización de agua regenerada. Al margen de los límites de calidad sanitaria establecidos en California, el Manual ofrece una metodología científica y técnica con la que enfocar posibles proyectos de demostración de reutilización planificada de agua regenerada en otras zonas del mundo, y muy particularmente en zonas costeras e interiores españolas. Esta metodología ha de permitir establecer los límites físicos, químicos y bacteriológicos más apropiados en cada caso. A este respecto, la Generalitat de Catalunya ha patrocinado, junto con la UPC, el Consorcio de la Costa Brava y la Zona Residencial Mas Nou, un estudio de demostración sobre la reutilización de agua regenerada para el riego de campos de golf, que ha permitido definir criterios prácticos para el diseño y la explotación de este tipo de reutilización planificada (Mujeriego y Sala, 1991). Los resultados de este estudio (Mujeriego y cols., 1994) han permitido confirmar la factibilidad y eficacia de los procesos más comúnmente utilizados en California y Florida para la reutilización de agua para riego de jardinería; los resultados económicos de este estudio se presentan en un apartado posterior.

CRITERIOS Y NORMAS DE CALIDAD

Los dos textos de referencia generalmente utilizados por aquellos países que se plantean la reutilización de agua residual son generalmente: 1) las directrices de calidad propuestas por la OMS (1989) para riego agrícola) las normas de calidad de California o Florida, incorporadas esencialmente en las recientes directrices propuestas por la USEPA (1992).

Básicamente, las directrices de la OMS establecen que el agua utilizada para riego agrícola no debe superar 1000 coliformes fecales por 100 ml de agua, mientras que las directrices de la USEPA establecen que no se detecte la presencia de coliformes fecales en 100 ml de agua. Ambas directrices corresponden al caso de riego agrícola y de jardinería sin ninguna restricción de uso, como ocurre durante el riego de productos hortícolas de consumo crudo o el riego por aspersión de

un jardín público sin restricción alguna de acceso y uso por parte del público.

España no tiene en estos momentos legislación relativa a la regeneración de agua residual. Una Comisión Interministerial está trabajando sobre un borrador de decreto con objeto de elaborar un texto que sirva de referencia a las iniciativas de reutilización que las sequías están planteando en amplias zonas de España. Impresiones recogidas de varios miembros de dicha Comisión ponen de manifiesto dos tendencias normativas claras: 1) la adopción de una normativa similar a la propuesta por la OMS, tal como han hecho países como Francia (complementadas con restricciones claras en el uso del agua) y 2) la adopción de una normativa similar a la de la USEPA para las propuestas de regeneración que se planteen en el futuro, y la aceptación de unos niveles de calidad similares a los propuestos por la OMS para los proyectos de reutilización que ya estén en funcionamiento.

Al margen del resultado final de este proceso administrativo y reglamentario, creemos que la implantación de un proyecto de reutilización de agua residual regenerada para riego agrícola o de jardinería en zonas agrícolas o urbanas españolas, sin restricción de contacto o acceso del público, debería realizarse atendiendo a las directrices de calidad propuestas por la USEPA. Por otra parte, el riego de cereales y productos sin contacto con el agua de riego podría plantearse con efluentes de un sistema de lagunaje, cuya calidad microbiológica fuera conforme con las recomendaciones propuestas por la OMS.

PROCESOS DE TRATAMIENTO

El proceso de obtención de un agua residual regenerada que satisfaga los criterios de calidad propuestos por la USEPA (1992) para el riego de jardinería de zonas públicas sin ningún tipo de restricción en cuanto a exposición y contacto del público con el agua regenerada consta fundamentalmente de cuatro elementos principales:

- La implantación de un control de vertidos a la red de saneamiento que asegure la ausencia de contaminantes que puedan hipotecar o impedir la reutilización del agua regenerada.
- Un tratamiento biológico secundario capaz de producir un efluente con un contenido de materia en suspensión inferior a 10–20 mg/l y valores comparables de DBO₅.
- Un tratamiento terciario destinado a eliminar la materia en suspensión del afluente secundario, mediante una filtración directa, y a desinfectar completamente el efluente. Este proceso de tratamiento constituye propiamente la fase de regeneración del agua residual.
- Un depósito regulador de los caudales de agua regenerada, a fin de adecuar la producción de la planta a la demanda de uso y asegurar una cierta reserva de agua regenerada.

Los extensos trabajos de experimentación y de seguimiento de las numerosas instalaciones de regeneración de agua residual existentes en California y Florida ponen de manifiesto que un buen efluente biológico secundario, filtrado mediante un filtro de arena, o de arena y carbón, con la eventual adición de unos miligramos por litro de coagulante (alúmina, generalmente), y una desinfección con cloro con un tiempo de contacto de entre 30 minutos (Florida) y 2 horas (California), hasta alcanzar la eliminación de coliformes, permite obtener un agua regenerada desprovista de virus y bacterias patógenas, y por lo tanto, ofrece una garantía de calidad similar a la de un agua potable de consumo público (Asano y col., 1990).

El grado de automatización de las plantas de regeneración de agua existentes es muy variado, pero exige en todos los casos un buen seguimiento del proceso de tratamiento biológico (mediante muestreos integrados diarios, como mínimo), un control continuo de la turbiedad del efluente secundario y del efluente filtrado (que suele situarse por debajo de 1 UNT) y de la concentración de desinfectante al término del proceso de desinfección, y un análisis diario de coliformes, sobre

muestra integrada obtenida a la salida del proceso de desinfección.

En general, las plantas de regeneración de agua a partir de efluentes municipales y destinadas a usos municipales (riego agrícola y de jardinería) e incluso industrial (refrigeración) suelen ser explotadas por los propios municipios, bien directamente o bien a través de una empresa de servicios. Estas plantas de regeneración guardan un gran parecido con las plantas potabilizadoras de agua, en cuanto que todo el personal está mentalizado sobre la necesidad de producir un agua de calidad satisfactoria y de aplicar medidas correctoras urgentes, ante cualquier alteración del proceso, para evitar que un agua de insuficiente calidad pueda salir de la planta de regeneración. Generalmente, los municipios son los encargados de la distribución y gestión del agua regenerada que pasa así a constituir un nuevo servicio público de calidad. La coordinación y comunicación con los usuarios, tanto individuales como colectivos (urbanizaciones, campos de golf), es muy directa y cordial, a fin de detectar cualquier posible incidente y de disipar cualquier duda que pueda surgir.

LA REUTILIZACIÓN EN ZONAS COSTERAS

El desarrollo urbano, turístico y agrícola actual, especialmente en las zonas costeras españolas, conlleva un importante consumo de agua, tanto para satisfacer los consumos domésticos asociados como para atender las demandas de una creciente extensión de zonas ajardinadas y agrícolas que sirven de marco lúdico y comercial. La gestión de los recursos hidráulicos en esas condiciones se plantea con dos objetivos complementarios: 1) la utilización racional del agua, evitando los consumos excesivos y 2) la reutilización de agua residual para usos no potables, especialmente la jardinería y la agricultura, permitiendo la creación neta de nuevas dotaciones de agua y evitando el deterioro de las aguas costeras. Entre actuaciones más acordes con cada uno de esos objetivos cabe citar, de una parte, la educación e información ciudadana, la reglamentación y las tarifas progresivas y, de otra parte, la regeneración y reutilización de efluentes de agua residual.

Las zonas costeras españolas se caracterizan por el relativo ajuste entre las mayores producciones de agua residual que se registra durante la temporada estival y la máxima demanda de agua para riego agrícola y de jardinería que se produce en esa misma estación. Al margen de las exigencias técnicas y financieras que esas demandas estacionales plantean, tanto en el sistema de abastecimiento de agua como en el de tratamiento y vertido de agua residual, la reutilización de agua residual en zonas costeras ofrece claras ventajas económicas y ambientales en sus diversas alternativas: 1) riego de jardinería, con lo que ello conlleva de mejora de las condiciones de vida, del aspecto estético y del carácter lúdico de la zona, 2) riego agrícola, como fuente de recursos económicos de gran interés y 3) recarga de acuíferos costeros y de zonas húmedas, como forma de protección de recursos naturales de gran atractivo y valor ambiental.

Aunque la reutilización de agua residual en zonas del interior no permite la creación neta de nuevos recursos hidráulicos, sí ofrece la posibilidad de una mejor gestión del agua, mediante la sustitución de agua potable de consumo público por agua residual regenerada para aquellos usos en que no sea necesario agua potable. Hay que señalar por último que una instalación de regeneración de agua residual destinada al riego agrícola y de jardinería de una zona turística española pasaría a convertirse en un estandarte tecnológico y de prestigio de primera magnitud en todo el sur de Europa y la región mediterránea, y le conferiría una posición de vanguardia en esta faceta tan importante de la gestión de los recursos hidráulicos.

COSTES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

La escasez de instalaciones de regeneración de agua residual en zonas de características socio-económicas como las españolas no permite ofrecer estimaciones precisas de sus costes de

explotación y mantenimiento. Como referencia de interés citaremos las estimaciones obtenidas en el proyecto de demostración de riego de campos de golf con agua regenerada (Mujeriego y cols., 1994) donde el coste de desinfección con hipoclorito de un efluente biológico decantado es de 5,5 ptas/m³, y el ahorro por aporte de fertilizantes alcanza 14 ptas/m³. El Consorcio de la Costa Brava está suministrando agua regenerada al campo de golf Mas Nou, en Castell Platja d'Aro (Girona), por un importe aproximado de 12 ptas/m³ durante el año 1995. Este coste incluye la desinfección, el seguimiento de la calidad del agua en los lagos ornamentales y la información detallada sobre el contenido de fertilizantes del agua regenerada. Por otra parte, datos facilitados por la empresa explotadora de la planta de regeneración de la ciudad de Vitoria (Diputación Foral de Alava, 1995) para el año 1995 indican un coste aproximado de 9 ptas/m³ de agua regenerada.

El presupuesto de construcción de una planta de regeneración de un efluente secundario como el de Castell Platja d'Aro (filtración a presión con arena y desinfección con hipoclorito) y con capacidad mínima estimada de 3000 m³/día se sitúa en 37 millones de pesetas; suponiendo una vida útil de 20 años, un 10% de interés y una utilización de 200 días al año, el coste de amortización anual se sitúa en torno a 7,5 ptas/m³. Si a este coste se añade los 3,5 ptas/m³ de reactivos y energía, y las 5,5 ptas/m³ de desinfección, resulta un coste anual de 16,5 ptas/m³ para el agua regenerada. Obviamente, tanto los costes anuales de amortización como los de explotación y mantenimiento variarán en función de las demandas de agua para el riego de un campo de golf y de diversos cultivos de huerta. Cabe señalar aquí que el coste de la planta de regeneración de la ciudad de Vitoria, con capacidad de 35 000 m³/día y dotada de coagulación, floculación, decantación lamelar, filtración con arena y desinfección con hipoclorito, se sitúa en 200 millones de pesetas (Diputación Foral de Alava, 1995).

CONCLUSIONES

El análisis realizado en los apartados precedentes permite formular las siguientes conclusiones:

- La reutilización planificada de agua residual se ha convertido en un componente esencial de la gestión integral de los recursos hidráulicos, especialmente en zonas costeras, donde puede contribuir de forma significativa al aumento neto de dichos recursos, tanto para su utilización directa como a través de su purificación y almacenamiento en acuíferos costeros.
- Aunque los criterios y normas de calidad establecidos para diferentes usos del agua regenerada son variados y heterogéneos, se dispone de experiencia suficiente para planificar, proyectar y explotar sistemas de reutilización de agua residual económicos y seguros, tanto desde el punto de vista sanitario como ambiental.
- La regeneración de agua residual se concibe actualmente como un proceso destinado a obtener un producto de calidad. La elaboración y comercialización de este producto debe plantearse en un marco más amplio que el tradicional de lucha contra la contaminación, y con una nueva mentalidad en la planificación, concepción y explotación de los procesos de regeneración diferente a la adoptada generalmente en el tratamiento de agua residual.
- La planificación adecuada de cualquier proyecto de reutilización requiere una definición clara de sus objetivos. Tradicionalmente, la reutilización se ha planteado como un medio de lucha contra la contaminación o bien como un medio de aumentar el suministro de agua.
- La concepción actual de los proyectos de reutilización exige una coordinación institucional, reglamentaria, financiera, de ámbito geográfico de influencia y técnica, tanto durante la construcción como la explotación y mantenimiento, en un grado muy superior a la empleada tradicionalmente en la gestión de los recursos hidráulicos.
- La utilización de agua residual regenerada para riego agrícola y de jardinería ofrece una alternativa práctica de gran interés para el tratamiento y vertido del agua residual.
- Los proyectos de demostración de los diferentes tipos de reutilización planificada de agua residual contribuyen al desarrollo y aceptación de estas técnicas, permitiendo comprobar su

capacidad para aportar recursos hidráulicos, reciclar elementos nutritivos y asegurar la calidad sanitaria y ambiental.

- El riego agrícola y de jardinería con agua residual regenerada en España debería plantearse en base a unas normas de calidad similares a las propuestas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EEUU, consistentes básicamente en un agua de gran transparencia y bien desinfectada. El riego de productos sin contacto directo con el agua, y con restricciones de acceso al público, podría plantearse en base a unas normas de calidad similares a las propuestas por la Organización Mundial de la Salud, mediante la reutilización de efluente de un sistema de lagunaje.
- La implantación de un proyecto de reutilización planificada de efluentes en cualquier zona española pasaría a convertirse en un estandarte tecnológico y de prestigio de primera magnitud en todo el sur de Europa y la región mediterránea, y le conferiría una posición de vanguardia en esta faceta tan importante de la gestión de los recursos hidráulicos.

5. VERTIDO DEL LÍQUIDO

El vertido final del agua tratada se realiza de varias formas. La más habitual es el vertido directo a un río o lago receptor. En aquellas partes del mundo que se enfrentan a una creciente escasez de agua, tanto de uso doméstico como industrial, las autoridades empiezan a recurrir a la reutilización de las aguas tratadas para rellenar los acuíferos, regar cultivos no comestibles, procesos industriales, recreo y otros usos. En un proyecto de este tipo, en la Potable Reuse Demonstration Plant de Denver, Colorado, el proceso de tratamiento comprende los tratamientos convencionales primario y secundario, seguidos de una limpieza por cal para eliminar los compuestos orgánicos en suspensión. Durante este proceso, se crea un medio alcalino (pH elevado) para potenciar el proceso. En el paso siguiente se emplea la recarbonatación para volver a un pH neutro. A continuación se filtra el agua a través de múltiples capas de arena y carbón vegetal, y el amoníaco es eliminado por ionización. Los pesticidas y demás compuestos orgánicos aún en suspensión son absorbidos por un filtro granular de carbón activado. Los virus y bacterias se eliminan por ozonización. En esta fase el agua debería estar libre de todo contaminante pero, para mayor seguridad, se emplean la segunda fase de absorción sobre carbón y la ósmosis inversa y, finalmente, se añade dióxido de cloro para obtener un agua de calidad máxima.

6. FOSA SÉPTICA

Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa séptica: una fosa de cemento, bloques de ladrillo o metal en la que sedimentan los sólidos y asciende la materia flotante. El líquido aclarado en parte fluye por una salida sumergida hasta zanjas subterráneas llenas de rocas a través de las cuales puede fluir y filtrarse en la tierra, donde se oxida aeróbicamente. La materia flotante y los sólidos depositados pueden conservarse entre seis meses y varios años, durante los cuales se descomponen anaeróbicamente.

7. AGUAS SUBTERRÁNEAS

INTRODUCION

Las aguas subterráneas son un recurso nacional muy importante. Tenemos que protegerlas contra la contaminación. Mas del 50% de la población de los Estados Unidos y 95% de los estadounidenses que viven en zonas rurales usan aguas subterráneas para sus usos domésticos. El sector agrícola usa aguas subterráneas para suplir la mitad de sus necesidades, mientras que el sector industrial suple un tercio de sus necesidades con aguas subterráneas.

Durante los últimos diez años, los incidentes de contaminación de aguas subterráneas han captado la atención pública. El interés en protección de aguas subterráneas ha motivado creación de programas al nivel federal,

estatal, y municipal. La responsabilidad de proteger las aguas subterráneas radica principalmente en la comunidad local, pues las condiciones y los abastecimientos de aguas subterráneas varían de una área a otra.

Esta guía detalla las actividades que contaminan las aguas subterráneas. Conocimiento de las fuentes de contaminación es necesario para poder proteger los abastecimientos de aguas subterráneas más vulnerables. El reconocimiento de fuentes de contaminación también sirve para proveer a la comunidad una lista de actividades que serían necesarias para proteger las aguas subterráneas.

Muchos de nosotros no tenemos noción de la existencia de las aguas subterráneas, pues claramente esta fuente de agua no está a plena vista. Las aguas subterráneas se pueden considerar como uno de nuestros recursos "ocultos".

¿Qué son las aguas subterráneas y de dónde vienen?

En realidad, las aguas subterráneas son parte del programa de reciclaje más antiguo – **el ciclo hidrológico**. El ciclo hidrológico comprende el movimiento continuo de agua entre la tierra y la atmósfera por medio de la evaporación y la precipitación. El agua que cae sobre la superficie de la tierra tiene uno de tres destinos. Parte del agua en la atmósfera cae por la precipitación de lluvia y nieve y se incorpora a lagos, ríos, arroyos y océanos. La otra parte es absorbida por la vegetación, la cual transpira el agua hacia la atmósfera de nuevo. El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos, o es transpirada de las plantas, fluye a través de los subsuelos y llega hasta **el nivel freático**. La distancia que atraviesa el agua por medio de espacios abiertos en las rocas se llama **la zona no saturada**. El nivel freático se encuentra en la parte superior de **la zona saturada**, es decir en el área donde todos los espacios entre las rocas y la tierra están llenos de agua. Las aguas de la zona saturada son **las aguas subterráneas**. En áreas donde el nivel freático ocurre en la superficie de la tierra, las aguas subterráneas descargan en marismas, lagos, manantiales o arroyos y a causa de la evaporación, vuelven a la atmósfera para ser parte del ciclo hidrológico otra vez.

¿Dónde se encuentran las aguas subterráneas?

Las aguas subterráneas se encuentran debajo de muchos tipos de formas geológicas. Las áreas donde existen grandes cantidades de aguas subterráneas que pueden abastecer pozos o manantiales se llaman **acuíferos**, una palabra que significa "portador de agua". Los acuíferos acumulan el agua entre los espacios de arena, grava, y rocas. La reserva subterránea depende en gran medida de **la porosidad** del acuífero, o la cantidad de espacios que hay para sostener el agua. La capacidad del acuífero de transmitir agua, o su **permeabilidad**, se basa en parte en el tamaño de estos espacios y la manera en que están interconectados.

¿Se mueven las aguas subterráneas?

Las aguas subterráneas pueden moverse de lado a lado y de arriba a abajo. Este movimiento se debe a la gravedad, las diferencias en elevación, y las diferencias de presión. Las aguas subterráneas se mueven despacio, frecuentemente tan poco como algunos metros por año, aunque pueden moverse más rápidamente en zonas más permeables.

¿Cómo se usan las aguas subterráneas?

Según la Agencia de Investigaciones Geológicas de los Estados Unidos (U.S.G.S.), el uso de aguas subterráneas ha crecido desde 35 mil millones de galones por día en 1950 hasta aproximadamente 87 mil millones de galones por día en 1980. Casi una cuarta parte de toda el agua dulce usada en el país proviene de aguas subterráneas. No importa que sean transportadas por un sistema de agua pública o que lleguen directamente desde un pozo privado, las aguas subterráneas proveen el 35 por ciento del abastecimiento de agua potable en las zonas urbanas y el 95 por ciento del abastecimiento en las zonas rurales, y para otros usos caseros por más de 117 millones de personas en este país.

Más de un tercio de las aguas subterráneas es usado por el sector agrícola. Además, aproximadamente 30 por ciento de toda las aguas subterráneas es usado por el sector industrial

8. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Antes de los años 1970s, se creía que las aguas subterráneas tenían cierto nivel de protección natural contra la contaminación. Se creía que los suelos y las capas de arena, grava y rocas en el subsuelo, funcionaban como filtros, atrapando contaminantes antes de que estos pudieran llegar hasta las aguas subterráneas. Más recientemente, se ha encontrado en cada uno de los estados del país casos de contaminación de las aguas subterráneas y algunos de estos casos han recibido gran publicidad. Ahora se sabe que algunos contaminantes pueden atravesar todas las capas de filtración, y llegan a la zona de saturación, y contaminan las aguas subterráneas.

