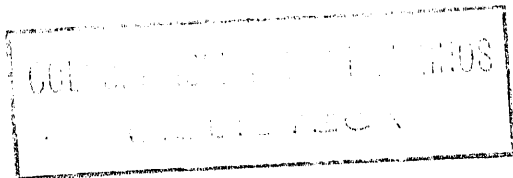


# Protección de las aguas subterráneas desde un punto de vista sanitario<sup>(\*)</sup>



Por ALBERTO BENITEZ  
Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.

*Se recogen aquí, en resumen y desde un punto de vista general, las conclusiones a que se llegó en febrero de 1978 por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) respecto a este tema.*

## Introducción.

Tradicionalmente se ha venido atribuyendo a las aguas subterráneas una mayor calidad para usos domésticos que la de las aguas superficiales, hasta el extremo de que en organismos internacionales tales como O.C.D.E. y C.E.P.E. (Comisión Económica para Europa) se han llegado a dictar normas que imponen como uso prioritario de las aguas subterráneas precisamente el uso doméstico. A efectos del impacto de la calidad del agua sobre la salud humana y quizá simplificando excesivamente, llamaremos "uso doméstico" a las aguas destinadas a la bebida del hombre o a la preparación de sus alimentos. Aunque las aguas utilizadas en baños o abluciones pueden presentar alguna peligrosidad, según los tipos de contaminación, su importancia sanitaria es evidentemente mucho menor.

Hoy en día se tiende a que los abastecimientos de agua potable a las grandes ciudades se nutran principalmente de aguas superficiales tratadas, pero las aguas subterráneas, en muchas zonas, presentan una gran importancia (creciente en muchos países y desde luego en España) en ciudades pequeñas y zonas rurales que asientan a una

parte todavía muy importante de la población de Europa.

Las aguas subterráneas suelen tener una calidad bacteriológica muy superior a la de las superficiales, una composición química mucho más estable (ya que la recarga del acuífero suele tener muy pequeño volumen en relación con el del embalse subterráneo) y también presentan una mayor estabilidad estacional de temperatura (más frías en verano y más cálidas en invierno que las superficiales).

El método tradicional de protección de aguas subterráneas es el de crear una zona impermeable alrededor del pozo o manantial generalmente acompañada de una protección vertical, también impermeable, que haga mayor la longitud de las líneas de corriente desde los posibles puntos contaminantes en la superficie hasta la entrada en la rejilla del pozo y también que impida el escurrimiento vertical del agua superficial a lo largo de la pared exterior del pozo. Como a continuación se verá, estas medidas producen sólo una cierta protección bacteriológica (incluidos los virus) pero prácticamente ninguna contra la contaminación por productos químicos disueltos en el agua. La filtración natural por el terreno, como la filtración en el laboratorio, dificulta el paso de partículas en suspensión y microorganismos, pero no el de las materias en disolución.

## La filtración natural.

La filtración natural tiene lugar en acuíferos granulares, generalmente de origen sedimentario. Como es bien sabido, en formaciones cársticas o rocas compactas fisuradas en donde las aguas transcurren más o me-



(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de agosto de 1979.

nos como en los cauces superficiales no puede hablarse del efecto de filtración.

El proceso de filtración natural depende de la porosidad y de la permeabilidad de los acuíferos. En él intervienen por una parte la superficie específica del terreno granular y las interfaces de mantos geológicos distintos y, por otra, la masa de los acuíferos filtrantes. El conocimiento del proceso de filtración natural ha sido adquirido más por el estudio de los procesos artificiales de filtración utilizados en la depuración de aguas potables que por la observación "in situ" del fenómeno natural.

Con respecto a los filtros artificiales se utiliza más el efecto de superficie específica en los filtros llamados "lentos" y más el efecto de masa en los filtros llamados "rápidos", así como el efecto de interfaces en los filtros de capas múltiples. La filtración artificial es eficaz en régimen continuo, pero deja de serlo en regímenes de recarga variable. De nuevo ha de hacerse notar que tal eficacia sólo existe para las materias sólidas en suspensión o las suspensiones coloidales coaguladas y es nula para los productos disueltos y casi nula para los coloides dispersos. Ello quiere decir que la filtración no elimina los contaminantes disueltos y sólo eliminará los microorganismos en la medida en que éstos se encuentren incluidos en los flóculos de coloides gelificados.

