

RECURSOS NATURALES COMPARTIDOS

[Tema 9 del programa]

DOCUMENTO A/CN.4/533 y Add.1

Primer informe sobre recursos naturales compartidos, del Sr. Chusei Yamada, Relator Especial

[Original: inglés]
[30 de abril y 30 de junio de 2003]

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Instrumentos multilaterales citados en el presente informe	130
Obras citadas en el presente informe	131
	<i>Párrafos</i>
PRIMERA PARTE: ESBOZO DEL TEMA	
INTRODUCCIÓN	1-5 131
<i>Capítulo</i>	
I. ANTECEDENTES DEL TEMA	6-18 132
II. AGUAS SUBTERRÁNEAS CONFINADAS TRANSFRONTERIZAS	19-25 135
SEGUNDA PARTE: PANORAMA DE LOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
INTRODUCCIÓN	26-29 137
III. ACUÍFEROS CONFINADOS Y ACUÍFEROS DESCONECTADOS	30-32 138
IV. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LOS ACUÍFEROS	33-39 138
A.—Características generales	33-34 138
B.—Características de los acuíferos	35-37 139
C.—Acuíferos internacionales y transfronterizos	38 139
D.—Sistemas de acuíferos transfronterizos	39 140
V. RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL MUNDO Y SU UTILIZACIÓN	40-48 140
A.—Europa	41 140
B.—India	42 140
C.—China	43 141
D.—América del Norte	44 141
E.—América Central	45 141
F.—América del Sur	46 141
G.—África y Oriente Medio	47 141
H.—Australia	48 141
VI. CAUSAS Y ACTIVIDADES QUE REPERCUTEN NEGATIVAMENTE EN EL RECURSO	49-58 142
A.—Calidad de las aguas subterráneas	49 142
B.—Contaminación de las aguas subterráneas	50-52 142
C.—Protección y ordenación de las aguas subterráneas	53 143
D.—Los problemas de la contaminación de las aguas subterráneas transfronterizas	54 143
E.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos transfronterizos poco profundos	55-56 143
F.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos transfronterizos más profundos	57 144
G.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos fósiles transfronterizos	58 144

<i>Capítulo</i>	<i>Párrafos</i>	<i>Página</i>
VII. PRÁCTICAS DE LOS ESTADOS RESPECTO DE LA GESTIÓN NACIONAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	59	144
VIII. ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS ACUÍFEROS COMPARTIDOS QUE SUFREN LA PRESIÓN DEL BOMBEO O LA CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZOS	60	145
IX. ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS NO CONECTADAS, CON ESPECIAL HINCAPIÉ EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS NO RENOVABLES	61–63	146
A.—Aspectos generales	61	146
B.—Recursos de aguas subterráneas no conectadas: riesgo combinado con incertidumbre científica y política	62	146
C.—Normas éticas y normas científicas	63	146
X. CONCLUSIONES	64–65	147

ANEXOS

I. Terminología empleada en este informe	148
II. Estudio de casos	149

LISTA DE GRÁFICOS

1. Ciclo hidrogeológico.....	150
2. Flujo transfronterizo.....	151
3. Contaminación de las aguas subterráneas.....	152

Instrumentos multilaterales citados en el presente informe

	<i>Fuente</i>
Acta Final del Congreso (Viena, 9 de junio de 1815)	<i>British and Foreign State Papers, 1814-1815, vol. II, pág. 3.</i>
Tratado general para el restablecimiento de la paz entre Austria, Francia, Gran Bretaña, Prusia, Cerdeña y Turquía, y Rusia (París, 30 de marzo de 1856)	<i>Ibíd., 1855-1856, vol. XLVI, pág. 8.</i>
Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales (Helsinki, 17 de marzo de 1992)	<i>Naciones Unidas, Recueil des Traités, vol. 1936, n.º 33207, pág. 269.</i>
Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación (Nueva York, 21 de mayo de 1997)	<i>Documentos Oficiales de la Asamblea General, quincuagésimo primer período de sesiones, Suplemento n.º 49, vol. III, resolución 51/229, anexo.</i>

Obras citadas en el presente informe

- ALMÁSSY, E. y Zs. BUZÁS
Inventory of Transboundary Groundwaters, vol. 1, Lelystad, septiembre de 1999.
- BURKE, Jacob J. y Marcus H. MOENCH
Groundwater and Society: Resources, Tensions and Opportunities, publicación de las Naciones Unidas, n.º de venta E.99.II.A.1.
- FOSTER, Stephen y otros
Utilization of Non-Renewable Groundwater: a Socially-Sustainable Approach to Resource Management, nota de información n.º 11, GW-MATE Briefing Note Series, Washington D.C., Banco Mundial, 2002.
- LEEDEN, Frits van der, Fred L. TROISE y David Keith TODD
The Water Encyclopedia, 2.ª ed., CRC Press, 1990.
- SHIKLOMANOV, Igor A.
 «Global renewable water resources», en H. Zebedi, *Water: A Looming Crisis?* Actas de la Conferencia internacional sobre recursos hídricos mundiales al inicio del siglo XXI, París, 3 de junio de 1998.
- ZAPOROZEC, Alexander y John C. MILLER
Ground-Water Pollution, París, UNESCO, 2000.
- ZEKTSER, Igor S. y Lorne G. EVERETT
Groundwater and the Environment: Applications for the Global Community, CRC Press, 2000, 192 págs.

PRIMERA PARTE: ESBOZO DEL TEMA

Introducción

1. Este primer informe, de carácter muy preliminar, es un esbozo del tema «Recursos naturales compartidos». Consta de la presente introducción, de los antecedentes de la formulación del tema de los recursos naturales compartidos y de un examen de los problemas que deben abordarse en relación con las aguas subterráneas confinadas transfronterizas¹.

2. La Asamblea General, en su quincuagésimo cuarto período de sesiones celebrado en 1999, alentó a la Comisión «a proceder a la selección de nuevos temas para su próximo quinquenio con arreglo a los deseos y preocupaciones de los Estados y a que presente ideas relativas a nuevos temas posibles e información conexas, a fin de facilitar la decisión de la Asamblea General al respecto»². En su 52.º período de sesiones, celebrado en 2000, la Comisión examinó su programa de trabajo a largo plazo y, tras examinar detenidamente los estudios preliminares sobre esos temas, convino en que procedía incluir los temas siguientes en el programa de trabajo a largo plazo³:

1. Responsabilidad de las organizaciones internacionales;
2. Efectos de los conflictos armados en los tratados;
3. Recursos naturales compartidos de los Estados;
4. Expulsión de extranjeros;
5. Riesgos resultantes de la fragmentación del derecho internacional.

3. En su quincuagésimo quinto período de sesiones, celebrado en 2000, la Asamblea General se limitó a tomar nota del informe de la Comisión relativo «a su programa

de trabajo a largo plazo, y de los planes de estudio de nuevos temas»⁴. Seguidamente, en su 53.º período de sesiones celebrado en 2001, la Comisión decidió, a fin de aprovechar mejor el tiempo, «dar prioridad, durante la primera semana de la primera parte de su 54.º período de sesiones, al nombramiento de dos relatores especiales encargados de dos de los cinco temas incluidos en su programa de trabajo a largo plazo»⁵. En el debate de la Sexta Comisión de la Asamblea General celebrado en su quincuagésimo sexto período de sesiones en 2001, las delegaciones destacaron el interés particular de los nuevos cinco temas propuestos, habida cuenta de la posible necesidad de aclarar el derecho en esferas en las que pudieran plantearse problemas prácticos. Muchas delegaciones opinaron que ya se podía codificar el tema «Responsabilidad de las organizaciones internacionales» y que la Comisión debía darle prioridad entre los cinco temas recomendados. Algunas delegaciones también expresaron su apoyo al examen del tema «Recursos naturales compartidos»⁶. Por consiguiente, la Asamblea General pidió a la Comisión que «inicie su labor sobre el tema de la 'Responsabilidad de las organizaciones internacionales' y siga considerando los temas restantes que habría que incluir en su programa de trabajo a largo plazo, teniendo debidamente presentes las observaciones hechas por los gobiernos»⁷.

4. En la primera parte de su 54.º período de sesiones celebrado en 2002, la Comisión decidió incluir en su programa de trabajo el tema «Recursos naturales compartidos», nombrar a un Relator Especial sobre el tema

⁴ Resolución 55/152 de la Asamblea General, de 19 de enero de 2001, párr. 8.

⁵ *Anuario... 2001*, vol. II (segunda parte), pág. 220, párr. 259.

⁶ Resumen por temas de los debates de la Sexta Comisión de la Asamblea General en su quincuagésimo sexto período de sesiones (A/CN.4/521), párr. 122.

⁷ Resolución 56/82 de la Asamblea General, de 18 de enero de 2002, párr. 8.

¹ *Anuario... 1994*, vol. II (segunda parte), pág. 144.

² Resolución 54/111 de la Asamblea General, de 2 de febrero de 2000, párr. 8.

³ *Anuario... 2000*, vol. II (segunda parte), pág. 139, párr. 729.

y establecer un grupo de trabajo para ayudar al Relator Especial⁸. En la segunda parte del período de sesiones, el Relator Especial preparó un documento de trabajo para su examen en consultas oficiosas⁹ en el que se refirió a las circunstancias que llevaron a proponer ese tema en el Grupo de Planificación de la Comisión y señaló que tenía la intención de tratar las aguas subterráneas confinadas transfronterizas, el petróleo y el gas natural en el contexto del tema. Aunque reconoció que un único depósito de mineral podía estar bajo la jurisdicción de más de dos Estados, que muchos recursos marinos vivos también eran recursos compartidos y que los animales terrestres y las aves también podían migrar cruzando fronteras, el Relator Especial señaló que no procedía examinar esos recursos en el contexto de dicho tema, puesto que tenían características muy distintas a las de las aguas subterráneas, el petróleo y el gas, y podían examinarse mejor en otros foros. El Relator Especial también propuso adoptar un enfoque por etapas, iniciando el estudio del tema con las aguas subterráneas. Posteriormente, propuso el siguiente programa de trabajo para el actual quinquenio:

- 2003 Primer informe: esbozo del tema
- 2004 Segundo informe: aguas subterráneas confinadas
- 2005 Tercer informe: petróleo y gas
- 2006 Cuarto informe: examen global del tema.

Los miembros de la Comisión hicieron varias aportaciones de interés y, en general, apoyaron el enfoque propuesto por el Relator Especial.

⁸ *Anuario... 2002*, vol. II (segunda parte), párr. 518, apdo. a.

⁹ ILC(LIV)/IC/SNR/WP.1, de 8 de agosto de 2002.

5. En el debate celebrado por la Sexta Comisión de la Asamblea General en su quincuagésimo séptimo período de sesiones de 2002, muy pocas delegaciones formularon observaciones sobre el tema «Recursos naturales compartidos». Las que lo hicieron se mostraron partidarias en general de que se estudiara el tema. Se expresó preocupación sobre si el título del tema resultaba apropiado. Según una opinión, el tema debía limitarse a la cuestión de las aguas subterráneas como complemento de la labor anterior de la Comisión sobre las aguas transfronterizas. Sin embargo, era pronto todavía para estudiar otros aspectos de los recursos transfronterizos. Aparte de la cuestión de los cursos de agua transfronterizos, rara vez se habían planteado conflictos verdaderos entre los Estados, y en los casos en que habían surgido, se habían logrado acuerdos prácticos para resolver la situación concreta de que se tratara. Según esa opinión, no resultaría productivo tratar de extrapolar el derecho internacional consuetudinario de esa práctica divergente¹⁰. En su quincuagésimo séptimo período de sesiones, la Asamblea General se limitó a tomar nota de la decisión de la Comisión de incluir en su programa de trabajo el tema titulado «Recursos naturales compartidos»¹¹. Dado que hasta la fecha se han recibido muy pocas respuestas de los Estados, el Relator Especial ha decidido seguir por el momento las pautas descritas en el párrafo 4 *supra*, si bien el estudio sobre las aguas subterráneas podía requerir mucho más tiempo del previsto en dicho párrafo.

¹⁰ Resumen por temas de los debates de la Sexta Comisión de la Asamblea General en su quincuagésimo séptimo período de sesiones (A/CN.4/529), párr. 236.

¹¹ Resolución 57/21 de la Asamblea General, de 21 de enero de 2003, párr. 2.