Entre los años 1971 y 1985 hubo 245 episodios de enfermedades asociados con agua contaminada que resultó en 52,181 casos de enfermedad. La mayoría de estas enfermedades resultaron en períodos cortos de dolor de estómago. Aproximadamente el diez por ciento de todos los sistemas públicos de abastecimiento de agua subterránea exceden normas biológicas para agua potable. Además, se han encontrado 74 pesticidas en las aguas subterráneas de 38 estados. Aunque se han hecho varios estudios sobre la magnitud de la contaminación de aguas subterráneas, las estimas son difíciles de verificar por el difícil acceso a las aguas subterráneas.

¿Cómo se contaminan las aguas subterráneas?

La contaminación de las aguas subterráneas puede venir de la superficie de la tierra, de los suelos sobre el nivel freático, o de sedimentos debajo del nivel freático. La figura demuestra los tipos de actividades que pueden causar la contaminación de aguas subterráneas en cada caso. Los sitios donde los contaminantes entran al ambiente subterráneo puede afectar el impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas. Por ejemplo, derramar un contaminante sobre la superficie de la tierra o inyección dentro del suelo sobre el nivel freático pueden resultar en diferentes niveles de contaminación. En el caso de derramar sobre la tierra, quizás el contaminante tenga que atravesar varias capas de materiales antes de que alcance las aguas subterráneas, y esto disminuye el nivel de contaminación.

El movimiento del contaminante a través de capas de sedimento funciona como un proceso de filtración, dilución, y descomposición que puede disminuir el impacto final en las aguas subterráneas. Si el contaminante es introducido directamente en el área debajo del nivel freático, el proceso principal que puede disminuir el impacto del contaminante es la dilución.

Las aguas subterráneas se mueven mas lentamente y con muy poca turbulencia en comparación con agua que fluye en ríos y arroyos. Por esto, normalmente ocurre poca dilución de contaminantes en las aguas subterráneas. Como las aguas subterráneas no están a plena vista, la contaminación puede ocurrir sin detección por muchos años, hasta que se extraigan para usarlas.

¿Qué clase de sustancias pueden contaminar las aguas subterráneas y de dónde vienen?

Las sustancias que pueden contaminar las aguas subterráneas se pueden dividir en dos categorías: las sustancias que ocurren naturalmente y las sustancias introducidas por las actividades humanas. Las sustancias que ocurren de manera natural incluyen minerales como hierro, calcio, y selenio. Las sustancias que resultan de las actividades humanas incluyen sal, bacterias y virus, productos químicos e hidrocarburos (por ejemplo los solventes, pesticidas, y productos petrolíferos), y **lixiviación** de depósitos de basura (líquidos que se han filtrado del depósito y que llevan sustancias disueltas de la basura) que contienen sustancias como metales pesados. Un gran porcentaje de los casos de contaminación de las aguas subterráneas de hoy proviene de la gran variedad de actividades humanas.

Tanques sépticos, letrinas y retretes

Una de las causas mayores de contaminación a las aguas subterráneas es el **efluente**, o derrame de tanques sépticos, letrinas y retretes. Aproximadamente una cuarta parte de las casas en los Estados Unidos dependen de sistemas sépticos para disponer de los residuos humanos. Si estos sistemas no están situados, diseñados, contruídos o mantenidos correctamente, pueden contaminar las aguas subterráneas con bacterias, nitratos, virus, detergentes sintéticos, sustancias químicas caseras, y cloruros. Aunque cada sistema contribuye una porción insignificante a la contaminación de las aguas subterráneas, la gran cantidad de sistemas sépticos en lugares que no tienen sistemas públicos de tratamiento de aguas negras crea una amenaza a la calidad de aguas subterráneas.

Embalses superficiales

Otra fuente de contaminación de aguas subterráneas son los más de 180,000 embalses superficiales, como charcos, empleados por municipalidades, industrias, y negocios para almacenar, tratar o disponer de una variedad de residuos líquidos y aguas negras. A pesar de que el fondo de estos embalses por ley deben ser impermeabilizados con suelos arcillosos firmes o con forros de plástico, no es factible prevenir completamente el escape de líquidos contaminados.

Actividades Agrícolas

Millones de toneladas de fertilizantes y pesticidas echados a los campos. En el caso de la aplicación de fertilizantes, frecuentemente hay un volumen de nitrógeno residual no asimilado por las plantas, cuyo transporte por lixiviación le conduce hasta la zona saturada. También la lixiviación de estiércol de ganado puede contaminar las aguas subterráneas. El uso de sustancias químicas por céspedes y huertos de hortalizas también contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas.

Vertederos

Existen aproximadamente 500 instalaciones para el desecho de productos peligrosos, y más de 16,000 vertederos de otros tipos por todo el país. Para proteger las aguas subterráneas, se le exige a estas instalaciones que construyan forros de arcilla o de sustancias sintéticas, y sistemas de recolección de lixiviantes. Desafortunadamente, estos requerimientos son recientes y a través de los años miles de vertederos fueron contruídos, usados y abandonados sin regulación. Algunas de estas instalaciones han causado problemas graves de contaminación a las aguas subterráneas y esfuerzos para depurar la contaminación han sido iniciados por una combinación de propietarios, operadores, gobiernos estatales, y el gobierno federal bajo el programa de Superfund.

Tanques de depósitos subterráneos

Existen entre cinco y seis millones de tanques de depósitos subterráneos para almacenar una gran variedad de sustancias que incluyen la gasolina, el aceite de combustión, y otros materiales químicos. La vida útil de dichos tanques tiene un promedio de 18 años. Se calcula que cientos de miles de dichos tanques pudieran estar perdiendo sustancias tóxicas que contaminan las aguas subterráneas. Los costos para reemplazar estos tanques se calculan a un dólar por cada galón de capacidad de almacenaje; limpiar el sitio puede costar mucho más.

Pozos abandonados

Los pozos abandonados representan otro origen de contaminación a las aguas subterráneas. Antes de que existieran los sistemas de abastecimiento de agua municipal, mucha gente dependía de pozos para obtener agua potable. Todavía es así en ciertas áreas rurales. Pero si se abandona un pozo sin sellarlo correctamente, el pozo puede conducir los contaminantes de actividades humanas hacia las aguas subterráneas.

Accidentes y desechos prohibidos

Los accidentes también pueden causar la contaminación de las aguas subterráneas. Se transporta un gran volumen de materiales tóxicos por camión, tren y avión por todo el país. Todos los días ocurren derrames químicos o petrolíferos. Si estos accidentes no son manejados con cuidado, pueden resultar en la contaminación de aguas subterráneas. Frecuentemente, el instinto de quienes llegan a un derrame es de echar grandes cantidades de agua para diluir la sustancia química. Esta práctica incrementa la rapidez del descenso del producto químico hacia las aguas subterráneas. Además, existen muchos casos de contaminación de aguas subterráneas causados por el desecho prohibido de residuos peligrosos.

¿Qué se puede hacer después de que haya ocurrido la contaminación?

La contaminación que ocurre poco a poco generalmente no se puede detectar hasta que el problema ha alcanzado una medida grave. El resultado es que la limpieza de la contaminación sea un proceso complicado, caro, y a veces imposible.

En general, una comunidad cuyas aguas subterráneas han sido contaminadas tiene cinco opciones:

- Retener los contaminantes para prevenir su migración desde el punto de origen.
- Extraer los contaminantes del acuífero.
- Tratar las aguas subterráneas en el lugar de extracción o antes de usarlas.
- Rehabilitar el acuífero por medio de inmovilización o detoxificación de los contaminantes, mientras que estos todavía se encuentren en el acuífero.
- Abandonar el uso del acuífero y buscar manantiales alternativos para agua potable.

Varios factores determinan cuál es la mejor opción, incluyendo el tipo y magnitud de contaminación, las condiciones geológicas, si las leyes requieren ciertas acciones específicas, y cuanto dinero es disponible para el proyecto. Todas estas opciones son caras.

Los varios métodos de tratamiento tienen costos muy altos y muchas dificultades técnicas, y de manera que muchas comunidades optan por abandonar el acuífero cuando se enfrentan con contaminación de su agua subterránea. La comunidad entonces tiene que encontrar otro abastecimiento de agua, o taladrar nuevos pozos más lejos del área contaminada.

9. EUTROFIZACIÓN DE LOS EMBALSES

Una más de las consecuencias derivadas del arrastre de cargas contaminantes por los cauces es la eutrofización de los embalses, que a su vez es una de las principales causas del deterioro de éstos.

El creciente aumento de los retornos urbanos, de ciertas instalaciones industriales y el uso creciente de fertilizantes y pesticidas en las áreas agrícolas, provoca unos aportes adicionales de nutrientes (fósforo y nitrógeno) con efectos sumamente negativos sobre el estado limnológico de los embalses, particularmente graves cuando afectan a aguas con destino al abastecimiento urbano.

Los diferentes estudios realizados hasta el momento, presentan algunas discrepancias (especialmente en la cuenca del Guadalquivir, la zona más analizada). Sin embargo, puede afirmarse de manera general que, cerca del 50% de los embalses regionales presentan un estado eutrófico, o bien se aprecia una tendencia clara hacia dicho estado.

10. CONTAMINANTES E INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA.

- Aceites

- *Alcalinidad*
- *Amonio (NH₄⁺)*
- *Arsénico*
- *Bicarbonato*
- *Cadmio (Cd)*
- *Calcio (Ca)*
- *Cianuros*
- *Cinc (Zn)*
- *Cloruros*
- *Cobre (Cu)*
- *Coliformes*
- *Conductividad eléctrica*
- *Cromo (Cr)*
- *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)*
- *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*
- *Detergentes*
- *Dureza del agua*
- *Fenoles*
- *Floruros*
- *Fosfatos*
- *Hierro (Fe)*
- *Magnesio (Mg)*
- *Manganeso (Mn)*
- *Materias en suspensión*
- *Nitratos*
- *Nitritos*
- *Oxígeno disuelto*
- *pH*
- *Plomo (Pb)*
- *Potasio (K)*
- *Sulfatos*
- *Índice de Calidad General*
- *Aspecto de las aguas*
- *Aceites*

Aceite

Es cualquier cuerpo pingüe, líquido a la temperatura media de los climas templados o cálidos. Se considera un contaminante del agua, en la que produce diversos daños. Por tener una densidad menor que el agua, flotan en la misma formando películas que evitan la aireación de las masas de agua.

Alcalinidad

Capacidad de una sustancia química en solución acuosa para ceder iones OH⁻. La alcalinidad de un agua se expresa en equivalentes de base por litro o en equivalente de carbonato cálcico.

Amonio (NH₄⁺)

Radical químico que se combina con los ácidos dando sales semejantes a las de los metales alcalinos. Su presencia en el agua es un indicador de contaminación de tipo orgánico.

Arsénico (As)

Elemento químico de masa atómica 74,92 y número atómico 33. Tiene aplicaciones industriales y como insecticida. El arsénico y sus compuestos son sustancias tóxicas y sus vertidos se consideran contaminantes.

Bicarbonato

Sal formada por una base y por ácido carbónico en doble cantidad que en los carbonatos neutros.

Cadmio (Cd)

Elemento químico de masa atómica 112,41 y número atómico 48. Tiene aplicaciones industriales, por ejemplo en metalurgia. Es uno de los metales pesados, capaz de acumularse en los organismos y en el ser humano a través de las cadenas tróficas, y muy tóxico.

Calcio (Ca)

Metal blanco, muy alterable al aire y al agua, que, combinado con el oxígeno, forma la cal. No existe libre en la naturaleza. Combinado se encuentra en gran abundancia como catión de los ácidos sulfúricos y carbónico principalmente. Como carbonato cálcico se encuentra, entre otras, en la piedra caliza, el marmol, etc. Como sulfato cálcico en el yeso y la anhidrita...

Cianuros

Sales del ácido cianhídrico. Tanto el ácido como las sales de metales alcalinos y alcalinotérreos son muy tóxicos (por ejemplo, el cianuro potásico, KCN). La toxicidad del cianuro se debe a que mata las células al inhibir enzimas de la cadena respiratoria, la principal ruta metabólica productora de energía que ocurre en los orgánulos celulares llamados mitocondrias. Los cianuros tienen aplicaciones en la industria química, minería, siderurgia y como pesticidas.

Cinc (Zn)

Elemento químico de masa atómica 63,37 y número atómico 30. Es un metal denso, presente en la naturaleza en minerales como blenda, smithsonita y calamina. Tiene aplicaciones industriales (galvanizados, aleaciones, pinturas, etc.). Es un micronutriente esencial. Las sales de cinc son tóxicas en concentraciones elevadas.

Cloruros

Compuestos químicos formados por Cloro y otros elementos: Cloruro de hidrógeno, de aluminio, de magnesio, férrico...

Cobre (Cu)

Elemento químico de masa atómica 63,54 y número atómico 29. Es un metal denso de color rojo, blando, dúctil y maleable y muy buen conductor de la electricidad. Se encuentra en la naturaleza en forma elemental (cobre nativo) y en minerales como calcopirita y cuprita. Tiene aplicaciones industriales en aleaciones, conductores eléctricos, tuberías, etc. Por su acción tóxica sobre microorganismos, las sales de cobre como el sulfato, CuSO_4 , se utilizan como algicidas.

Coliformes

Grupo de bacterias aerobias y facultativamente anaerobias, Gram–negativas, no esporulantes, fermentadoras de lactosa y habitantes típicos del intestino grueso humano y animal. Muchas de ellas no son capaces de reproducirse fuera del intestino, por lo que sirven de indicadores de la contaminación por aguas fecales.

Algunos organismos coliformes son patógenos.

Conductividad eléctrica (CE)

Medida del total de sales disueltas en agua.

Cromo (Cr)

Elemento químico de masa atómica 51,996 y número atómico 24. Es un metal denso, duro y brillante, presente en la naturaleza combinado en minerales de los que el principal es la cromita. Tiene aplicaciones en siderurgia. El cromo y sus compuestos son tóxicos.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)

Oxígeno consumido en la degradación de sustancias oxidables del agua por la acción microbiológica, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg de oxígeno por litro. Un valor DBO elevado indica un agua con mucha materia orgánica. El subíndice cinco indica el número de días en los que se ha realizado la medida.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Cantidad de oxidante enérgico (dicromato o permanganato) consumido en la oxidación de todas las sustancias reducidas presentes en una muestra de agua, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg por litro de oxígeno equivalente a la cantidad de oxidante empleado. Un valor DQO elevado indica un agua con muchas sustancias oxidables..

Detergentes

Sustancias utilizadas en limpieza por sus propiedades tensoactivas y emulsionantes (pueden solubilizar sustancias insolubles en agua como grasas y aceites). Los vertidos de detergentes a las aguas pueden producir problemas ambientales debido a que algunos no son biodegradables, y otros, que pueden ser degradados, incluyen en su composición fósforo en forma de fosfato, lo que puede producir eutrofización.

Dureza del agua

Las aguas se clasifican según la cantidad de sales de calcio y de magnesio que contengan, o sea, por su dureza. Desde el punto de vista higiénico la dureza sólo tiene una importancia secundaria ya que hasta ahora no se ha demostrado que el beber aguas duras afecte a la salud.

El concepto de dureza, que indica el contenido total de un agua en sales alcalinotérreas, se expresa en grados, que son diferentes según los países.

La dureza debida a los carbonatos se denomina también dureza temporal, y desaparece por ebullición si bien se suprime agregando la cantidad equivalente de hidróxido cálcico (cal apagada) o sosa cáustica.

La dureza permanente es la que no se debe a los carbonatos y no desaparece al hervir el agua, y debe ser atribuida por la presencia en el agua de sulfatos, cloruros, nitratos y silicatos alcalinotérreos. Se suprime mediante el carbonato sódico.

El agua puede también depurarse mediante intercambio de iones. Durante muchos años se han empleado zeolitas y ciertos silicoaluminatos sódicos sintéticos que tienen la propiedad de permutar iones sodio por iones calcio u otros iones metálicos. Las sales sódicas que aparecen en el agua en sustitución de las sales de calcio y magnesio no son perjudiciales en cualesquiera de sus aplicaciones. Mediante estas resinas puede desalarse el

agua del mar en casos de emergencia y hacerla potable.

El agua dura no puede usarse en las calderas de vapor pues las sales de calcio y magnesio se depositan como carbonatos en los tubos de ebullición formando en sus paredes interiores una costra pétreo que puede dar lugar a una explosión por un sobrecalentamiento de las tuberías.

Por lo general, las aguas de río son más blandas que las de los manantiales, y cuando éstas brotan en terrenos de rocas primitivas dan aguas más blandas que las que atraviesan terrenos calizos. Los pozos y manantiales dan aguas de una dureza bastante constante, mientras que las de río pueden experimentar oscilaciones según las épocas del año.

La determinación de la dureza de un agua no se realiza de ordinario por gravimetría, sino por otros métodos más rápidos. La dureza temporal se determina por volumetría con HCl n/10, y naranja de metilo como indicador. El número de centímetros de H Cl multiplicado por 2,8 da el valor en grado de dureza alemanes. La dureza total se determina bien por el método de Boutron-Boudet, que consiste en agitar el agua con una solución jabonosa, método que se emplea sobre todo para agua con una dureza de hasta 5 alemanes.

Fenoles

Compuestos orgánicos derivados del benceno (C_6H_6) en que uno, dos o tres hidrógenos del núcleo bencénico están sustituidos por radicales $-OH$. Los fenoles tienen aplicaciones en la industria química y como pesticidas y son tóxicos.

Fluoruros

Sales del ácido fluorhídrico. Los distintos fluoruros tienen diversas aplicaciones: industrias del vidrio y la madera, esmaltes, soldaduras, óptica, etc. Muchos procesos industriales producen fluoruros cuyas emisiones son contaminantes por su toxicidad para plantas y animales.

Fosfatos

Sales del ácido fosfórico, H_3PO_4 . Los fosfatos son componentes esenciales de los seres vivos, y además son nutrientes para las plantas. Tienen aplicaciones industriales diversas y como fertilizantes. Los vertidos de fosfatos a las aguas naturales pueden causar eutrofización.

Hierro (Fe)

Elemento químico de peso atómico 55,847 y número atómico 26. Metal de amplia utilización.

Magnesio (Mg)

Elemento químico que se encuentra disuelto en el agua como macroconstituyente. Es uno de los elementos que contribuye a la dureza del agua.

Manganeso (Mn)

Elemento químico de masa atómica 54,938 y número atómico 25. Es un metal de color gris, duro. En la naturaleza se presenta en varios minerales, como la pirolusita (MnO_2). Tiene aplicaciones industriales en metalurgia e industria química. Es necesario para las plantas como micronutriente.

Materias en suspensión

Están formadas por partículas sólidas flotando en el seno del agua. Dependiendo del tamaño de las partículas, se pueden dividir en las que son capaces de formar suspensiones estables aún en el agua en reposo (soluciones coloidales) y las que sólo se encuentran en suspensión cuando el agua está en movimiento.

Mercurio (Hg)

Elemento químico de masa atómica 200,59 y número atómico 80. Por un bajo punto de fusión (-38.84°C) es el único metal líquido a temperatura ambiente. En la naturaleza se presenta principalmente en forma de sulfuro (cinabrio). Tiene aplicaciones industriales, científicas y técnicas (amalgamas, fabricación de aparatos como termómetros y barómetros, lámparas de mercurio). Es un metal pesado muy tóxico que se acumula en los organismos a través de las cadenas tróficas en forma de metilmercurio, dañando el sistema nervioso. En la Bahía de Minamata (Japón), a causa de los vertidos de un derivado del mercurio (dimetilmercurio) procedente de una industria, se produjo el episodio más dramático por contaminación de aguas con este metal.

Si bien los primeros casos de intoxicaciones, por consumo de crustáceos, moluscos y peces, se detectaron en el año 56, las consecuencias se dejaron sentir a lo largo de varios años. En total murieron 121 personas, víctimas de lesiones cerebrales. El mercurio había recorrido toda la cadena trófica marina: fitoplancton y zooplancton para concentrarse finalmente en crustáceos, moluscos y peces consumidos por el hombre. La enfermedad causada por el mercurio ha quedado descrita como enfermedad de Minamata.

Nitratos

Sales del ácido nítrico (HNO_3). Son nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizadas como fertilizantes. Los aportes de nitratos al agua de ríos y lagos favorecen el crecimiento de algas (eutrofización).

Nitritos

Sales del ácido nitroso (HNO_2). Tienen aplicaciones industriales. Son sustancias tóxicas, a partir de las cuales pueden formarse nitrosaminas, que además son cancerígenas.

Oxígeno disuelto

Moléculas de oxígeno que están disueltas en el agua. La presencia de oxígeno disuelto es vital para los organismos aerobios que viven en el agua.

pH

Medida de la acidez o basicidad de una disolución. Se define como el menos logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, expresada en moles por litro. La escala de pH varía de 0 a 14. Las soluciones neutras tienen un pH 7, las ácidas menor que 7 y las básicas o alcalinas, mayor que 7. El pH es una magnitud importante en los ecosistemas acuáticos y edáficos.