Transfiriendo estos resultados a la filtración natural se puede concluir que con ella no se eliminan tampoco los contaminantes disueltos y sólo imperfectamente los microorganismos y otros coloides. De hecho, la filtración natural cambia la composición química de las aguas infiltradas como consecuencia de las reacciones químicas entre los productos disueltos y los minerales del acuífero. También se ha comprobado que tienen

lugar reacciones bioquímicas (incluso algunos autores mencionan fenómenos antibióticos) por lo menos en las capas superiores de los acuíferos. Otra conclusión es que la filtración natural sólo elimina los microorganismos progresivamente; es decir, en lo que se refiere a agentes patógenos vivos su eliminación probablemente se debe menos al fenómeno físico de la filtración que a las condiciones del medio subterráneo, poco favorables a la supervivencia de estos agentes patógenos.

### **Sistema clásico de protección de las aguas subterráneas.**

El sistema consiste en eliminar alrededor de los pozos y captaciones un perímetro dentro del cual se prohíbe el vertido de aguas contaminadas. Además se protege la vecindad inmediata del pozo con una estructura impermeable. Por ello, el sistema está basado en la hipótesis de que la filtración natural asegura una depuración completa de las aguas infiltradas en un recorrido relativamente corto.

Evidentemente, estas medidas clásicas tienden a despreciar la heterogeneidad de las formaciones acuíferas que, de hecho, disminuyen la eficacia de la filtración natural. También desprecian el hecho de que la zona protegida pueda ser objeto de una contaminación masiva y duradera tal como la producida por una inundación de aguas residuales. Otro defecto básico de este tipo de protección es el de que ignora la contaminación por compuestos químicos disueltos que no reaccionan con los minerales disueltos del acuífero como suele ser el caso de la contaminación con aguas industriales residuales.

Tampoco este método clásico tiene en cuenta la contaminación producida por el vertido o enterramiento de residuos sólidos. De hecho, las lluvias producen siempre un lavado de es-

tos vertidos que lleva consigo la entrada en el acuífero de aguas contaminadas con compuestos químicos disueltos.

### **Necesidad de estudios hidrogeológicos.**

La mejora del método clásico de protección exige un conocimiento más completo del movimiento de las aguas subterráneas en los acuíferos y de la naturaleza de las reacciones químicas o bioquímicas que tienen lugar en el subsuelo. En definitiva, no se conocen suficientemente el mecanismo del proceso de filtración natural y las condiciones de supervivencia de los microorganismos, incluidos los virus, en el hábitat del acuífero.

Esos problemas han sido discutidos en varias reuniones, entre ellas, en París en noviembre de 1975, organizada por la Asociación Nacional para la Protección de las Aguas, y, en Copenhague en septiembre de 1976, por el Grupo de Trabajo sobre la Investigación de la Contaminación de las Aguas Subterráneas.

Se considera indispensable actualmente una investigación científica mucho más profunda que permita comprender mejor los fenómenos que se producen en el interior de los mantos geológicos o en sus interfaces en regímenes de recarga continuos o variables y que da lugar a una serie de consecuencias: modificación de la composición de las sustancias disueltas, biodegradación de los compuestos orgánicos disueltos o coloidales, retención física de los coloides y de los microorganismos o destrucción de tales microorganismos por fenómenos de incompatibilidad ecológica.

Pero tampoco basta la simple protección de las captaciones de aguas subterráneas. Tiene que ir acompañada de progreso en el conocimiento del inventa-

rio, el control y la vigilancia de las fuentes de contaminación. Las aguas subterráneas simplemente no pueden considerarse "a priori" como bacteriológicamente puras. Buena prueba de ello es la recomendación del Primer Informe del Proyecto PNUE/OMS/UNESCO/OMM sobre la vigilancia en el mundo entero de la calidad del agua, que preconiza la investigación sistemática de coliformes fecales en las aguas subterráneas.

### Contaminantes peligrosos para la salud pública en las aguas subterráneas.

Como ya se ha dicho, son los contaminantes más peligrosos aquellos que se ingieren con el agua que se bebe o la empleada en la preparación de las comidas. Estas aguas de manantiales y pozos que abastecen las aguas rurales generalmente se consumen tal como surgen, sin protección alguna contra contaminaciones bacteriológicas. Por el contrario, las aguas que abastecen las zonas urbanas se consumen después de una cloración que, en teoría, las hace bacteriológicamente puras. Pero ha de tenerse en cuenta que la cloración no garantiza la destrucción de los virus. Y, desde luego, nunca se hace ninguna corrección de los compuestos disueltos en las aguas destinadas a la alimentación humana.