CAPÍTULO I

Antecedentes del tema

6. La primera vez que la Comisión abordó el problema de los recursos naturales compartidos fue en el marco de un debate sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. Sería de gran utilidad para la labor de la Comisión hacer una breve reseña del proceso de codificación. El régimen jurídico de los ríos internacionales se trató por primera vez en el Congreso de Viena de 1815, en el que se proclamó el principio de la libre navegación por los ríos internacionales de Europa¹². El Danubio revestía una importancia particular en el desarrollo del derecho europeo sobre los ríos internacionales. La Comisión Europea del Danubio, establecida en virtud del Tratado de Paz de París de 1856¹³ reglamentó la navegación en el Danubio mediante la cooperación internacional y fue un ejemplo para otras comisiones fluviales que habrían de crearse más adelante. En un principio, el desarrollo del derecho internacional

sobre los ríos estuvo centrado casi exclusivamente en los derechos a la libre navegación.

7. Más adelante fue preciso tratar también otros usos de los ríos internacionales, como la producción de energía eléctrica, la irrigación, los procesos industriales, el transporte para fines distintos de la navegación (explotación forestal) y las actividades recreativas. En la mayoría de los principales sistemas fluviales, los Estados que se encuentran aguas abajo utilizan las aguas al máximo. Los nuevos usos de las aguas por parte de los Estados situados aguas arriba han de afectar de alguna manera los intereses adquiridos a lo largo de los años por los Estados situados aguas abajo. Tales usos también plantean problemas ambientales debido a los riesgos de contaminación que entrañan. Existe una diferencia fundamental entre el régimen de navegación y el régimen de usos distintos de la navegación. El objetivo del régimen de navegación es establecer medidas administrativas concertadas destinadas a garantizar la libre navegación en el sistema fluvial. El régimen de usos distintos de la navegación debe centrarse en mantener un equilibrio equitativo de intereses entre los

¹² Acta Final del Congreso.

¹³ Tratado general para el restablecimiento de la paz entre Austria, Francia, Gran Bretaña, Prusia, Cerdeña y Turquía, y Rusia, art. XVII.

Estados que corresponde y constituir una protección contra los efectos perjudiciales para el medio ambiente.

8. En 1970 la Asamblea General recomendó que la Comisión «emprenda [...] el estudio del derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación, con vistas a su desarrollo progresivo y a su codificación»¹⁴. La labor de la Comisión comenzó en 1971 y se prolongó hasta 1994 con cinco Relatores Especiales sucesivos, a saber, los Sres. Kearney, Schwebel, Evensen, McCaffrey y Rosenstock. Desde el comienzo de su labor, la Comisión recibió importantes aportaciones de los Estados. Casi la mitad de los Estados dieron a conocer su posición a la Comisión. El proyecto de artículos preparado por la Comisión en primera lectura en 1991¹⁵ apenas recibió críticas desfavorables. Tras redactar la versión definitiva del proyecto de artículos¹⁶, la Comisión lo presentó en 1994 a la Asamblea General, con cambios de menor importancia respecto de la versión de 1991. La Asamblea General decidió entonces dedicar un período de dos años a que los Estados reflexionaran sobre el tema y convocar en 1996 un Grupo de Trabajo plenario de la Sexta Comisión para que elaborara una convención marco sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación sobre la base del proyecto de artículos formulado por la Comisión.

9. El Grupo de Trabajo plenario de la Sexta Comisión se reunió en 1996 y 1997 y, el 4 de abril de 1997, completó la elaboración de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. Por recomendación del Grupo de Trabajo, la Asamblea General aprobó el 21 de mayo de 1997 esta Convención por 103 votos contra 3 y 27 abstenciones¹⁷. La Convención aún no ha recibido las 35 ratificaciones necesarias para su entrada en vigor.

10. El rasgo principal de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación es que fue concebida como una convención marco en la que se proporcionarían normas subsidiarias. Los principios generales en ellas enunciados son la utilización y la participación equitativas y razonables por parte de los Estados en los usos de los recursos hídricos internacionales, por una parte, y la obligación de los Estados, al utilizar sus cursos de agua internacionales que atraviesan sus territorios, de adoptar todas las medidas que corresponda para no causar un efecto perjudicial sensible a otros Estados del curso de agua, por otro lado. Estos principios se materializarán mediante la cooperación entre los Estados del curso de agua, en particular mediante el sistema de notificación de medidas proyectadas. Un Estado del curso de agua, antes de ejecutar o permitir la ejecución de las medidas proyectadas que puedan causar un efecto perjudicial sensible a otros Estados del curso de agua, lo notificará oportunamente a esos Estados. También es necesario intercambiar información pertinente y celebrar consultas y negociaciones. Además, se estipula la obligación de proteger y preservar los ecosistemas de los

cursos de agua internacionales y prevenir, reducir y controlar la contaminación de los cursos de agua internacionales. Cabe mencionar que la solución de controversias incluye la referencia obligatoria a una comisión imparcial de determinación de los hechos, aunque sus conclusiones no sean vinculantes para los Estados en cuestión.

11. Hubo tres temas de discusión principales durante las negociaciones del Grupo de Trabajo plenario de la Sexta Comisión. El primero se refirió a la naturaleza de la convención marco y la relación que guardaba con los acuerdos de cursos de agua para ríos concretos. Los Estados situados aguas abajo insistían en que los acuerdos especiales tenían prelación sobre la convención marco, en tanto que los Estados en desarrollo que estaban situados aguas arriba preferían que prevalecieran los principios de la convención marco. Era preciso tener en cuenta dos consideraciones de orden práctico: en cualquier caso, se necesitaba el consentimiento de todos los Estados del curso de agua y, en realidad, los principios enunciados en la convención marco sin duda afectarían al acuerdo especial de curso de agua. El segundo tema era el equilibrio entre el principio de la utilización y la participación equitativas y razonables (art. 5) y el de la obligación de no causar daños transfronterizos sensibles (art. 7). Éste era sin duda el meollo de la discusión. Los Estados aguas arriba sostenían que, a menos que se diera prelación al principio de la utilización sobre el principio de no causar daños, no podrían realizar proyectos de desarrollo. Por otra parte, los Estados aguas abajo insistían en el principio *sic utere tuo ut alienum non laedas*. Finalmente, esta discrepancia se resolvió vinculando los dos principios con los términos «teniendo en cuenta», que figuran en el artículo 7, párr. 2. Este vínculo, poco convincente, parecía favorecer a los Estados aguas arriba. No obstante, los Estados aguas arriba debían atenerse a las normas estrictas aplicables a los nuevos proyectos de desarrollo, según lo dispuesto en la parte III de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación y, de este modo, se lograba el pleno equilibrio. El tercer tema se refería a la solución de controversias y, en particular, a si era necesario disponer de un régimen obligatorio de determinación de los hechos. Este punto se resolvió mediante el entendimiento tácito de que los Estados tenían la posibilidad de formular reservas si no aceptaban la remisión obligatoria a una comisión de determinación de los hechos. Todas esas cuestiones y las correspondientes soluciones resultarían muy pertinentes a la hora de examinar el régimen jurídico de cualquier otro recurso natural compartido.

12. Durante el examen por la Comisión del derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación se planteó la cuestión de las aguas subterráneas en el contexto del ámbito de aplicación de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. El Relator Especial, Sr. McCaffrey, presentó un estudio detallado sobre el tema¹⁸. En su análisis de los componentes de un curso de agua que debían incluirse en la definición de «curso de agua internacional», hizo hincapié en dos aspectos de las aguas subterráneas. El

¹⁴ Resolución 2669 (XXV) de la Asamblea General, de 8 de diciembre de 1970, párr. 1.

¹⁵ *Anuario... 1991*, vol. II (segunda parte), pág. 71.

¹⁶ *Anuario... 1994*, vol. II (segunda parte), pág. 95.

¹⁷ *Anuario... 1997*, vol. I, 2481.a sesión, pág. 54, párr. 1.

¹⁸ *Anuario... 1991*, vol. II (primera parte), pág. 52 y ss., documento A/CN.4/436, párrs. 8 a 58.

primero era la cantidad; la característica más sorprendente de las aguas subterráneas era su cantidad en relación con las aguas de superficie. Las aguas subterráneas constituían aproximadamente el 97% de los recursos de agua dulce de la Tierra, con exclusión de los casquetes polares y los glaciares¹⁹. El otro aspecto era el uso que se hacía de este recurso; hay una gran dependencia de las aguas subterráneas para la satisfacción de las necesidades humanas básicas, en particular en el mundo en desarrollo. Para el Sr. McCaffrey, la característica fundamental de las aguas subterráneas era que, si bien su flujo era lento en comparación con el de las aguas de superficie, las aguas subterráneas estaban en constante movimiento y que, si bien en casos excepcionales se podían encontrar en zonas en las que casi no había aguas de superficie, solían estar íntimamente relacionadas con los ríos y lagos. Estas dos características de las aguas subterráneas, su movilidad y su interrelación con las aguas de superficie, indicaban que las acciones de un Estado de un curso de agua respecto de sus aguas subterráneas podían afectar a las aguas subterráneas o de superficie de otro Estado del curso de agua. Por ello, el Relator Especial consideró que las aguas subterráneas debían incluirse en el ámbito de aplicación de la Convención. Tras someter su propuesta a debate, la Comisión finalmente convino en incluir en el proyecto de Convención las aguas subterráneas relacionadas con las aguas de superficie. Según el proyecto de artículo aprobado por la Comisión en primera lectura, se entendía por «curso de agua» «un sistema de aguas de superficie y subterráneas que, en virtud de su relación física, constituyen un conjunto unitario y normalmente fluyen a un término común» (art. 2, apdo. b)²⁰. El motivo por el que se incluyeron las aguas subterráneas era que, teniendo en cuenta que las aguas de superficie y las aguas subterráneas constituían un conjunto unitario, cualquier intervención humana en algún punto de ese conjunto podía tener repercusiones en otras partes del mismo conjunto. De la unidad del conjunto se desprende que el término «curso de agua» así definido en el proyecto de artículos no incluye las aguas subterráneas «confinadas» que no están relacionadas con las aguas de superficie. Se propuso que las aguas subterráneas confinadas se trataran en un estudio separado de la Comisión con miras a elaborar proyectos de artículos sobre el tema.

13. El Sr. Rosenstock, sucesor del Sr. McCaffrey en el cargo de Relator Especial a partir de 1992, volvió a plantear la cuestión de las aguas subterráneas. En su primer informe²¹, presentado en 1993, se inclinaba a incluir en la Convención el tema de las «aguas subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie». Si la Comisión estuviera abierta a esa idea, él prepararía los cambios pertinentes del proyecto de artículos correspondientes. En 1994, el Sr. Rosenstock presentó su estudio sobre las aguas subterráneas confinadas «no relacionadas con las aguas de superficie» como anexo de su segundo informe²². El Sr. Rosenstock sostenía que en su estudio había demostrado la conveniencia de incluir las aguas

subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie en los proyectos de artículos y señaló que la nueva tendencia en la ordenación de los recursos hídricos consistía en adoptar un enfoque integrado. La inclusión de las aguas subterráneas confinadas «no relacionadas con las aguas de superficie» en el plan general de ordenación de los recursos hídricos era justo lo que hacía falta para administrar esos recursos de manera integrada. También estaba convencido de que los principios y las normas aplicables a las aguas de superficie y las aguas subterráneas relacionadas podían aplicarse del mismo modo a las aguas subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie. En su opinión, los cambios que precisaba el proyecto de artículos para ampliar su ámbito de aplicación eran relativamente pocos y sencillos, y procedió a prepararlos. En 1993 y 1994, la Comisión sometió la propuesta a debates amplios y extensos²³. Si bien algunos miembros estaban de acuerdo con el Sr. Rosenstock en incluir las aguas subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie en el ámbito de aplicación de la Convención, muchos miembros tenían reservas acerca de la propuesta pues no entendían cómo las aguas subterráneas «no relacionadas con las aguas de superficie» podían considerarse parte de un sistema de aguas que constituía un conjunto unitario. A su juicio, el uso de las aguas subterráneas confinadas era un fenómeno relativamente nuevo y poco se sabía acerca de tales recursos. Sin embargo, convinieron en que, habida cuenta de que en algunas regiones del mundo las aguas subterráneas eran muy importantes y que el derecho relativo a las aguas subterráneas confinadas era más afín al que regía la explotación de los recursos naturales, en particular el gas y el petróleo, estaba justificado tratarlos en forma separada.

