



AGUA SUBTERRANEA

GESTION DEL RECURSO "INVISIBLE"

El agua subterránea comprende alrededor del 95% de los recursos útiles de agua dulce y desempeña un importante papel en el mantenimiento de la humedad del suelo, el caudal de los ríos y las zonas húmedas. Desde una perspectiva humana el agua subterránea es un recurso vital, especialmente en las regiones áridas y en las islas, donde puede ser el único tipo de agua dulce disponible. El agua subterránea es la más adecuada como agua de bebida: en general, tiene una amplia distribución, segura, barata, y usualmente requiere poco tratamiento previo. Alrededor de la mitad de la población mundial depende del agua subterránea como suministro del agua de bebida.

Este recurso "invisible" -almacenado entre la capa arenosa y las grietas rocosas bajo la superficie de la Tierra- es vulnerable a la polución y a la sobreexplotación. La mayor parte de las actividades humanas en la superficie del suelo, incluyendo la

agricultura, la industria y el desarrollo urbano, degradan definitivamente su calidad. La extracción de cantidades excesivas de agua subterránea puede dar como resultado la sequía de los pozos, el daño a los ecosistemas, el hundimiento del suelo, la intrusión salina y por último la pérdida del recurso.

"Prevenir es mejor que curar" es particularmente cierto en el caso del agua subterránea. La contaminación del agua subterránea a menudo permanece oculta durante algunos años, dispersándose a amplias áreas, que son difíciles de depurar. Algunas de las consecuencias del exceso de extracción pueden ser irreversibles. Soluciones retroactivas a los problemas del agua subterránea son tecnológicamente exigentes, muy caras y necesitan mucho tiempo. A largo plazo, el medio más económico y eficaz para asegurar un previsible suministro de agua subterránea limpia es a través de la protección y cuidadosa gestión de este recurso.



Medio Ambiente y Desarrollo — NOTAS —



AGUA SUBTERRANEA	
Gestión del recurso "invisible"	1
NECESIDAD DE ACTUAR	2
Contaminación	4
Extracción	4
Riesgos a largo plazo	6
SALVAGUARDANDO EL RECURSO	8
HACIENDO INVENTARIO	9
PLANIFICANDO PARA LA PROTECCION	10
EL PROCESO DE PROTECCION	11
Propiedad	11
Legislación	12
Implementación	12
Regulación	12
Otras acciones	13
PROTECCION DEL AGUA SUBTERRANEA: ACCIONES	14
DIRECCIONES UTILES Y OTRAS LECTURAS	15
AGUA SUBTERRANEA Camino por recorrer	16

Las Notas de la UNESCO sobre Medio Ambiente y Desarrollo tienen por objeto facilitar la comunicación de información científica a los que toman decisiones. Esta serie está destinada principalmente a los órganos directivos, gubernamentales y empresariales. Cada número aborda un único tema presentado desde una perspectiva política y en relación a una búsqueda global de un desarrollo sostenible (duradero) y estable para el medio ambiente.

Medio Ambiente y Desarrollo: Notas, UNESCO
 Director: Francesco di Castri
 Redactor Gerente: Jeanne Damlamian
 Ayudante de Redacción: Karen Simpson
 Coordinación Edición Española: Gabinete de Divulgación y Comunicación Social (Agencia de Medio Ambiente)
 Traducción: Mercedes Sánchez Lanuza

Agua Subterránea
 Principales colaboradores: G. de Marsily, J. Vrba, H.C. van Waegeningh, C.R. Aldwell, L. Alfoldi
 Selección: C. Coughanowr, J.S. Gladwell, D.C. Flaherty
 Publicado en 1992 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

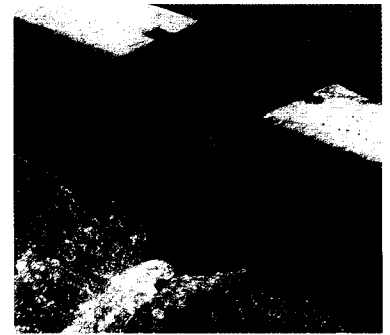
Título original: GROUND WATER
 © UNESCO 1991, 1992
 7, Place de Fontenoy
 75700 París (France)

Producción: Banson Ltd., London
 Diseño: Roger Whisker
 Impresión: Gráficas Mirte, S.A.
 Depósito Legal: SE-685-1992

Fotografía:
 H. Bradner p. 4 (inferior izquierda); M. Edwards p. 4 (superior derecha), 6 (pequeña), 12, 12/13, 14/15; R. Giling p. 1, 10; P. Harrison p. 11; J. Hartley p. 4 (inferior derecha), 7 (central); C. Johnson p. 8; Panos Pictures p. 7 (superior); B. Paton p. 2, 4 (superior izquierda); C. Salhani p. 16; L. Tazzari p. 7 (superior); M. Wright (grande).

Las designaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican, de la parte de la Secretaría de la UNESCO, ninguna toma de posición respecto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto al trazado de sus límites o fronteras. Las opiniones que se expresan en esta publicación pertenecen a los distintos autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO.

NECESIDAD DE ACTUAR



El agua subterránea no existe de forma aislada, sino que es un eslabón integrado en el ciclo hidrológico; la circulación interminable de agua entre los océanos, la atmósfera y el suelo. Se ha calculado que el 95% del agua dulce utilizable de la Tierra está almacenada como agua subterránea.

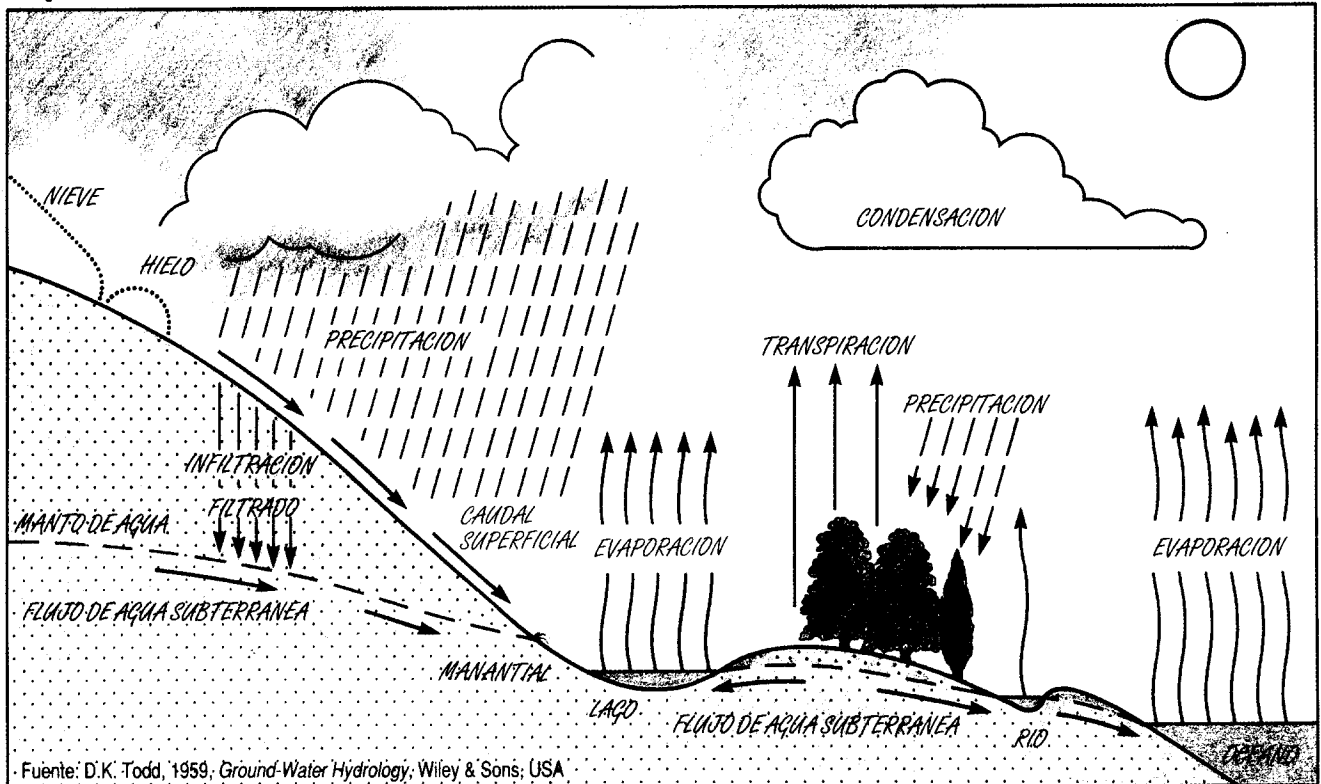
Los acuíferos de agua subterránea se rellenan periódicamente por la precipitación y por el agua superficial que se filtra a través del suelo. El grado de reposición, o recarga, depende del clima, de la vegetación, y la geología de una región determinada. En las áreas húmedas con suelos porosos, por ejemplo, alrededor del 25% de la lluvia anual puede recargar el sistema de agua subterránea. Por el contrario, las regiones desérticas rara vez experimentan una recarga del agua subterránea; los acuíferos de estas áreas contienen a menudo aguas subterráneas fósiles que se acumularon bajo condiciones climáticas completamente diferentes.

El agua almacenada en los acuíferos está usualmente en movimiento, fluyendo lentamente hacia abajo por la influencia de la gravedad, hasta que se descarga en un manantial, río, lago, zona húmeda o el océano, es absorbida por las plantas o extraída en los pozos.