De todo ello se deduce que los contaminantes bacterianos no son peligrosos más que en las zonas rurales abastecidas por fuentes dispersas. El problema no es nuevo y existen de antiguo técnicas de desinfección de los pozos. Sin embargo, hay otras fuentes de contaminación: letrinas de pozos filtrantes, infiltración de aguas residuales domésticas, de excrementos animales y de otras aguas residuales. La lucha contra la contaminación difusa en zonas rurales ha de estar basada en técnicas simples y en la educación sani-

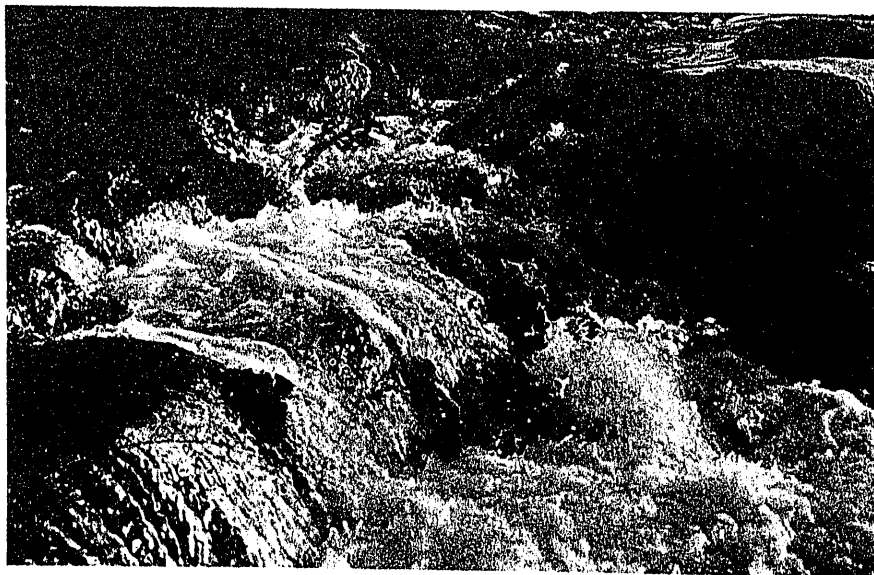
taria de la población. En cuanto a la difusión de aguas residuales urbanas más o menos depuradas, deben éstas ser objeto de reglas de higiene tales como las recomendadas en una reunión de expertos organizada por la Organización Mundial de la Salud, en Ginebra, a fines de 1971. En definitiva, los residuos líquidos y sólidos de las explotaciones agrícolas o los vertidos de origen industrial han de ser objeto de técnicas de tratamiento o protección especiales tales como las discutidas por el Seminario organizado por la OMS en 1975 en Bratislava.

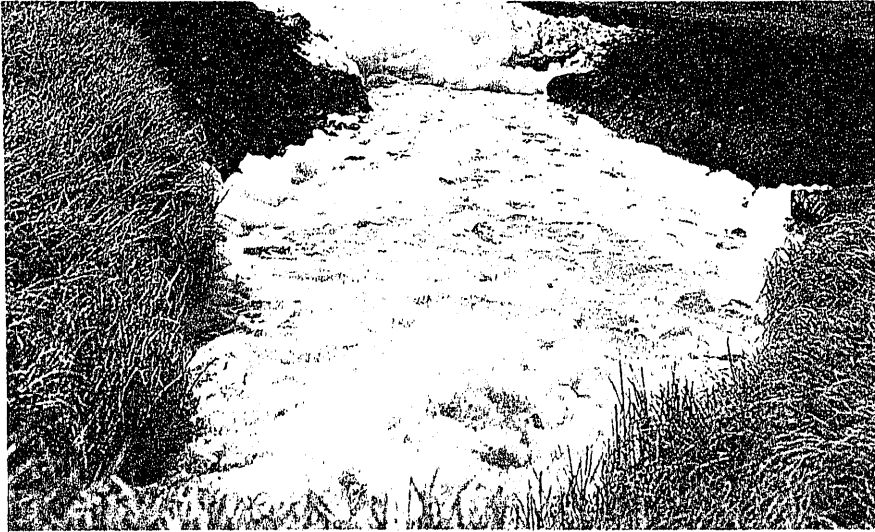
Los principales virus peligrosos para la salud que pueden ser transmitidos hídricamente son los de la poliomielitis y los de la hepatitis infecciosa. Al nivel de la población rural sólo la vacunación puede emplearse como medida preventiva. Ya se practica contra la poliomielitis y se está investigando activamente la vacuna para la hepatitis. En las poblaciones urbanas existen ya métodos perfeccionados para el tratamiento de las aguas potables, tales como la ozonización, que se supone que destruye los virus. Pero en la práctica estos métodos son utilizados para perfeccionar la depuración de las aguas superfi-