14. Finalmente, la Comisión decidió no incluir las aguas subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie en el proyecto de Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación²⁴ y aprobó el proyecto de artículo 2 en la forma en que se redactó en primera lectura, con cambios de menor importancia. En 1997, la Asamblea General aprobó el artículo 2 sin cambios importantes en el proyecto de la Comisión. El texto definitivo fue el siguiente:

Artículo 2

Términos empleados

A los efectos de la presente Convención:

a) Por «curso de agua» se entenderá un sistema de aguas de superficie y subterráneas que, en virtud de su relación física, constituyen un conjunto unitario y normalmente fluyen a una desembocadura común;

b) Por «curso de agua internacional» se entenderá un curso de agua, algunas de cuyas partes se encuentran en Estados distintos;

[...]

¹⁹ *Ibíd.*, pág. 54, párr. 17.

²⁰ Véase la nota 15 supra.

²¹ *Anuario... 1993*, vol. II (primera parte), pág. 201, documento A/CN.4/451.

²² *Anuario... 1994*, vol. II (primera parte), pág. 134, documento A/CN.4/462.

²³ Véase *Anuario... 1993*, vol. I, págs. 82 y ss., actas resumidas de las sesiones 2309.^a, 2311.^a a 2316.^a y 2322.^a; y *Anuario... 1994*, vol. I, págs. 39 y ss., actas resumidas de las sesiones 2334.^a a 2339.^a, y 2353.^a a 2356.^a.

²⁴ *Anuario... 1994*, vol. II (segunda parte), pág. 96, párr. 4 del comentario al artículo 2.

15. Al mismo tiempo, la Comisión aprobó y presentó la siguiente Resolución sobre las aguas subterráneas transfronterizas a la Asamblea General exhortando a los Estados a que se guiaran por los principios contenidos en el proyecto de artículos sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación, cuando proceda, en la regulación de las aguas subterráneas transfronterizas:

La Comisión de Derecho Internacional,

Habiendo completado su examen del tema sobre «El derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación»,

Habiendo examinado en ese contexto las aguas subterráneas relacionadas con un curso de agua internacional,

Reconociendo que las aguas subterráneas confinadas, que son aguas subterráneas no relacionadas con un curso de agua internacional, constituyen también un recurso natural de vital importancia para el sostenimiento de la vida, la salud y la integridad de los ecosistemas,

Reconociendo también la necesidad de realizar esfuerzos continuados para elaborar normas relativas a las aguas subterráneas confinadas transfronterizas,

Considerando su opinión de que los principios contenidos en su proyecto de artículos sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación pueden aplicarse a las aguas subterráneas confinadas transfronterizas,

1. *Exhorta* a los Estados a que se guíen por los principios contenidos en el proyecto de artículos sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación, cuando proceda, en la regulación de las aguas subterráneas transfronterizas;

2. *Recomienda* a los Estados que consideren la posibilidad de concertar acuerdos con el otro Estado o los otros Estados en que se encuentran las aguas subterráneas confinadas transfronterizas;

3. *Recomienda asimismo* que, en caso de que surja una controversia relacionada con aguas subterráneas confinadas transfronterizas, los Estados interesados consideren la posibilidad de resolverla de confor-

midad con las disposiciones contenidas en el artículo 33 del proyecto de artículos o de cualquier otra manera que se convenga²⁵.

16. La Asamblea General no adoptó medidas respecto de la recomendación de la Comisión sobre las aguas subterráneas confinadas transfronterizas.

17. Cuando la Comisión seleccionó en 2000 los «recursos naturales compartidos» como uno de los temas nuevos para el siguiente quinquenio, lo hizo basándose en el esquema general preparado por el Sr. Rosenstock²⁶. Éste sugirió que la Comisión podría analizar provechosamente el tema centrándose exclusivamente en el agua, particularmente en las napas cautivas, y otras estructuras geológicas únicas, como el petróleo y el gas. Las actividades debían limitarse a los recursos naturales comprendidos en la jurisdicción de dos o más Estados. El medio ambiente en general y los espacios públicos internacionales planteaban muchos problemas análogos y otros de distinto carácter.

18. Basándose en estos antecedentes, el Relator Especial propone examinar las aguas subterráneas confinadas, el petróleo y el gas en relación con el tema del presente informe, analizando en primer lugar la cuestión de las aguas subterráneas confinadas. Cabe señalar también que la labor que desarrolla la Comisión sobre el tema de la responsabilidad internacional por las consecuencias perjudiciales de actos no prohibidos por el derecho internacional también es pertinente en el análisis de los recursos naturales compartidos puesto que, si bien no se aborda el uso de los recursos propiamente dicho, sí se examinan las actividades comprendidas en la jurisdicción de un Estado que tendrían efectos transfronterizos en otros Estados.

²⁵ *Ibid.*, pág. 144.

²⁶ *Anuario... 2000*, vol. II (segunda parte), pág. 148, anexo, secc. 3.

CAPÍTULO II

Aguas subterráneas confinadas transfronterizas

19. Del examen anterior se deduce que las «aguas subterráneas» que han de considerarse son las masas de agua compartidas por más de dos Estados a las que no se hace referencia en el artículo 2, apdo. a, de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. Los términos que se utilizan para denominar estas masas de agua son los siguientes: «aguas subterráneas confinadas no relacionadas con las aguas de superficie», «aguas subterráneas confinadas», «aguas subterráneas confinadas transfronterizas», «napas cautivas», «acuífero transfronterizo» y otros. El término se aplica a una masa independiente de recursos hídricos que no aporta caudal a una desembocadura común por conducto de un sistema fluvial, o que recibe un caudal abundante de agua de cualquier masa de agua de superficie existente. Es necesario formular una definición precisa de ese tipo de masas de agua basándose en una comprensión adecuada de sus características hidrogeológicas. Hasta que se adopte una decisión sobre la

definición, el Relator Especial considera más conveniente utilizar el término «aguas subterráneas confinadas transfronterizas».

20. La Comisión hizo bien en decidir hacer un estudio separado sobre las aguas subterráneas confinadas transfronterizas. Es evidente que casi todos los principios consagrados en la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación también son aplicables a las aguas subterráneas confinadas transfronterizas. No obstante, existen diferencias claras entre esos dos tipos de masas de agua. Por ejemplo, los recursos de aguas de superficie son renovables, mientras que los de aguas subterráneas no lo son. Esto significa que las aguas subterráneas se agotan rápidamente tras su extracción puesto que tardan años en reponerse, y cuando resultan contaminadas, permanecen así durante muchos años. En el caso de las aguas de superficie, es preciso regular las actividades relacionadas con el

uso de los recursos. En el caso de las aguas subterráneas, tal vez sea necesario regular además otro tipo de actividades que podrían afectar de forma negativa a la condición y la calidad de las aguas subterráneas. Para abordar estos problemas específicos será necesario examinar otros principios.

21. A pesar de que el agua es la sustancia más abundante de la Tierra y de que el 70% de su superficie está cubierta por agua, únicamente el 2,53% del total de este recurso es agua dulce. Además, las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmovilizadas en el hielo de los distritos polares y en glaciares²⁷. Así pues, sólo el 1% del agua dulce está disponible para el consumo humano. El uso per cápita está aumentando con la mejora de los estilos de vida y el rápido crecimiento de la población mundial. Como consecuencia de ello, el agua dulce se está convirtiendo en un bien escaso. Además, los recursos de agua dulce están cada vez más contaminados debido a las actividades humanas. El 50% de la población de los países en desarrollo está expuesto a agua no apta para el consumo; en el mundo en desarrollo mueren cada día 6.000 niños por haber consumido agua impura y contaminada, lo que equivale a 20 accidentes diarios de aviones jumbo de pasajeros; o a la desaparición todos los años de la población del centro de París²⁸. Se está yendo hacia una crisis mundial del agua. Este es el problema contra el que se debe luchar en el Foro Mundial del Agua mediante la cooperación internacional²⁹.

22. A diferencia de lo que ocurre con las aguas de superficie, el conocimiento humano sobre los recursos hídricos subterráneos sigue siendo limitado pese a su gran volumen y a su excelente calidad y pureza. Según una estimación³⁰, el caudal de aguas subterráneas asciende a 23.400.000 km³, mientras que el de los ríos es de 42.800 km³. La ciencia de la hidrogeología, que se ocupa de las aguas subterráneas, está evolucionando rápidamente, pero al parecer está tratando las aguas subterráneas en su conjunto, en lugar de distinguir entre las aguas subterráneas en relación con las aguas de superficie y las aguas subterráneas por sí solas. La ordenación de las aguas subterráneas confinadas transfronterizas sigue en una etapa preliminar, y existe una clara necesidad de iniciar una cooperación internacional al respecto. Bajo los auspicios de la UNESCO y de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH), en cooperación con la FAO y la CEPE, se ha preparado una propuesta de programa para una Iniciativa sobre la Gestión de Recursos de Acuíferos Transnacionales (ISARM). El programa tiene por objetivo apoyar la cooperación entre los Estados para desarrollar sus conocimientos científicos y eliminar posibles conflictos, así como ofrecer capacitación, educación, información y hacer aportaciones para la formulación de políticas y la

adopción de decisiones sobre la base de una buena comprensión técnica y científica³¹.

23. La Sra. Aureli, del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, que se encarga de la ISARM, ha ofrecido asistencia al Relator Especial. Con motivo del Tercer Foro Mundial del Agua, se celebró en Osaka (Japón) los días 18 y 19 de marzo de 2003, una actividad relacionada con las aguas subterráneas en la que la Sra. Aureli organizó una reunión del grupo de apoyo³², integrado por representantes de la UNESCO, la FAO, la IAH y el Relator Especial. El grupo de apoyo propuso que se formara un grupo de expertos para asesorar al Relator Especial, y está dispuesto a prestar servicios a esos expertos. Se seleccionarán aproximadamente 20 expertos³³ en asuntos jurídicos e hidrogeología, teniendo en cuenta la experiencia y la representación de las diferentes regiones. El Relator Especial agradece profundamente la valiosa asistencia que se le está prestando.

24. A fin de formular normas para la regulación de las aguas subterráneas confinadas transfronterizas, es preciso conocer las existencias de estos recursos en todo el mundo y desglosar las diferentes características regionales de los recursos. Actualmente, varias organizaciones nacionales, regionales e internacionales están evaluando y examinando sistemas de acuíferos importantes como el acuífero guaraní (América del Sur), el acuífero de arenisca de Nubia (África Septentrional), los acuíferos de Karoo (África Meridional), el acuífero de Vechte (Europa Occidental), el acuífero eslovaco de Karst-Aggtelek (Europa Central) y el acuífero de Praded (Europa Central). El acuífero guaraní, que comparten la Argentina, el Brasil, el Paraguay y el Uruguay, tiene un volumen almacenado de 40.000 km³, suficiente agua para abastecer a una población de 5.500 millones de personas durante 200 años a un ritmo de 100 litros diarios por persona³⁴. El Sr. Opertti Badán ha proporcionado al Relator Especial el texto del Memorandum de entendimiento para la ejecución del «Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní», entre el Gobierno del Uruguay y el Secretario General de la OEA. El Relator Especial está muy agradecido por esta contribución que, sin duda, le ayudará a comprender mejor la cuestión.

25. Además de los temas mencionados en el párrafo 24 *supra*, también deben estudiarse los siguientes aspectos:

a) La importancia socioeconómica: las aguas subterráneas se están convirtiendo en un recurso cada vez

³¹ UNESCO, *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resource Management – Their Significance and Sustainable Management: A Framework Document*, París, UNESCO, 2001, párr. 1.1.

³² El grupo de apoyo está integrado por las Sras. Aureli y Lipponen (ambas hidrogeólogas) de la UNESCO; la Sra. Mechlem (oficial jurídico) y el Sr. Burke (oficial superior de política hidrológica) de la FAO, y el Sr. Puri de la IAH.