Plomo (Pb)

Elemento químico de masa atómica 207,19 y número atómico 82. Denso, blando, maleable y dúctil, de bajo punto de fusión, resistente a muchos ácidos, aunque no a todos y opaco a los rayos X. Sus propiedades hacen que posea numerosas aplicaciones (industria química y metalúrgica, construcción). El plomo y sus compuestos son tóxicos para los seres vivos, produciendo en el hombre la grave enfermedad llamada saturnismo. Es un contaminante importante y que tiende a acumularse.

Potasio (K)

Metal de color blanco argéntico, suave, muy reactivo, ampliamente distribuido en forma de sales. Es un macronutriente esencial y se usa como fertilizante. Peso atómico 39,102. Número atómico 19.

Sulfatos

Sales de ácido sulfúrico. Los distintos sulfatos tienen numerosas aplicaciones industriales.

Índice de Calidad General

El Índice de Calidad General (I.C.G.) es un parámetro que se expresa en unidades adimensionales y que supone un valor sintético de la calidad calculado a partir de las variables analizadas en cada caso. Los valores del mismo oscilan entre 0 y 100 significando 100 una calidad óptima y por debajo de 60 unos niveles de contaminación no admisibles. Se supone que aguas con un I.C.G. superior a 80 son aptos para abastecimientos urbanos, con el índice entre 70 y 80 también lo son para el mismo uso pero sólo tras tratamientos de depuración complejos, cuando el I.C.G. se sitúa en valores comprendidos entre 60 y 70 son aguas aptas para su uso en regadíos. Por debajo de 60 el uso sólo puede ser industrial. Los regadíos que utilizan aguas con un I.C.G. entre 50 y 60 pueden verse comprometidas y cuando aquel es inferior a 50 el uso es sencillamente desaconsejado.

Para el cálculo del I.C.G. se utilizan 23 parámetros de los cuales 9 son básicos y 14 complementarios que sólo afectan al valor del Índice cuando la concentración de la sustancia que determinan llega a ser sensiblemente desfavorable.

Aspecto de las aguas

Parámetro de calidad visual de las aguas,. En la red ICA se ha utilizado la siguiente clasificación:

Aguas claras sin aparente contaminación

Aguas ligeramente coloreadas, con espuma y ligera turbiedad

Aguas con apariencia de contaminación y color

Aguas negras, con fermentaciones y olores

11. Actividades Administrativas para La Protección de Las Aguas Subterráneas

El agua subterránea es un recurso muy importante para tantas comunidades e individuos como el agua potable. La mejor forma de garantizar un abastecimiento continuo de aguas subterráneas limpias es impedir la contaminación, y el gobierno federal ayuda esta practica por sus leyes y programas.

¿Hay leyes o programas federales para proteger las aguas subterráneas?

La Agencia Federal para la Protección del Medio Ambiente (EPA) es responsable por las actividades federales en relación a la calidad de las aguas subterráneas. Las principales leyes que autorizan las acciones de la EPA para proteger el agua subterránea incluyen:

- **La Ley de Agua Potable Segura** (Safe Drinking Water Act), la cual autoriza a la EPA a establecer normas para niveles máximos de contaminantes en el agua potable, regular la eliminación subterránea de residuos en pozos profundos, y establecer un programa nacional que proteja los pozos de abastecimiento de aguas públicas (se llama el "Wellhead Protection Program").
- **La Ley de Conservación y Recobro de Recursos** (Resource Conservation and Recovery Act), que

regula el almacenaje, transporte, tratamiento, y la eliminación de residuos peligrosos para impedir la lixiviación de contaminantes hacia las aguas subterráneas.

- **La Ley Ambiental Comprensiva de Respuesta, Indemnización y Responsabilidad Civil** (Superfund) que autoriza al gobierno a limpiar la contaminación causada por derrames químicos o sitios de residuos peligrosos que amenazan el medio ambiente. Sus enmiendas de 1986 incluyen provisiones que dan a los ciudadanos el derecho de hacer litigio contra los que infringen la ley, y establecer programas de "derecho de la comunidad para estar informada."
- **La Ley de Agua Limpia** (Clean Water Act) que autoriza la EPA con la capacidad de otorgar dinero a los estados para el desarrollo de estrategias para la protección del agua subterránea y que también autoriza otros programas que previenen la contaminación del agua.

Las leyes federales se concierne con control de la contaminación de aguas subterráneas por todo el país. Una de las razones principales para las acciones locales es que la protección de aguas subterráneas generalmente involucran decisiones muy específicas sobre el uso de parcelas de terreno. Los gobiernos locales frecuentemente ejercitan una variedad de controles sobre el uso del terreno de acuerdo con las leyes estatales.

¿Tienen los estados leyes o programas para proteger las aguas subterráneas?

Según un estudio dirigido por la EPA en 1988, la mayoría de los estados han aprobado algún tipo de legislación para proteger las aguas subterráneas y han establecido algún tipo de planificación concierne a las aguas subterráneas.

Además de los programas de protección de aguas subterráneas que los estados puedan haber creado bajo su propia jurisdicción leyes, la ley federal exige un programa estatal de protección de aguas subterráneas. Las enmiendas de 1986 a La Ley de Agua Potable Segura establecieron **el programa de protección de pozos de agua** y exigen que cada estado desarrolle programas que cubran los varios temas de protección de pozos de abastecimiento de agua para asegurar la salud pública. La protección de pozos de agua consiste simplemente en la protección de toda o parte del área alrededor de un pozo usado para agua potable. El área protegida se llama **el área de protección de pozos de agua** (en inglés: Wellhead Protection Area o WHPA). El tamaño de la WHPA varía de un lugar a otro, según factores como las metas del programa estatal, y las características geológicas del área.

La ley dicta ciertos componentes mínimos para los programas de protección de pozos de agua:

- Deben tener establecidos las responsabilidades de los gobiernos estatales y los gobiernos locales, así como los suministros de agua pública, para la implementación de la protección de pozos de agua.
- El área de protección de pozos de agua debe ser delineado para cada pozo de agua (es decir, delimitado o definido).
- En cada área de protección de un pozo de agua los posibles contaminantes deben ser identificados.
- Deben establecer medidas para proteger el abastecimiento de agua dentro de las áreas de protección de pozos de agua contra la contaminación (por ejemplo, control sobre actividades en el área protegida).
- Deben desarrollar planes alternativos para cada suministro de agua pública para garantizar disponibilidad de agua potable durante las emergencias.
- Deben situar nuevos pozos de agua apropiadamente para aumentar la producción de agua potable y disminuir la posibilidad de contaminación.
- Deben incluir la opinión pública en todo el proceso.

La participación de todos los niveles de gobierno es necesario para que los programas de protección tengan éxito. El gobierno federal tiene la responsabilidad de aprobar los programas estatales de protección de pozos de agua y puede dar apoyo técnico a los gobiernos estatales y locales. Los gobiernos estatales tienen la responsabilidad de desarrollar y poner en marcha programas de protección de pozos de agua que obedezcan La

Ley de Agua Potable Segura. A pesar de que las responsabilidades de los gobiernos locales dependen de las exigencias específicas del programa estatal, muchas veces estos gobiernos están en mejor posición (y poseen el mayor incentivo) de asegurar la protección de áreas de pozos de agua. Los gobiernos locales y municipales son los que pierden más si se contaminan sus aguas subterráneas.

¿Qué puede hacer su comunidad para proteger sus aguas subterráneas?

Si su comunidad depende de las aguas subterráneas para su abastecimiento de agua, hay un incentivo motivante para protegerlas. Antes de que pueda desarrollar un plan o programa para proteger las aguas subterráneas, es importante identificar las amenazas que existen. Al principio, se necesita un inventario que identifique los sitios de instalaciones que usan, fabrican o almacenan materiales que potencialmente pueden contaminar las aguas subterráneas.

Además del incentivo para proteger sus aguas subterráneas, su comunidad tiene poderes diversos que se pueden usar para este propósito. Algunas comunidades han empezado a elaborar sus propios programas de protección de aguas subterráneas, usando una variedad de opciones administrativas basadas en estos poderes.

Dichas opciones administrativas incluyen:

- **Ordenanzas de Zonificación** – Dividir la municipalidad en distritos de usos distintos para efectivamente separar usos de terreno que son incompatibles. Por ejemplo, es conveniente separar uso residencial de usos industriales. Esta "zonificación" se define para limitar la clase de actividad que pueda ocurrir dentro de un distrito, y especifica restricciones apropiadas que para prevenir actividades que podrían ser dañosas a las aguas subterráneas de la comunidad.
- **Ordenanzas de Subdivisión** – Se pueden usar ordenanzas de subdivisión para fijar normas de densidad, exigir "espacios abiertos" (espacios sin urbanización) y para regular el desarrollo de urbanizaciones. Todo lo cual puede ejercer impactos significantes sobre la calidad de las aguas subterráneas.
- **Examinación Crítica de Planes de Obra** – Provee la oportunidad de aprobar o no planes de proyectos de urbanización. Es un buen método de asegurar si el proyecto es compatible con los usos del terreno existentes en el área y con la protección de aguas subterráneas.
- **Normas de Diseño** – Se regulan el diseño, la construcción y las operaciones en marcha de varias actividades de uso de la tierra. Imponen requerimientos concretos, tales como el uso de un exterior doble en tanques subterráneos para almacenar productos químicos.
- **Prohibiciones de Contaminantes** – Prohíben el almacenaje o el uso de materiales peligrosos en una área definida.
- **Compra de Propiedad o Derechos de Urbanización** – Garantizan el control de la comunidad sobre las actividades en áreas que reemplazan agua a un acuífero. Para realizar eso, algunas veces la comunidad debería comprar esa tierra, o asegurar los derechos del uso de la superficie.
- **Educación Pública** – Producen apoyo en la comunidad para los programas normativos, tales como los controles sobre fuentes de contaminación en distritos de zonificación especiales. Estimulan esfuerzos voluntarios sobre la protección de las aguas subterráneas tales como la conservación del agua y el manejo de residuos caseros peligrosos.
- **Vigilancia de Aguas Freáticas** – Evalúan la calidad de acuíferos locales, y los pozos públicos y privados para detectar ciertos contaminantes.
- **Recolección de Residuos Caseros Peligrosos** – Eliminan la amenaza de las aguas subterráneas debido a los desechos caseros recogidos que contienen sustancias peligrosas tales como las pinturas, solventes o pesticidas que frecuentemente son desechados en la basura, en el sistema público de aguas negras, o en los sistemas sépticos.
- **Conservación del Agua** – Reducir la cantidad total de agua extraída de acuíferos protege contra la contaminación al disminuir la velocidad con que un contaminante se disemina en el acuífero (por ejemplo, extracciones excesivas de un acuífero situado cerca del océano pueden atraer agua salada al

acuífero y contamina los pozos).

¿Que puede hacer usted para controlar la contaminación?

Usted puede ayudar a su comunidad a proteger sus aguas subterráneas apelando a acciones en el sistema político y a programas en pie en su comunidad. Pero la protección de las aguas subterráneas empieza en casa.

Quizás le sorprenda enterarse que la forma en que usted se deshace de productos usados en casa puede contribuir a la contaminación de las aguas subterráneas de su comunidad. Quizás le sorprenda más que varios productos que usted usa contienen sustancias peligrosas o tóxicas. Productos como aceite de motores, pesticidas, las sobras de pinturas o las latas de pintura, naftalina, los collares matapulgas, herbicidas, limpiadores caseros, y también varias medicinas contienen materiales que pueden dañar las aguas subterráneas y el medio ambiente en general. (**Vea Apéndice 2** para una lista de productos comunes encontrados en casa y sus componentes potencialmente dañosos.) Aunque la cantidad de estas sustancias que usted tira en la basura o pone en el desagüe parece insignificante, multiplíquelo por el número de personas en su comunidad y no le parecerá tan insignificante.

¡No eche nada por el desagüe! Todo lo que usted vierta por el sumidero o el retrete entrará a su sistema séptico o el sistema público de aguas negras de su comunidad. Este método de eliminar productos que contienen sustancias dañosas puede afectar la capacidad de su sistema séptico para depurar desechos humanos. Cuando alcanzan el subsuelo, estas sustancias dañosas, con el tiempo, pueden contaminar las aguas subterráneas. Además, la mayoría de los sistemas públicos de aguas negras no están diseñados para tratar muchas de estas sustancias. Con el tiempo, los contaminantes podrían llegar a aguas superficiales y contaminarlas.

¡No lo tire en la basura! Los vertederos de las comunidades generalmente no están diseñados para contener materiales peligrosos. A medida que la lluvia y la nieve penetran el vertedero, el agua puede ser contaminada por estos productos y con el tiempo llevarlos hasta las aguas subterráneas y superficiales.

¡No lo tire sobre la tierra! Los residuos peligrosos depositados en la tierra o enterrados pueden contaminar el subsuelo, y pueden filtrarse a las aguas subterráneas o llegar hasta agua superficial cercana por resultado del escurrimiento durante las tormentas.

¡Use y elimine los materiales dañosos como es debido! Existen pocas opciones para eliminar los productos peligrosos usados en su casa, así que el primer paso para usted quizá sea limitar el uso de dichos productos. Cuando sea posible, sustituya por un producto no peligroso. Cuando esto no es posible, compre solo la cantidad que necesita. Las cantidades mayores pueden ser menos costosas, pero queda el problema de cómo puede eliminarlas correctamente. Por último, pida a sus funcionarios que patrocinan días de recolección de residuos caseros peligrosos si no lo están haciendo ya. Al ayudar a su comunidad a centralizar la recolección de residuos caseros peligrosos para su eliminación, usted ayudará a su comunidad con una contribución importante a la protección de sus aguas subterráneas.

¿Cómo cuida usted de su sistema séptico?

Su sistema séptico está diseñado para que el efluente descarge desde un tanque a un campo de drenaje, donde microorganismos descomponen el efluente. Si usted no bombea el sistema con frecuencia, los residuos sólidos pueden salir del tanque e introducirse al campo de drenaje. Cualquier sustancia vertida por los desagües también entrará al campo de drenaje y, con el tiempo, a las aguas subterráneas.

Para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas por su sistema séptico:

- Haga una inspección de su sistema séptico anualmente y bombéelo regularmente; no use productos

químicos que prometen asistir la descomposición.

- Tenga cuidado con lo que usted ponga en su sistema séptico; sustancias como café molido, artículos sanitarios y grasas no se descomponen fácilmente en los sistemas sépticos. Las sustancias químicas como pinturas, solventes, aceites y pesticidas se pueden filtrar de su sistema séptico a las aguas subterráneas.
- Limite la cantidad de agua que entra a su sistema séptico; use accesorios domésticos y aparatos diseñados para ahorrar agua.

¿Cómo cultiva usted su jardín?

Si usted usa fertilizantes y pesticidas para la césped o las hortalizas, úselas con moderación.

¿Qué más puede hacer usted?

¡Infórmese y participe! Por todo el país, la gente está empezando a participar en sus comunidades, donando su tiempo y su energía, para mejorar su medio ambiente.

Usted, solo o como parte de un grupo, puede ayudar a educar a su familia, sus amigos y sus vecinos acerca de la importancia de las aguas subterráneas en su comunidad.

12. COMPONENTES POTENCIALMENTE PELIGROSOS DE PRODUCTOS CASEROS

Producto	Componentes Tóxicos o Peligrosos
Anticongelante (gasolinas o sistemas	metanol, glicol etilénico
Fluido para transmisiones automáticas	destilados de petróleo, xileno
Acido de acumulador (electrolito)	ácido sulfúrico
Desengrasadores para entradas de coches y garajes	solventes de petróleo, alcoholes, éter glicólico
Desengrasadores para motores y metales	hidrocarburos clorinados, tolueno, fenoles,
Limpiadores de motor y radiador	solventes de petróleo, acetonas, butanol, éter glicólico
Fluidos hidráulicos (fluidos para frenos)	hidrocarburos, fluorocarbonos
Aceites de motor y aceites de residuo	hidrocarburos
Gasolina y combustible para motores jet	hidrocarburos
Combustibles de diesel, queroseno	hidrocarburos
Grasas, lubricantes	hidrocarburos
Antioxidantes	fenoles, metales pesados
Detergentes de lavacoches	sulfunatos aquílicos de benceno
Ceras y pulimentos para coches	destilado de petróleo, hidrocarburos
Asfalto y brea para techos	hidrocarburos
Pinturas, barnices, tinturas, tintes	metales pesados, tolueno
Diluyentes de pinturas y lacas	acetona, benceno, tolueno, butil, acetato, acetonas
Quitadores de pintura y barniz, deslustradores	cloruro de metileno, tolueno, acetona, xileno, etanol,
Limpiadores de brochas de pintura	hidrocarburos, tolueno, acetona, metanol, glicoles etilenos,

	cetonas metílicos etilenos
Despojadores de pisos y muebles	xilenos
Pulimentos para metales	destilados de petróleo, ixopropanol, nafta de petróleo
Quitadores de mugre y manchas de ropa	destilados de petróleo, percloroetileno
Quitamanchas y fluidos de tintorería	hidrocarburos, benceno, percloroetileno, tricloroetano 1.1
Otros solventes	acetona, benceno
Sal de piedra (Halita)	concentración de sodio
Refrigerantes	triclora 1,1,2 – trifloroetano 1,2,2
Quitador de insectos y brea	xileno, destilado de petróleo
Limpiadores caseros, limpiadores de horno	xilenoles, glicoles etilénicos, isopropanol
Limpiadores de sumideros	tricloroetano 1,1,1
Limpiadores de sanitarios	xileno, sulfonatos, fenoles clorados
Limpiadores de letrinas	percloroetileno, diclorobenceno, cloruro de metileno
Desinfectantes	cresol, xilenoles
Pesticidas (toda clase)	naftalina, fósforo, xileno, cloroformo, metales pesados, hidrocarburos clorados
Fotoquímicos	fenoles, sulfito de sodio, cianina, haluro de plata, bromuro
Tinta de imprenta	metales pesados, fenol-formaldeico
Conservadores de madera (creasota)	dentaclorofenoles
Cloruro para piscinas	hipoclorito de sosa
Lejía o sosa caustica	hidróxido de sosa
Limpiadores de joyas	cianuro de sosa

13. REDES DE VIGILANCIA Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA.

Dispositivos de control y vigilancia de la calidad de las aguas

La Consejería de Medio Ambiente tiene competencias de control y vigilancia de las aguas del litoral, para cuyo ejercicio se ha dotado de una serie de redes complementarias de vigilancia.

La Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica

La forma un sistema de estaciones fijas para la vigilancia continua de la calidad del agua en distintos puntos del litoral, así como de los efluentes de diversas industrias.

Existen, pues, unas redes destinadas a la vigilancia y control de la calidad del medio receptor, llamadas Redes de Inmisiones Hídricas, y otras que vigilan y controlan la cantidad y composición de las emisiones contaminantes, llamadas Redes de Emisiones Hídricas. Los datos que proporcionan los distintos equipos, se transmiten en tiempo real a los distintos Centros de Control.

Ambas redes se complementan con sendas redes manuales, que consisten en una serie de puntos de muestreo donde, de una forma organizada, se toman manualmente muestras para su análisis en laboratorio.

La Red de medición de la calidad de las aguas marinas (Plan Policía de Aguas del litoral andaluz) la inició la Agencia de Medio Ambiente en 1988, y se ha venido desarrollando desde entonces de manera ininterrumpida. Su procedimiento es también manual, acometiendo tanto el control de aguas, sedimentos y

organismos vivos. La Consejería de Medio Ambiente cuenta, además, con tres laboratorios en funcionamiento ubicados en Huelva capital, Palmones (Los Barrios, Cádiz) y Motril (Granada), laboratorios que tienen como función principal el control y el seguimiento de los efluentes industriales y urbanos.

También analizan las muestras de inmisión tomadas por los barcos de vigilancia ecológica, supervisan las operaciones de éstos, asisten a cuantos incidentes se produzcan en su zona y colaboran en el mantenimiento de las cabinas automáticas de la Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica.

Hay que destacar, además, la disponibilidad de varias Embarcaciones de Vigilancia Ecológica, cuyas características permiten la toma de muestras tanto de aguas como de sedimentos y organismos marinos, así como la toma de datos in situ. Actualmente están en servicio cuatro: AMA I (con base en Huelva), AMA II (con base en Almería y subbases en Carboneras y Motril), AMA III (con base en Málaga y subbase en Algeciras), y Brazo del Este (con base en Gelves, Sevilla).

Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica (Inmisiones)

La Red de Inmisiones Hídricas forma parte, junto a la Red de Emisiones Hídricas, de la Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica que gestiona la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Actualmente cuenta, la Red Automática de Inmisiones, con 19 estaciones en toda Andalucía, empezó a tomar cuerpo en Huelva (Octubre de 1989), donde existen once estaciones (Huelva capital: 2; Red Litoral: 1; Ría de Huelva: 2; Río Odiel: 2; Río Tinto: 4), El único parámetro medido por estas estaciones es el pH.

En Sevilla consta de cuatro estaciones: las dos primeras fueron instaladas en 1989 y miden O₂ disuelto, temperatura y pH. Se encuentran situadas en la presa de Alcalá del Río y en el muelle del Club Náutico del Puerto de Gelves. Otras dos segundas se instalaron en Abril de 1993 y se encuentran situadas en la esclusa del Canal de Alfonso XIII y en el cortijo de El Mármol.

En Cádiz se instalaron en 1993 cuatro estaciones, que controlan similares parámetros. Dos de ellas se encuentran situadas en el río Guadalete (presa de El Portal y Club Náutico de El Puerto de Santa María), una en el río Guadarranque (confluencia del arroyo Madre Vieja con éste) y la cuarta en el río Palmones (puente en la Carretera Nacional 340).

Red de Control y Vigilancia Manual de la Contaminación Hídrica (Inmisiones)

Red complementaria de la automática, consistente en una serie de puntos de muestreo donde se toman muestras para su análisis en laboratorio. Tales análisis son más exhaustivos que los que pueden generar las estaciones automáticas, incluyendo parámetros como DQO, temperatura ambiente, conductividad, aceites y grasas, fluoruros, amonio, sulfuros, fenoles, Carbono Orgánico Total (COT), plomo, DBO₅, cinc, arsénico, mercurio, cadmio, cromo VI, manganeso, cloro residual, cobre, nitrógeno total, níquel, cromo, oxígeno disuelto, color, sólidos disueltos y decantables, fracción volátil, nitrógeno amoniacal, materia decantable, hierro, fósforo total, nitratos, cianuros, sulfatos o titanio.

Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica (Emisiones)

La Red de Emisiones Hídricas forma parte, junto a la Red Inmisiones de Hídricas, de la Red de Control y Vigilancia Automática de la Contaminación Hídrica que gestiona la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

La Red de Emisiones controla los efluentes de las empresas, fundamentalmente las afectadas por los Planes de Corrección de Vertidos Hídricos de Huelva, Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz. En 1994 se controlaron, en total, 44 emisarios de 30 focos contaminantes. Tal control fue mediante la Red Automática en 35 emisarios de

26 fábricas. Los sistemas de medición en continuo de la Red Automática están implementados para el control de caudal y pH en casi todas las estaciones, y en casos concretos temperatura, turbidez, partículas en suspensión, hidrocarburos, cloro, carbono orgánico y potencial reductor. La Red Automática está implantada en la Bahía de Cádiz (9 estaciones), Bahía de Algeciras (10) y Polo Químico de Huelva (16).

Red de Control y Vigilancia Manual de la Contaminación Hídrica (Emisiones)

Red complementaria de la automática, consistente en una serie de puntos de muestreo donde se toman muestras para su análisis en laboratorio. Tales análisis son más exhaustivos que los que pueden generar las estaciones automáticas, incluyendo parámetros como DQO, temperatura ambiente, conductividad, aceites y grasas, fluoruros, amonio, sulfuros, fenoles, Carbono Orgánico Total (COT), plomo, DBO5, cinc, arsénico, mercurio, cadmio, cromo VI, manganeso, cloro residual, cobre, nitrógeno total, níquel, cromo, oxígeno disuelto, color, sólidos disueltos y decantables, fracción volátil, nitrógeno amoniacal, materia decantable, hierro, fósforo total, nitratos, cianuros, sulfatos o titanio.

En 1995 la Red controló 101 focos de contaminación distribuidos en las provincias de Huelva (47), Cádiz (27), Granada (20) y Sevilla (7). Durante el año fueron analizadas 6.590 muestras.

Red de medición de la calidad de las aguas marinas (Plan Policía de Aguas del litoral andaluz)

La Agencia de Medio Ambiente inició en 1988 el Plan de Policía de Aguas del Litoral Andaluz, por el que se realiza la vigilancia de los niveles de calidad del medio a lo largo de todo el litoral andaluz, en base a tres tipos de muestras: aguas, sedimentos y organismos:

En lo que respecta a aguas, se ha determinado una serie de estaciones de muestreo a lo largo de todo el litoral. Para su selección se ha tenido en cuenta la localización de los siguientes puntos: vertidos directos al mar, depuradoras, polígonos industriales, zonas de marisqueo y las zonas de mayor interés socio-recreativo. En total son 264 estaciones de muestreo de las cuales 214 están localizadas en la zona atlántica y las 50 restantes en la mediterránea.

La periodicidad del muestreo depende de la zona de estudio, siendo trimestral en las zonas que requieren mayor control y anual en aquellas de menor control. En determinadas estaciones situadas en la zona de influencia mareal atlántica se toman dos muestras en cada ocasión, una en pleamar y otra en bajamar. Los parámetros que se analizan, que dependen de la zona de estudio, son: pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, DQO, aceites y grasas, detergentes, cianuros, fenoles, amoníaco, nitratos, nitritos, fosfatos, fluoruros, cromo, cobre, cadmio, plomo, níquel, cinc, manganeso, arsénico, mercurio y pesticidas organoclorados y organofosforados.

Las estaciones para la toma de muestras de sedimentos coinciden con las de agua, siendo anual la periodicidad del muestreo. Los parámetros dependen de las zonas de estudio entre fracción <63 micras, cromo, cobre, cadmio, plomo, níquel, cinc, manganeso, arsénico, mercurio, estaño y carbono orgánico.

La Red Integrada de Calidad de Aguas (Red ICA) y el Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA)

El Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas se basa en la información suministrada por la Red Integrada de Calidad de Aguas (Red ICA), cuyo nombre ya sugiere su origen y funcionalidad: se trata de unificar, e integrar, en una sola red de control y vigilancia de la calidad de las aguas superficiales todas las anteriormente existentes. Así la Red COCA (de control de la contaminación de aguas) que empezó a funcionar en 1962, la Red COAS (de control de aguas superficiales destinadas a producción de agua potable) y la Red Ictiológica dejan de existir para integrarse en la Red ICA.

La Red ICA está actualmente en fase de implantación, ya que no se trata de una mera unificación de redes, sino de su replanteamiento integrado y una significativa ampliación. El SAICA, por su parte, está llamado a dar operatividad a los datos suministrados por la Red de estaciones, basándose en avanzados sistemas de comunicaciones y procesamiento de la información.

La Red ICA cuenta con tres tipos de estaciones: las Estaciones de Muestreo Periódico (EMP), con un funcionamiento similar al que hasta ahora ha tenido la red COCA, es decir basado en la toma periódica de muestras y su análisis en laboratorio, las Estaciones de Muestreo Ocasional (EMO), complementarias de las anteriores y las Estaciones Automáticas de Alerta (EAA), que son la gran novedad de la Red ICA, ya que se trata de estaciones automatizadas que realizan análisis de aguas en continuo y transmiten los resultados a los centros de procesos de datos en tiempo real.

En todo el Estado se proyectan 1.000 EMP, 200 EMO y 115 EAA, aparte de los centros de procesos de datos.

En Andalucía, la antigua Red COCA contaba con 67 estaciones de control, que son de muestreo periódico (EMP). 38 están localizadas en la cuenca del Guadalquivir, 15 en el Sur y 14 en el Guadiana II. Se prevén, además, 26 estaciones de alerta, una en la cuenca del Piedras, 16 en la del Guadalquivir y 9 en el Sur.

Programa de Vigilancia Sanitaria de las aguas de baño

El Programa de Vigilancia Sanitaria de zonas de baño se inició en Andalucía en 1987, en cumplimiento del R.D. 734/88 que, a su vez, ratifica la Directiva 76/166/CE de 8 de diciembre de 1975.

La vigilancia se lleva a cabo por medio de distintos sistemas complementarios: toma de muestras y análisis correspondientes (microbiológicos, físico-químicos y macroscópicos), inspecciones visuales y encuestas sobre calidad ambiental.

Para el control de calidad sanitaria de las aguas litorales de baño, la Consejería de Salud mantiene una Red de control, que en 1995 ejerció control sobre 313 puntos de muestreo en 188 playas de la región.

En cuanto a las aguas de baño continentales, en el año 1993 fueron 71 los puntos de muestreo, en los que se tomaron muestras en la temporada de baño, es decir entre el 15 de junio y el 15 de septiembre. La frecuencia de la toma de muestras es quincenal. En el momento de la toma de muestras se realizan inspecciones visuales y toma de datos medioambientales.

Los parámetros microbiológicos analizados de forma sistemática son Coliformes fecales, Coliformes totales y *Escherichia coli*, y cuando se considera necesario, otros gémenes especialmente patógenos (géneros *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio*).

Siguiendo las indicaciones de las normativas legales citadas, se estima la calidad de las aguas desde el punto de vista microbiológico principalmente (calificación sanitaria).

Las determinaciones analíticas son de tipo microbiológico o físico-químicas, variando los parámetros analizados en cada caso, entre los siguientes: pH, oxígeno disuelto, amoníaco, nitrógeno, nitratos, fosfatos, arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, hierro, cobre, cinc, cianuros, plaguicidas y otros.

La calidad macroscópica es estudiada según los siguientes factores: color, presencia de aceites minerales, sustancias tensioactivas, olor específico a fenol, materias flotantes y residuos.

Las encuestas sobre calidad ambiental de las zonas de baño tratan de conocer la existencia de regulaciones, señalizaciones, adecuaciones recreativas, afluencia de bañistas, edificaciones, vertidos, necesidad de planes correctores, etc.

Red de control de potabilidad de las aguas de abastecimiento urbano

El R.D. 15/1990 crea la Red de Vigilancia y Control Sanitario, basada en la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público, que fuera aprobada anteriormente por el R.D. 1423/82.

La Red supone la existencia de un servicio analítico para la comprobación periódica de las características de potabilidad del agua, en todos los abastecimientos para el consumo público.

La periodicidad y el número mínimo de toma de muestras se establece en relación a la población abastecida, desde una muestra mínima mensual en núcleos de menos de 2.000 habitantes a una diaria como mínimo en los de más de 20.000 habitantes.

Además se establecen cinco tipos de análisis: mínimo, normal, completo, ocasional e inicial.

En el análisis mínimo se incluyen las siguientes determinaciones: olor, sabor, conductividad, nitritos, amoníaco, coliformes totales, coliformes fecales y cloro residual. En el análisis normal se añaden las siguientes determinaciones: turbidez, temperatura, pH, nitratos, oxidabilidad y bacterias aerobias a 37 y a 22°C.

Para el análisis completo se incluyen parámetros adicionales (ap. 3.1 del art. 3º de la Reglamentación) y otros que permiten la valoración del balance iónico de los componentes.

Los análisis ocasionales se motivan por situaciones concretas y sus parámetros serán en consecuencia variables, mientras que los iniciales son los realizados previamente a la explotación del recurso, siendo sus parámetros similares a los completos.

En el año 92 se realizaron en Andalucía 47.984 análisis, de los cuales un 84% fueron de la categoría mínima, un 11,7% de tipo normal, un 3,5% completos y 1,7% ocasionales o iniciales.

Redes de control de las aguas subterráneas

El Instituto Tecno-Geológico de España (ITGME) mantiene, a nivel nacional, la Red general de control de la calidad de las aguas subterráneas, con unos 2.000 puntos y que funciona desde 1976, la Red de Intrusión con 1.400 puntos localizados en acuíferos donde se ha detectado intrusión salina, la Red de control piezométrico con 5.500 puntos que funciona desde 1972 y la Red de aforos con un número de puntos variable y que funciona desde 1972.

Los parámetros controlados en la Red General son: sodio, potasio, calcio, magnesio, sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, fosfatos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, conductividad, pH, oxidabilidad al permanganato y sílice. En el caso que se detecte contaminación, se realizan análisis de oligoelementos: cobre, cinc, cromo, hierro, manganeso, cadmio, aluminio, arsénico y mercurio, estos tres últimos en muy pocas ocasiones.

En la Red de intrusión sólo se analizan cloruros y conductividad.

La frecuencia de los análisis es variable, dependiendo de los resultados de los análisis previos y de la disponibilidad de medios, pero en general se hacen dos muestras al año, una en época de estiaje y otra en época de lluvias, en la Red General, y una muestra bimensual en la Red de intrusión.

14. PLANES Y PROGRAMAS SECTORIALES: ESTRUCTURA DE CADA PLAN Y CADA PROGRAMA.

Plan de Mejora Ambiental del Litoral

El territorio andaluz posee una clara dimensión marítima. Su borde meridional, orientado en el sentido del paralelo geográfico, desarrolla una amplia fachada costera cuyas aguas se reparten entre dos cuencas marinas la Atlántica y la Mediterránea. Desde un punto de vista biogeográfico pertenece a dos regiones oceanográficas: el Mar de Alborán dentro de la región mediterránea y el Golfo de Cádiz parte de la región ibero-marroquí.

El medio marino lejos de ser algo homogéneo, posee una variedad ecológica y una diversidad de ecosistemas y procesos tan extensa como la que puede percibirse en el medio terrestre. El Mediterráneo es, en general, una mar más pobre en recursos marinos que el océano Atlántico, aunque el Mar de Alborán posee una relativa riqueza en nutrientes debido a los aportes de las aguas atlánticas, de tal manera que en parte del Golfo de Cádiz y al oeste de Alborán existen valores similares en la concentración de nitratos y fosfatos. Las aguas atlánticas tienen un plancton rico y variado con un elevado número de unidades taxonómicas y altos valores de diversidad.

Las actuaciones llevadas a cabo en el litoral andaluz hasta ahora se han orientado hacia la corrección de vertidos urbanos e industriales y la mejora de las infraestructuras y equipamientos de las playas. En el primero de los casos, la puesta en marcha de los planes de corrección de vertidos ha supuesto importantes inversiones tanto de la Administración como del sector privado.

En el segundo, es destacable la labor realizada por las Corporaciones Locales, que se ha traducido en una mejora sustancial de las condiciones higiénico-sanitarias de las playas andaluzas, como se aprecia en el hecho de que haya aumentado en los últimos años el número de banderas azules concedidas por la Comunidad Europea.

También hay que tener en cuenta:

Directrices Regionales del Litoral de Andalucía (DRLA), aprobadas en 1990, que contienen Directrices, Líneas de Actuación y Metas, dirigidas a la ordenación y control de actividades del litoral, con una clara dimensión ambiental.

Planes de Ordenación del Territorio Subregionales correspondientes a las aglomeraciones urbanas de Cádiz, Algeciras y Málaga así como los de Costa NO de Cádiz y Poniente Almeriense, en fase de elaboración. Estos planes incorporan diagnósticos actualizados de todos los aspectos territoriales, incluidos los ambientales, así como propuestas de ordenación en el ámbito de las competencias que les atribuye la Ley de Ordenación del Territorio de Andalucía.

Plan de Ordenación del Territorio regional, que identifica el litoral como uno de los ámbitos relevantes que conforman el Modelo Territorial de Referencia. El POTA que considera al litoral como ámbito prioritario de cara al desarrollo de sus estrategias y propuestas, integrando a su vez los planteamientos de las DRLA y orientando el desarrollo de planes subregionales en el litoral. Estas van encaminadas a la resolución de los problemas de competencia por el uso del suelo y por el uso del agua, a la sostenibilidad del turismo y de la agricultura intensiva, al reforzamiento del sistema urbano y el papel estratégico del litoral en sistema intermodal de comunicaciones de la región y la integración con el Arco Mediterráneo, Arco Atlántico y Norte de África, a la valorización del litoral en relación a las fuentes energéticas renovables y a la protección de valores naturales y el paisaje.

Este conjunto de planes operan en cascada para orientar y coordinar el planeamiento urbanístico municipal, depositario en última instancia de buena parte de las responsabilidades de actuación sobre el territorio. El planeamiento municipal no puede, pues, estar ausente de las consideraciones, propuestas y mecanismos de coordinación que se establecen en los planes con efectos territoriales, incluido el PMA.

Iniciativas de cooperación transfronteriza entre Andalucía y Algarve.

Las medidas que contempla el Plan de Mejora Ambiental del Litoral van dirigidas tanto a la consolidación de las tendencias expuestas, como a la consecución de un mejor medio ambiente marino.

OBJETIVO GENERAL

Mejorar la calidad ambiental del litoral, recuperando las zonas degradadas y conservando el medio costero.

OBJETIVOS INTERMEDIOS

Recuperar la calidad ambiental del litoral, disminuyendo las negativas consecuencias ambientales de la concentración de población y de actividades en el mismo.

Ordenar los usos del litoral, defendiendo el dominio público y facilitando su uso y disfrute.

Conservar los ecosistemas litorales, previniendo los potenciales impactos derivados de la dinámica demográfica y económica.

Proteger los hábitats y las especies de flora y fauna que componen el medio ambiente marino, garantizando el mantenimiento de la diversidad biológica.

Recuperar y conservar la calidad de las aguas marinas, de acuerdo a los objetivos de calidad que se establezcan, perfeccionando y ampliando las medidas de vigilancia.

MEDIDAS GENERALES DEL PLAN

Introducción en los planes de carácter territorial elaborados para las aglomeraciones urbanas del litoral, en base a la Ley de Ordenación del Territorio de Andalucía, de las normas y directrices contenidas en las figuras de planificación ambiental y de los criterios ambientales que pudieran establecerse.

Aplicación de los procedimientos de prevención ambiental legalmente vigentes, para todos los planes y programas que incidan en el litoral, particularmente para los de naturaleza urbanística o industrial.

Integración en la política pesquera de una gestión de los recursos del mar que sea compatible con la conservación de la diversidad biológica.

15. PRINCIPIOS DEL DERECHO INTERNACIONAL AMBIENTAL

El objetivo primordial del derecho ambiental es el de regular la actividad del ser humano en sus relaciones con su ecosistema. Es una ciencia multidisciplinaria de interés público que se nutre del derecho social y natural, en constante evolución, de vocación global, ligada íntimamente a la economía, de naturaleza preventiva pero con grandes orientaciones reparatorias e incluso sancionadoras.

La evolución del derecho ambiental en los últimos años ha ido en aumento al aumentar la preocupación por el deterioro del medio ambiente, el agotamiento de los recursos y la globalización de la problemática. "El movimiento ambiental en auge, ha originado una toma de conciencia colectiva sobre la problemática ecológica que deja atrás las simples exigencias de carácter sanitario, para preocuparse por temas como la protección de la naturaleza; la contaminación del aire, del agua y del suelo; y la conservación y defensa del patrimonio histórico-artístico de cada nación." En el plano nacional la evolución es notoria, contando incluso con la inclusión de la materia ambiental en la Constitución Nacional, la Ley Orgánica del Ambiente, la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio", la Ley Penal del Ambiente, la Ley de Fauna Silvestre, la Ley Orgánica Municipal y una gran cantidad de leyes, Decretos, Ordenanzas, Reglamentos, etc. "A partir de la

Constitución Nacional, la Ley Orgánica del Ambiente y la Ley Orgánica de la Ordenación del Territorio, podemos afirmar que el Estado Venezolano ha sido previsor en la declaración de los lineamientos de una política general para la administración ambiental nacional, que se perfila dentro del Derecho Ambiental Integral, al establecer un conjunto de principios rectores y demás dispositivos legales que se corresponden con una visión de amplia perspectiva, hacia la plena caracterización y control de la problemática ambiental del país."

En otros sistemas la evolución del derecho ambiental ha estado unida a una evolución judicial, como es el caso de Estados Unidos, donde la interpretación de las decisiones de los tribunales han desarrollado una legislación ambiental, pero que ha requerido poco a poco una mayor intervención del gobierno para lograr poner orden al uso indiscriminado de recursos o el abuso en el desarrollo de actividades particulares. Vemos como interpretaciones a una cláusula de comercio de la Constitución Norteamericana ha servido de interpretación ampliada del estado para una evolución de una regulación ambiental.

Claro está que el fortalecimiento y multiplicación del derecho ambiental en los países ha originado, sumado a los problemas ambientales que son por naturaleza globales, una rápida expansión del derecho ambiental internacional. La contaminación más allá de las fronteras, la protección de la capa de ozono, de la Antártida, de los océanos, de la atmósfera, así como la reconciliación del desarrollo económico con la degradación ecológica, son vivos ejemplos de las preocupaciones globales que han requerido del desarrollo de una legislación y normativas internacionales adoptadas y orientadas por la comunidad internacional. Las leyes internacionales es un sistema legal que gobierna las relaciones entre los estados. 5

Las respuestas internacionales a problemas ambientales usualmente los encontramos en la ley, la ley es importante porque aporta bases legítimas para la acción de los estados en la comunidad internacional y traslada compromisos necesarios en normativas obligatorias. "El derecho ambiental internacional representa la articulación jurídica de nuestras respuestas a las amenazas impuestas por la raza humana a la integridad de la biosfera y sus procesos naturales." 6

Vemos como la globalidad ha llevado a la comunidad internacional a buscar fórmulas normativas para afrontar problemas ambientales comunes, ejemplos claros los vemos en cuanto a Cambios Climáticos, Ozono, Transporte de Desechos Tóxicos y peligrosos, ballenas, protección de especies amenazadas, biodiversidad, contaminación de las aguas, etc.