2

AGUA SUBTERRANEA Y EL CICLO HIDROLOGICO

El ciclo hidrológico describe la circulación continua de agua entre el océano, atmósfera y suelo, dirigido por la energía solar.



Fuente: D.K. Todd, 1959; *Ground-Water Hydrology*, Wiley & Sons, USA.

Cuando la precipitación cae sobre la tierra, puede evaporarse o ser usada por las plantas (respiración), o se filtra al manto de agua y recarga el acuífero. La cantidad de precipitación que entra en el sistema de agua subterránea varía regional y estacionalmente.

Las tasas de flujo son en general muy bajas -de varios metros a cientos de metros por año.

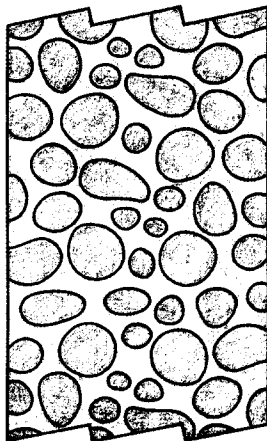
Los sistemas de agua subterránea y superficial están extrañamente ligados. En algunos casos, el agua subterránea descarga en las zonas húmedas, lagos y ríos, manteniendo los niveles de agua y sosteniendo los ecosistemas acuáticos. En otros casos, estos sistemas de agua superficial, recargan el acuífero subyacente. La dirección del flujo de agua en un sistema de agua superficial determinado cambia a menudo de forma estacional: durante la estación húmeda, los flujos de agua van de la superficie al subsuelo, mientras que durante...

Los períodos de sequía el flujo se invierte.

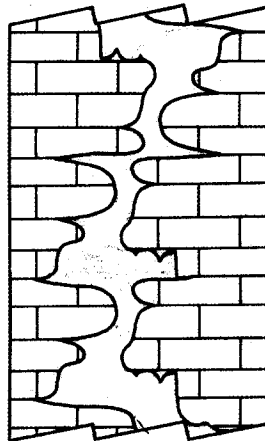
Los problemas de agua subterránea están extendidos y varían en cuanto a su severidad y alcance. Pueden agruparse en dos categorías principales: los causados por la contaminación y los causados por la sobreexplotación. La mayoría de los problemas están sin identificar, ocultos a la vista bajo la superficie del suelo. Como el flujo de agua subterránea tiende a ser muy lento, los efectos de nuestras acciones pueden no ser visibles durante décadas.

¿QUE ES EL AGUA SUBTERRANEA?

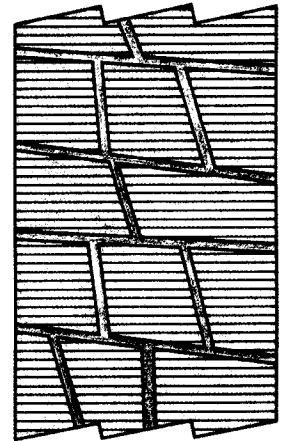
El agua subterránea es el agua del subsuelo que se filtra en los intersticios y formaciones geológicas permeables. Hay tres grupos de formaciones que contienen agua llamadas acuíferos.



arenas y gravas no consolidadas.



rocas sedimentarias permeables (calizas y areniscas).



rocas cristalinas y volcánicas con fuertes fracturas.

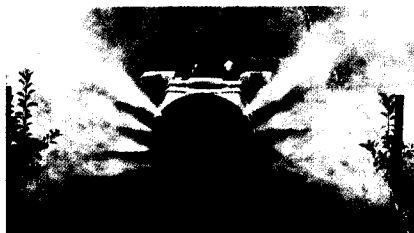
Fuente: *Geologic Survey*, USA, 1980.

- Los vertidos de petróleo y escapes en una gran refinería de Danube Island, Checoslovaquia, han contaminado el agua subterránea en una área de 20 kilómetros cuadrados dando como resultado el cierre del sistema de suministro de agua No. 11 de Bratislava. A pesar de que en la refinería se han depurado 90.000 metros cúbicos de productos petrolíferos desde 1974, la liberación de petróleo continua y el suministro de agua permanece no operativo con serias consecuencias sociales y económicas para la ciudad (1).



La contaminación del agua subterránea se detecta con frecuencia solo cuando aparecen sustancias nocivas en el agua de bebida.

- La ciudad de Bangkok extrae un millón de metros cúbicos de agua subterránea por día, de una serie de acuíferos subyacentes. Esta tasa de extracción excede con mucho la capacidad de recarga natural de los acuíferos. La ciudad se enfrenta ahora a la doble amenaza de la contaminación salina de su único abastecimiento de agua y a un serio hundimiento del terreno. El hundimiento a una velocidad de hasta 10 cm. por año, es preocupante porque Bangkok está situado cerca del nivel del mar y tiene una alta densidad de población (3).



La fumigación con pesticidas y fertilizantes puede contribuir a la contaminación del agua subterránea.

Fuentes: (1) J. Vrba, 1991. (2) G.E. Figueroa-Vega, 1984, en *Guidebook to Studies of Land Subsidence due to Ground-Water Withdrawal*. UNESCO/HP. (3) Naciones Unidas, 1986, *Ground Water in Continental Asia*. (4) G.W. Thomas, 1985, en *Water and Water Policy in World Food Supplies*.



Los productos petrolíferos son un contaminante común y de larga duración del agua subterránea.

- En la Ciudad de México, la sobreextracción de los acuíferos ha dado como resultado un severo hundimiento del suelo. En el pasado siglo, partes del casco antiguo han sufrido hundimientos de hasta 8-9 metros. A pesar de que la tasa de hundimiento se ha enlentecido, siguiendo la estabilización de las tasas de extracción del agua subterránea, ha habido daño en los edificios, carreteras y la red de aguas residuales y de agua de la ciudad (2).



El alcantarillado de la calle así como los contaminantes de los escapes de los coches afectan a la calidad del agua

- El acuífero de Ogallala subyace en una gran área del centro y del sur de los Estados Unidos y suministra agua a alrededor de 5.8 millones de hectáreas de suelo de regadío. Las tasas de recarga son solo una fracción de las retiradas anuales y casi la mitad del agua subterránea disponible ya ha sido extraída. El agotamiento de este acuífero es probable que cause problemas económicos, sociales y medioambientales al final de este siglo (4).

CONTAMINACION

La contaminación del agua es intrínsecamente difícil de detectar y su control es costoso, emplea mucho tiempo y aleatorio. La contaminación con frecuencia no se detecta hasta que sustancias nocivas aparecen en los suministros de agua de bebida, momento en el que la contaminación ya se ha extendido por una gran área. La depuración de la contaminación del subsuelo es cara, necesita mucho tiempo y puede requerir avanzados métodos tecnológicos. Como ejemplo, el coste de depuración de lugares de vertidos de residuos peligrosos bajo el Programa "Superfund" de los EE.UU. se ha calculado en 20-100 billones (1 billón en USA = 1.000.000.000 dólares americanos).

Como se generaliza el control del agua subterránea, en respuesta de bebida, empieza a surgir una imagen alarmante. La calidad del agua subterránea está disminuyendo lenta pero inexorablemente en todas partes.

La mayor parte de los contaminantes del agua subterránea se derivan de los usos industriales del suelo, agrícolas y urbano. En el pasado la atención se centraba en las fuentes puntuales: fuentes de gran contaminación como vertidos industriales y escapes, escombreras e inyección en el subsuelo de residuos tóxicos y peligrosos. Por consiguiente se desarrolló una variedad de soluciones tecnológicas para depurar, o al menos contener este tipo de contaminación.

Es cada vez más claro que las fuentes de contaminación del agua subterránea están mucho más extendidas y relacionadas con una variedad de actividades de la superficie del suelo. La contaminación del agua subterránea en la mayor parte de las áreas no industriales se puede atribuir a dichas fuentes dispersas o no puntuales como fertilizantes, pesticidas, sistemas sépticos, alcantarillado de las calles y contaminación del aire y agua superficial. El único método eficaz para el control de este tipo de contaminación es la integración del uso del suelo y la gestión del agua.

EXTRACCION

A través de la historia, la gente ha considerado el agua subterránea como un recurso inagotable, o como un recurso extraíble similar o diferente del petróleo, carbón o del hierro. Con el desarrollo de las modernas técnicas de explotación y extracción esta actitud no se puede seguir manteniendo. A pesar de que el agua subterránea es un recurso renovable en la mayor parte del mundo, pocos acuíferos pueden soportar indefinidamente enormes tasas de extracción. Para asegurar

CONTAMINANTES MAS COMUNES DEL AGUA SUBTERRANEA

Nitratos: el nitrógeno disuelto en forma de NO_3 es el contaminante más común del agua subterránea. Niveles elevados pueden causar metahemoglobinemia ("síndrome del niño azul") en los niños, puede ser carcinogénico y acelerar la eutrofización de aguas superficiales. Las fuentes de nitratos incluyen aguas residuales, fertilizantes, contaminación del aire, vertederos y alcantarillado.

Patógenos: bacterias y virus que causan enfermedades transmitidas por el agua como el tífus, cólera, disentería, polio y hepatitis. Las fuentes incluyen aguas residuales, vertederos, stocks vivos y animales salvajes.

Metales en trazas: incluyen el cadmio, cromo, cobre, mercurio y plomo. Pueden tener efectos carcinogénicos y tóxicos. Las fuentes incluyen las descargas industriales, pesticidas y alcantarillados.