³³ Lista provisional de expertos: Sras. Aureli y Lipponen, y Sr. Appelgren (UNESCO); Sres. Puri, Wong y Lenzi (IAH); Sres. Burchi y Burke, y Sra. Mechlem (FAO); Sres. Bakhbakh, Xu, Habermehl y Sefe (hidrogeólogos); y Sres. McCaffrey, Del Castillo Laborde, Nanni, Upadhyay y Ntambirweki (expertos jurídicos).

³⁴ *Groundwater Briefing*, «Managing transboundary groundwater resources for human security», presentado por la UNESCO y la IAH en el Tercer Foro Mundial del Agua, Kyoto (Japón), 16 a 23 de marzo de 2003. Véase también el sitio de la IAH, www.iah.org.

²⁷ *Agua para todos, Agua para la vida*, Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Resumen, UNESCO, Mundi-Prensa Libros, 2003, pág. 8.

²⁸ Boletín informativo de la Universidad de las Naciones Unidas, publicado con motivo del Día Mundial del Agua (12 de marzo de 2003).

²⁹ El Tercer Foro Mundial del Agua se celebró en Kyoto, Osaka y Shiga (Japón), del 16 al 23 de marzo de 2003.

³⁰ *Agua para todos, Agua para la vida* (nota 27 *supra*), Resumen, pág. 25.

más importante para todas las poblaciones, pero particularmente para las poblaciones del mundo en desarrollo. El Equipo Asesor en Gestión de Aguas Subterráneas del Banco Mundial, está examinando exhaustivamente la relación entre el desarrollo y las aguas subterráneas;

b) La práctica de los Estados en cuanto al uso y la ordenación;

c) La contaminación: causas y actividades que afectan negativamente a los recursos, y prevención y medidas de reparación;

d) Casos de conflicto;

e) Aspectos jurídicos: legislación interna y acuerdos internacionales existentes sobre la ordenación de los recursos;

f) Bibliografía del material directamente relacionado con la labor de la Comisión.

SEGUNDA PARTE: PANORAMA DE LOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Introducción

26. En esta parte del presente informe se pretende dar un panorama general de la visión de los hidrogeólogos acerca de las aguas subterráneas. En la primera parte de este informe, el Relator Especial señaló que las aguas subterráneas que ha de considerar la Comisión son las masas de agua compartidas por más de dos Estados a las que no se hace referencia en el artículo 2, apdo. *a*, de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación y que por el momento se utilizaría el término «aguas subterráneas confinadas transfronterizas»³⁵ para referirse a estas masas de agua. Sin embargo, es esencial para la Comisión saber exactamente qué comprenden los recursos de aguas subterráneas a fin de poder regular y ordenar adecuadamente dichos recursos en beneficio de la humanidad. La normativa legal que ha de formular la Comisión debe ser fácil de entender y los administradores e hidrogeólogos deberían poder aplicarla sin dificultad. Con miras a entablar un diálogo con los hidrogeólogos y los administradores que tienen un profundo conocimiento de los recursos de aguas subterráneas, el Relator Especial ha solicitado la ayuda de la Sra. Aureli, hidrogeóloga del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, que aporta la competencia técnica de la ISARM, que como ya se ha señalado, es un programa coordinado conjuntamente por la UNESCO, la FAO, la CEPE y la IAH.

27. Esta parte está basada en la contribución de los siguientes expertos: Sres. Burchi y Burke, y Sra. Mechlem (FAO); Appलगren (ISARM/UNESCO); Sra. Aureli y Sres. Arduino, Margat y Stephan (UNESCO); Sr. Vrba (presidente de la Comisión de Aguas Subterráneas de la IAH); Sr. Xu (cátedra UNESCO de hidrogeología de la University of the Western Cape (Sudáfrica)); y Sr. Buzás (ISARM/CEPE (Fuerza de Tareas de vigilancia y evaluación de aguas transfronterizas))³⁶. El Relator Especial ex-

presa su más profunda gratitud a todos los expertos que aportaron datos y contribuciones, en tanto que acepta su plena responsabilidad por la forma y el contenido de esta parte del informe.

28. Las aguas subterráneas se encuentran en diversos sistemas acuíferos localizados en toda la corteza terrestre. Son la principal fuente de agua dulce de la Tierra, con volúmenes superiores al disponible en los lagos y los cursos de agua. Desde el punto de vista del ser humano, las aguas subterráneas son un recurso vital, ya que a menudo son la única fuente de agua en las regiones áridas y semiáridas y las islas pequeñas. Las aguas subterráneas son importantes para la conservación de la humedad del suelo, el caudal de los cursos de agua y los manantiales, el caudal de base de los ríos, los lagos, la vegetación y los humedales. Se encuentran generalmente en todas partes y son relativamente fáciles de extraer y de alta calidad, sin que apenas sea necesario tratarlas para su consumo como agua potable. Debido a estas características, durante los últimos decenios se ha extendido rápidamente su uso, especialmente en los países en desarrollo. Más de la mitad del abastecimiento de agua potable de la población mundial depende de las aguas subterráneas y aproximadamente el 35% del riego mundial depende del acceso continuado a las aguas subterráneas.

29. En este informe se abordarán las cuestiones siguientes: terminología básica; características de las aguas subterráneas, incluidos los acuíferos transfronterizos; recursos mundiales de aguas subterráneas y su utilización; causas y actividades que afectan negativamente a los recursos; encuesta preliminar sobre los acuíferos compartidos de aguas subterráneas afectados por el bombeo o la contaminación transfronterizos; aspectos sociales, económicos y ambientales de la ordenación de las aguas subterráneas no conectadas, prestando atención especial a las aguas subterráneas no renovables; y cuestiones preliminares relacionadas con la idoneidad de los principales principios del derecho internacional del agua en materia de aguas subterráneas internacionales.

(publicaciones de las Naciones Unidas); y Burke y Moench, *Groundwater and Society: Resources, Tensions and Opportunities*.

³⁵ Véase el párrafo 19 *supra*.

³⁶ Los datos fueron extraídos de: *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resource Management* (véase la nota 31 *supra*); Zaporozec y Miller, *Ground-Water Pollution*; Zektser y Everett, *Groundwater and the Environment: Applications for the Global Community*; Foster y otros, *Utilization of Non-Renewable Groundwater: a Socially-Sustainable Approach to Resource Management*; Regional Groundwater Reports, Natural Resources/Water Series n.ºs 12–27 (1983–1990)

CAPÍTULO III

Acuíferos confinados y acuíferos desconectados

30. El Relator Especial se propone ocuparse de las aguas subterráneas confinadas. El término «confinadas» fue utilizado ya en la resolución de la Comisión sobre aguas subterráneas confinadas. En el preámbulo de la resolución, la Comisión definió las «aguas subterráneas confinadas» como «aguas subterráneas no relacionadas con un curso de agua internacional»³⁷. La Comisión emplea aparentemente el término «confinadas» con el sentido de «no relacionadas». Sin embargo, los hidrogeólogos definen el término «confinado» de forma diferente. En términos hidrogeológicos, un acuífero confinado es un acuífero que se encuentra entre dos capas impermeables o prácticamente impermeables (una inferior y otra superior) y cuyo contenido de agua está sometido a presión. Por tanto, el término «confinado» hace referencia a un estado hidráulico y no a una conexión o relación con una masa de agua de superficie. En este sentido, la Comisión utilizó el término «confinado» simplemente para distinguir las aguas subterráneas no conectadas o separadas de una masa de agua de superficie, que pueden estar confinadas o no en el estricto sentido hidráulico de la palabra.

31. Las aguas subterráneas relacionadas con una masa de agua de superficie pueden estar dentro del ámbito de aplicación de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación. La Convención se aplica a los «cursos de agua internacionales». Un «curso de agua» es un «sistema de aguas de superficie y subterráneas que, en virtud de su relación física, constituyen un conjunto unitario y normalmente fluyen a una desembocadura común» (art. 2, apdo. a). Un «curso de agua internacional» es «un curso de agua, algunas de cuyas partes se encuentran en Estados distintos» (art. 2, apdo. b). Para que la Convención se aplique también a las aguas subterráneas deben cumplirse cuatro condiciones: a) deben formar parte de un sistema de aguas subterráneas y de superficie; b) este sistema debe formar parte de un conjunto unitario; c) el sistema debe fluir normalmente a una desembocadura común, y d) las partes del sistema deben encontrarse en Estados distintos. Si se consideran las aguas subterráneas, esta definición

³⁷ Véase la nota 1 *supra*.

presenta una serie de problemas que no es posible analizar en detalle en este informe. Las aguas subterráneas no fluyen habitualmente a una desembocadura común y el requisito de formar parte de un «conjunto unitario» es más adecuado para las aguas de superficie que para las subterráneas. Las aguas subterráneas situadas en sistemas acuíferos desconectados de sistemas activos de aguas de superficie están excluidas del ámbito de aplicación de la Convención. Estos sistemas acuíferos pueden o no estar confinados, es decir, contener aguas sometidas a presión. Un subconjunto de este tipo de acuíferos, que no ha recibido nuevas aportaciones de agua en la época contemporánea, a menudo recibe el nombre de acuífero fósil. Como se señaló anteriormente, estos acuíferos pueden ser confinados o no confinados. Lo que los hace diferentes no es el grado de presión a que están sometidas sus aguas sino el hecho de que en las condiciones climáticas actuales no son fuentes de agua renovables.

32. Los acuíferos fósiles pueden considerarse recursos no renovables al igual que el petróleo y el gas. Por tanto, la Comisión está considerando la posibilidad de ocuparse de los sistemas acuíferos desconectados de los sistemas de aguas de superficie, centrandose su atención en un subconjunto de estos acuíferos denominados acuíferos fósiles. Los acuíferos fósiles también deberían regirse por un régimen jurídico específico, dado que son especialmente vulnerables a la contaminación y el agotamiento. A pesar de que las aguas de estos acuíferos revisten importancia vital para muchas regiones áridas del mundo, son casi imposibles de sanear una vez contaminados, ya que casi no reciben nuevas aportaciones de agua. Esto plantea dudas sobre la idoneidad del principio de daños sensibles y el interrogante de si deberían aplicarse normas más estrictas. Además, estos recursos acuíferos se agotarán tarde o temprano, y la ley debería ocuparse de la forma en que esto incide en la aplicación del principio de utilización equitativa y sostenible. En el resto del informe se trata la cuestión de los recursos de aguas subterráneas de forma general a fin de dar una visión de conjunto de este importante recurso. Se señalarán los casos en que las características de los acuíferos fósiles merezcan una atención especial.

CAPÍTULO IV

Características de las aguas subterráneas y los acuíferos**A.—Características generales**

33. Las aguas subterráneas se encuentran en acuíferos, que son en términos generales formaciones geológicas capaces de producir cantidades utilizables de agua. Los acuíferos raras veces son homogéneos y su variabilidad geológica determina la naturaleza de las aguas subterráneas que fluyen por su estructura y litología respectivas. Las mayores variaciones en la configuración del flujo de las aguas subterráneas se producen cuando los cambios

en los tipos de roca —por ejemplo, sedimentos calcáreos suprayacentes y una roca cristalina dura— provocan discontinuidad en el flujo y pueden hacer que las aguas fluyan hacia la superficie en el punto de unión entre los dos tipos de roca. Prácticamente todas las aguas subterráneas tienen su origen en las precipitaciones. La lluvia que cae o se acumula en la superficie de la tierra es absorbida y baja atravesando la zona no saturada (gráf. 1). Una vez que llega al límite superior de la zona saturada, el nivel freático, repone el sistema del acuífero, con lo que aumenta

la presión hidrostática en el punto de reposición e induce cambios de presión donde los acuíferos estén cubiertos por un estrato de material impermeable.