Principios de Derecho Ambiental Internacional:

- 1.- Desarrollo Sostenible
- 2.- Principio Preventivo o Precautelar (Precautionary Principle)
- 3.- El que contamine paga
- 4.- Participación Civil
- 5.- Integración regional y global
- 6.- Control de Contaminación integrado
- 7.- Igualdad de derechos y responsabilidades pero con posibilidades de cláusula de nación menos favorecida
- 8.- Asistencia y cooperación ambiental internacional

Legislación Nacional

"La norma más antigua que hemos encontrado es la Ordenanza del Cabildo de Caracas del 29 de abril de 1954, que prohibía que el agua de las tenerías fuera devuelta a las acequias, so pena de una multa de diez pesos oro y eliminación de las tenerías a costa del responsable." 7

Simón Bolívar elaboró una legislación amplia en materia de conservación de las aguas, bosques, agricultura y comercio, cría, fauna, minería y repartimiento de tierras. "el Libertador no utilizó la expresión "Recursos

naturales", porque ésta ha sido acuñada en la época actual, pero el concepto fundamental de la defensa de los bosques, las aguas, la fauna, y también los productos del subsuelo, está claramente expuesto en los documentos que él dictó, firmó e inspiró, durante las campañas de la independencia y sobre todo cuando después de la batalla de Ayacucho llegó la época de la reorganización y el desarrollo de las sociedades que habían conquistado su libertad política bajo la conducción del propio Bolívar." §

"Medidas de Conservación y Buen Uso de las Aguas:

Considerando:

1° Que una gran parte del territorio de la República carece de aguas y por consiguiente de vegetales útiles para el uso común de la vida.

2° Que la esterilidad del suelo se opone al aumento de la población y priva entre tanto a la generación presente de muchas comodidades..." (Simón Bolívar, Palacio de Gobierno en Chuquisaca, 19 de diciembre de 1825)

A pesar de la vaguedad de nuestra legislación en materia de playas y recursos marino costeros, la concatenación de la Ley Orgánica del Ambiente, la Ley Penal del Ambiente, la Ley Orgánica de Régimen Municipal y el Código Orgánico Procesal Penal pueden lograr una mejor protección y el diseño de sanciones efectivas que actúen como castigo al deterioro.

La Acción Individual o Colectiva Ambiental es la mejor herramienta de protección general al medio ambiente, y se aplica en la protección de las playas, las aguas y los recursos marino costeros.

Nuestra Constitución Nacional, en su Artículo 106, contempla la obligación del Estado de defensa, conservación y explotación del medio ambiente estableciéndolo como un bien jurídico de interés colectivo, es decir un derecho inherente a cada ciudadano. En cuanto al delito ecológico este mismo es de peligro y su acción es pública (Art. 20 Ley Penal del Ambiente y 28 de la Ley Orgánica del Ambiente). La responsabilidad de protección es compartida porque tanto el Gobierno Nacional (Ministerios de Ambiente, Defensa y Público), como los Estados y sobre todo los Municipios (Ley Orgánica de Régimen Municipal (LORM) Título III Artículo 36, numeral 10) tienen asignada esa competencia. Por otro lado el Reglamento Parcial No. 1 de la LORM en su Título I Artículo 3 numeral 1° y 8° establece el interés y la participación comunitaria en el mejoramiento de la calidad de vida y la conservación y mejora del medio ambiente, incluso en el Artículo 5 señala la responsabilidad de las Asociaciones de Vecinos de "Contribuir a la conservación y mejoramiento del medio ambiente...". Sabemos que a pesar de estar establecido que la acción penal en materia ambiental es pública queda sin resolverse hasta donde pueden llegar los Municipios, las Asociaciones de Vecinos y los mismos individuos en las potestades de conservación que les otorga la ley (a parte de la acción civil). En otros países latinoamericanos como Brasil; Colombia, Perú, Ecuador e incluso en las propuestas de reforma Constitucional en Venezuela se establece directamente el "Derecho a un Medio Ambiente Sano".

Dentro de las generalidades de la visión internacional de la protección del medio ambiente vemos como a partir de 1972 (Conferencia y Declaración de Principios de Estocolmo) se contempla la defensa, conservación y explotación del medio ambiente como un bien colectivo de primer orden dentro del marco de los derechos humanos, así mismo en la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo y Carta de la Tierra (Río 1992) se contempla el medio ambiente como un interés colectivo y coloca al ser humanos en el centro de las preocupaciones del desarrollo sostenible (uso del medio ambiente para el desarrollo y mejora de condiciones de los individuos sin perjudicar a las generaciones futuras). A pesar de ser Declaraciones "no vinculantes", los mismos Convenios Marco de Diversidad Biológica, Cambios Climáticos y otros, establecen la orientación de los principios de Río como base.

En el caso de Venezuela, en el momento de buscar la acción individual o colectiva para la protección del medio ambiente la ley no es clara al respecto (debido a la acción pública) y se ha procedido a intentar acciones civiles o amparos en los casos ambientales. En el caso de acción civil no se presenta mayor problema porque la misma legislación venezolana contempla acción civil por daño; en el caso del amparo la Ley Orgánica del

Amparo en su Artículo 1° contempla la posibilidad de solicitar el Amparo Constitucional para los derechos garantizados en la Constitución y "aun de aquellos derechos fundamentales de la persona humana que no figuren expresamente en la Constitución". El derecho a un medio ambiente sano es establecido por el derecho internacional y la ratificación de Venezuela de las declaraciones y convenciones relativas al medio ambiente, por lo cual es un derecho inherente a la persona humana por lo cual es procedente la acción de amparo.

El Artículo 22 de la Ley Penal del Ambiente señala que el conocimiento de los delitos ambientales corresponde a la jurisdicción penal ordinaria y da la potestad al Ejecutivo Nacional de crear una policía ambiental con facultades instructoras del proceso. Claro está que la reforma de el sistema penal con el Código Orgánico Procesal Penal introduce elementos nuevos de participación de ONGs y sociedad civil en los procesos (a los cuales no escapará la materia penal ambiental).

El Artículo 22, al remitir directamente a la jurisdicción penal ordinaria, el conocimiento de los delitos ambientales, está incorporando la materia ambiental al procedimiento establecido por el nuevo Código Orgánico Procesal Penal. La participación de Organizaciones Ambientales establecida en el Ordinal 4° del artículo 116, dentro de las clasificaciones y definiciones de la víctima, sujeto de acción directa, establece que "Las asociaciones, fundaciones y otros entes, en los delitos que afectan intereses colectivos o difusos, siempre que el objeto de la agrupación se vincule directamente con esos intereses y se hayan constituido con anterioridad a la perpetración del delito." Este criterio de víctima da derechos directos de presentar querrela e intervenir en el proceso, ser informado de los resultados del proceso, solicitar medidas de protección, adherir su acusación a la del fiscal, ejercer las acciones civiles, ser oída antes de la decisión de sobreseimiento por el tribunal y realizar las impugnaciones (art. 117).

La interpretación de los instrumentos jurídicos señalados claramente permite una acción ambiental y genera posibilidades de acción individual y colectiva, que en sectores de falta de legislación adecuada (protección de las playas, las aguas y los recursos marino costeros) y en general en la protección del medio ambiente.

Por otro lado, beneficia también al medio ambiente la posibilidad establecida en el Código Orgánico Procesal Penal, en su artículo 1°, donde hace clara referencia a la posibilidad interpretativa de los jueces para aplicar los tratados, convenios y acuerdos internacionales suscritos por la República. Del mismo modo el Control de la Constitucionalidad establecido en el artículo 19 permitiría a los jueces interpretar la Constitución Nacional y prevenir el deterioro ambiental, así como sancionar al Gobierno por no cumplir con su obligación de proteger. Otro elemento a tomar en cuenta es la innovación de la participación ciudadana del COPP, que permitirá una mejor visión en cuanto al proceso sancionatorio (Artículo 3, Artículo 61 (tribunales mixtos) y Artículo 62 (tribunales de jurados).

A pesar de haber un desarrollo abrumador de la legislación ambiental a nivel local, municipal, estatal, nacional e internacional, también se han venido desarrollando diversas fórmulas de autorregulación ambiental por parte de los individuos y las empresas que han hecho del derecho ambiental una fuente innovadora de diferentes formas de aplicar el derecho.

Derecho Internacional

Convención de la Ley del Mar (1982)

La Convención de la Ley del Mar (UN Convention on the Law of the Sea) entró en aplicación en el mundo en noviembre de 1994, ella establece una serie de provisiones ambientales que cubren los diversos aspectos de los usos diversos, los abusos y los recursos de los océanos del mundo. Esta convención establece un marco regulatorio global para la explotación racional y la conservación de los recursos de los océanos y la protección del medio ambiente; se establece un modelo sostenible de desarrollo que basa su nivel de acción en el uso racional con visión de protección permanente. Venezuela se abstuvo en la discusión y a la fecha de su entrada en vigencia no ratificó su contenido. El artículo 192 de esta ley establece la obligación de los Estados de

proteger y preservar el ecosistema marino.

Derrames de Hidrocarburos

Cuando pensamos en contaminación de las aguas y costas lo primero que muchas veces llega a la mente es la contaminación producto de los derrames de hidrocarburos.

La contaminación del medio ambiente por el petróleo toma diversas formas y proviene de diferentes fuentes. Existe una cantidad de contaminación atmosférica por la emisión de vehículos, pero la contaminación de petróleo y sus derivados en el ecosistema marino aparentemente es la forma más clara de ver el impacto directo. La contaminación por petróleo entorpece las actividades pesqueras, recreativas, económicas, turísticas. La contaminación de los mares susceptibles de actividad de pesca no solo afecta al ecosistema sino que genera problemas económicos para las personas que dependen de esta actividad generando otros deterioros conexos. Perdemos diversidad con la contaminación, miles de especies desaparecen por la acción directa de esta fuente de polución. Estudios de la Federación Internacional de Dueños de Tanqueros (1996) estiman que la cantidad estimada de petróleo que se vierte en los ecosistemas marinos es de aproximadamente 3.2 toneladas métricas por año. La contaminación por tanqueros esta estimada en un 22 %.

A nivel internacional se han desarrollado un gran número de convenciones y tratados bilaterales y multilaterales en busca de prevenir y sancionar la contaminación por hidrocarburos. MARPOL establece una prohibición para la descarga de petróleo o derivados. La Convención de los Mares de 1969 autoriza a las partes de la convención a tomar acciones en contra de los buques en alta mar a fin de prevenir, mitigar o eliminar el peligro grave o inminente a sus líneas costeras o debido al interés de prevenir la amenaza de contaminación en las aguas.

En relación a la compensación y responsabilidad civil, existe una gama de convenciones internacionales y contratos privados entre diferentes países. Estos instrumentos determinan el monto y a quien las compensaciones van dirigidas. Existe la Convención Internacional en Responsabilidad Civil por Daños Producto de la Contaminación de Petróleo (International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage) y su Protocolo Adicional de 1969, La Convención Internacional que establece un Fondo Internacional para la Compensación por la Contaminación Petrolera (International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage) y su Protocolo Adicional, Acuerdo Voluntario de Propietarios de Tanqueros.

Venezuela ha ratificado (Ley Aprobatoria) la "Convención Internacional para Impedir la Contaminación de las Aguas del Mar por los Hidrocarburos (1954), la Ley de Vigilancia para impedir la Contaminación de las Aguas por el Petróleo". De la primera vale la pena señalar que es una de los primeros instrumentos jurídicos orientado a la protección del ecosistema marino.

MARPOL (1973/78)

Esta convención (International Convention on the Prevention of Marine Pollution from Ships) establece una guía completa para los constructores de buques y dueños de embarcaciones de las previsiones y regulaciones que deben seguir para prevenir activamente la contaminación marina por hidrocarburos. Bajo Marpol, el dueño de la nave no puede descargar hidrocarburos o mezclas en el mar, salvo que se cumplan ciertos criterios en escasas excepciones. Esta convención no solo cubre a buques que transportan hidrocarburos sino que se aplica a otros tipos de naves cuyo transporte sea de sustancias susceptibles de contaminar.

Carta de Derechos y Deberes Económicos de los Estados

Artículo 29: "Los fondos marinos y oceánicos y su subsuelo fuera de los límites de la jurisdicción nacional, así como los recursos de la zona, son patrimonio común de la humanidad ... todos los Estados deberán

asegurar que la exploración de la zona y la explotación de sus recursos se realicen exclusivamente para fines pacíficos y que los beneficios que de ello se deriven se repartan equitativamente entre todos los Estados, teniendo en cuenta los intereses y necesidades especiales de los países en desarrollo; mediante la concertación de un tratado internacional de carácter universal que cuente con el acuerdo general, se establecerá un régimen internacional que sea aplicable a la zona y sus recursos y que incluya un mecanismo internacional apropiado para hacer efectivas sus disposiciones."

Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otros Materiales (1972)

Busca impedir la contaminación del mar por el vertido de desechos y otros materiales que puedan constituir un peligro para la salud humana, dañar los recursos biológicos y la vida marina. Trata de evitar que sigamos usando los mares como basurero gratuito.

Convenio Relativo a Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (1971)

Se pretende impedir la pérdida de Humedales, conservando su flora y fauna y buscando la restricción de actividades y la prevención.

Convención de Basilea (Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación" (1989)

Esta Convención crea una base normativa general para regular más no prohibir las exportaciones e importaciones de estos materiales peligrosos. Se basa en la búsqueda de la reducción al mínimo del desperdicio, el intento por eliminar los desechos cerca de su producción, solo permite el transporte de desechos cuando es una mejor solución ambiental y exige la transportación segura del desecho no alterando el medio ambiente.

Visión Comparada (Regulaciones en Estados Unidos)

Marine Protection and Sanctuaries Act (1972): Permite designar áreas específicas como santuarios marinos (equivalentes a parques nacionales), garantizándoles una efectiva protección.

Costal Zone Management Act (1972): Incentiva el manejo prudente y la conservación de las zonas costeras.

Legislación Nacional Importante en el Tema:

Constitución Nacional:

La legislación y política para la protección y manejo de los recursos naturales es responsabilidad del Estado según se establece en nuestra Constitución Nacional de 1961.

Artículo 106: Obligación del Estado de defender y preservar el ambiente en beneficio del colectivo.

Artículo 7(Segundo Aparte): Recursos naturales son parte integrante de nuestro territorio

Artículo 76: Derecho a la protección de la salud

Artículo 96: Da la oportunidad de imponer limitaciones a las actividades por razones de seguridad, sanidad o interés social.

Artículo 97: Permite al Estado la reserva de determinadas industrias y actividades, explotaciones y servicios de interés público por razones de conveniencia nacional.

Artículo 98: Reconoce la planificación como elemento e instrumento político.

Artículo 99: Declara de función social la propiedad y permite las restricciones y limitaciones por causas de

utilidad pública y social.

Artículo 101: permite la expropiación por causas de interés público o social.

Artículo 136 (ords. 10° y 18°): Establece la responsabilidad y autoridad del Ejecutivo Nacional para el manejo de áreas prioritarios como las minas y la producción agrícola, ganadera, pesquera y forestal.

Ley de Administración Central:

Tiene por objeto determinar el número y organización de los Ministerios y su respectiva competencia, así como también la Organización y funcionamiento del Consejo de ministros y los demás órganos de la Administración Central. Esta Ley establece en su Sección Décima Tercera las competencias y responsabilidades del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales renovables." Artículo 36: Corresponde al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables la planificación y la realización de las actividades del Ejecutivo Nacional para el fomento de la calidad de vida, del ambiente y de los recursos naturales renovables; la elaboración y ejecución de los programas de conservación, defensa, mejoramiento, regulación, aprovechamiento y uso de las aguas, de los bosques, de la tierra y de los suelos; el catastro, la conservación, defensa, mejoramiento y regulación de la fauna y la flora silvestre; los parques nacionales..."

Código Civil:

Reitera en su artículo 545 la posibilidad de el Estado de imponer restricciones a la propiedad, dentro de las cuales se puede incluir las restricciones ambientales. "La propiedad es el derecho de usar, gozar y disponer de una cosa de manera exclusiva, con las restricciones y obligaciones establecidas por la Ley." 9

Ley Orgánica del Ambiente:

Establece los lineamientos y principios rectores de la actividad de manejo y política ambiental de Venezuela. "Tiene por objeto establecer dentro de la política del desarrollo integral de la Nación los principios rectores para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente en beneficio de la calidad de vida." 10 La Ley Orgánica del Ambiente institucionaliza el planeamiento ambiental como parte del sistema de planeamiento nacional, establece comités para la defensa, conservación y mejora del ambiente en cada Municipio y reitera que la máxima autoridad para el diseño de políticas es el Presidente de la República. A pesar de que en esta ley se establece la creación del Consejo Nacional del Ambiente, la creación del Ministerio del Ambiente elimina ese Consejo asumiendo la responsabilidad gubernamental ambiental.

Bajo esta Ley, las actividades que puedan degradar el ambiente son sujetas a control por el Ejecutivo Nacional, actuando a través de sus agencias (Ministerio del Ambiente). Las actividades capaces de degradar el ambiente son (Art. 20): (1) Aquellas que directamente o indirectamente contaminen o causen deterioro del aire, agua, mar, suelo, subsuelo o que puedan tener un impacto desfavorable en la fauna o la flora; (2,3) Alteraciones dañinas a la topografía, flujo de aguas, riveras de ríos y lagos, (4,5) Sedimentación y cambios dañinos de cursos y cuerpos de agua, (6) Introducción y uso de sustancias no biodegradables, (7) Ruidos molestos, (8) deterioro de ambientes naturales, (9) Modificación del clima, (10) actividades que emitan radiación ionizante, (11) Las que propenden a la acumulación de residuos, basuras, desechos y desperdicios, (12) las que propenden a la eutricación de lagos y lagunas, (13) "Cualesquiera otras actividades capaces de alterar los ecosistemas naturales e incidir negativamente sobre la salud y bienestar del hombre."

Esta ley declara, en su artículo segundo, la defensa, conservación y mejora del ambiente de utilidad pública. Así mismo establece que es un bien jurídico de interés colectivo y establece que es un delito de peligro de acción pública (Art. 28).

La Ley Orgánica del Ambiente nos permite establecer claramente las características del delito ambiental por definirlo como un delito de peligro, que establece una culpabilidad por acciones dolosas y culposas, y es un

delito de acción pública.

Las medidas conservatorias que se establecen en la LOA son:

- 1) Reales: De efecto punitivo, reparatorio y disuasivo. No solo buscan castigar sino también restablecer el orden y desalentar las agresiones contra el ambiente.
 - 1.1– Conservatorias (evitan la continuidad de las agresiones) (Ej.: Clausura y supresión de instalaciones y establecimientos, interrupción de actividades)
 - 1.2.– Reparadoras (buscan reparar el daño ocasionado) (Ej.: Ejecución forzosa de trabajos)
 - 1.3.– Punitivas (sanciones al daño)(son ocupación y suspensión, también retención de agentes contaminantes)
- 2) Reparadoras: Ataca los resultados del daño, atenúa las agresiones.
 - 2.1.– Restauración: reparación del ambiente deteriorado.
 - 2.2.– Conformación de sitios y obras construidas de manera irregular.
 - 2.3.– Compensación: por ejemplo fortalecer otra zona no afectada.
 - 2.4.– Reordenamiento: recuperación de la zona con otro fin cuando no es posible el inicial.

Una de los mayores aciertos de la LOA es la exigencia a las empresas o particulares de los Estudios de Impacto Ambiental para cualquier desarrollo que pueda alterar el medio ambiente. El Ministerio emite o no una autorización que puede estipular las condiciones aplicables, limitaciones y restricciones (art. 21), así como establece criterios de manejo y supervisión.

Ley Forestal de Suelos y Aguas:

Rige la conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales de la flora, suelos y aguas y sus derivados.