Componentes orgánicos: incluyen componentes orgánicos volátiles y semivolátiles (ej.: derivados del petróleo). Los PCBs y los pesticidas. Las fuentes incluyen actividades agrícolas, alcantarillados, aguas residuales, vertederos, escapes industriales, vertidos, contaminación del aire y depósitos de almacenamiento subterráneos.

CAUDAL DE AGUA SUBTERRANEA

El manto de agua subterranea asciende bajo las colinas y desciende bajo los valles siguiendo fielmente el contorno de la superficie terrestre. El agua fluye lentamente hasta que descarga el agua superficial, donde es interceptada por las raices o captada en un pozo. **El Pozo A** capta agua de un acuífero libre, cuya área de recarga ocupa una gran superficie que rodea el pozo. **El Pozo B** capta agua de un acuífero confinado cuya recarga proviene de una pequeña área localizada a algunos kilómetros.

SISTEMAS DE AGUA SUBTERRANEA

Acuífero: formación que almacena agua.

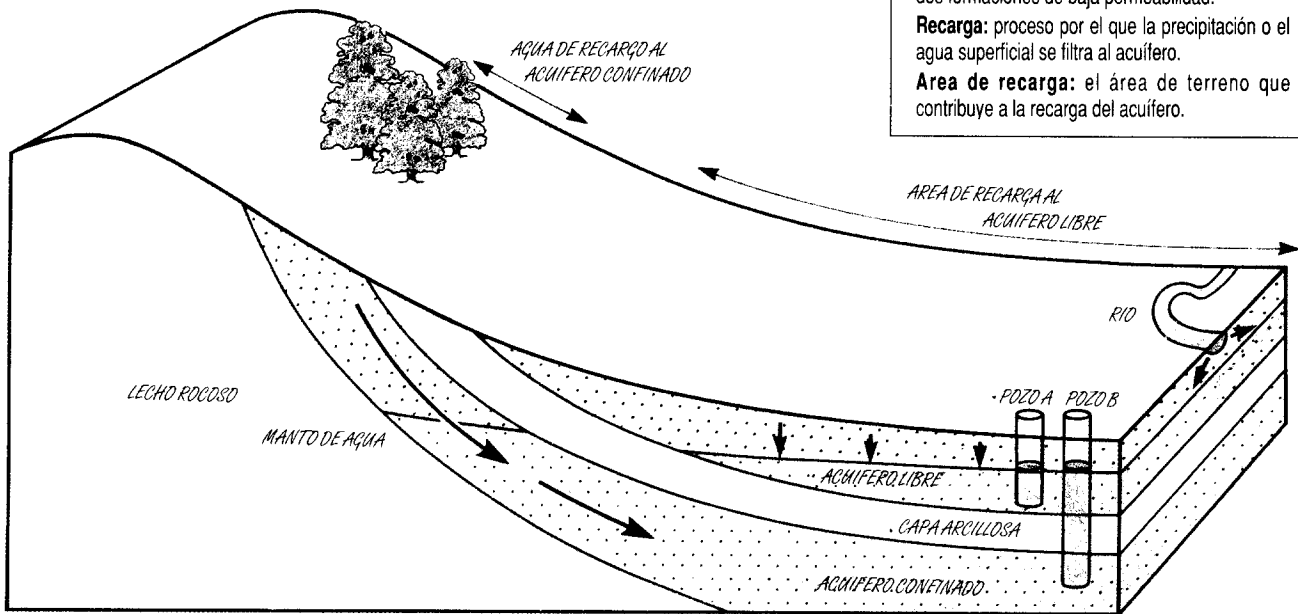
Manto de agua: límite entre zonas saturadas e insaturadas.

Acuífero libre: un acuífero cuya parte superior está delimitada por el manto de agua; también llamada manto acuífero.

Acuífero confinado: acuífero aprisionado entre dos formaciones de baja permeabilidad.

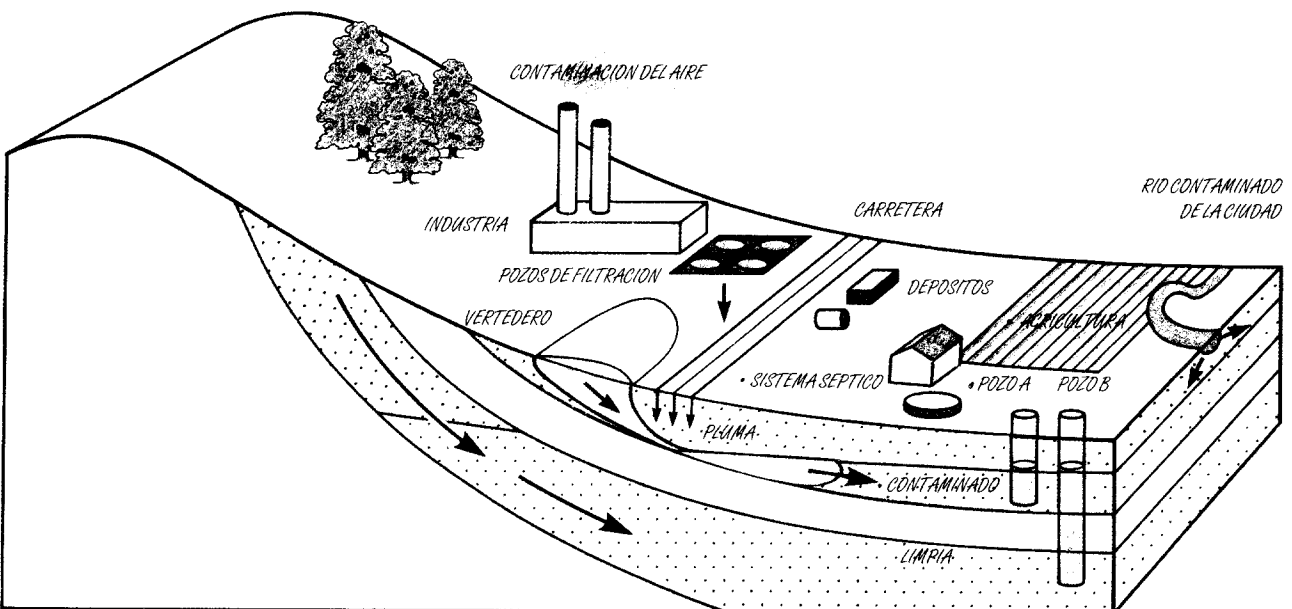
Recarga: proceso por el que la precipitación o el agua superficial se filtra al acuífero.

Área de recarga: el área de terreno que contribuye a la recarga del acuífero.



CONTAMINACION DEL AGUA SUBTERRANEA

Cuando la recarga se filtra a través del suelo al manto acuífero, transporta una variedad de contaminantes que provienen del uso del suelo en el área de recarga. Fuentes contaminantes puntuales como vertederos y pozos de filtración industriales liberan cantidades de contaminantes que forman a menudo un penacho subterráneo. Las fuentes difusas incluyen sistemas sépticos, fertilizantes, pesticidas y alcantarillados y pueden ser igualmente severas y más invasivas. El agua captada por el **Pozo A** está muy contaminada porque su fuente es muy vulnerable a la contaminación. El agua del **Pozo B** es mucho más limpia ya que proviene de un acuífero confinado cuya área de recarga está sin desarrollar.



adecuados suministros de agua subterránea para las generaciones futuras, la filosofía del desarrollo sostenible (duradero), dicta que la extracción del agua subterránea de un acuífero no debe exceder su tasa de recarga.

Puede haber situaciones donde se tome la decisión consciente de explotar los recursos de agua subterránea más allá de los límites de la recarga natural. Sin embargo, dicha decisión se puede tomar con el conocimiento de que puede haber consecuencias que pagar. Cuando la extracción media de agua subterránea excede las tasas medias de recarga durante largos períodos de tiempo, los acuíferos comienzan a agotarse y la presión del agua comienza a disminuir. Pueden aparecer los siguientes problemas:

- Los pozos superficiales, usados a menudo para suministros locales de agua y riego, se secan.
- Los pozos de producción se tienen que perforar progresivamente a mayor profundidad requiriendo más energía para su extracción.
- Los acuíferos de las áreas litorales pueden contaminarse por la intrusión salina.
- Los materiales del subsuelo pueden compactarse y causar el hundimiento de la superficie del suelo.

A pesar de que algunos de estos efectos pueden controlarse o incluso invertirse, limitando la extracción, la contaminación salina persiste durante muchos años. El hundimiento del suelo es usualmente irreversible. Si el impacto es extremo, será necesario abandonar el acuífero como fuente de agua.

RIESGOS A LARGO PLAZO

La contaminación y sobreexplotación del agua subterránea puede tener serias consecuencias.