34. Los sistemas de acuíferos constituyen los depósitos y la reserva estratégica predominantes de los depósitos de agua dulce en la Tierra³⁸. Ahora bien, desde el punto de vista económico, sólo se puede recuperar una fracción de las aguas subterráneas y, para determinar el acceso a esos recursos lo que importa son los niveles de esas aguas y no los volúmenes de agua almacenada. Las aguas subterráneas se pueden mover hacia los lados y hacia arriba o hacia abajo. Ese movimiento depende de la gravedad, las diferencias de elevación y las diferencias de presión. Como norma general, las aguas subterráneas se mueven a lo largo de gradientes hidráulicos impulsadas por las diferencias de la presión hidrostática, y a la larga desembocan en arroyos, lagos y manantiales y en el mar. Las aguas subterráneas se mueven por los acuíferos muy lentamente, y la velocidad del flujo se mide en fracciones de metros por día o metros por año, en comparación con el caudal de los cursos de agua que se mide en metros por segundo. Las escalas de tiempo y espacio son los fenómenos fundamentales para comprender el régimen de las aguas subterráneas y la dinámica del flujo. Los sistemas de acuíferos están compuestos de subsistemas interrelacionados, controlados fundamentalmente por las propiedades hidrogeológicas de los suelos y rocas que los rodean, las condiciones climáticas, la topografía del lugar y la cubierta vegetal. En los sistemas de acuíferos el flujo debe estudiarse en relación con la velocidad de infiltración en las zonas de reposición, la zona de transición y el flujo ascendente en las zonas de descarga. En condiciones naturales se establece un estado estacionario o un equilibrio dinámico cuando las tasas de reposición y de descarga se mantienen equilibradas durante mucho tiempo. Algunos sistemas de acuíferos forman un conjunto unitario con las aguas superficiales, y otros no. En este caso se trata de las aguas subterráneas que están confinadas bajo presión pero que, debido a la estructura geológica, no se combinan con un curso de agua específico en un «conjunto unitario» como aguas subterráneas confinadas no relacionadas.

B.—Características de los acuíferos

35. En general deben reconocerse tres tipos de acuíferos (tanto nacionales como transfronterizos):

Acuíferos poco profundos: suelen encontrarse en depósitos fluviales, glaciales y eólicos y en zonas erosionadas por agentes atmosféricos, y son en su mayoría no confinados o semiconfinados, muy vulnerables debido a que la zona no saturada es poco espesa, y frecuentemente están contaminados (suele haber contaminación difusa de los acuíferos superficiales bajo tierras cultivables). Se caracterizan por descargas activas de aguas subterráneas y un sistema de flujo único. En los acuíferos de depósitos fluviales es particularmente importante la permeabilidad, debido a la porosidad y una conductividad hidráulica elevada. Esos acuíferos se caracterizan por una permanencia breve en términos de años y decenios y por un bajo nivel de mineralización. Suele haber interfaz con aguas superficiales (descarga de aguas subterráneas hacia arroyos o

lagunas y/o filtración de agua desde las masas de agua superficiales hacia los acuíferos poco profundos adyacentes a través de las orillas). Ahora bien, muchos acuíferos poco profundos no tienen contacto directo con aguas superficiales y descargan sus aguas a través de manantiales. Esos sistemas también pueden ser compartidos por dos países. El bajo costo de explotación y el fácil acceso a las aguas subterráneas con pozos poco profundos condujeron a la amplia explotación de esos acuíferos mediante pozos para uso doméstico y público.

36. *Acuíferos más profundos:* tienen una amplia extensión a nivel regional, suelen estar confinados y por lo general son menos vulnerables. Con todo, muchos acuíferos más profundos pueden no estar confinados y, debido a la permeabilidad de la zona no saturada, son vulnerables. Debido a la heterogeneidad geológica, los acuíferos más profundos pueden estar formados por varios sistemas de flujo de aguas subterráneas de diversa magnitud interconectados lateral y/o verticalmente. En los acuíferos más profundos, las aguas subterráneas son renovables, fluyen a mayores distancias en comparación con los sistemas de aguas freáticas de poca profundidad y desembocan en grandes ríos, lagos o zonas costeras de océanos o mares. Las cuencas hidrogeológicas más profundas no suelen coincidir con la zona de captación de aguas superficiales. En los acuíferos más profundos, la temperatura, la presión y el contacto en tiempo y espacio entre la roca y las aguas subterráneas aumentan gradualmente y disminuye la velocidad de flujo de dichas aguas. Las aguas freáticas de los acuíferos más profundos datan de decenas a centenares de años. Dos o más países comparten muchos de los acuíferos más profundos. Se prevé la posibilidad de que surjan conflictos en el caso de acuíferos cuya zona de reposición se encuentra en un país y la zona de descarga en otro. Se encuentra una interrelación entre los acuíferos superficiales y los más profundos, particularmente en regiones donde existen rocas muy fracturadas con permeabilidad fisurada.

37. *Acuíferos fósiles:* se puede considerar que son recursos de aguas subterráneas no renovables de muy poca vulnerabilidad. Las aguas fósiles no son parte del actual ciclo hidrológico. Esos acuíferos se repusieron principalmente en los últimos períodos pluviales. En condiciones más lluviosas, esos acuíferos serían renovables. Sólo excepcionalmente se han contaminado los acuíferos fósiles confinados (por ejemplo, durante la excavación de pozos profundos). El agua fósil muy mineralizada y rica en cloro suele ser antigua, y la edad puede variar entre unos cuantos miles hasta millones de años. Dos o más países comparten internacionalmente muchos de los acuíferos fósiles. La explotación indiscriminada de acuíferos fósiles transfronterizos puede crear graves problemas políticos y diplomáticos, en particular en zonas áridas y semiáridas en que el agua es escasa.

C.—Acuíferos internacionales y transfronterizos

38. A fin de elaborar una terminología uniforme, se propone establecer una distinción entre los acuíferos internacionales y los acuíferos transfronterizos. Puede considerarse que un acuífero es internacional si forma parte de un sistema en el que las aguas subterráneas interactúan

³⁸ Shiklomanov, «Global renewable water resources».

con aguas de superficie que en algún punto atraviesan una línea fronteriza. En el caso de un acuífero y un río que están vinculados hidrológicamente, bastaría con que uno de ellos esté atravesando una línea fronteriza para que todo el sistema se considere internacional. Incluso un acuífero contenido totalmente en el territorio de un Estado puede ser considerado un acuífero internacional (que estaría comprendido en el ámbito de la Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación, siempre que cumpliera los demás criterios de la Convención) si está vinculado a la masa de aguas de superficie atravesada por una frontera internacional. En cambio, un acuífero transfronterizo es una masa de agua subterránea atravesada por una frontera. Por consiguiente, podría considerarse que los acuíferos transfronterizos son una subcategoría de los acuíferos internacionales. Los acuíferos fósiles tienen que ser transfronterizos para ser considerados recursos compartidos internacionalmente, ya que están desvinculados de todas las demás aguas.

D.—Sistemas de acuíferos transfronterizos

39. Algunos acuíferos asociados a cuencas sedimentarias continuas pueden extenderse uniformemente en

grandes superficies que atraviesan fronteras internacionales. Uno de los rasgos fundamentales de los acuíferos transfronterizos, es que incluyen, en general, una vía subterránea natural de flujo de aguas subterráneas, cortada por una frontera internacional. Esas aguas se trasladan, aunque lentamente, de un lado al otro de la frontera (gráf. 2). En muchos casos, es posible que el acuífero se reabastezca mayormente en un lado de la frontera y descargue la mayor parte de sus aguas en el otro. Esta es una característica que requiere acuerdo y una gestión sensata a fin de evitar o minimizar el efecto transfronterizo nocivo y conciliar en términos generales los intereses en pugna de los países en cuestión. Ciertas actividades, como la extracción de la reposición natural de un lado de la frontera podrían tener efectos sutiles sobre la escorrentía de base y los humedales en el otro lado de la frontera. En la mayoría de los acuíferos transfronterizos, esos efectos pueden estar muy extendidos y tardar decenios. Lo mismo sucede con la contaminación, ya sea procedente de vertimientos directos como de actividades de fuentes terrestres. Tal vez pasen muchos años antes de que con la labor de vigilancia se detecten los efectos. Recientemente se ha iniciado un estudio mundial de importantes acuíferos transfronterizos gracias a la ISARM (UNESCO, FAO, CEPE e IAH).

CAPÍTULO V

Recursos de aguas subterráneas del mundo y su utilización

40. La cantidad total de agua subterránea que se utiliza depende de diferentes factores, como la población, las condiciones climáticas e hidrogeológicas, la disponibilidad de recursos de aguas de superficie y su grado de contaminación. Entre 1950 y 1975 hubo una rápida expansión de la explotación de las aguas subterráneas en muchas naciones industrializadas, y entre 1970 y 1990 en la mayor parte del mundo en desarrollo. Si bien no se dispone de estadísticas sistemáticas sobre su extracción y uso, se estima que a nivel mundial el 50% del agua potable utilizada para el abastecimiento, el 40% de la demanda de las industrias que se autoabastecen y el 20% del agua utilizada en la agricultura de regadío proceden de aguas subterráneas. Sin embargo, esas proporciones varían mucho de un país a otro. En comparación con las aguas de superficie, la utilización de las aguas subterráneas suele proporcionar grandes beneficios económicos por unidad de volumen, debido a su gran disponibilidad a nivel local, su fiabilidad en caso de sequía y su buena calidad, que requiere un tratamiento mínimo³⁹. El agua para uso general en los hogares incluye agua para beber, cocinar, lavar la vajilla, lavar la ropa y bañarse. Actualmente, con una tasa mundial de extracción de entre 600 y 700 km³ por año, las aguas subterráneas son la materia prima más extraída del mundo y, por ejemplo, son la piedra angular de la revolución verde de Asia, aportan el 70% del agua corriente en la UE y sostienen los medios de vida en las zonas rurales en grandes extensiones del África Subsahariana⁴⁰. En regiones ári-

das y semiáridas, donde la escasez de agua es endémica, las aguas subterráneas desempeñan un papel crucial para atender las necesidades domésticas y de riego.

A.—Europa

41. El análisis de los datos disponibles muestra que las aguas subterráneas son la principal fuente de los servicios de abastecimiento de agua en los países europeos y aportan más del 70% del total de recursos hídricos utilizados para ese fin. Las poblaciones rurales y las ciudades pequeñas y medianas dependen básicamente del agua subterránea potable. En general, más del 90% de las grandes y pequeñas ciudades se abastecen exclusivamente de aguas subterráneas. La utilización de aguas subterráneas para el abastecimiento de agua a las industrias representa alrededor del 22% de la extracción total, incluido el drenaje de pozos artesianos en algunos países (por ejemplo, Alemania y Francia). El uso extensivo de aguas subterráneas en las industrias es característico de países como Alemania, la Federación de Rusia, Francia y el Reino Unido.

B.—India

42. Las aguas subterráneas se vienen utilizando en la India desde los tiempos védicos, o sea desde hace más de 6.000 años. El potencial para regadío creado mediante las aguas subterráneas ha aumentado de 6 millones de hectáreas en 1951 a 36 millones en 1997. La presión a que están sometidas las aguas subterráneas debido a la demanda cada vez mayor ha ocasionado problemas

³⁹ *Agua para todos, Agua para la vida* (nota 27 *supra*).

⁴⁰ *Ibíd.*

relacionados con la explotación excesiva, como la caída de los niveles de las aguas subterráneas, la intrusión de agua del mar y el empeoramiento de la calidad.

C.—China

43. El desglose de la utilización de las aguas subterráneas por sectores en China es como sigue: uso urbano residencial, 7,4%; uso urbano industrial, 17,5%; uso rural residencial, 12,8%; regadío de tierras de labranza, 54,3%; empresas rurales y otros, 8%.

D.—América del Norte

44. Las aguas subterráneas representan probablemente menos del 5% del uso total de agua en el Canadá⁴¹; ahora bien, más de 6 millones de personas, o alrededor de la quinta parte de la población, dependen de las aguas subterráneas para el uso municipal y doméstico. Alrededor de las dos terceras partes de esos usuarios viven en zonas rurales, y el resto fundamentalmente en municipios más pequeños. Alrededor del 50% de la población de los Estados Unidos depende de las aguas subterráneas para usos domésticos. Más del 95% de las viviendas que se autoabastecen de agua potable utilizan aguas subterráneas. El uso de esas aguas en los Estados Unidos aumentó de manera constante entre 1950 y 1980, y ha disminuido ligeramente desde entonces, en parte gracias a una utilización más eficiente del agua para fines agrícolas e industriales, un mayor reciclado del agua y otras medidas de conservación.