Ley del Instituto Nacional de Parques:

Esta ley permite la creación del instituto para el manejo de los parques nacionales, parques recreacionales, monumentos naturales, reservas de biosfera y refugios naturales. Tenemos como ABRAE 50% del territorio nacional, 39 parques Nacionales (15%), 17 monumentos Naturales, 7 Refugios de Fauna Silvestre, 2 reservas para la construcción de Presas y embalses, 2 Reservas de Biosfera, 48 zonas protectoras, 9 reservas nacionales hidráulicas, 10 reservas forestales, 8 lotes boscosos, 2 áreas boscosas bajo protección, 5 áreas hídricas con prioridad de tratamiento, 3 áreas rurales de desarrollo integrado, 7 zonas de aprovechamiento agrícola, 2 áreas de protección de obras públicas. Total: 56.054.058 hectáreas

Ley Orgánica de Régimen Municipal:

Otorga competencias a los municipios en materia ambiental, en especial en protección ambiental, planeamiento urbano, manejo de desechos, manejo de aguas, protección de la salud, saneamiento ambiental, ornato público, etc. El artículo 36 (ordinal 10) establece la competencia del Municipio en la "Protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental." así como el aseo urbano, lucha contra los incendios, acueductos drenajes y cloacas, planes de desarrollo urbano y local, ordenación de mataderos (Artículo 36, ord. 1,2,3, 8, 12,13).

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio:

"Tiene por finalidad política asegurar que la ocupación, poblamiento y explotación de los recursos naturales para el desarrollo económico, se hagan de acuerdo con las características, aptitudes y limitaciones del medio, en consonancia con las necesidades de la población y con miras a una calidad de vida satisfactoria." 11

"Artículo 1. La presente Ley tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la Estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación."

Ley Penal del Ambiente:

La Ley Penal del Ambiente define los actos que violan las disposiciones legales para la conservación, defensa y mejora del medio ambiente y establece sanciones para aquellos que violen esas provisiones legales. El Objeto de la Ley (Art. 1) es la tipificación de los delitos ambientales, establecer sanciones y establecer medidas precautelativas (restricción y reparación). Esta Ley también autoriza a los tribunales de ordenar medidas preventivas, restrictivas y reparatorias cuando lo considere apropiado. Si el acto es cometido fuera de las fronteras de Venezuela (extraterritorialidad) la persona es responsable si hablamos de un bien jurídico protegido por la Ley Penal del Ambiente, el indiciado debe venir al país, la acción debe ser por parte del Ministerio Público y no puede haber sido juzgado en el exterior por el mismo crimen (a menos que este evadiendo sentencia).

Las responsabilidades y acciones en contra de las personas naturales que contempla la LPA son prisión, arresto, multa y trabajo comunitario, así como sanciones accesorias de inhabilitación para el ejercicio de funciones públicas y profesión, arte e industria, publicación de la sentencia, obligación de destruir y neutralizar las sustancias y materiales contaminantes, suspensión de permisos y prohibición de contratar.

En materia de sanciones a personas jurídicas consideramos que el legislador se "equivocó" al redactar con un obvio vacío legal el artículo 3° de la LPA donde establece los requisitos para sancionar a las personas jurídicas donde pareciera que requiere unos supuestos de hecho concurrentes para poder establecer la responsabilidad. La Ley Penal del Ambiente requiere que se den al mismo tiempo:

- 1) Que el hecho punible haya sido cometido por decisión de sus órganos (de la persona jurídica). Esto presupone el difícil arte de probar que en la junta directiva de una compañía se decidió por ejemplo talar, contaminar o quemar, cosa que en la práctica no pasa.
- 2) En el ámbito de la actividad propia de la entidad. Esto nos indica que si tenemos una compañía de refrescos que construyendo un parque para la distracción de sus empleados destruye una rivera de un río entonces no hay responsabilidad de la empresa.
- 3) Con sus recursos sociales. Si la empresa destruye haciendo uso del capital y maquinarias de otra empresa entonces no sería responsable.
- 4) Siempre que se perpetre en su interés exclusivo o preferente. La no existencia de un interés exclusivo sino mas bien colectivo podría hacer inexistente la vinculación necesaria de la persona jurídica.

Cada uno de los requisitos por separado son sumamente difícil de comprobar, peor es al hacer la lectura y aplicación lógica de la Ley donde encontramos la concurrencia que hace imposible la acción penal contra personas jurídicas sin caer en un exabrupto legal. Peor es aún cuando estudiamos el artículo 4° de la misma Ley y encontramos que al legislador se le olvidó establecer que tipo de sanciones se establecen para los representantes jurídicos de las empresas, ¿Será acaso de persona natural? o hay un supuesto olvidado. Consideramos que simplemente se les "olvidó". Este comentario se hace a la luz de que se establecen con claridad las sanciones a personas naturales (que cometen directamente el hecho), personas jurídicas (multa, prohibición de la actividad y clausura), pero se les olvidó lo de los directores y representantes de personas jurídicas.

En mi opinión la Ley establece el criterio novedoso de las Leyes Penales en Blanco (que permite que otras normativas más prácticas y especiales desarrollen ciertos criterios que para el legislador sería muy difícil e incompleto con en otro riesgo de la desactualización tecnológica), pero más bien se estableció una normativa con vacíos legales considerables a lo largo de todo su articulado que la hacen sumamente débil y difícil de aplicar. Tal vez el nuevo Código Orgánico Procesal Penal permita la interpretación y mejor aplicación práctica de la Ley.

La ley esboza un criterio de separación de factores y medios (no es una ley multimedia, que es la visión moderna del tratamiento ambiental). Vemos como el Capítulo Primero se dedica a el agua, el segundo a las cuencas, el tercero a los suelos, el cuarto al aire y el quinto la flora, fauna y las Abraes.

Dentro del tema que nos ocupa (las playas, las aguas y los recursos marino costeros a la luz del derecho ambiental) el Capítulo II "Del Deterioro, Envenenamiento, Contaminación y Demás Acciones o Actividades Capaces de Causar Daño al Medio Lacustre, Marino y Costero", establece sanciones contra las descargas contaminantes, la construcción de obras contaminantes, la degradación de las playas, la contaminación por fugas o descargas, la omisión de aviso, vertido de hidrocarburos y la pesca ilícita.

Artículo 35: "El que descargue en medio lacustre, marino y costero, en contravención a las normas técnicas vigentes, aguas residuales, efluentes, productos, sustancias o materiales nobiodegradables o desechos de cualquier tipo, que contengan contaminantes o elementos nocivos a la salud de las personas o al medio lacustre, marino o costero, será sancionado con prisión de tres (3) a doce (12) meses y multa de trescientos (300) a mil (1.000) días de salario mínimo."

Artículo 37: "El que, con peligro o daño o degradación del medio lacustre, marino o costero, impida o dificulte el acceso a las playas con muros, barreras u otros obstáculos, será sancionado con arresto de cuatro (4) a ocho (8) meses y multa de cuatrocientos (400) a ochocientos (800) días de salario mínimo."

Ley de Amparo: La amplitud de interpretación de los derechos y garantía fundamentales permite la solicitud de amparos constitucionales por la violación del derechos a un medio ambiente sano, que surge de la aplicación conexas de los contenidos de la Constitución Nacional con los compromisos internacionales que ha asumido la República.

Ley de Protección de la Fauna Silvestre: Rige la protección y aprovechamiento racional de la fauna silvestre.

Ley de Pesca: Pesca de peces, crustáceos, moluscos, espongiarios y demás especies con respiración branquial de la fauna marítima, fluvial o lacustre.

Ley Orgánica de Ordenación Urbanística: Tiene por objeto la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio nacional con el fin de lograr el crecimiento armónico de los centros poblados. En su artículo 86, ordinal 4 la ley considera como una de las variables urbanas fundamentales las restricciones por seguridad o por protección ambiental.

Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos: A pesar de que no es una ley ambiental, el hecho de que el Ejecutivo Nacional y Municipal (administración pública) sea responsable de la planificación y desarrollo de policías y actividades, y en especial de el otorgamiento de permisos, supervisión y acciones ambientales, implica que el administrador debe regirse por la LOPA.

Otras Leyes: Código Penal (Art. 349, 357 y 356 por remisión del Art. 36 de la LOA), Ley de sanidad Nacional, Ley sobre Defensa Sanitaria, Vegetal y Animal, Ley de Abonos, Ley de Hidrocarburos, Ley de Vigilancia para Impedir la Contaminación de las Aguas por Petróleo,

Proyectos: Proyecto de Ley del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Proyecto de Ley de Playas y Zonas Adyacentes

Conclusión

Mea Culpa del MARNR: "A pesar de los esfuerzos por hacer de los instrumentos legales un sistema coherente, éste no ha logrado satisfacer completamente las interrogantes y demandas planteadas para alcanzar un desarrollo equilibrado con énfasis en el mejoramiento de la calidad de vida de la población." "El marco legal venezolano, pese al número de normas que lo constituyen, presenta vacíos, y en algunos casos, antagonismos." "El hecho de que no exista precisión en la competencia de algunas leyes, la interferencia o la

superposición de atribuciones agravan más aún el problema. En muchos casos ni ciudadano ni el funcionario puede definir, exactamente, a cuál ley debe acogerse para determinar la acción legal o el procedimiento más conveniente."

LEYES VIGENTES

LEY DE VIGILANCIA PARA IMPEDIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR EL PETRÓLEO (G.O. No. 19.426)(VO. 25, 1937)

LEY SOBRE EL MAR TERRITORIAL, PLATAFORMA CONTINENTAL, PROTECCIÓN DE LA PESCA Y ESPACIO AÉREO (G.O. EXT. 496)(AGOSTO DE 1956)

LEY FORESTAL DE SUELOS Y AGUAS (30/12/1965) (G.O.No. EXT. 1004, ENERO 1966)

REGLAMENTO DE LA LEY FORESTAL DE SUELOS Y DE AGUAS DEL 11 DE FEBRERO DE 1969 (G.O. No. EXT. 1268)(MARZO DE 1969)

DECRETO DEL 15 DE SEPTIEMBRE DE 1939 QUE FIJA LAS AGUAS TERRITORIALES DE LA REPÚBLICA (G.O. No. 19981, SEPTIEMBRE 1939)

RESOLUCIÓN No. 10 DEL MARNR QUE DICTA LAS NORMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS URBANAS (G.O. 31230 DE MAYO DE 1977)

DECRETO No. 2224 DE FECHA 23 DE ABRIL DE 1992 "NORMAS PARA REGULAR LA DESCARGA DE VERTIDOS LÍQUIDOS A CUERPOS DE AGUA" (G.O. No. EXTR. 4.418 DEL 27 DE ABRIL DE 1992)

LEY POR LA CUAL SE ESTABLECE UNA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA A LO LARGO DE LAS COSTAS CONTINENTALES E INSULARES DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA (GO No. EXTR. 2291, JULIO 1978)

LEY APROBATORIA DE LA CONSTITUCIÓN DE LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA (1948)

LEY APROBATORIA DEL TRATADO PARA LA PROHIBICIÓN DE PRUEBAS NUCLEARES EN LA ATMOSFERA, EL ESPACIO EXTERIOR Y BAJO EL AGUA (1963)

LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE (15 DE JUNIO DE 1976) (G.O.No. 31.004)

LEY PENAL DEL AMBIENTE (5 DE DICIEMBRE DE 1991)(G.O.EXTR. 4.358)

DECRETO NO. 2213 (23 DE ABRIL DE 1992) REGLAMENTO PARCIAL DE LA LOA SOBRE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (G.O. EXTR. 4.418)

DECRETO No. 2227 (23 DE ABRIL DE 1992): NORMAS TÉCNICAS PARA CONTROLAR EL EJERCICIO DE LA ACTIVIDAD PESQUERA (MODIFICADO POR EL DECRETO 2667 EN DICIEMBRE DE 1992)(G.O.No.EXTR. 4418, ABRIL DE 1992)

RESOLUCIÓN No. 82 DEL MARNR (7 MARZO 1978) POR LA CUAL, Y CON EL FIN DE AYUDAR A PRESERVAR EL PARQUE MOCHIMA, SE PROHIBE A TODAS LAS EMBARCACIONES Y A LAS EMPRESAS QUE CUBREN LAS DIFERENTES RUTAS ENTRE EL TERRITORIO CONTINENTAL VENEZOLANO Y LA ISLA DE MARGARITA, EL BOTE AL MAR DE LAS BASURAS Y OTROS DESECHOS SÓLIDOS, ASÍ COMO DE AGUAS SERVIDAS SIN TRATAR, PRODUCIDOS A BORDO DE SUS NAVES (G.O. No. 31.444 , MARZO 1978)

DECRETO No. 587: PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL LITORAL METROPOLITANO (G.O.31.979, ABRIL 1980)

LEY APROBATORIA DE LA CONVENCION INTERNACIONAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR LOS BUQUES (1973)(G.O.EXTR. 3.640, 30 DE SEPTIEMBRE DE 1985)

DECRETO NO. 1164: ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PLAN NACIONAL DE CONTINGENCIA CONTRA DERRAMES MASIVOS DE HIDROCARBUROS (G.O.No. 33.508, 09 DE JULIO DE 1986)

RESOLUCIÓN No. 132 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (G.O. 29823 DEL 06 DE JUNIO DE 1972) POR LA CUAL SE PROHIBEN LAS ACTIVIDADES EN LAS ÁREAS MARINAS CUBIERTAS POR MANGLARES

DECRETO No. 1843 (19 DE SEPTIEMBRE DE 1991) MEDIANTE EL CUAL SE DICTAN NORMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS MANGLARES Y SUS ESPACIOS VITALES ASOCIADOS (G.O.No.

34.819, OCTUBRE 1991)

LEY DE PESCA (10 DE AGOSTO DE 1944), (G.O.No. 21.529 OCTUBRE 1944)

LEY APROBATORIA DE LA CONVENCIÓN SOBRE PESCA Y CONSERVACIÓN DE LOS

RECURSOS VIVOS DE ALTA MAR (26 DE JULIO DE 1961), (G.O.No. 26.617, AGOSTO 1961)

INSTRUCTIVO No. 28 DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (ENERO DE 1977): ACCIONES A REALIZAR PARA EL OPERATIVO NACIONAL DE SUPERVISIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE DECRETOS DE PROTECCIÓN DE PLAYAS.

LEY APROBATORIA DEL PROTOCOLO DE 1978 DEL CONVENIO INTERNACIONAL PARA

PREVENIR LA CONTAMINACIÓN DE LOS BUQUES (G.O. EXTR. 4.633, SEPTIEMBRE DE 1993)

16. UN RECURSO ESTRATEGICO Y ESCASO : EL AGUA

El **agua** es un **recurso ciertamente escaso** pero con una enorme capacidad multiplicativa **de** la riqueza. No es extraño, por tanto, que la política hidráulica se contemple como algo más que una mera administración técnica o sectorial, imbricándose siempre los componentes sociales y territoriales. El buen uso del **agua** está condicionado actualmente por el grave deterioro que sufre por **contaminación** y por **las** situaciones **de** despilfarro en el consumo.

El **agua, elemento esencial** para el desarrollo **de** los procesos físicos y biológicos, tiene también un carácter insustituible para la actividad humana. Históricamente la presencia **de** recursos hídricos ha sido un condicionante para la aparición **de** los asentamientos humanos que ven garantizada así, no solo su utilización directa para consumo **de las** personas, sino también, para el desarrollo **de las** actividades productivas primarias (agricultura, ganadería).

En **las** regiones mediterráneas, la escasez e irregularidad del recurso ha sido tradicionalmente un factor integrante **de** la estructura productiva y **de** la propia cultura **de** la sociedad, toda vez que ello hace que se desarrollen formas **de** explotación **de** los recursos y tecnologías adaptadas a **las** disponibilidades **de agua**.

Sin embargo, en **las** sociedades industrializadas el desarrollo del aparato productivo ha ido ligado a un fuerte aumento **de las** demandas **de agua** y, consiguientemente, a un nunca antes conocido ritmo **de** explotación del recurso con el que hacer frente a **las** necesidades **de** los núcleos urbanos, **de las** industrias y, especialmente en **las** zonas mediterráneas, **de** la agricultura intensiva **de** regadío. **De** esta forma, en la actualidad, la disponibilidad **de agua** se ha convertido en un **indicador fundamental**, no solo **de** los niveles **de** desarrollo económico, sino también **de** la calidad **de** vida.

Para que el **agua** pueda desempeñar ese papel en **las** sociedades modernas ha sido preciso intervenir profundamente el ciclo natural del **agua**, mediante embalsamientos, elevaciones **de** ríos o acuíferos, canalizaciones, trasvases, etc., así como mediante la alteración **de** sus características físico-químicas (potabilización, **contaminación**, depuración).

Aproximadamente unos 5.400 hectómetros cúbicos, un 32 por ciento del total **de las** aportaciones superficiales y **las** reservas acuíferas, se destina al consumo por parte **de** la población y **de las** actividades económicas. Estos recursos hidráulicos son regulados en superficie mediante embalses (el 74 por ciento del consumo) o son extraídos **de** los acuíferos (el 26 por ciento restante). En el caso **de las aguas** superficiales, el porcentaje **de** la regulación asciende al 26 por ciento y en el **de las aguas** subterráneas la explotación efectiva afecta al 31 por ciento **de las** reservas estimadas.

La cuenca del Guadalquivir concentra los mayores volúmenes **de** regulación superficial, debido sobre todo a **las** importantes infraestructuras **de** almacenamiento **de Sierra Morena** y del *Genil*. Con más **de** 2.000 hectómetros cúbicos **de agua** posee el 63 por ciento **de** los recursos regulados totales, en tanto que **las** restantes cuencas atlánticas cuentan con un 19 por ciento, porcentaje similar al **de** todas **las** cuencas mediterráneas que son **las** que presentan una menor capacidad relativa **de** regulación, debido no solo a sus

menores aportes naturales, sino también a la mayor dificultad **de** la gestión hidráulica que solo adopta dimensiones comparables a la del *Guadalquivir* en los casos **de las** cuencas **de** *Guadiaro* y del *Guadalhorce*.

Por lo que respecta a los **recursos subterráneos** la situación es bien distinta. Así, los máximos niveles **de** explotación **de las** reservas se dan en *las cuencas mediterráneas* (un 47 por ciento), en tanto que en el *Guadalquivir* solo se alcanza a explotar el 19 por ciento **de** los recursos disponibles. Los acuíferos béticos actúan así como principal corrector **de** los desequilibrios existentes en cuanto a recursos entre unas zonas y otras.

La disponibilidad del recurso puede ser evaluada a través del balance entre los recursos y **las** demandas anuales. A ello, sin embargo, debe unirse la consideración **de las** potencialidades **de** incrementar la disponibilidad del agua, no solo a través **de** un aumento **de** la regulación, sino también mediante un mejor conocimiento sobre recursos poco explotados o mal evaluados, mediante la mejora **de las** técnicas de consumo, o favoreciendo el ahorro y la reutilización.

En suma, la organización **de** la explotación **de** los recursos hídricos establece una diferenciación entre distintos modelos territoriales que permiten desvelar hasta que punto el **agua** compromete el desarrollo **de las** distintas partes **de** la región. Esta relación entre **agua** y potencialidades del territorio es enormemente rica en matices.

Configurando una unidad homogénea se encuentra *Sierra Morena*, donde los materiales graníticos favorecen la regulación **de las aguas** superficiales que, casi en su totalidad, son detraídas para su consumo en los núcleos urbanos y regadíos **de** la *vega y campiñas del Guadalquivir*. La práctica ausencia **de** acuíferos explica, como ya se apuntó en otro lugar, el escaso desarrollo **de regadíos tradicionales de montaña**, excepción hecha **de** los vinculados a pequeños acuíferos locales como en el caso **de** *Aracena*. Los bajos niveles **de** demanda previsible dentro **de** la propia sierra y la alta capacidad **de** regulación hacen **de** la zona una pieza esencial para la disponibilidad **de agua** en toda la región, como uno **de** sus principales reservorios.

Por su parte, **las** cuencas **de** los *Sistemas Béticos* que drenan hacia el valle del Guadalquivir (*cabecera, Genil, y Guadiana Menor*) se configuran también como **netas abastecedoras de agua**, añadiendo una peculiaridad como son los aportes pluvionivales **de** *Sierra Nevada*, fundamentales para **las** demandas **de** los regadíos del *curso medio y bajo del Guadalquivir*. En estas áreas se encuentran **las** mayores infraestructuras **de** regulación, destacando **las de Iznájar, el Negratín y el Tranco de Beas**.

En **las** cuencas **de** los *Sistemas Béticos*, el modelo **de** utilización del recurso ha generado numerosas culturas locales del **agua**, tanto en los regadíos **de** los valles **de** montaña, como en **las vegas de Granada y las altiplanicies orientales**. Así, si bien los recursos son también transferidos para **las** zonas **de** mayor consumo, el **agua** constituye a su vez un elemento primordial para el desarrollo **de las** potencialidades territoriales y productivas.