Entre estas están:

- Escasez de agua:** la contaminación o la pérdida de los suministros de agua subterránea puede conducir a escasez aguda y requiere costosas medidas internas. A menudo se hace un esfuerzo desesperado dirigido a desarrollar un nuevo suministro de agua o para instalar tratamientos más sofisticados. La escasez de agua puede ser particularmente devastadora para las islas, donde la desalinización es a menudo la única fuente alternativa de agua dulce. Donde los suministros de agua son inadecuados para usos industriales y agrícolas, la supervivencia de sectores completos de la población puede estar en riesgo.
- Peligros para la salud:** la contaminación del abastecimiento de agua de bebida pone en riesgo la salud pública, por la exposición a una variedad de sustancias, como patógenos, carcinógenos y nitratos. Las poblaciones rurales tienden a ser

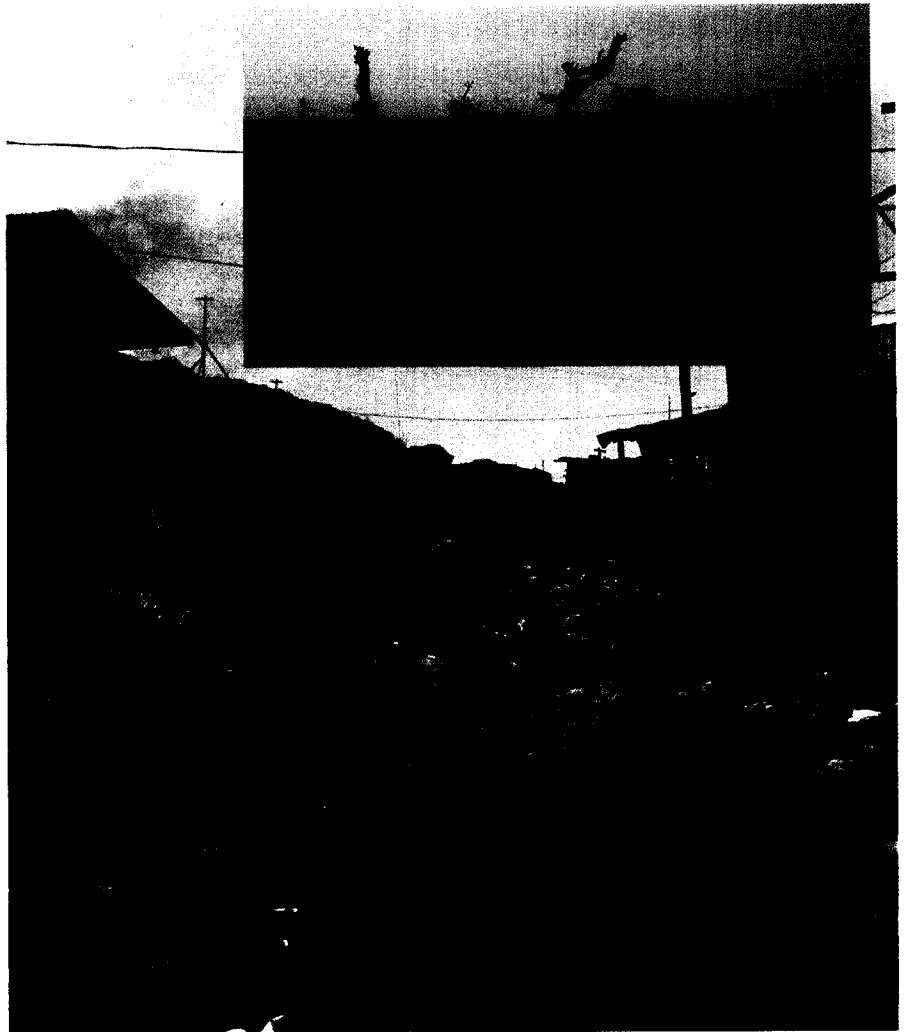
- fuertemente dañadas por su gran dependencia del agua subterránea. Donde fracasan todos los suministros de agua subterránea la población se puede ver obligada a beber agua superficial no tratada, incrementando fuertemente la exposición a enfermedades relacionadas con el agua.
- Daño a los ecosistemas:** debido a la interrelación entre el agua superficial y subterránea, los sistemas acuáticos pueden ser devastados por los problemas de agua subterránea. El agua subterránea rica en nutrientes y que descarga lagos y pantanos, puede provocar la proliferación de algas y otros síntomas de eutrofización. Los metales en trazas y los contaminantes orgánicos pueden entrar en la cadena alimentaria, alcanzando niveles tóxicos. La sobreexplotación del agua subterránea puede causar la reducción de los caudales de los ríos, la disminución de los niveles de agua en los lagos, la pérdida de zonas húmedas y una reducción de la humedad del suelo.
- Daño estructural e inundación litoral:** donde el hundimiento del suelo es severo, los edificios e infraestructura pueden resultar dañados, y las áreas

litorales bajas, pueden experimentar el aumento de las inundaciones.

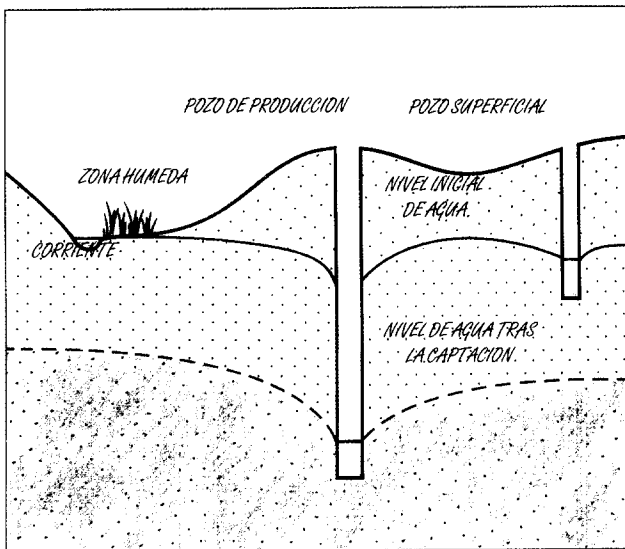
- Dificultad económica:** donde el dinero no es problema, existe tecnología para hallar, extraer y purificar el agua, para cumplir las normas más estrictas de calidad. De forma similar, se han desarrollado técnicas para paliar la mayoría de los problemas del agua subterránea.

Pero los costes pueden ser exorbitantes. La sustitución de un pozo contaminado puede provocar la construcción de un reservorio o acueducto, planta de tratamiento y sistema de distribución. Los costes de depuración de un vertido menor de gasolina pueden costar cientos de miles de dólares. El agotamiento de importantes acuíferos puede también conducir a la pérdida permanente de productividad agrícola e industrial.

A largo plazo, dichos riesgos casi nunca compensan los beneficios a corto plazo de agua subterránea mal tratada. La solución más eficaz y menos cara es establecer un programa para proteger el agua subterránea.



SOBREEXPLORACION DEL AGUA SUBTERRANEA



La sobreexplotación de los acuíferos ocurre cuando a largo plazo, la tasa media de captación excede, la tasa media de recarga. Las consecuencias incluyen:

- disminución del manto acuífero
- reducción de las presiones del agua
- sequía de manantiales, ríos, lagos, zonas húmedas
- pérdida o reducción de la capacidad de captación de los pozos
- intrusión salina
- hundimiento del suelo

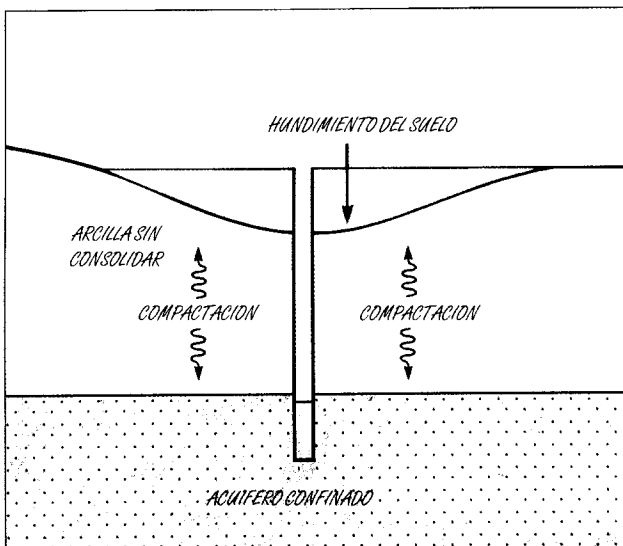
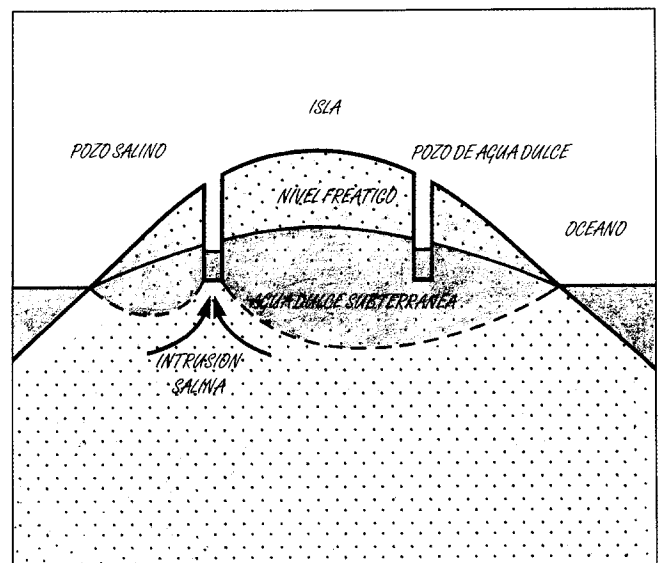
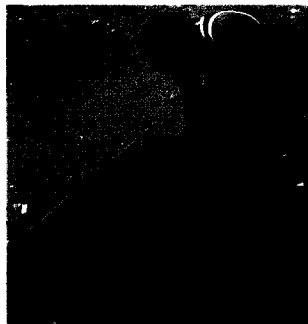


INTRUSION SALINA

En los acuíferos litorales, el agua dulce se localiza sobre el agua subterránea salina de mayor densidad. En algunas islas, los recursos de agua subterránea constan de finas películas de agua dulce que flotan sobre las aguas subterráneas salinas.