E.—América Central

45. Las aguas subterráneas son una fuente importante de agua potable en gran parte de México y América Central. En México, con más de las dos terceras partes del país sujetas a condiciones desérticas y semiáridas, las aguas subterráneas se utilizan ampliamente. En Costa Rica, El Salvador y Nicaragua, la mayor parte de las necesidades de agua potable y uso doméstico e industrial se satisface con aguas subterráneas. Guatemala también utiliza grandes cantidades de aguas subterráneas, en tanto que Belice, Honduras y Panamá dependen menos de esa fuente. En la mayor parte de las zonas rurales de América Central, más del 80% de la población se abastece de sistemas de pozos, privados o municipales. Entre las zonas urbanas de México y América Central que utilizan aguas subterráneas como su fuente única o principal de abastecimiento cabe mencionar la Ciudad de Guatemala, Managua, México D.F. y San José.

F.—América del Sur

46. Según las estimaciones más recientes de las Naciones Unidas, en América del Sur las aguas subterráneas se

utilizan fundamentalmente para atender las necesidades domésticas e industriales. En estos momentos se utilizan muy poco las aguas subterráneas en comparación con los recursos renovables disponibles. Aunque la región tiene suficiente agua, la disponibilidad de agua apta para el consumo se está convirtiendo en un importante problema socioeconómico.

G.—África y Oriente Medio

47. En el África Septentrional, es decir, en los países árabes que ocupan el cinturón semiárido, árido e hiperárido al norte del Sahara, hay en general una explotación excesiva de las aguas subterráneas. La economía de la región depende en gran parte de los recursos de aguas subterráneas. Bajo los países del Oriente Medio y de África Septentrional se encuentran grandes acuíferos. En esas regiones, varios países comparten los recursos de aguas subterráneas contenidas en sistemas de acuíferos transfronterizos. En las regiones húmedas ecuatoriales y tropicales de África, las aguas subterráneas no están muy explotadas porque en los principales ríos y sus afluentes abundan las precipitaciones y las aguas superficiales. Con todo, los países de esas regiones se han percatado recientemente de que el abastecimiento de agua potable a pequeñas ciudades y zonas urbanas sólo podría garantizarse utilizando fuentes de aguas subterráneas. En la región árida y semiárida del África Meridional se necesita con urgencia utilizar las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua a las zonas rurales. Con la excepción de los países del África Septentrional y unos cuantos países del África Occidental y Meridional, no hay información fiable y adecuada sobre la utilización del agua en África. Otro problema evidente es la falta de normas y regulaciones nacionales.

H.—Australia

48. La cantidad total de aguas subterráneas utilizadas anualmente en Australia ascendió a $2.460 \times 10^6 \text{ m}^3$ en 1983, lo que equivale a alrededor del 14% de la cantidad total de agua utilizada. En Australia, los acuíferos superficiales son por lo general los recursos de aguas subterráneas que se utilizan más intensivamente para regadío y abastecer de agua a zonas urbanas e industrias. El uso intensivo de aguas subterráneas en algunas zonas, en especial para regadío, ha conducido a la explotación excesiva de algunos acuíferos regionales confinados. Las aguas subterráneas son vitales para la ganadería (bovina y caprina) en muchas partes de Australia, y la industria minera también depende en gran medida de las aguas subterráneas.

⁴¹ Leeden, Troise y Todd, *The Water Encyclopedia*.

CAPÍTULO VI

Causas y actividades que repercuten negativamente en el recurso

A.—Calidad de las aguas subterráneas

49. El valor de las aguas subterráneas reside no solamente en su existencia frecuente y su disponibilidad sino también en su constante buena calidad, que hace que sean una fuente ideal de agua potable. El término «calidad del agua» se refiere a sus características físicas, químicas y biológicas, dependiendo del uso que se le pretenda dar. Las aguas subterráneas también son más limpias que la mayoría de las aguas de superficie porque los elementos de la tierra suelen actuar como filtros naturales que retienen las bacterias e impurezas del agua que pasa a través de ellos. La mayoría del agua subterránea no contiene partículas en suspensión ni bacterias y materia orgánica. Por lo general es incolora e inodora. La mayoría de los minerales disueltos son inofensivos para la salud, se encuentran en concentraciones bajas y pueden dar al agua un sabor agradable. Al comprobarse que algunas de estas sustancias en disolución podían ser objetables o incluso perjudiciales para la salud, se elaboraron normas para el agua potable. Los resultados de los análisis químicos se evalúan de acuerdo con esas normas, que se basan en la presencia de propiedades o sustancias objetables (sabor, olor, color, sólidos en disolución, hierro, etc.) y de sustancias con efectos fisiológicos perniciosos. Una causa de los daños es la explotación intensiva del acuífero, que puede alterar las condiciones de equilibrio. El uso intensivo del agua subterránea puede provocar su agotamiento y la degradación de su calidad.

B.—Contaminación de las aguas subterráneas

50. Teniendo en cuenta los diversos usos de las aguas subterráneas, es esencial que no tengan ningún tipo de contaminación. Si bien las aguas subterráneas son menos vulnerables a la contaminación que las de superficie, las consecuencias de la contaminación persisten mucho más tiempo en las aguas subterráneas. En éstas, la contaminación no se advierte fácilmente y, en muchos casos, no se detecta hasta que los contaminantes aparecen efectivamente en el suministro de agua potable, cuando la contaminación ya puede haber afectado una zona extensa. La vulnerabilidad de los sistemas de acuíferos a los contaminantes depende de varios factores, como el tipo de suelo, las características y el grosor de los materiales de la zona no saturada, la profundidad de las aguas subterráneas y la reposición del acuífero. La contaminación de las aguas subterráneas constituye una modificación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas que limita o impide el uso para el que eran antes adecuadas. Las sustancias que pueden contaminar las aguas subterráneas son de dos clases: las que aparecen naturalmente y las producidas o introducidas por las actividades humanas (gráf. 3)⁴².

51. Las sustancias que *aparecen naturalmente* en el agua y contaminan las aguas subterráneas son el hierro, el manganeso, los elementos tóxicos y el radio. Algunas

son relativamente inocuas, como el hierro y el manganeso, que causan únicamente inconvenientes. Sin embargo, otras pueden ser perjudiciales para la salud humana, por ejemplo los elementos tóxicos (como el arsénico o el selenio), el fluoruro, o los radionúclidos (radio, radón y uranio). El arsénico se encuentra muy disperso en el medio ambiente, por lo general en compuestos con sulfato. Es sumamente tóxico en concentraciones superiores a 0,01 mg/l y en dosis altas provoca rápidamente la muerte.

52. Las sustancias contaminantes *producidas por las actividades humanas* comprenden principalmente los productos químicos orgánicos, los pesticidas, los metales pesados, los nitratos, las bacterias y los virus. El tipo de contaminación de las aguas subterráneas que más preocupa hoy en día —por lo menos en los países industrializados— es el que provocan los productos químicos peligrosos, específicamente los productos químicos orgánicos. Los pesticidas utilizados en la agricultura y la explotación forestal son principalmente compuestos orgánicos sintéticos. El término pesticida incluye cualquier sustancia (insecticidas, herbicidas y fungicidas) utilizada para controlar, destruir o mitigar la acción de los insectos y las malezas. Muchos de los constituyentes de los pesticidas son altamente tóxicos, incluso en cantidades mínimas. El nitrato es el contaminante que se encuentra con más frecuencia en las aguas subterráneas de las zonas rurales. Aunque carece relativamente de toxicidad, en determinadas condiciones puede provocar graves trastornos sanguíneos en los niños pequeños. El mayor peligro asociado con el agua potable es su posible contaminación con excrementos humanos y la consiguiente ingestión de agentes patógenos. La infiltración es probablemente el mecanismo de contaminación más frecuente de las aguas subterráneas. Un contaminante liberado en la superficie infiltra el suelo a través de los poros de la matriz del suelo y desciende por fuerza de gravedad a través de la zona no saturada hasta que alcanza la parte superior de la zona saturada (nivel freático). Después de ingresar a la zona saturada (acuífero), el contaminante avanza en la corriente de las aguas subterráneas. La contaminación de las aguas subterráneas puede también ser provocada por su explotación y extracción descontroladas. Cuando la utilización ilimitada de las aguas subterráneas ha superado considerablemente las tasas naturales de reposición de los acuíferos, los sistemas de acuíferos pueden resultar perjudicados. A veces también puede provocar el hundimiento del terreno y el ingreso de agua salina de las formaciones geológicas más profundas o del mar. La intrusión de agua de mar amenaza permanentemente las reservas de agua subterránea de los acuíferos costeros utilizados en exceso donde, en condiciones naturales, el agua subterránea dulce se encuentra en un equilibrio frágil por encima del agua de mar más densa. Ocurre con frecuencia que entra agua de baja calidad, procedente de ríos y de sistemas acuíferos contaminados poco profundos a las partes más profundas del acuífero.

⁴² Zaporozec y Miller, *op. cit.*

C.—Protección y ordenación de las aguas subterráneas

53. Se pueden instalar pozos de vigilancia para descubrir la contaminación de las aguas subterráneas provocada por una actividad determinada, identificar su alcance y advertir a tiempo de la proximidad de aguas contaminadas que se aproximan a fuentes importantes de suministro de agua. Sin embargo, la limpieza es difícil y costosa, y generalmente lleva mucho tiempo. Por lo tanto, debería hacerse un gran esfuerzo para impedir la contaminación. Los gastos que entraña proteger el agua subterránea mediante la prevención suelen ser mucho menores que los que entraña corregir la contaminación una vez que se detecta. Los recursos de agua subterránea son vulnerables a la actividad humana, en particular en las zonas de reposición, donde las cargas hidráulicas son elevadas y la corriente de agua tiene un sentido descendente. Mediante el establecimiento de zonas de protección, en que se restringen los usos y las actividades potencialmente contaminantes, se pueden preservar fuentes importantes de agua potable. Las actividades humanas (agricultura, industria, urbanización, deforestación) que se realizan en las zonas de reposición deben estar controladas y parcial o totalmente restringidas por los reglamentos pertinentes. Sin embargo, las políticas de protección de las aguas subterráneas deben adaptarse a los diferentes sistemas de acuíferos.

D.—Los problemas de la contaminación de las aguas subterráneas transfronterizas

54. La contaminación de las aguas subterráneas puede producirse por infiltración (caudal descendente de contaminantes), reposición con aguas de superficie, migración directa, y en los puntos de contacto entre los acuíferos. La infiltración es el método más frecuente de contaminación de los acuíferos poco profundos y de los acuíferos más profundos no confinados. El agua que penetra en el suelo y la zona no saturada forma un producto de lixiviación que puede contener contaminantes inorgánicos y orgánicos. Cuando llega a la zona saturada, los contaminantes se esparcen horizontalmente en la dirección de la corriente del agua subterránea y verticalmente por efecto de la fuerza de gravedad. La reposición de las aguas superficiales contaminadas en los acuíferos poco profundos puede producirse en cursos de agua con pérdidas, durante inundaciones y cuando el nivel de las aguas subterráneas del acuífero cercano a un curso de agua superficial se reduce a causa del bombeo. Las pérdidas de las fuentes de contaminación ubicadas por debajo del nivel de las aguas subterráneas (por ejemplo, tanques de almacenamiento, cañerías, sótanos de vertederos de desechos) migran directamente hacia las aguas subterráneas y afectan en particular a los acuíferos poco profundos. El transporte de contaminantes en los sistemas de aguas subterráneas es un proceso complejo, cuya descripción no es el objeto de este informe y depende de la permeabilidad de la roca (porosa, fisurada, kárstica), de las propiedades de los contaminantes, de la composición química de las aguas subterráneas y de los procesos que determinan la migración de los contaminantes (advección, dispersión mecánica, difusión molecular y reacciones químicas). Hay diversas fuentes de contaminación que afectan en particular a los acuíferos poco profundos y los acuíferos más profundos

no confinados. La vulnerabilidad de los acuíferos confinados más profundos a los efectos de la contaminación es considerablemente menor y se observa principalmente en las zonas de reposición. Sin embargo, esos acuíferos pueden estar contaminados por constituyentes naturales, como fluoruro, arsénico, cobre, zinc, cadmio y otros. Pese a que los acuíferos fósiles no son vulnerables a la actividad humana a menudo están más mineralizados y su temperatura es más alta. El movimiento de los contaminantes es generalmente lento, pero en las rocas fisuradas y particularmente en las rocas kársticas, los contaminantes pueden avanzar varios metros por día. Los nitratos, los líquidos ligeros de fase no acuosa, los metales pesados y los radionúclidos migran en los acuíferos a largas distancias y contaminan las aguas subterráneas transfronterizas.