Las áreas agrícolas del interior constituyen uno **de** los ámbitos más deficitarios en cuanto a la disponibilidad del recurso toda vez que casi no cuentan con regulación propia, aunque si con acuíferos desigualmente explotados. Los consumos **de** mayor importancia son los **de las** zonas regables (especialmente **las de** la vega, la desembocadura y la margen izquierda del Guadalquivir), dependientes por lo general **de** recursos importados. No debe olvidarse que se trata **de** los mayores consumidores **de** la región y cuentan con un muy ineficiente manejo del **agua**. **De** esta forma, el balance entre recursos disponibles y recursos consumidos es claramente deficitario, abasteciéndose **de aguas** detraídas en su mayoría **de las** áreas **de** montaña. El modelo **de** utilización del **agua** en **las** zonas regables, y en el caso del *eje del Guadalquivir* como ejemplo más significativo, se caracteriza por su bajo grado **de** eficiencia y, consiguientemente, su excesivo consumo, argumento central **de las** exigencias **de** una reestructuración técnica y productiva **de** estas zonas, en **las que las** potencialidades agrícolas van indisociablemente unidas al ahorro y reutilización del **agua**, como vía para incrementar los recursos disponibles. Por otra parte, el mejor conocimiento sobre los recursos

subterráneos aparece como una alternativa **de** gran interés para la promoción **de** nuevos regadíos locales.

El litoral, por su parte, conforma una **de las** zonas donde más estratégicos son y van a ser a corto-medio plazo los **recursos hídricos**. Pese a que en todo el litoral el **agua** es un factor clave **de** los nuevos procesos **de** desarrollo, ya que aquí es donde mayor ritmo **de** crecimiento tienen sectores **de** gran demanda **de agua** como **las** nuevas agriculturas, el turismo **de** masas, **las** aglomeraciones urbanas o los enclaves **de** industrias básicas, deben diferenciarse **las** características y la problemática **de las** zonas atlánticas y **las** mediterráneas. En **las** primeras predomina la regulación superficial, en **las** segundas la disponibilidad **de agua** se basa casi exclusivamente en **las** reservas acuíferas, en tanto que la escasez **de** recursos regulados propios obliga a detraerlos **de las** zonas **de** montaña adyacentes.

Por contra **las** demandas **de agua** son **de** un enorme volumen, tanto para **las** actividades agrícolas (con un crecimiento del **agua** destinada a regadío superior a otras áreas) como para los usos urbanos (no en vano el litoral cuenta con cinco grandes aglomeraciones urbanas, con los principales enclaves industriales, y con una potente demanda estacional vinculada al turismo). Este balance deficitario entre oferta y demanda **de agua** se traduce en graves problemas **de** sobreexplotación y deterioro **de** los acuíferos y en la necesidad **de** llevar a cabo una política **de** mejora y ahorro en el uso del **agua**, **de** investigación en tecnologías hidráulicas relativas a la recarga y regeneración **de** acuíferos y **de** desalinización **de agua de** mar y, finalmente, también al trasvase **de** recursos **de** unas cuencas a otras, y desde **las** sierras hacia la franja costera.

Por último, **las aglomeraciones urbanas** presentan también una casuística particular en su modelo **de** utilización del **agua**. Localizadas en áreas **de** campiña interior o en el litoral, la disponibilidad **de** recursos propios se limita, en algunos casos, a **las reservas acuíferas**, por lo que su abastecimiento exige importantes infraestructuras que trasvasan los recursos desde **las** áreas **de** montaña. Pese a que **las** demandas urbanas son inferiores a **las de las** actividades agrícolas, presentan la peculiaridad **de** su carácter concentrado y la exigencia **de** unos altos niveles **de** calidad para el consumo humano. A su vez es **de** destacar el papel del conjunto del sistema urbano, pero especialmente **de las** grandes ciudades, en el deterioro del **agua** como focos **de** una enorme capacidad contaminante.

En la definición **de** este modelo, la **iniciativa pública** ha desempeñado una función esencial en cuanto establece **las** estrategias económicas y territoriales para su gestión y distribución. Algunas muestras claras fueron **las** políticas **de** creación **de las** grandes zonas regables públicas **de las** vegas y campiñas del Guadalquivir, principales beneficiarias **de** los **recursos hídricos** y que sin embargo presentan una gran ineficiencia en su utilización; la política **de** localización industrial concentrada **de** los polos **de** desarrollo, o el fomento del modelo turístico **de** la *costa del sol*.

Como se ve, el **agua** puede entenderse a la vez como un **factor potencial o limitante para el territorio y su estructura productiva**. Ello supone que **las** expectativas **de** desarrollo, dependientes entre otros recursos del **agua** (agricultura modernizada, turismo litoral, crecimiento urbano e industrial), han **de** tomar en consideración **las** disponibilidades del recurso así como **las** implicaciones que su utilización tiene en la estructura del territorio y en el equilibrio ambiental.

Entre el **agua** y los procesos **de** desarrollo, puede afirmarse que éstos se hallan hasta cierto punto comprometidos, tanto en áreas abastecedoras estratégicas como **las de Sierra Morena, Cádiz y Málaga**, como en dos **de las** piezas esenciales del territorio en **las** que el **agua** es un elemento decisivo, cuales son el litoral y el *eje del Guadalquivir*, así como en el conjunto **de las** aglomeraciones urbanas y metropolitanas.

Por contra, sectores estratégicos dependen para el futuro **de** la captación **de recursos hídricos** que garanticen el crecimiento **de las** actividades productivas. **Las** limitaciones físicas **de** partida obligan a que **las** alternativas se centren, ante todo, en la introducción **de** tecnologías que mejoren la eficiencia en el consumo (especialmente en el sector agrícola), mediante el ahorro y la reutilización del **agua** una vez depurada. **De** la misma manera parece decisivo el papel que deben desempeñar **las** opciones y alternativas para la transferencia

de recursos hacia donde se localizan **las** demandas más estratégicas, tomando como partida el principio de que el **agua** es un patrimonio común, pero atendiendo inexcusablemente a **las** consecuencias territoriales y ambientales de tales actuaciones.

17. GLOSARIO

A

Acciones antrópicas

Acciones realizadas por la especie humana. Del griego anthropos (hombre).

Acidez

Son ácidas las disoluciones que tienen un pH menor que 7. Esto significa que su concentración de iones H_3O^+ es mayor que la de iones OH^- . Las disoluciones ácidas corroen los metales, tienen un sabor picante característico (ej.: limón, vinagre, etc.) y pueden producir quemaduras y otros daños si se ponen en contacto con la piel, cuando el pH es muy bajo.

Acuífero

acumulación de agua subterránea que impregna una capa de terreno impermeable. Se suele situar sobre una capa de materiales impermeables (arcilla o pizarra). Puede estar o cubierto con otra capa impermeable, en cuyo caso se llama acuífero o manto freático confinado.

Acuífero 23

Los acuíferos españoles se denominan con números. El 23 corresponde a la cuenca del Guadiana.

Aerobio

Proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno. En las zonas de las plantas depuradoras en las que tiene lugar este proceso se mantiene el agua fuertemente agitada para que haya abundante oxígeno en el agua y las bacterias puedan realizar sus procesos metabólicos.

Aguas epicontinentales

Situadas en los continentes. Pueden ser dulces o salobres.

Aislamiento por el hielo

El hielo es peor aislante térmico que el agua, siempre que el agua estuviera quieta, sin turbulencias. En la práctica la movilidad del agua líquida hace que se enfríe mucho más rápidamente que si tiene una cubierta de hielo.

Alud

Gran masa de nieve que se derrumba de los montes con gran fuerza. Procede de la palabra vasca elurte. También se suele denominar avalancha.

Anaerobiosis

Procesos metabólicos que tienen lugar en ausencia de oxígeno. Si es anaerobiosis estricta significa que el oxígeno impide el proceso.

Asbesto

Mineral formado por fibras de silicato de origen natural. Se usa como aislante

pero es muy peligroso porque causa importantes daños a los pulmones, produciendo enfermedades como cáncer de pulmón o asbestosis (acumulación de zonas cicatrizadas en el tejido pulmonar).

Avenidas

Situación que se produce cuando crece el nivel de agua que trae un río y, en poco tiempo, llega una gran cantidad a un lugar que se ve inundado

B

Bacteria coliforme

Bacterias que se encuentran en el intestino humano o en el de otras especies. La más conocida es Escherichia coli. Se usan en los análisis de calidad de las aguas pues su presencia indica contaminación con heces. La Organización Mundial de la Salud recomienda un recuento de 0 colonias por cada 100 ml de agua para beber

Biogás

Gas combustible, mezcla de metano con otras moléculas, formado en reacciones de descomposición de la materia orgánica (biomasa)

C

Cardumen

Banco de peces. Reunión de un gran número de peces que viven muy juntos. Es el principal mecanismo de defensa frente a los depredadores de los peces que viven en las aguas abiertas oceánicas.

Clorofluorocarburos

Moléculas orgánicas formadas por átomos de Cl y F unidos a C. Por ejemplo CCl₃F (Freón-11) o CCl₂F₂ (Freón-12). Se han utilizado mucho en los "sprays", frigoríficos, etc. Son los principales responsables de la destrucción de la capa de ozono.

Colmatar

Rellenarse un terreno con sedimentos arrastrados por las aguas.

Contaminación

Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos.

Contaminante primario

Sustancias producidas en las actividades humanas o en la naturaleza que entran directamente en el aire alterando su composición normal.

Contaminante secundario

Substancia que se forma en la atmósfera cuando algún contaminante primario reacciona con otros componentes del aire.

Convección

Corrientes circulares que transportan calor y materia que se forman en un fluido cuando hay diferencias de temperatura.

Coriácea

Dura.

Coriolis (Efecto de Coriolis)

Es el que experimenta cualquier objeto que se desplaza de norte a sur, o al revés, sobre la superficie de una esfera como la Tierra, que está rotando sobre su eje. Cuando una masa de aire viaja del polo Norte hacia el ecuador, por ejemplo, para cuando ha recorrido un trecho, la superficie de la Tierra se ha desplazado de oeste a este otro trecho y el efecto conjunto de los dos desplazamientos provoca que la masa de aire se vaya desplazando hacia el sur, pero a la vez desviándose hacia la derecha de su trayectoria. Lo contrario ocurrirá en el hemisferio sur

Cuenca endorreica

Espacio que estaba situado entre montañas y que se ha ido rellenando con los materiales erosionados. En la planicie que va quedando es frecuente que se formen lagos de corta vida.

D

Demanda Biológica de Oxígeno: DBO

Es el oxígeno que se consume en un determinado volumen de agua en un plazo fijo de tiempo de tiempo (5 días), a una temperatura estándar (15°C y en condiciones de oscuridad. Nos indica la materia orgánica presente en el agua, porque cuanto más hay, más activas estarán las bacterias aerobias, y más oxígeno se consumirá. Por tanto si la DBO es alta indica contaminación y mala calidad de este agua y al revés.

Desnaturalización de las proteínas

Pérdida de la estructura de las proteínas producida por el calentamiento o por otras causas.

Detritívoros

Que comen detritos, es decir restos dejados por los organismos vivos. Los detritívoros que, como los hongos y las bacterias, descomponen la materia orgánica se suelen llamar también degradadores.

Diatomea

Algas microscópicas formadas por dos valvas acopladas entre sí de modo similar al de las placas de Petri. Sus formas y dibujos son muy espectaculares

Digestor anaeróbico

Depósito cerrado en el que se mantiene un tiempo a los lodos procedentes de la fase aeróbica de la depuradora. En él actúan bacterias en ausencia de oxígeno y se termina de digerir la materia orgánica que traía el agua.

Drenar

Recoger el líquido de un lugar para sacarlo de allí.

Drenado

Canalización y extracción de las aguas que impregnan un terreno.

E

Ecología

Del griego "eco" que significa casa y "logos": estudio. Haeckel empleó esta palabra por primera vez, en el siglo XIX.

Ecosfera

El ecosistema mundial. Abarca todos los organismos vivientes –la biosfera– y las interacciones entre ellos y con la tierra, el agua y la atmósfera.

Efecto de Coriolis

Es el que experimenta cualquier objeto que se desplaza de norte a sur, o al revés, sobre la superficie de una esfera como la Tierra, que está rotando sobre su eje. Cuando una masa de aire viaja del polo norte hacia el ecuador, por ejemplo, para cuando ha recorrido un trecho, la superficie de la Tierra se ha desplazado de oeste a este otro trecho y el efecto conjunto de los dos desplazamientos provoca que la masa de aire se vaya desplazando hacia el sur pero a la vez desviándose hacia la derecha de su trayectoria. Lo contrario ocurrirá en el hemisferio sur.

Electrólisis

Disociación del agua por electrólisis.– Ruptura de la molécula de agua en moléculas de oxígeno e hidrógeno.

Escorrentía

Se usa este término para llamar al agua que resbala por encima del terreno hasta llegar a los cauces de arroyos y ríos.

Especies endémicas

Que sólo se encuentran en ese lugar.

Estomas

Conjuntos de dos células con forma de alubias situados en el epitelio de las hojas de las plantas. Cuando la planta ha perdido demasiada agua, las células del estoma están deshinchadas y el orificio central cerrado, por lo que no sale vapor de agua, aunque tampoco puede entrar CO₂. Cuando la planta dispone de agua en abundancia, las células están hinchadas por lo que se abre el orificio y se puede hacer el intercambio de CO₂ y O₂.

Estridulación

Producción de sonidos haciendo rozar dos partes del cuerpo.

Eutrofización

Palabra procedente del griego que significa "bien alimentado".

Eutrófico

Lago o pantano con abundancia de nutrientes que favorecen el crecimiento de las algas y otros organismos. El resultado es que cuando mueren van al fondo y en su putrefacción se consume el oxígeno y se generan malos olores y se degrada el agua. (Ver capítulos 6 y 12)

F

Fitoplancton

Organismos microscópicos vegetales que flotan en los ecosistemas acuáticos.

G**Guano**

Materia formada por la acumulación de excrementos de las aves marinas en las costas de Perú y norte de Chile. Se emplea como abono por su riqueza en materia orgánica y en compuestos nitrogenados.

H**Hidrocarburos**

Compuestos orgánicos formados por carbono e hidrógeno. Los átomos de C pueden formar largas cadenas. Así, por ejemplo, el hidrocarburo más sencillo es el CH₄ (metano). La gasolina C₈H₁₈ está formada principalmente por diferentes isómeros del octano.

Hidroxilo

Radical HO⁻. Procede del peróxido de hidrógeno (agua oxigenada): H₂O₂

M**Mar de Alborán**

Parte del Mar Mediterráneo que se extiende desde el Estrecho, por debajo de las provincias de Andalucía oriental (Málaga, Granada, Almería)

Microorganismo patógeno

Bacteria, virus u otros organismos de tamaño microscópico que causan enfermedades

N**Neutralización**

Proceso por el que una disolución ácida o básica pasa a ser neutra. Las disoluciones ácidas se neutralizan con disoluciones básicas y al revés.

Nitratos

Compuestos químicos utilizados como fertilizantes en la agricultura. Son una fuente importante de contaminación difusa. En concentraciones altas pueden provocar daños a la salud, especialmente a los niños.

Nivel freático

Superficie que separa la zona del subsuelo inundada con agua subterránea de la zona en la que las grietas están rellenas de agua y aire.

O**Oligotrófico**

Lago o pantano con aguas pobres en nutrientes. Sus aguas son claras y transparentes.

Oxígeno Disuelto

OD: Es la medida del oxígeno disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón). La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve. Por otra parte si el agua está contaminada tiene muchos microorganismos y materia orgánica y la gran actividad respiratoria disminuye el oxígeno disuelto. Un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad

P

parámetro K

K como la densidad a la que el espacio que está siendo estudiado se "satura" de organismos.

parámetro r

r es la tasa per cápita de crecimiento de la población.

Percolar

Acción por la que el agua atraviesa el suelo hacia abajo.

Peroxiacilo

Radical oxidante, de fórmula $\text{CH}_3\text{COO}_2^-$. Con NO_2 forma el nitrato de peroxiacilo (PAN) que se considera el mejor indicador del grado de contaminación fotoquímica. Es mejor indicador que el ozono porque su concentración en la atmósfera en condiciones normales es prácticamente cero.

pH

(de factor de Hidrogeniones. Factor escrito como phaktore). Es un número que nos indica la concentración de hidrogeniones de una disolución. Dado un pH cualquiera, por ejemplo, 7, la concentración de iones H_3O^+ será de 10 elevado a – el número de pH, por ejemplo, en este caso: 10^{-7} . Si el pH es 7 la disolución es neutra (igual número de iones H_3O^+ que de iones OH^-). Si el pH es mayor que 7 la disolución es básica, también llamada alcalina; y si el pH es menor que 7 la disolución es ácida

Q

Quelantes

Sustancias químicas que provocan que partículas pequeñas se unan entre sí para formar una mayor que precipita con más facilidad. También se suelen llamar floculantes.

T

Tiempo meteorológico

Es la situación actual de la atmósfera en un lugar determinado. Está caracterizado por una combinación local y pasajera de temperatura, presión, humedad, precipitaciones, nubosidad. Es cambiante en cuestión de horas o días. Tipos de tiempo son, por ejemplo: borrascosos, caluroso, lluvioso, etc.

Tsunami

Olas de puerto en japonés. El mayor registrado, en Kamchatka en 1737, tuvo

70 metros de altura. Por fortuna son muy poco frecuentes. En mar abierto no son muy peligrosos pero son catastróficos en la costa.

V

Valorización de residuos

Se denominan así a los procesos que permiten aprovechar los residuos para obtener de ellos nuevos productos u otros rendimientos útiles.

Viscosidad del magma

Estado de solidez del magma. Viscoso se contrapone a fluido. Los magmas ácidos que originan rocas de tipo granítico, con abundancia de SiO₂ son más viscosos que los de composición básica que originan rocas de tipo basáltico.

Z

Zooplankton

Organismos microscópicos animales que flotan en los ecosistemas acuáticos.

• **RESUMEN**

Idea general

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas.

En esta página se consideran las fuentes naturales y antropogénicas de contaminación, estudiando dentro de estas últimas las industriales, los vertidos urbanos, las procedentes de la navegación y de las actividades agrícolas y ganaderas.

Naturales

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos.

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos. La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

De origen humano

Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

1. **Industria.** Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos. Normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante.

Sector industrial	Substancias contaminantes principales
Construcción	Sólidos en suspensión, metales, pH.
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
Textil y piel	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
Automoción	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
Química inorgánica	Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos.
Química orgánica	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
Fertilizantes	Nitratos y fosfatos.
Pasta y papel	Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno.
Plaguicidas	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
Fibras químicas	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno.
Pinturas, barnices y tintas	Compuestos organoestámicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

2. **Vertidos urbanos.** La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, etc.), sales, ácidos, etc.

La Directiva 91/271/CEE de la Unión Europea sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, aprobada en mayo de 1991, urge a los estados miembros a tomar las medidas para lograr que todas las aguas residuales sean adecuadamente recogidas y sometidas a tratamientos secundarios o equivalentes antes de ser vertidas. Marca diversos objetivos, dependiendo del tamaño de las poblaciones, que se deben cumplir en tre el año 1995 y el 2005. También exigía a los estados miembros la identificación de las llamadas áreas sensibles –las sujetas a eutrofización y las que se van a dedicar al consumo humano y no cumplen las condiciones de las anteriores directivas europeas– antes de 1993

La obligada construcción de depuradoras en los municipios está reduciendo de forma importante este tipo de contaminación, pero en España la depuración de aguas residuales es todavía muy insuficiente. Menos de la mitad de la población española trataba sus aguas residuales como lo manda la Directiva Comunitaria al comienzo de los noventa y se calcula que en el periodo 1995–2005, será necesario invertir más de dos billones de pesetas para cubrir las necesidades de saneamiento y depuración conforme a la legislación comunitaria.

3. Navegación. Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos.

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, en 1985 se vertieron al mar unas 3.200.000 Toneladas de hidrocarburos. A lo largo de la década de los ochenta se tomaron diversas medidas para disminuir la contaminación de los mares y la Academia de las Ciencias de EEUU estimaba que se habían reducido en un 60% los vertidos durante estos años. Se puede calcular que en 1989 se vertieron al océano algo más de 2.000.000 de toneladas. De esta cifra el mayor porcentaje corresponde a las aguas residuales urbanas y a las descargas industriales (en total más del 35%). Otro tercio correspondería a vertidos procedentes de buques (más por operaciones de limpieza y similares, aunque su valor va disminuyendo en los últimos años, que por accidentes) y el resto a filtraciones naturales e hidrocarburos que llegan a través de la atmósfera.

Convenios como el Marpol (Disminución de la polución marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación.