La sobreexplotación de un pozo pueden provocar la intrusión salina en los acuíferos de agua dulce, haciéndolos inadecuados para la mayoría de los usos.

La intrusión salina puede controlarse en fases tempranas, reduciendo y distribuyendo la captación de agua o, por métodos caros y tecnológicamente complejos. Una vez contaminados, los acuíferos son muy difíciles de depurar y usualmente se abandonan.



HUNDIMIENTO DEL SUELO

El hundimiento del suelo ocurre cuando el agua subterránea, es captada de un acuífero confinado por coberturas arenosas y pedregosas, por arcillas altamente compactantes. Como las presiones del acuífero disminuyen, los materiales del acuífero y las capas arcillosas se hacen cada vez más compactas. El hundimiento del suelo refleja la consolidación de estos sedimentos.

Se han registrado tasas de hasta 30 cm/año. Entre las consecuencias están la inundación litoral, el daño estructural y los sistemas de alcantarillado y agua inoperantes. Esta situación puede estabilizarse, reduciendo la captación y reinyectando agua en el acuífero.



SALVAGUARDANDO EL RECURSO

La actitud, la necesidad y el grado de protección del agua subterránea varía considerablemente de país en país y de acuífero en acuífero.

En muchos lugares del mundo industrializado, la atención ha variado de la explotación del agua subterránea a la protección y la solución. En conjunto, los organismos gubernamentales tienden a proveerse de personal y fondos de legislación básica y reglamentos pertenecientes a la protección del agua subterránea han sido decretados y se han establecido normas de calidad del agua. La recogida de datos y los programas de control tienden al progreso. Aún más, el nivel de vida de los países industrializados es tal que los costes de tratamiento del agua y depuración de la contaminación pueden soportarse, cuando sea necesario.

El panorama es muy diferente en el mundo en vías de desarrollo, donde se enfatiza todavía en el desarrollo del agua subterránea. Donde es necesaria la protección, la implementación es difícil debida a escasez de datos, falta de personal entrenado, bajos niveles de fondos, y una inadecuada legislación y mecanismos de aplicación. Los intereses son particularmente altos en el mundo en vías de desarrollo, donde los costes de

desarrollo de nuevos suministros o tratamientos del agua subterránea contaminada pueden ser prohibitivos. Finalmente, por la prevalencia de las enfermedades vinculadas al agua superficial de muchos países en vías de desarrollo, el mantenimiento de abastecimientos limpios de agua subterránea es de importancia crítica.

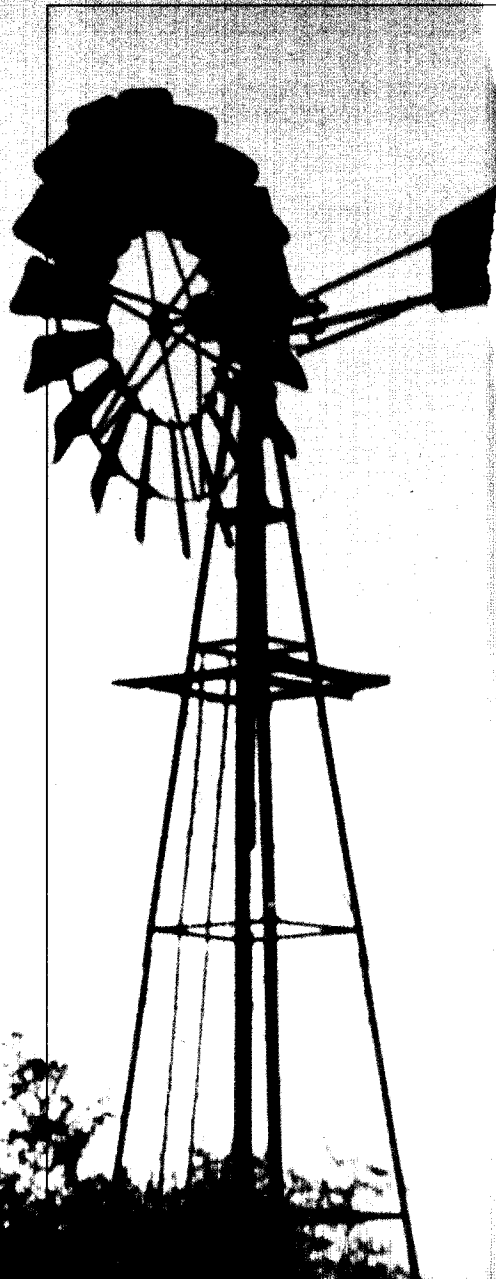
Tres fases interdependientes están implicadas en la protección del agua subterránea. En primer lugar, se deberían recoger datos básicos sobre el recurso y sobre las amenazas, analizar y reunir. En segundo lugar, habría que preparar un plan de protección del agua subterránea, que refleje los objetivos, políticas y prioridades nacionales. Finalmente, este plan se implementa por una serie de acciones que varían desde la legislación a los controles del uso del suelo y a la aplicación.

Las implicaciones financieras de la protección del agua subterránea no deberían subestimarse. Los costes incluyen la recogida y el procesado de datos básicos, salarios administrativos y profesionales, adquisición del suelo, control, etc. Estos costes, sin embargo, son solo una fracción del coste de la depuración de la contaminación o del desarrollo de un nuevo suministro de agua.

EL COSTE DEL AGUA SUBTERRANEA MAL TRATADA

Localización/actividad	Coste estimado
Aeropuerto Internacional de Praga, Checoslovaquia Depuración de 33.000 m ³ de un vertido de gasolina de un avión (1)	5 millones de \$ USA
Barcelona, España Coste de la construcción de un canal de 150 Km. para sustituir el abastecimiento de agua subterránea contaminada por intrusión salina (2)	20 millones de \$ USA
Coste proyectado de depuración de residuos peligrosos (3)	
Dinamarca	6 billones de \$ USA
Alemania Occidental	30 billones de \$ USA
USA	20-10 billones de \$ USA

Fuentes: (1) Vrba, 1991. (2) E. Custodio, 1987, *Ground-water Problems in Coastal Areas*, UNESCO/IHP. (3) OCDE, 1990, *The State of the Environment*.



HACIENDO INVENTARIO

Una completa evaluación de los recursos de agua es un requisito previo necesario para una protección eficaz del agua subterránea. Para el componente agua subterránea, se necesita información básica sobre: localización, calidad del agua y potencial de caudal de los acuíferos más importantes; las fuentes potenciales existentes de contaminación; y la localización y las tasas de extracción de los pozos.

El desarrollo de bases de datos sobre el medio ambiente del suelo es un proceso lento, continuado y a menudo complicado. Una variedad de métodos que abarcan desde los básicos a los muy sofisticados, se pueden usar para la obtención de esta información. En las áreas donde existe escasa información, métodos de investigación geofísica y/o sensores remotos son útiles para el establecimiento de datos preliminares y generalizados sobre geología, la profundidad del agua subterránea, la calidad del agua y el uso existente del suelo. Las medidas directas del subsuelo requieren la instalación de redes de control de pozos. Las condiciones entre los pozos usualmente se extrapolan o miden, usando métodos indirectos.

Una vez que se han establecido las condiciones básicas, el control regular del subsuelo es importante para aumentar los datos básicos y para vigilar a largo plazo las tendencias. Un programa de control implica la medida periódica de los niveles de agua subterránea y la calidad de agua

en una red de pozos en lugares claves.

La responsabilidad de la recogida de los datos de base y el control, se delega a menudo en organismos apropiados (ej.: estudios geológicos, desarrollo de agua y organismos de distribución y organizaciones de planificación).

Para asegurar la consistencia, se deben establecer normas específicas para la construcción de los pozos, las medidas del nivel de agua, el muestreo del agua y los métodos analíticos. Es muy importante que todos los datos relevantes sean transmitidos a bancos de datos centralizados.

Los datos se deberían presentar en un formato fácilmente legible y aplicable. Se desarrollará una serie de mapas que reflejen la geología, las características del acuífero, la calidad del agua subterránea, el uso del suelo, las fuentes de contaminantes y la localización y las tasas de extracción de los pozos existentes. Las secciones geológicas son útiles para ilustrar los aspectos tridimensionales.

La síntesis y presentación de una gran variedad de datos multidisciplinarios es un importante reto. La cartografía de la vulnerabilidad del acuífero y el uso de sistemas de información geográfica (SIG) son dos instrumentos que se han desarrollado en ayuda a este proceso. En Italia, el SIG se usa para desarrollar mapas de vulnerabilidad.

El desarrollo de una base de datos del subsuelo puede ser costoso: el coste de perforación y la instalación de

RECOGIDA DE DATOS DE GESTION DEL AGUA SUBTERRANEA

- Cartografía geológica
- Perforaciones y excavaciones del subsuelo
- Control del nivel de agua.
- Inspecciones geofísicas
- Test de captación
- Comprobación de calidad del agua
- Fotografía aérea y sensores remotos
- Mapa de usos del suelo
- Inventario de los focos de contaminación

control en un solo pozo puede variar desde decenas a miles de dólares, según el tipo de roca, la profundidad del pozo y las condiciones locales. Así, es importante mantener un juicioso equilibrio entre métodos directos e indirectos y concentrar los esfuerzos de adquisición de datos en áreas de alta prioridad. Ciertas organizaciones internacionales aportan regularmente asesoramiento, formación y ayuda financiera para el desarrollo de bases de datos del agua subterránea.