E.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos transfronterizos poco profundos

55. Los acuíferos transfronterizos poco profundos pueden contaminarse de diversas maneras. Muchos acuíferos no confinados poco profundos se forman en los depósitos fluviales de los valles de los ríos, y la contaminación puede pasar de un país a otro en la corriente de las aguas subterráneas. Los gradientes hidráulicos entre el agua de superficie y el agua subterránea limitan la posibilidad de que el agua de superficie se infiltre en las márgenes hacia los acuíferos adyacentes y viceversa. En la respuesta de la corriente de los cursos a las precipitaciones se reflejan los cambios a corto y largo plazo de la carga hidráulica de las aguas superficiales y subterráneas. Durante períodos de sequía prolongados, la corriente superficial depende casi exclusivamente de las aguas subterráneas (condiciones de corriente de base) y la calidad del agua de los cursos refleja la calidad de los acuíferos subyacentes. La contaminación se produce principalmente en la superficie del terreno de los depósitos fluviales y penetra en el acuífero. Las aguas subterráneas contaminadas pueden fluir en un acuífero poco profundo paralelamente a la corriente del río, o desembocar en un río u otras aguas de superficie. En ambos casos, la contaminación originada en el país situado aguas arriba afecta la calidad del agua del país situado aguas abajo. Esta contaminación transfronteriza debe identificarse mediante sistemas de vigilancia de la calidad del agua. Cuando se establecen sistemas de vigilancia de la calidad del agua subterránea es preciso tener en cuenta los cambios estacionales en la carga hidráulica.

56. Sin embargo, la penetración de las aguas de superficie contaminadas en los acuíferos poco profundos subyacentes también puede producirse lejos de la fuente de contaminación, donde el río es un curso de agua con pérdidas y se dan las condiciones de infiltración del agua superficial. Debido a la baja capacidad de atenuación de los depósitos fluviales (principalmente grava y arena), que no pueden retener ni eliminar los contaminantes, los acuíferos poco profundos quedan contaminados a largo plazo. Por lo tanto, para determinar la calidad del agua en las fronteras entre los países, es preciso establecer sistemas de vigilancia de las aguas de superficie y subterráneas. Hay muchos acuíferos poco profundos no confinados en zonas rocosas alteradas por los agentes atmosféricos, en terrazas fluviales más elevadas o en depósitos eólicos que no están conectados directamente con las aguas

superficiales y a menudo descargan en manantiales. Sin embargo, con frecuencia esos acuíferos son de escasa extensión. La contaminación se produce en zonas vulnerables de reposición de esos acuíferos y puede trasladarse por una trayectoria de flujo a larga distancia. La contaminación se puede detectar mediante muestras de manantiales o utilizando pozos de vigilancia poco profundos. La contaminación transfronteriza debe determinarse mediante pozos de vigilancia poco profundos.

F.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos transfronterizos más profundos

57. Los acuíferos confinados más profundos pueden abarcar cientos o incluso miles de kilómetros cuadrados. Las aguas subterráneas de las zonas de reposición de los acuíferos más profundos no están confinadas y son vulnerables a la contaminación. La contaminación puede avanzar lateralmente largas distancias por una trayectoria de flujo en condiciones de acuífero confinado. El movimiento lateral de los contaminantes del acuífero de la zona de reposición hacia la de descarga puede acelerarse a causa de la explotación intensiva del acuífero. La contaminación de los acuíferos transfronterizos profundos confinados debe determinarse mediante pozos de vigilancia profundos ubicados en las fronteras de los países que, dependiendo de las propiedades de los contaminantes, tienen que llegar a la parte superior o la parte inferior del acuífero. En razón de que la extensión de la zona de reposición de los acuíferos confinados profundos en un país puede equivaler a varias veces la de la zona de descarga en otro país, el acuífero puede agotarse, sobre todo si no se aplican medidas que limiten su explotación. Los acuíferos más profundos también pueden ser no confinados, lo que supone una zona de tránsito y reposición vulnerable.

La migración descendente de los contaminantes hacia el acuífero depende de las propiedades del suelo y del grosor y la litología de la zona no saturada. En condiciones de permeabilidad por porosidad, pueden pasar varios años antes de que la pluma de contaminación llegue al acuífero saturado. Sin embargo, en los acuíferos con permeabilidad por fisuras y en los acuíferos de rocas kársticas, los contaminantes pueden llegar al acuífero muy rápidamente (en días o meses). En estos acuíferos, el mecanismo de movimiento lateral de los contaminantes es similar al de los acuíferos confinados. Para determinar los problemas de contaminación de las aguas subterráneas cuando están todavía en una etapa en que pueden controlarse y ordenarse, es necesario vigilar la calidad de la zona no saturada y de la parte superior del acuífero y dar una alerta temprana.

G.—Los problemas de la contaminación de los acuíferos fósiles transfronterizos

58. Los acuíferos fósiles están bien protegidos por el medio ambiente geológico, su vulnerabilidad suele ser muy baja y su contaminación es poco frecuente. Los contaminantes pueden ingresar a los acuíferos fósiles por fugas verticales a través de las juntas que rodean la envoltura de los pozos que se perforan para diversos fines (por ejemplo, pozos de explotación, pozos profundos de desecho), si no se controla el proceso de perforación. Sin embargo, muchos acuíferos transfronterizos pueden verse afectados por el agotamiento, en particular si hay explotación minera y se agota constantemente la reserva de agua subterránea no renovable. Es muy aconsejable y urgente establecer un control integral de la extracción de los acuíferos fósiles transfronterizos.

CAPÍTULO VII

Prácticas de los Estados respecto de la gestión nacional de las aguas subterráneas

59. Mediante la gestión de los recursos de agua subterránea se procura equilibrar la explotación de un recurso complejo (en términos de cantidad y calidad e interacción con las aguas de superficie) con la creciente demanda de agua y las actitudes de los usuarios, que pueden plantear una amenaza para la disponibilidad y la calidad de los recursos. Tanto en los países de tradición jurídica anglosajona como en los de derecho civil, la propiedad de la tierra incluía todos los recursos situados por encima y por debajo de la tierra. No obstante, en respuesta a la creciente presión ejercida por la demanda en alza de reservas de alta calidad, las aguas subterráneas se han encuadrado cada vez más en el marco legislativo que regula la extracción y utilización de ese recurso. Además, la amenaza que se cierne sobre la calidad de las aguas subterráneas ha propiciado la adopción de disposiciones legislativas que regulen las extracciones directas e indirectas, a la vez que previenen y reducen la contaminación de las aguas. En muchos países se protegen las aguas subterráneas mediante la promulgación de una ley básica de los recursos hídricos

que regula todos esos recursos. Podrían incluirse disposiciones específicas relativas a las aguas subterráneas en esa ley o añadirse más adelante. Este enfoque se ha seguido en España, los Estados Unidos, Finlandia, Israel, Italia, Polonia y el Reino Unido. En otros países, entre ellos Francia, los Países Bajos, Rumania y Turquía, la protección de las aguas subterráneas ha evolucionado mediante la adopción de una amplia variedad de reglamentaciones relativas a aspectos concretos de las aguas subterráneas, tales como las tasas de extracción, la profundidad de los pozos y la protección del medio ambiente. La jurisdicción primaria para la protección de las aguas subterráneas puede centralizarse a nivel nacional, como sucede en Egipto y México, o puede delegarse en gran parte en los estados o provincias, como sucede en China, los Estados Unidos y la India. En los casos en que se delega esta jurisdicción, el gobierno central conserva generalmente la autoridad sobre ciertos aspectos, por ejemplo, sobre las normas de calidad mínima del agua, a fin de garantizar la coherencia. Uno de los componentes fundamentales de una gestión

eficaz de las aguas subterráneas es el establecimiento de un organismo central encargado de aplicar la legislación relativa a las aguas subterráneas. Se ha desarrollado una

amplia variedad de mecanismos reguladores y no reguladores para prevenir la extracción excesiva y la contaminación de los recursos de agua subterránea.

CAPÍTULO VIII

Estudio preliminar de los acuíferos compartidos que sufren la presión del bombeo o la contaminación transfronterizos

60. *Zona fronteriza de Sonora-Arizona* entre los Estados Unidos y México (regulada parcialmente mediante acuerdo) (Acta 242, de 1973, de la reunión de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (entre los Estados Unidos y México). Esta zona contiene el acuífero de Yuma Mesa y su jurisdicción hidrológica pertenece a la cuenca inferior del río Colorado, pero lo que genera tensión es el bombeo de las aguas subterráneas.

Acuífero de Hueco Bolson (Texas (Estados Unidos) – Chihuahua (México)) (sin acuerdo).

Acuífero de Mimbres (Nuevo México (Estados Unidos) – Chihuahua (México)) (sin acuerdo).

En general, hay por lo menos 15 acuíferos transfronterizos en la frontera entre los Estados Unidos y México (sin acuerdo, salvo lo dispuesto en el Acta 242 sobre el acuífero de Yuma Mesa).

Zona de aguas subterráneas de Arava-Arava (Israel y Jordania), regulada mediante el Tratado de Paz entre el Estado de Israel y el Reino Hachemita de Jordania (26 de octubre de 1994). Éste podría ser un caso de cooperación. La verdadera tensión entre Israel y Jordania se genera por las aguas superficiales (ríos Jordán y Yarmuk).

Acuífero de la Montaña (Israel y Palestina) (un caso de conflicto actual) (Acuerdo Provisional Israelí-Palestino sobre la Ribera Occidental y la Faja de Gaza, de 28 de septiembre de 1995). Aunque en el Acuerdo se establece la creación de una comisión conjunta, ello no soluciona el conflicto generado por el agua, que debía examinarse en las negociaciones finales.

Acuífero de Disi (Arabia Saudita y Jordania) (sin acuerdo).

Sistema de acuíferos basálticos regionales (Jordania-República Árabe Siria). La CESPAP y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania promovieron la cooperación técnica entre los dos países para recabar información sobre la explotación sostenible de los recursos de agua subterránea, que se tradujo en la

elaboración de un mapa geológico de los acuíferos y el estudio de las condiciones hidrogeológicas preexistentes. A instancias de la CESPAP, la República Árabe Siria firmó un memorando de entendimiento, que deberá firmar Jordania, para promover la cooperación en el ámbito de los acuíferos.

Sistema de acuíferos de arenisca de Nubia (Chad, Egipto, Jamahiriya Árabe Libia y Sudán). Acuerdo por el que se establece una autoridad para el sistema de acuíferos de Nubia (no se sabe con seguridad la fecha) y dos acuerdos contraídos en 2000 por los que se rigen el acceso a la base de datos y al sistema de acuíferos, y su uso (puede consultarse en la FAO).

Sistema de acuíferos del Sahara Nordoccidental (Argelia, Jamahiriya Árabe Libia y Túnez) (no hay acuerdo, pero sí una decisión conjunta por la que se establece un acuerdo para la celebración de consultas tripartitas sobre la actualización y gestión de la base de datos y el sistema de acuíferos) (puede consultarse en la FAO).

Acuífero terminal continental (Gambia y Senegal) (sin acuerdo).

Acuífero guaraní (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) (no hay acuerdo, pero sí un proyecto en curso del Fondo para el Medio Ambiente Mundial). El principal objetivo del proyecto es elaborar y aplicar un marco institucional común para la gestión y preservación del acuífero. El proyecto de acuerdo prevé la creación de un comité directivo de representantes de los cuatro países (y un representante del MERCOSUR).

La Fuerza de Tareas de vigilancia y evaluación de aguas transfronterizas de la CEPE, establecida en virtud del Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales, ha estudiado y registrado 89 acuíferos transfronterizos de Europa (véase Almásy y Buzás, *Inventory of Transboundary Groundwaters*, anexo III, págs. 181 a 283 (disponible en la FAO)). Sin embargo, se desconoce actualmente cuántos de ellos sufren la presión real o previsible de la extracción o la contaminación.