4. Agricultray ganadería. Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

La mayoría de los vertidos directos en España (el 65% de los 60 000 vertidos directos que hay), son responsabilidad de la ganadería. Se llama directos a los vertidos que no se hacen a través de redes urbanas de saneamiento, y por tanto son más difíciles de controlar y depurar.

La legislación española que transcribe la Directiva Comunitaria 91/676/CEE incide en los vertidos de nitratos de origen agrario, sobre todo en las denominadas zonas vulnerables, las aguas subterráneas cuya concentración en nitratos sea superior a 50 mg/L y los embalses, lagos y otros ecosistemas acuáticos que se encuentren en estado eutrófico o en peligro de estarlo.

Tabla de equivalentes de población (contaminantes expresados en DBO o similar)

Fuente de desechos	Equivalentes población	Fuente de desechos	Equivalentes población
Hombre	1	Vaca	16.4
Plaza de guardería	0.5	Caballo	11.3

Plaza de escuela	0.6	Gallina	0.014
Plaza de camping	0.7	Oveja	2.45
Plaza de hotel	2.1	Cerdo	3
Plaza de hospital	4.0		
<i>Nota: El equivalente de población es el volumen de agua residual o la carga contaminante producida por una persona en una vivienda normal.</i>			

19. ARTICULOS

1. LAS PLAYAS, LAS AGUAS Y LOS RECURSOS MARINO COSTEROS A LA LUZ DEL DERECHO AMBIENTAL

Por Carlos E. Ponce Silén

Los océanos son fuente de vida, vivimos en un mundo acuático, los océanos cubren dos tercios de la superficie de la tierra y son en gran parte responsables de la vida en la tierra. Se estima que hace más de 4 billones de años la primera forma de vida surgió en los océanos y desde entonces se ha establecido una gran red de interacción natural que permite la vida.

De acuerdo con cifras del PNUD, seis de cada diez personas del planeta viven cerca de las costas, creando una vasta secuela de contaminación y destrucción. No solo nos conformamos con contaminar sino que también excedemos los niveles sustentables de pesca, arrojamos cualquier cantidad de desechos y destruimos los ecosistemas marinos. Las consecuencias están a la vista con los niveles de contaminación de las aguas, la reducción de las posibilidades de pesca y las muertes inexplicables de especies marinas.

Sólo pensamos en el daño que producimos cuando vemos grandes titulares con tragedias ecológicas como por ejemplo la muerte de 101 delfines en la tortuga (playa caldera) en enero de 1998 o bien los continuos derrames petroleros que afectan nuestras costas continuamente (Nissos Amorgos, Carenero, Higuerote, etc.). Hemos envenenado diversas áreas del planeta, incluyendo suelos, mares, ríos, lagunas y el aire. Desperdicios orgánicos, gases venenosos, químicos tóxicos, desechos radioactivos, y toda una serie de sustancias contaminantes han sido producidas (en el constante proceso de alteración desarrollado por la especie humana) y arrojadas al entorno. Los efectos han sido catastróficos, no solo con medio ambiente, sino incluso el riesgo y alteración de la salud humana. La balanza entre el riesgo y la avaricia de muchas personas esta rota, vemos como la consideración del factor ambiental dentro de los procesos productivos ha sido mínimo, y más bien es sólo en estos últimos tiempos cuando se ha despertado una conciencia ambiental generalizada. Se ha desarrollado la idea de "pensar en global pero actuar localmente", tal vez los pequeños esfuerzos que desarrolle cada quien serán los necesarios para cambiar los patrones de destrucción.

La protección de los océanos está incorporada dentro de los problemas ambientales de Venezuela (de acuerdo con el MARNR): "Los grandes problemas ambientales son derivaciones de grandes problemas socioeconómicos y se manifiestan en tan íntima relación que se han dicho que la solución de los primeros dependerá en buena medida de la solución de los segundos...Vulnerabilidad Fronteriza y deficiente protección de los océanos, mares y zonas costeras"

A nivel internacional se han desarrollado grandes esfuerzos por unificar criterios en cuanto a la protección de los océanos, mares y recursos marino costeros, y al mismo tiempo se han firmado diversos acuerdos y convenios, como por ejemplo la Convención Internacional de la Pesca de Ballenas (Comisión de Ballenas) en busca de reducir y en algunos casos frenar la pesca de ballenas, la Convención Internacional de Prevención de la Contaminación por Buques (Marpol) que busca regular y prohibir la descarga de petróleo, aceites, basura y

otros contaminantes de los buques. En otras latitudes vemos como la Convención de Barcelona pretende limpiar el Mediterraneo desde 1976.

Como vemos se ha multiplicado la preocupación por los recursos costeros y por los océanos. Durante años los ríos y océanos han sido utilizados como vías de transporte y proveedores de alimentos, pero por otro lado también han sido utilizados como receptorio barato y conveniente de desechos humanos e industriales. Sólo en años recientes ha crecido la preocupación por los mares y océanos como ecosistemas ricos en biodiversidad, ávidos de protección efectiva. Para lograr mantener las actividades de los océanos y preservarlos para el futuro debemos evitar seguir la práctica equivocada de convertirlos en basureros. La contaminación marina es en la mayoría de los casos causada por el producto de los medios de transporte, accidentes tanto de los medios como terrestres, vertido voluntario o involuntario de desechos, desastres producidos en las actividades petroleras (exploración, explotación, transporte y disposición final).

Con esta presentación buscaremos disertar respecto a los principios básicos del derechos ambiental internacional, la escasa legislación nacional para la protección de las playas, aguas y recursos marino costeros, legislación internacional de protección e instrumentos de protección ambiental generales aplicables a el tema en cuestión.

2. UN NUEVO CURSO PARA REGENERAR LAS AGUAS DE ESTADOS UNIDOS

Entrevista con J. Charles Fox, viceadministrador de la Oficina de Aguas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA)

Fox dice que Estados Unidos está en el proceso de restaurar la calidad del agua de sus ríos, lagos y arroyos, para lo cual ha trazado un nuevo curso que hace hincapié en estrategias de colaboración basadas en cuencas hidrográficas completas y las comunidades que sostienen. Fox fue entrevistado por Jim Fuller.

Pregunta: *El presidente Clinton ha dicho que 40 por ciento de las aguas del país todavía están demasiado contaminadas para la pesca y la natación; 25 años después de que el Congreso aprobara la Ley de Agua Limpia. ¿Qué tanto se ha progresado en combatir la contaminación?*

Fox: En este país hemos progresado considerablemente. Hemos invertido literalmente miles de millones de dólares en combatir la contaminación en los últimos 25 años. En 1972, el río Potomac estaba demasiado sucio para nadar en él; el lago Erie estaba moribundo y el río Cuyahoga en Ohio estaba tan contaminado que se incendió. Desde la promulgación de la Ley de Agua Limpia, hemos progresado tremendamente en cuanto a mejorar la calidad general de los ríos, lagos y arroyos de nuestro país. Hemos duplicado el número de vías fluviales sanas donde se puede pescar y nadar, hemos reducido las descargas industriales en millones de libras por año y hemos más que duplicado el número de habitantes a quienes se les presta el debido servicio de tratamiento de aguas negras. Sin embargo, todavía tenemos un largo camino por recorrer. Y eso es precisamente el Plan de Acción de Agua Limpia, el compromiso de la nación de tener aguas sanas para la pesca y la natación.

Pregunta: *¿En qué consiste el Plan de Acción de Agua Limpia?*

Fox: El Plan de Acción de Agua Limpia es una nueva iniciativa importante, anunciada por el presidente Clinton en febrero de 1998 y que tiene por objeto mejorar la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos del país. El presidente ha asignado 651 millones de

dólares en el presupuesto del año fiscal 2000 para llevar adelante esa iniciativa y ha solicitado un aumento total de 2.300 millones de dólares durante cinco años para sanear las cuencas hidrográficas en todo el país. De hecho, hemos doblado la suma disponible para reducir lo que llamamos contaminación de fuentes sin lugar, es decir los desagües contaminados procedentes de fincas, calles y otras fuentes que contaminan nuestras aguas.

La administración también se ha concentrado en un conjunto de iniciativas de agua potable, basadas en las enmiendas de la Ley de Agua Potable Sana promulgadas por el Congreso en 1997. Estas iniciativas requieren más de 2.000 millones de dólares en ayuda financiera anual para los gobiernos estatales y locales a fin de mejorar sus sistemas de abastecimiento de agua potable, de manera que la gente pueda confiar en que cuando abre el grifo sale agua que es sana para tomar, bañarse y ducharse.

Pregunta: *¿En qué forma difiere el Plan de Acción de Agua Limpia de intentos anteriores de solucionar el problema de la contaminación de las aguas?*

Fox: Hay entusiasmo por el Plan de Acción de Agua Limpia por varias razones. Número uno, reúne, por primera vez, los diferentes programas de todos los organismos del gobierno federal para tratar de solucionar los problemas de la contaminación de las aguas en este país. Se ha visto que la EPA sola no puede proveer agua limpia para el público estadounidense. Sólo podemos lograrlo en el grado en que trabajemos juntos con el Departamento de Agricultura y el Departamento de Transporte. De manera que el Plan de Acción es muy atractivo desde ese punto de vista. También es interesante porque ofrece nuevos fondos para todos nuestros organismos, fondos que luego se entregan a los gobiernos estatales, de manea que podamos trabajar en forma colectiva para lograr las metas referentes a la calidad del agua.

Una de las novedades más importantes es que por primera vez examinamos la vertiente en su totalidad. Ello significa que ya no abordamos solamente los problemas originados en una fábrica o finca individual, sino que examinamos todos los distintos problemas de contaminación de las aguas que afectan una región o una comunidad, desde el bosque y la finca hasta el vecindario urbano, de manera que podamos formular soluciones específicas para los problemas únicos de esa región. Hemos tenido un tremendo éxito en nuestro trabajo con los gobiernos estatales. Me sorprendió bastante ver que en un plazo de sólo seis meses, desde que el presidente anunció el Plan de Acción, recibimos planes prioritarios de cuencas hidrográficas de todos los 50 estados y de muchas tribus indias. Es muy grato ver este tipo de entusiasmo. Parece que todo el mundo se da cuenta de que trabajar juntos para solucionar los problemas de la contaminación de las aguas es de interés para todos.

Pregunta: *¿Qué tipo de medidas dispone el Plan de Acción de Agua Limpia?*

Fox: El Plan de Acción incluye 111 medidas nuevas importantes para regenerar y proteger nuestros recursos hidrográficos. Son puntos de acción específicos a los que cada agencia debe responder dentro de determinados plazos. Esos compromisos nos llevan hasta entrado el próximo siglo. El enfoque consiste en tratar de combatir los desagües contaminados de fuentes tales como las calles de las ciudades, patios suburbanos y fincas. Por ejemplo, en colaboración con el Departamento de Agricultura expediremos, por primera vez, permisos de desagüe literalmente para miles de establecimientos de alimentación de animales -- tales como los criaderos de cerdos, ganado y aves, y lecherías -- que producen una cantidad considerable de estiércol que

en última instancia termina en nuestras aguas. Esta estrategia conjunta también incluirá recomendaciones para nuevos reglamentos aplicables a la alimentación de animales, así como medidas voluntarias que pueden tomar los agricultores más pequeños en todas partes del país.

Otro punto de acción requiere que la EPA prepare nuevas pautas para la calidad del agua, a fin de que las playas sean inocuas para la natación, así como un nuevo sistema, con base en Internet, para suministrar al público información directa sobre la condición del agua en las playas. También se utilizará la Internet para ofrecer información sobre las condiciones de salubridad de los sistemas acuáticos en más de 2.000 cuencas hidrográficas en todas partes del país.

También nos proponemos intensificar los esfuerzos de informarle a la gente la relación entre sus actividades y la calidad del agua. En zonas urbanas, por ejemplo, es frecuente que la gente cambie en sus casas el aceite de sus automóviles y derrame el aceite ya usado en los sistemas de desagües pluviales, creyendo que éste será procesado en la planta de tratamiento de aguas negras. Sin embargo, muchos desagües pluviales están conectados directamente con vías fluviales locales, de manera que derramar el aceite en el desagüe es lo mismo que hacerlo en el río. Queremos informar a la gente sobre la forma en que puede contribuir a solucionar los problemas de aguas contaminadas.

Pregunta: *El Plan de Acción también dispone mayores incentivos para los agricultores y otros propietarios de tierras para que adopten prácticas que protegen la calidad del agua. ¿Por ejemplo, podría explicar la manera en que se estimula a los agricultores para que creen amortiguadores de bosques y pastizales de protección a lo largo de ríos y arroyos?*

Fox: Uno de los interesantes avances tecnológicos que hemos visto, en cuanto al control de la contaminación del agua, es que algunas de las técnicas que se utilizaban en las décadas de 1930 y 1940 para proteger la calidad del agua realmente tienen mucho sentido hoy en día. Cuando se instala lo que llamamos franjas amortiguadoras a lo largo de vías fluviales podemos, por una parte, reducir la cantidad de contaminación que escurre de campos agrícolas a los ríos y, por la otra, crear áreas ribereñas a lo largo de vías fluviales para acomodar fauna silvestre. Estas zonas de amortiguación, que pueden ser de 3 a 60 metros de ancho, también pueden proveer los elementos nutritivos esenciales para los peces y ofrecen beneficios en la prevención y control de inundaciones, a la vez que reducen la contaminación que llega al agua. Es una tecnología fabulosa.

Pregunta: *¿Qué tan importante es la restauración de zonas pantanosas en la lucha contra la contaminación del agua?*

Fox: Uno de los puntos del plan de acción del presidente propone la creación de 40.000 hectáreas de zonas pantanosas al año, comenzando en el año 2.001. Esto incluye un aumento de 50 por ciento en las zonas pantanosas restauradas por el cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos. Es un objetivo de gran ambición. Ello implica que tenemos que hacer muy buen trabajo en el mejoramiento y ampliación de las zonas pantanosas, en lugar de simplemente observar su desaparición, que es lo que hemos estado haciendo en este país durante los últimos 100 años. Hay ahora sólo una fracción de las zonas pantanosas que existían hace 200 años. Actualmente sabemos que estas zonas son una parte increíblemente importante de nuestro ecosistema, que proveen control de inundaciones, habitat para fauna silvestre y beneficios para la

calidad del agua.

Muchos estadounidenses ahora se dan cuenta de que también son lugares placenteros para la actividad de observar los pájaros. Estos son conceptos muy diferentes de los que teníamos hace 50 años, cuando se pensaba que las zonas pantanosas eran ciénagas que debían drenarse como protección contra los mosquitos. De manera que estamos trabajando arduamente para ampliar estas zonas. Esto requerirá nuevos compromisos financieros considerables por parte del gobierno para adquirir tierras y crear asociaciones con estados y propietarios de tierras para el cultivo donde muchos de estos pantanos serán restaurados. Esperamos que trabajando juntos podremos lograr los objetivos del presidente.

Pregunta: *¿Cuál señalaría como el mayor éxito en la lucha contra la contaminación del agua?*

Fox: Uno de los éxitos más destacados que hemos visto en los últimos 25 años ha sido el aumento en la capacidad municipal de tratamiento de aguas negras en todas partes de Estados Unidos. De conformidad con las disposiciones de la Ley de Agua Limpia, hemos invertido más de 75.000 millones de dólares para construir y mejorar las instalaciones de tratamiento de aguas negras, ampliar los servicios de tratamiento secundario (nivel básico de tratamiento de aguas negras) hasta duplicar, aproximadamente, el número de personas que los reciben, más de 150 millones. Hemos realizado una buena labor en cuanto al control de la contaminación del agua en los municipios mediante los sistemas de alcantarillado. Al mismo tiempo, comprendemos que nuestros municipios necesitan invertir continuamente en este tipo de infraestructura básica para poder lograr en el futuro nuestras metas referentes a la contaminación del agua. Esa es una tarea difícil porque las inversiones de infraestructura son increíblemente elevadas; además son decisiones difíciles para los gobiernos estatales y locales. Con todo, son decisiones tremendamente importantes para el futuro de las aguas de nuestro país.

También hemos visto inversiones crecientes en la tecnología de control de la contaminación del agua en todas partes del mundo. A ese respecto formado con México una asociación compleja, de éxito creciente, para encarar los problemas de la contaminación de las aguas a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México. Esta ha sido, ciertamente, una iniciativa bastante importante de esta administración. Hemos dedicado millones de dólares a mejorar y modernizar las plantas de tratamiento de aguas negras para residentes en ambos lados de la frontera. Tenemos también varios foros bilaterales que han logrado gran progreso en problemas prioritarios ambientales. Una vez dicho esto, hay que agregar que todavía quedan muchos problemas por enfrentar en la región limítrofe entre Estados Unidos y México, zona que tradicionalmente no se ha atendido debidamente en ambos países en cuanto a infraestructura básica de aguas. Los habitantes de esa zona tienen necesidades importantes que deben satisfacerse.

3. La EPA multará a las industrias que contaminen las aguas

Publicado: junio 20, 2000

Fuente: Taipei Times

La Administración para la Protección del Ambiente (EPA, siglas en inglés) dijo que a partir del 2002 comenzará a multar a las industrias que contaminen los ríos.

La estrategia, una respuesta a solicitudes de legisladores y ambientalistas, es un intento por aplicar una ley que originalmente fue aprobada hace nueve años, pero nunca puesta en práctica por las administraciones pasadas.

El jefe de la EPA, Lin Jun-yi, dijo que la agencia buscará el presupuesto para prepararse, a partir del próximo año, e impartir multas por la contaminación del agua.

De acuerdo con los estimados del EPA, los ingresos anuales de estas multas podrán alcanzar los NT\$7.9 mil millones. Este dinero será usado principalmente para la limpieza de los ríos contaminados.

Lin dijo que a dos de los ríos altamente contaminados – el Er-jen, al sur de Taiwan, y el Tamsui, en Taipei – se les dará prioridad para su limpieza.

El río Er-jen ha sido profundamente contaminado con metales pesados, como el cromo y el cobre, desechados por 158 fábricas de electro platinos y fundidoras, tanto legales como ilegales. Además, el agua también ha sido contaminada por la descarga de las granjas porcicultoras locales.

Con respecto al río Tamsui, las autoridades de la EPA dijeron que ya se ha invertido más de NT\$40.6 mil millones para el establecimiento de instalaciones que intercepten los 1.32 millones de toneladas de agua contaminada que fluyen anualmente hacia el río.

De acuerdo con un sondeo de la EPA, de 1987, dos terceras partes de los 21 ríos primarios y la mitad de todos los ríos secundarios de la Isla, han sido contaminados. La EPA estima que cerca de 434 kilómetros de los ríos de la Isla están seriamente contaminados.

Un sondeo publicado el pasado fin de semana por la Fundación para la Protección de la Calidad Ambiental sugiere que 90 por ciento de los líderes de la protección ambiental en los gobiernos locales están de acuerdo con imponer estas multas con el fin de prevenir que los ríos se deterioren aún más.

Respondiendo a la encuesta, los legisladores dijeron que los problemas con las leyes ambientales han sido la causa de que la EPA haya evitado el tema por nueve años.

Revisado por última vez en 1991, la Ley para el Control de la Contaminación del Agua, dio a la EPA la autoridad de imponer estas multas. Sin embargo, no ha sido hasta ahora que se le ha dado poder para aplicar esta ley, dijo el legislador del KMT Jao Yung-ching.

De acuerdo con la Ley para el Control de la Contaminación del Agua, los gobiernos locales impondrán una multa a aquellos que descarguen aguas negras o desperdicios en los ríos, océanos y lagos. Las multas estarán basadas en el contenido del contaminante y la cantidad descargada.

Sin embargo, funcionarios locales de protección ambiental dijeron al Taipei Times que no podían hacer nada contra los contaminantes industriales.

Debido a la falta de medidas específicas, que debieron haber sido establecidas por la EPA, no podemos multar a los contaminadores, dijo un funcionario de la oficina para la prevención de la polución del agua del gobierno de la Ciudad de Taipei, que sólo dio su apellido, Huang.

En 1997, las medidas para aplicar la ley, sugeridas por la EPA, fueron enviadas al Yuan Legislativo para su aprobación.

A comienzos de 1998, mientras esperaba esta aprobación, la EPA anunció, unilateralmente, que impondría multas de control de contaminación de las aguas a la industria y los hogares a partir del 1 de julio de ese año.

El anuncio causó controversias en el Yuan Legislativo y, al final, la medida fue obstaculizada. Algunos legisladores argumentaron, en ese momento, que el gobierno no debería pedirle al pueblo que sufragara los gastos para la construcción de infraestructuras.

De acuerdo con la ley, los ingresos obtenidos de las multas de control de la contaminación serían usados únicamente para las actividades de control de la contaminación, como la construcción de sistemas de drenajes.

El legislador Jao dijo que esperaba que el Yuan Legislativo pudiera llegar a un consenso sobre este tema lo más antes posible.