Se han diseñado soluciones creativas para evitar el problema del coste. En Dinamarca, una antigua Ley de 1924 requería a todos los perforadores de pozos autorizados, que enviaran un diario sobre la perforación y datos de la construcción del pozo al Danish Geological Survey. Esta sencilla acción ha producido una valiosa base de datos casi sin coste para el país.

ACCION

UNESCO

PLANIFICANDO PARA LA PROTECCION

Una protección eficaz del agua subterránea se basa en el establecimiento de objetivos realistas, políticas y prioridades. ¿Cuáles son los objetivos deseables para la protección del agua subterránea? ¿La protección de la calidad del agua? ¿Las tasas sostenibles de extracción del agua subterránea? ¿Qué grado de extracción es factible y dónde se deberían centrar en primer lugar los esfuerzos?

Las respuestas a estas cuestiones relacionadas variarán ampliamente, según factores tales como la disponibilidad y la demanda de agua subterránea, las amenazas y el desarrollo económico del país. A nivel nacional, el Tribunal Consultivo del Agua puede servir como catalizador para poner en marcha este proceso. Los miembros del consejo con diversa experiencia y diferentes perspectivas intentan asegurar que se tengan en cuenta dichos objetivos alternativos.

La planificación de la gestión del agua subterránea puede llevarse a cabo de forma eficaz a nivel local, regional o nacional. En los países con una estructura administrativa centralizada y/o área de suelo relativamente pequeña y geológicamente consistente, la planificación de la protección del agua subterránea se centra a menudo a nivel nacional. Los planes nacionales de protección del agua subterránea están usualmente preparados por los organismos de protección medioambiental, del recurso agua o de planificación central.

En las naciones con una forma de gobierno descentralizada, la planificación de la protección del agua subterránea delega a menudo en cuerpos locales o regionales, especialmente en las naciones con grandes y complejas geológicamente áreas de suelo. Cuando la responsabilidad de la planificación de la protección, se delega en un organismo de coordinación nacional, usualmente establece directrices y formas mínimas.

A pesar de que los mecanismos de planificación varían de país en país,

los principios rectores son esencialmente los mismos.

□ Como el agua superficial y subterránea están íntimamente relacionadas, la planificación del agua subterránea debería tener lugar en el contexto más amplio de la planificación y la gestión integrada de los recursos en agua.

□ La planificación debería basarse en los límites naturales del recurso. Los acuíferos rara vez respetan los límites nacionales o administrativos. En los casos en los que el acuífero atraviesa límites internacionales, se necesitan tratados.

□ La planificación de la protección del agua subterránea debería reflejar un esfuerzo coordinado entre los organismos implicados en todos los aspectos del agua subterránea. Si los objetivos de protección del agua subterránea y organismos de desarrollo del agua subterránea están



enfrentados, la implementación eficaz no es probable.

□ Dado que la protección de todos los recursos de agua es rara vez practicable, las prioridades deben seleccionarse cuidadosamente. Para los suministros críticos de agua, la protección a largo plazo puede implementarse por el establecimiento de "parques hidrológicos", análogos a los bosques protectores que rodean muchos reservorios superficiales.

□ El aporte público y la retroalimentación de todos los sectores de la comunidad, es de crítica importancia para el proceso.

□ Los planes deberían regularmente revisarse para reflejar las cambiantes necesidades y actualizar la información.

DINAMARCA

La geología danesa está dominada por formaciones cretáceas y calizas recubiertas por morrenas, arena y grava. Hay una abundante provisión de agua subterránea, obtenida de los numerosos y accesibles acuíferos, que cubren más del 98% de las necesidades. La contaminación del agua subterránea por nitratos y residuos químicos es el principal problema.

Las dos piezas principales de la legislación danesa son el Acta de Protección Medioambiental (1973, revisada en 1991) y el Acta del Suministro de Agua de 1985. Un grupo consultivo se estableció en 1983 para aconsejar el Organismo de Protección Medioambiental y al ministro en temas de agua.

La planificación y la administración del agua subterránea se llevan a cabo a nivel nacional, regional o local. A nivel nacional, el Organismo de Protección Medioambiental establece las normas y el marco para la protección y planificación local y regional. Los consejos regionales son los responsables de proteger el agua subterránea de la contaminación y un uso excesivo y se requieren para establecer los planes del agua para cada región. Los permisos de extracción se emiten, según el tamaño del acuífero, las demandas regionales y la necesidad de protección ambiental. El abastecimiento y la protección de agua se gestionan a nivel local.

Los últimos desarrollos de protección del agua subterránea en Dinamarca son en 1987 el "Plan de Acción para el Medio Ambiente Acuático" y en 1990 el revisado "Acta sobre los Vertederos". El propósito del Plan de Acción es reducir los niveles de nitrógeno y de fósforo de la agricultura, tratamiento de aguas residuales e industrias en un 50% y un 80% respectivamente. Los principales elementos incluyen: cambios en las prácticas agrícolas, mejora de las plantas de tratamiento de aguas residuales y un amplio plan de control centrado especialmente en la calidad del agua. La inversión total de capital se calcula en dos billones de \$ USA. El Acta sobre los Vertederos establece el marco y las normas para las investigaciones y acciones paliativas para los vertederos.

Fuentes: L.S. Anderson y R. Thomsen, 1991, *Integrated Land-Use Planning and Ground-Water Protection*. UNESCO: Ministerio Danés de Medio Ambiente, 1991. com. per.

EL PROCESO DE PROTECCION

No hay un solo enfoque o secuencia específica de acciones que garanticen la fructífera protección de los recursos de agua subterránea. Las soluciones deben ser adaptadas para encajar con las necesidades específicas y deben reflejar los objetivos y políticas nacionales.

Una variedad de enfoques para la protección del agua subterránea han sido desarrollados y van desde la promulgación de una legislación protectora a nivel nacional, a la protección de los pozos de suministro público a nivel local. Muchas acciones protectoras pueden y deberían continuarse, simultáneamente, a nivel nacional, regional y local.

La implicación pública es una clave importante para una adecuada implementación. Si el aporte público no se ha solicitado en el proceso de planificación, y el plan no refleja las realidades y necesidades locales, la cooperación local no es probable. Y sin la cooperación de los individuos, los esfuerzos mejor planificados y más avanzados técnicamente no tendrán lugar.

La protección eficaz del agua subterránea requiere la promulgación de legislación, el establecimiento de un organismo de implementación y una variedad de mecanismos reguladores y no reguladores.

Los componentes básicos de la legislación nacional incluyen la definición de los derechos de la propiedad privada, la promulgación de leyes para la protección del agua subterránea y el establecimiento de un ministerio u organismo de implementación nacional.

PROPIEDAD

Según los sistemas tradicionales de la Ley de la propiedad de agua subterránea (ej.: Ley Común del Código Civil) los propietarios están autorizados al uso completo de todos los recursos encima y debajo de su suelo. La propiedad privada de los recursos de agua subterránea es todavía el caso en muchos países europeos y latinoamericanos. Sin embargo, como respuesta a la degradación medioambiental, se tiende a la separación formal de los conceptos de "propiedad" y "derecho

de uso". La propiedad no otorga automáticamente el derecho de contaminar o sobreexplotar el agua subterránea. En Australia, China, Indonesia, Irán, España, Alemania, Perú, y otros lugares el agua subterránea se considera un bien público, bien por tradición legal (ej.: Moslem) o por la supresión de los

TAILANDIA

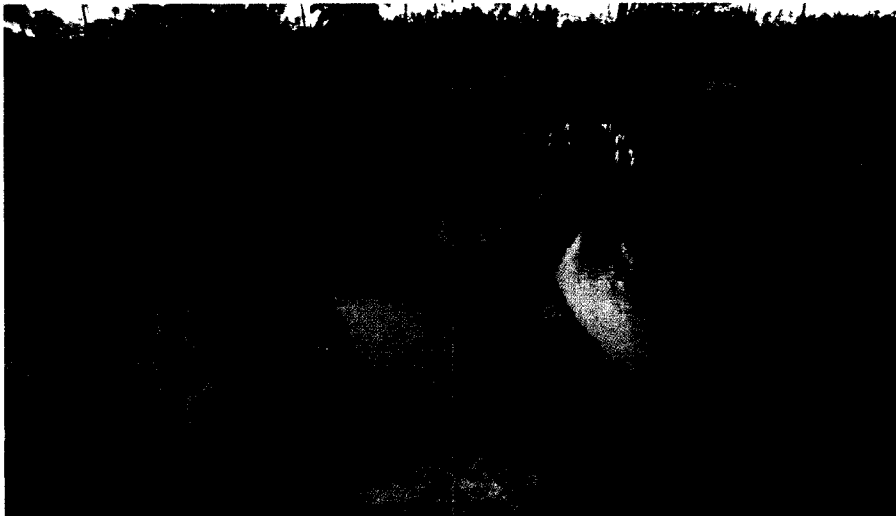
Todos los tipos de acuíferos más importantes se encuentran representados en Tailandia, de ellos, aproximadamente, 700 millones de metros cúbicos de agua subterránea se extraen anualmente. Los problemas de agua subterránea incluyen la contaminación salina, los residuos industriales y los fertilizantes.