ciales y no para desinfectar las aguas subterráneas.

Algunos compuestos tóxicos de naturaleza orgánica (aunque también y, sobre todo, mineral) persisten en las aguas subterráneas. Estos compuestos tienen su origen en los vertidos industriales, más o menos depurados, o en la infiltración de aguas superficiales contaminadas, especialmente en los mantos aluviales, ya sea también debido al lavado por las lluvias de vertidos sólidos tóxicos seguido de la infiltración de los acuíferos de estas aguas de lavado. Desde el punto de vista sanitario, en estos casos deben cerrarse las captaciones y prohibir su consumo, tanto por el hombre como por el ganado. Desde el punto de vista preventivo solamente una acción en el origen de la contaminación puede resultar eficaz.

Otro problema que está cobrando importancia creciente en los últimos años es el de la infiltración difusa de productos químicos utilizados en agricultura tales como los abonos y pesticidas. Además de su propia toxicidad, pueden sufrir una descomposición bioquímica cuyos productos resultantes pueden ser enormemente tóxicos. Por





ejemplo, la descomposición de fungicidas puede dar lugar a metilmercurio, como se ha podido observar en Suecia. En lo que se refiere a los abonos se crean problemas con los compuestos nitrogenados: amoníaco, nitritos y, sobre todo, nitratos. La toxicidad para el hombre y, principalmente para los lactantes, de nitratos en solución en el agua es actualmente uno de los problemas que más preocupan en Europa.

En caso de aparición de enfermedades hídricas o intoxicaciones, especialmente en zonas rurales, ha de suponerse contaminación subterránea y es indispensable proceder a analizarlas para determinar que el origen está en las aguas subterráneas y en caso afirmativo identificar el agente y determinar si la con-

taminación está localizada o si todo el acuífero está contaminado. En cualquier caso es indispensable determinar el origen de la contaminación. Si se trata de una contaminación difusa debida a pesticidas o abonos es obligado abandonar las captaciones subterráneas someras y utilizar exclusivamente aguas subterráneas profundas. Si bien esta solución parece posible en pueblos o ciudades medianas, resulta difícilmente viable en zonas estrictamente rurales.

### Conclusiones.

Las consideraciones anteriores demuestran que parece posible proteger eficazmente la salud de las aglomeraciones urbanas de los riesgos debidos a la contaminación de aguas sub-

terráneas. Por el contrario, en zonas rurales la población y, sobre todo, los niños son muy vulnerables a la contaminación de los acuíferos. Es indispensable reforzar la vigilancia y la actividad de los servicios sanitarios en lo que se refiere a captaciones subterráneas de aguas para beber utilizadas en zonas rurales.

En las zonas rurales con prácticas agrícolas tradicionales el mayor peligro está en la contaminación bacteriológica a partir de excretas humanas o animales depositadas en la proximidad de las captaciones. En zonas rurales de agricultura avanzada hay que añadir el peligro de la contaminación debida a los abonos y pesticidas y a los productos resultantes de su descomposición bioquímica.

En cualquier caso, se considera muy importante el profundizar las investigaciones relativas a la hidrogeología, la filtración natural, la evolución de los microorganismos en los acuíferos, así como los fenómenos de descomposición bioquímica y de modificación de la composición química que se producen en el subsuelo. El resultado de estas investigaciones permitiría asegurar la protección de la salubridad de las aguas subterráneas mucho más eficazmente que con los métodos actuales de los cuales puede decirse que realmente no han progresado nada en absoluto en los últimos treinta años.