En 1977, el Acta del Agua Subterránea de Tailandia fue promulgada para llevar las actividades del agua subterránea a las designadas "áreas del agua subterránea" bajo el control del gobierno. Dentro de estas áreas, se requieren permisos para la perforación de pozos, la extracción de agua subterránea y la eliminación al subsuelo de residuos líquidos. El Ministerio de Industria es responsable de la designación de las regiones como "áreas del agua subterránea", emitiendo directivas y su aplicación. El Director General del Departamento de Recursos Minerales (DMR) es responsable del Acta, incluyendo la emisión de los permisos y los registros de los pozos.

El Acta está siendo implementada en áreas donde los recursos en agua subterránea son especialmente críticos y están amenazados por la sobreexplotación y la contaminación. Bangkok y cinco provincias adjuntas han sido designadas como el Area Bangkok del Agua subterránea: especificaciones para la perforación y la construcción de los pozos; métodos de extracción y conservación del agua subterránea; medidas técnicas para el control de la contaminación; normas del agua de bebida; y principios técnicos para la eliminación en el subsuelo de líquidos. Las penas por las violaciones incluyen multas, prisión, y confiscación del equipo.

En el Area del Agua Subterránea de Bangkok, se han emitido alrededor de 10.000 permisos para extracción del agua subterránea. Sin embargo, la DMR ha adoptado una política de no concesión de permisos para construir nuevos pozos en áreas donde exista un suministro público de agua adecuado y ha aplicado un estricto control sobre los usos del agua subterránea en las zonas críticas. Las solicitudes de usos de agua subterránea en el sector privado son críticamente evaluadas antes de conceder cualquier permiso. Las Regulaciones Ministeriales, en vigor desde el 3 de febrero de 1985, permitieron al DMR que impusiera una tasa a los usuarios privados de agua subterránea en el Area de Agua Subterránea de Bangkok.

Fuentes: Naciones Unidas, 1986, *Ground Water in Continental Asia*, Ground Water Division, Tailandia, Departamento de Recursos Minerales, 1991, com. pers.



11

derechos de propiedad y la transferencia del recurso al terreno público. En algunos países, especialmente en los Estados Unidos, el agua subterránea está sometida a diferentes regímenes legales en estados diferentes, distinguiendo entre los usos domésticos y otros usos.

LEGISLACION

En algunos países, el agua subterránea se ha protegido por la promulgación de un Acta Básica del Agua que cubre todos los recursos del agua. Las disposiciones específicas para el agua subterránea se pueden incluir o añadir en una fase posterior. Este enfoque ha sido seguido en Finlandia, Italia, Israel, Polonia, España, Reino Unido y USA. En otros países, incluyendo Francia, Holanda, Rumania y Turquía, la protección del agua subterránea ha evolucionado por medio de la adopción de una amplia variedad de reglamentos que tratan aspectos específicos del agua subterránea, tales como las tasas de extracción, las profundidades de los pozos y la protección medioambiental.

La jurisdicción primaria para la protección del agua subterránea se puede centralizar a nivel nacional, como en México y en Egipto o puede delegarse en provincias y estados como los Estados Unidos, India y China. En los casos en los que la jurisdicción se ha delegado, el gobierno central mantiene la autoridad sobre aspectos determinados como las normas mínimas de calidad del agua, para asegurar la coherencia.

IMPLEMENTACION

Uno de los elementos clave de una protección eficaz del agua subterránea es el establecimiento de un organismo central o ministerio cuya responsabilidad es la implementación de legislación sobre agua subterránea. El organismo designado puede tener



Promover una política agrícola estable, forma parte del proceso de protección del agua subterránea.

varias responsabilidades que incluyen el establecimiento de normas y reglamentos, la aplicación, la planificación y la coordinación. Para operar de forma eficaz, los organismos deben estar provistos de fondos y personal adecuado. Las responsabilidades se pueden restringir a un organismo nacional centralizado o pueden ser divididos entre cuerpos administrativos. En situaciones en las que la responsabilidad del uso del agua subterránea, la planificación y la protección están fragmentadas, se requiere un consejo de coordinación que consta de representantes de organismos diferentes.

REGULACION

Se ha desarrollado una amplia variedad de mecanismos reguladores

para proteger el agua subterránea.

□ **Establecimiento de normas de calidad del agua:** las normas del agua de bebida se han establecido para los niveles máximos de contaminantes permisibles. Estas normas podrían reflejar las prioridades nacionales y las capacidades técnicas. La adopción directa de las normas promulgadas por las naciones desarrolladas puede no ser aplicable, o incluso deseable en muchas partes del mundo en desarrollo.

□ **Establecimiento de las áreas de protección:** antes que intentar proteger el agua subterránea en todas partes, los esfuerzos se pueden centrar de forma más eficaz en la protección de importantes acuíferos y abastecimiento público de agua por el establecimiento de áreas de protección



12

especial. A menudo, un enfoque bilateral se adopta para proporcionar al acuífero entero un nivel básico de protección y al área de suelo que contribuye a los pozos para abastecimiento público se le da un nivel adicional de protección (áreas de protección de manantiales). En Alemania Occidental, las zonas designadas de protección del agua subterránea comprenden el 10% del área total de terreno.

□ **Control de la extracción y eliminación de los residuos al subsuelo:** en muchos países se requieren permisos o licencias para la instalación de pozos y para la extracción y uso del agua subterránea. Los límites legales se pueden establecer, basándose en la tasa media de recarga de un acuífero, o se pueden imponer tarifas de extracción para fomentar un uso eficaz y aumentar los ingresos. Los controles sobre la cantidad, calidad y localización de la eliminación de los residuos en el subsuelo también se han impuesto de forma general.

□ **Identificación y saneamiento de las fuentes de contaminación:** un inventario de las principales fuentes puntuales y dispersas de contaminación, debería llevarse a cabo en las áreas de protección del agua subterránea, o como mínimo, dentro de las áreas de protección especial. La contaminación a partir de importantes fuentes puntuales debería controlarse y depurarse. La regulación del uso del suelo es a menudo el instrumento más adecuado para el control de la contaminación de las fuentes dispersas.

□ **Regulación del uso del suelo:** se han desarrollado una gran variedad de reglamentos para proteger el agua subterránea de sustancias específicas o actividades que potencialmente degradan la calidad del agua subterránea. El uso de ciertas sustancias tóxicas y peligrosas puede

ser prohibido o restringido, especialmente en las áreas de protección del agua subterránea. Se pueden desarrollar reglamentos para controlar la contaminación del agua subterránea de fuentes específicas y puntuales de contaminación, tales como vertederos, tratamiento de las aguas residuales y servicios de eliminación y tanques de depósito subterráneos. Las valoraciones del impacto medioambiental se usan para evaluar los impactos potenciales de los grandes proyectos en el agua subterránea. En las áreas de protección del agua subterránea, se promulgan a veces reglamentos específicos del uso del suelo que incluyen la prohibición o restricción de ciertas actividades, controles de la densidad de población, limitaciones a la tala de la vegetación natural y reglamentos pertenecientes al uso y aplicación de sustancias específicas.

□ **Aplicación de las normas y regulaciones:** el organismo responsable de asegurar la conformidad con las normas debería diseñarse con claridad en la legislación del agua subterránea. El personal y fondos adecuados son un requisito previo para un cumplimiento eficaz. Se pueden adoptar dos enfoques diferentes: el uso de penalizaciones o incentivos. Las penalizaciones incluyen generalmente la imposición de multas, sobretasas impuestos, confiscación de los equipos y pérdida de licencias y prisión. Los incentivos incluyen las concesiones de impuestos, las subvenciones, la compensación por las restricciones del uso del suelo y la emisión de licencias.

OTRAS ACCIONES

Las acciones no-reguladoras para la protección del agua subterránea incluyen:

□ **La adquisición de áreas críticas de suelo:** probablemente el enfoque más simple, eficaz y caro a la protección

del agua subterránea es la adquisición de áreas de terreno que se destacan particularmente vulnerables y/o importantes acuíferos. El terreno con estos objetivos puede ser adquirido por gobiernos nacionales, regionales o municipales, por organizaciones no gubernamentales (ej.: en un caso determinado, la Compañía de agua embotellada Vittel, con objeto de asegurar la calidad de sus manantiales). En muchos países, adquirir el área de suelo que rodea los pozos de abastecimiento público es una práctica rutinaria. Donde los abastecimientos son particularmente críticos, sin embargo se pueden adquirir grandes áreas de terreno. En Francia, por ejemplo, en la ciudad de París se está considerando la compra de una cuenca completa como solución definitiva para la protección de uno de los manantiales de agua de bebida de la ciudad.

□ **Formación de personal técnico.** Una causa frecuentemente citada de fracaso en la implementación de programas de protección del agua subterránea es la falta de personal entrenado, particularmente personal técnico y de control tales como hidrogeólogos y planificadores de los recursos en agua, y la participación en seminarios o programas de formación.

□ **Control del agua subterránea:** el control de los recursos de agua subterránea es un componente crítico para una protección eficaz. El control aporta información sobre las tendencias a largo plazo, ayuda a la identificación de las amenazas y aporta una retroalimentación sobre la eficacia de las medidas de protección.



PROTECCION DEL AGUA SUBTERRANEA: ACCIONES

POSIBLES ACCIONES	OBJETIVO
Tratados	Proteger/asignar recursos que cruzan las fronteras nacionales
Legislacion	
<input type="checkbox"/> Promulgar leyes de protección del agua subterránea	Establecer bases legales para la protección del agua subterránea, incluyendo la responsabilidad por contaminación
<input type="checkbox"/> Establecer un organismo responsable	Identificar y designar organismo de implementación
<input type="checkbox"/> Establecer normas de calidad del agua	Establecer objetivos nacionales para la calidad del agua
<input type="checkbox"/> Crear áreas de protección del agua subterránea (APAs)	Establecer prioridades para la protección
Reglamentación	
<input type="checkbox"/> Extracción del agua subterránea	Controlar localización y tasa de extracciones; crear normas para la construcción de pozos
<input type="checkbox"/> Deposición al subsuelo	Controlar localización, cantidad y calidad de eliminación de residuos al subsuelo
<input type="checkbox"/> Evaluación impacto medioambiental	Evaluar los potenciales impactos de los grandes proyectos sobre los recursos del agua subterránea
<input type="checkbox"/> Residuos tóxicos y peligrosos	Controlar el transporte, almacenamiento, uso y eliminación de sustancias tóxicas y peligrosas
<input type="checkbox"/> Vertederos/eliminación de residuos sólidos	Normas para ubicación y construcción de nuevos vertederos; medidas paliativas para los existentes; control
<input type="checkbox"/> Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Crear normas para ubicación de plantas de tratamiento nivel de tratamiento y eliminación de aguas residuales; construcción de sistemas sépticos
<input type="checkbox"/> Depósitos subterráneos	Establecer normas para localización y construcción de nuevos depósitos; inspección y eliminación de viejos depósitos
<input type="checkbox"/> Caudal superficial	Establecer normas para el control y el tratamiento del caudal superficial
<input type="checkbox"/> Usos prohibidos	Prohibir actividades dañinas a las APAs
<input type="checkbox"/> Usos restringidos	Controlar actividades potencialmente peligrosas en APAs por el uso de permisos, licencias, etc...
<input type="checkbox"/> Mantenimiento de la vegetación natural	Mantener el porcentaje de APAs como cobertura natural para proteger la calidad del agua, recarga
<input type="checkbox"/> Bajas densidades de población dispersas	Proteger la calidad del agua en las APAs de fuentes dispersas de contaminación
<input type="checkbox"/> Limitaciones del crecimiento	Dar tiempo para recogida de datos, planificación y protección de las APAs
Otras acciones	
<input type="checkbox"/> Adquisición de terrenos	Proteger de forma permanente el agua subterránea de la contaminación terrestre
<input type="checkbox"/> Formación técnica	Mejorar la eficacia del personal
<input type="checkbox"/> Educación pública	Informar e involucrar al público
<input type="checkbox"/> Planes de contingencia	Se deben emprender acciones específicas para proteger el abastecimiento público de agua en emergencias
<input type="checkbox"/> Control	Aumentar bases de datos y establecer tendencias

DIRECCIONES UTILES

UNESCO
Programa Hidrológico
Internacional (PHI)
7 place de Fontenoy
75700 París
Francia
Tel: (331) 4568 4002
Fax: (331) 4567 5869

NUDCTD
Departamento de las Naciones
Unidas de Cooperación
Técnica para el Desarrollo
Nueva York, NY 10017
Estados Unidos
Tel: (1212) 963 8359, 8360, 8363
Fax: (1212) 371 4360

UNICEF
Fondo de las Naciones Unidas para
la Infancia
Nueva York, NY 10017
Estados Unidos
Tel: (1212) 326 7000
Fax: (1212) 888 7465

Comisión Económica para Africa de las
N.U. (CEPA)
P.O. Box 3001
Addis Abeba (Etiopía)
Tel.: (251 1) 7200
Télex: 21029

Comisión Económica de las
Naciones Unidas para Europa (ECE)
Palais des Nations
CH-1211 Ginebra 10
Suiza
Tel: (422) 734 6011
Fax: (422) 734 9825

Comisión Económica para América
Latina y el Caribe (CEPAL)
Casilla 179-D
Santiago
Chile
Tel: (562) 208 50 51
Fax: (562) 208 02 52

Comisión Económica y Social para
Asia y Pacífico (CESPAP)
Edificio de las NU
Rajdamnarn Avenue
Bangkok 10200
Tailandia
Tel: (662) 2829 161 200, 2829 381 389
Fax: (662) 2829 602

Comisión Económica y Social de
las Naciones Unidas para Asia
Oriental (CESAO)
P.O. Box 927115
Amman
Jordania
Tel: (962 6) 694351
Fax: (962 6) 694980

Organización de las Naciones
Unidas para la Agricultura y la
Alimentación (FAO)
Via delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma
Italia
Tel: (396) 5797 4033
Fax: (396) 5797 3152

Organización Mundial de la Salud
(OMS)
CH-1211 Ginebra 27
Suiza
Tel: (4122) 791 2111
Fax: (4122) 791 0746

Banco Mundial
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
Estados Unidos
Tel: (1202) 477 1234
Fax: (1202) 334 0568, 477 6391

Organización Meteorológica
Mundial (OMM)
Sistema Múltiple de Operatividad
Hidrológica (OHP-SMOH)
P.O. Box 2300
CH-1211 Ginebra 2
Suiza
Tel: (4122) 730 8111
Fax: (4122) 734 2326

Centro Arabe para Estudio de las
Zonas Aridas y Terrenos
Desérticos (CAEZA)
P.O. Box 2440
Damasco
Siria
Tel: (96311) 755 713, 755 714
Telex: (412697 CAEZA)-SY

Comité InterAfricano de Estudios
Hidráulicos (CIEH)
01 Boite Postale 369
Ougadougou 01
Burkina Faso
Tel: (226) 307112, 307115
Telex: CIEH 5277 B.F.
Tel: (3115) 697262
Fax: (3115) 564801

OTRAS LECTURAS

R.H. Brown, A.A. Konoplyantsev
J. Ineson, V.S. Kovalevsky (eds), *Ground-
Water Studies, Studies and Reports in
Hydrology Series, No. 7*, UNESCO,
Paris, 1972.

E. Custodio, G.A. Bruggeman, *Ground-
Water Problems in Coastal Areas, Studies
and Reports in Hydrology Series, No.
45*, UNESCO, Paris, 1987.

R.E. Jackson (ed), *Aquifer Contamination
and Protection, Studies and Reports in
Hydrology Series, No. 30*, UNESCO,
Paris, 1980.

J.F. Poland (ed), *Guidebook to Studies of
Land Subsidence Due to Ground-Water
Withdrawal, Studies and Reports in
Hydrology Series, No. 40*, UNESCO,
Paris, 1985.

UNESCO, *Handbook for National
Evaluation, Water Resources Assessment
Activities*, UNESCO/OWM, 1988.

UNESCO, *Water Resources Assessment*,
UNESCO / OWM, 1991.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in the Eastern
Mediterranean and Western Asia*,
NUDTCD, 1982.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in the Pacific
Region*, NUDTCD, 1983.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in Continental Asia*,
NUDTCD, 1986.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in North and West
Africa*, NUDTCD, 1987.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in East, Central and
Southern Africa*, NUDTCD, 1988.

Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo de las Naciones
Unidas, *Ground Water in Western and
Central Europe*, NUDTCD, 1991.

J. Vrba (ed), *Integrated Land-Use Planning
and Ground-Water Protection in Rural Areas*,
Technical Documents in Hydrology
Series, UNESCO, Paris, 1991.

AGUA SUBTERRANEA

CAMINO POR RECORRER

A medida que la población aumenta, existe una creciente demanda de fuentes limpias y dependientes del agua. A la vez, los recursos de agua subterránea, esenciales para el crecimiento y desarrollo, están amenazados por la contaminación y la sobreexplotación. Una vez contaminado, la recuperación de un acuífero puede ser un proceso de larga duración, acompañado de efectos económicos, sociales y medioambientales adversos y que suponen el gasto de enormes recursos financieros. Los gestores son conscientes de que para que sus países dispongan de suficiente agua limpia en el futuro, deben comenzar a seguir las leyes del ciclo hidrológico.

El desarrollo sostenible (duradero) y el uso de los recursos de agua subterránea debe tener lugar en el amplio contexto de la gestión integrada de los recursos de agua. Esto requiere la protección de la calidad y la cantidad de agua subterránea y debe tener en cuenta la interrelación entre los sistemas de agua subterránea y agua superficial. Como precondition para la gestión eficaz del agua subterránea, se debe llevar a cabo una completa evaluación de todos los recursos de agua. Hasta la fecha, la mayor parte de los programas de protección del agua subterránea se han iniciado en países con un desarrollo agrícola e industrial intensivo, centrando sus esfuerzos en paliar la severa contaminación y la

protección de los suministros de agua existentes. En los países en vías de desarrollo, la explotación del agua subterránea precede a menudo a la protección y a la gestión.

En todas partes del mundo, existe la necesidad de una mejor protección de los abastecimientos existentes y futuros, tanto en los ámbitos rurales como urbanos. Esto requiere el desarrollo de instituciones con los necesarios recursos y competencias para la creación, coordinación e implementación de una estrategia y política comprensivas del agua subterránea. La legislación es necesaria en términos de regular el uso del suelo y controlar la extracción del agua subterránea. Se tiende a la descentralización de responsabilidades, de nivel nacional a nivel regional y local, lo que refleja la importancia de la comprensión y la participación pública en la gestión eficaz de los recursos.

Los costes de la gestión del agua subterránea (recogida de datos, administración e implementación), pueden ser altos. Pero frente a estos costes se deben sopesar los costes aún mayores por no actuar a tiempo. Una cosa está clara: si no los gestionamos de forma adecuada, nuestros recursos de agua subterránea continuarán deteriorándose. En demasiados casos, el resultado final será la pérdida de este crítico, aunque "invisible", recurso.