CAPÍTULO IX

Aspectos sociales, económicos y ambientales de la gestión de las aguas subterráneas no conectadas, con especial hincapié en las aguas subterráneas no renovables

A.—Aspectos generales

61. Los recursos hídricos son de dos tipos: las corrientes y las reservas. La disponibilidad futura de los recursos hídricos no se verá afectada por el uso de las corrientes, pero sí por el de las reservas. Las aguas subterráneas fósiles representan, por definición, un recurso basado en reservas. La gestión de los recursos de las corrientes suele ser por lo general una aplicación sencilla del análisis marginal. Por el contrario, los recursos de las reservas, como de cualquier capital físico, tiene la característica de que para lograr su uso óptimo es preciso tomar en consideración los efectos futuros (como riesgos o valores utilitarios) de las decisiones actuales. Si se considerasen a las aguas subterráneas no conectadas o no relacionadas como un recurso de combinación con características conjuntivas, la conexión con los recursos de las corrientes se acercaría más a la realidad hidrogeológica. Sin embargo, los aspectos conjuntivos del agua hacen más compleja su gestión, y esa es probablemente una de las razones por las cuales se han convertido en una cuestión principal de debate. En un paradigma neoclásico, el objetivo de la gestión de los recursos hídricos es maximizar (a corto y a largo plazo) el valor de los recursos hídricos en provecho de la sociedad. Ahora bien, el paradigma neoclásico ha dado paso a un número creciente de alternativas, tales como el paradigma político, evolutivo, institucional y económico, en las que hay un mayor reconocimiento de los procesos evolutivos y de la economía política prevaleciente, que es la que en realidad determina las decisiones sobre asignación de recursos en la sociedad. Los recursos de agua subterránea fósil almacenados en acuíferos confinados pueden ser grandes sistemas regionales compartidos por dos o más países. Las aguas fósiles tienen la característica aparente de poder medirse directamente y almacenarse, por lo que deberían ser objeto de apropiación y regularse conforme a derecho, como se haría con cualquier otro objeto de propiedad pública o privada. Sin embargo, esta es una visión simplificada y los aspectos relativos a la medición y el almacenamiento no tienen en cuenta los complejos e inciertos efectos hidrogeológicos, sociales, económicos y políticos a largo plazo caracterizados por el riesgo elevado y la incertidumbre que genera el cambio de las condiciones climáticas y ambientales. Hasta la fecha, los hidrólogos y los juristas tienen, de hecho, pocos instrumentos para tener en cuenta las incertidumbres futuras. Para resolver este problema se necesitan mecanismos que promuevan la participación y la comunicación y presten mayor atención a las demandas de agua de la sociedad y el medio ambiente. La voluntad política de tener en cuenta la incertidumbre e incorporar cláusulas de excepción y de prever los riesgos compartidos ya existentes en el momento de

negociar acuerdos internacionales sobre recursos hídricos ha demostrado ser, no obstante, limitada, por lo que se ha hecho un llamamiento para que se establezcan mecanismos alternativos de prevención y solución de conflictos.

B.—Recursos de aguas subterráneas no conectadas: riesgo combinado con incertidumbre científica y política

62. Aunque no conectadas, por lo menos no directamente, con la recarga anual moderna, las aguas subterráneas fósiles se confinan generalmente en pozos sometidos a una presión excesiva y, a menudo, en pozos artesianos. El riesgo de uso abusivo provocado por la actividad humana va aparejado al riesgo que supone la recarga anual de las aguas subterráneas conectadas, no sólo con agua inapropiada y otras prácticas de perforación, entubación y control para limitar el flujo, la extracción excesiva de agua y la contaminación entre los acuíferos, sino también por los efectos del uso cambiante de la tierra y sus consecuencias para la recarga, la salinización y la calidad del agua. Aunque las aguas subterráneas no conectadas son menos vulnerables a la contaminación de fuentes puntuales y no puntuales, un súbito aumento de residuos procedentes de la extracción de agua parcialmente fosilizada podría tener efectos ambientales negativos (contaminación del agua, salinización y anegamiento) y positivos (aumento de los recursos de agua disponibles, reducción de las pérdidas de agua provocada por la evaporación). Al igual que en la explotación de otras reservas de recursos naturales, la práctica de los acuerdos sobre aguas transfronterizas parece también representar un mecanismo importante para la gestión y la utilización conjuntas de las aguas subterráneas no conectadas transfronterizas.

C.—Normas éticas y normas científicas

63. Aunque el uso de las aguas subterráneas fósiles se había clasificado como no sostenible, la actitud firme basada en el concepto rígido de rendimiento hidrogeológico seguro se ha venido suavizando recientemente, y el nivel permisible de explotación ya no es una variable fija sino relativa, relacionada con valores sociales, económicos y ambientales. Hay una tendencia a reconocer cada vez más que la mayor parte de las normas aplicadas en la gestión de los recursos hídricos y naturales son de carácter ético, ya que el predominio anterior de las normas científicas y utilitarias podría producir resultados que se desviarían de las intenciones convenidas en materia de política y basadas en la ética expresadas por los legisladores y el público.

CAPÍTULO X

Conclusiones

64. De la exposición sobre los recursos de aguas subterráneas se extraen en general las siguientes conclusiones:

a) Los acuíferos transfronterizos (ya sean no confinados, semiconfinados, o confinados a poca profundidad) pueden estar conectados con sistemas de aguas superficiales internacionales;

b) Sin embargo, puede haber casos de acuíferos transfronterizos no conectados con sistemas de aguas superficiales internacionales;

c) Los acuíferos de poca profundidad son generalmente más vulnerables (se explotan y se contaminan con facilidad) que los acuíferos de mayor profundidad, pero todos los acuíferos (confinados y no confinados) son vulnerables en sus zonas de recarga;

d) Los acuíferos fósiles, desconectados de la recarga contemporánea, tienen que ser tratados como recursos no renovables y planificarse en consecuencia;

e) Los acuíferos necesitan ser examinados y vigilados periódicamente para que sean gestionados y asignados de manera equitativa;

f) Las políticas de desarrollo de las aguas subterráneas tienen que tomar en consideración el uso combinado de las aguas subterráneas y de superficie, los efectos en los ecosistemas dependientes, las actividades de coordinación acordes con la planificación del uso de la tierra y los vínculos con la política social y las prácticas culturales.

65. Dada la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, especialmente las fósiles, al agotamiento y la contaminación, es necesario elaborar normas de derecho internacional que prevean normas de utilización y prevención de la contaminación más rigurosas que las aplicadas a las aguas de superficie.

Anexo I

TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN ESTE INFORME

Acuífero	Formación geológica permeable y acuífera de la que se pueden extraer cantidades aprovechables de agua.
Acuífero confinado	Acuífero limitado superior e inferiormente por formaciones impermeables o casi impermeables y en el cual las aguas subterráneas se almacenan bajo una presión confinante.
Acuífero no confinado	Acuífero que tiene un nivel freático a presión atmosférica y que es susceptible de recarga.
Aguas subterráneas	Toda agua que se encuentra por debajo de la superficie del suelo.
Aguas subterráneas fósiles	Aguas subterráneas que no se recargan en absoluto o tienen un índice de recarga insignificante y se pueden considerar no renovables.
Aguas subterráneas internacionales	Aguas subterráneas a las que cruza una frontera internacional o que integran un sistema de superficie y aguas subterráneas, parte del cual se encuentra en diferentes Estados.
Aguas subterráneas transfronterizas	Aguas subterráneas a las que cruza una frontera internacional. Es una subcategoría de las aguas subterráneas internacionales.
Aguas superficiales	Aguas que fluyen o se almacenan en la superficie del suelo.
Nivel freático subterráneo	Límite superior de la zona saturada en la que la presión del agua de los poros equivale a la presión atmosférica.
Recarga	Reabastecimiento de aguas subterráneas por filtración descendente de la precipitación y de las aguas superficiales al nivel freático.
Recursos hídricos subterráneos	Volumen de aguas subterráneas que se pueden utilizar durante un período dado de un determinado volumen de terreno o masa de agua.
Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	Propiedad intrínseca de un sistema de aguas subterráneas que depende de la sensibilidad de ese sistema a los efectos resultantes de factores humanos y/o naturales.
Zona no saturada	Parte del suelo por debajo de la superficie de la tierra en el que los poros y las fisuras contienen aire y agua.

Anexo II

ESTUDIO DE CASOS

A.—Práctica de los Estados en la gestión de las aguas subterráneas y de efectos adversos sobre las aguas subterráneas y sus causas. Ejemplos del Oriente Medio: Jordania, Líbano y República Árabe Siria

Recursos hídricos subterráneos

Situados en una zona árida y semiárida, los países del Oriente Medio cuentan con escasas cantidades de aguas de superficie y dependen de sus recursos hídricos subterráneos.

De los tres países que se examinan, Jordania tiene recursos de agua muy limitados (entre los más bajos del mundo sobre la base de un cálculo per cápita), y la mayoría de ellos consisten en aguas subterráneas, en acuíferos renovables y no renovables. Se ha constatado la existencia de 13 cuencas de aguas subterráneas, de las cuales dos son no renovables (Al-Jafer y el acuífero de Disi, que se comparte con la Arabia Saudita) y dos (distintos del de Disi) son compartidos (uno con la República Árabe Siria y el otro con Israel (Wadi Araba)).

En cuanto a la República Árabe Siria, el país cuenta con siete cuencas de aguas de superficie (de las cuales seis son grandes ríos internacionales como el Tigris y el Éufrates), cuya responsabilidad incumbe a siete direcciones generales. No se dispone de datos fidedignos acerca de la disponibilidad y la calidad de las aguas subterráneas. En algunas cuencas hidrológicas, las aguas subterráneas son más importantes que en otras; algunas de ellas son renovables y otras no.

En el Líbano, el 65% de la superficie del país consiste en suelo kárstico, que propicia una rápida infiltración de agua. Sin embargo, sólo parte de ella se almacena, otra parte reaparece como agua superficial (manantiales), y el resto fluye por el subsuelo hacia el mar o hacia los países vecinos.

Reglamentación de las aguas subterráneas

De los tres países, el agua es de dominio público en dos (Jordania y República Árabe Siria) y de propiedad del Estado en el tercero (Jordania). Por consiguiente, el bombeo y la utilización de las aguas subterráneas se reglamentan por ley o por estatuto. El bombeo de pozos queda supeditado a la obtención de un permiso, que especifica asimismo el volumen de agua que se puede extraer y su utilización. En Jordania, el Ministerio de Agua y Riego ha elaborado también una normativa de gestión de las aguas subterráneas en que se estipula la política y las intenciones del Gobierno con respecto a la gestión de las aguas subterráneas dirigida al aprovechamiento de este recurso, su protección, gestión y las medidas necesarias, de modo que las extracciones anuales de los diversos acuíferos renovables tengan un índice sostenible.

Utilización de las aguas subterráneas

Al igual que en la mayoría de los demás países del Oriente Medio, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua. Entre el 75 y el 80% de los recursos hídricos de Jordania, el Líbano y la República Árabe Siria, que dependen en gran medida de las aguas subterráneas, se destinan al riego.

En la República Árabe Siria, el 60% de las áreas irrigadas se riegan actualmente con aguas subterráneas, mediante el uso de pozos de propiedad de particulares y explotados por ellos. A pesar de los estatutos que regulan el empleo de las aguas subterráneas en la agricultura y que supeditan el bombeo de pozos a la obtención de un permiso, casi el 50% de todos los pozos del país son ilegales, lo que ha dado lugar a graves problemas de contaminación y de sobreexplotación de los acuíferos. Es frecuente la extracción de aguas subterráneas a niveles superiores a la capacidad de recarga, y se están produciendo en consecuencia descensos en el nivel de las aguas en varias cuencas. Esto ha tenido importantes repercusiones sobre las fuentes de la superficie, como por ejemplo los flujos de los manantiales. En la zona costera, las aguas subterráneas se ven afectadas por la intrusión de aguas salinas a causa de la sobreexplotación de los acuíferos. En algunas de estas cuencas resulta particularmente evidente la explotación de recursos no renovables.

La situación en Jordania es muy similar. Las explotaciones agrícolas privadas situadas en las tierras altas se riegan con aguas subterráneas procedentes de pozos privados. El riego de las tierras altas pasó de 3.000 ha en 1976 a 33.000 ha en la actualidad (según estimaciones) y representa alrededor del 60% de la utilización de aguas subterráneas. Otras 5.000 ha se irrigan con aguas subterráneas no renovables en la zona de Disi. La extracción de aguas subterráneas excede el índice prudencial, y ha provocado una importante disminución del nivel de las aguas y un aumento de la salinidad, el secado de manantiales y niveles de agua inferiores y de peor calidad. Tampoco se aplican debidamente los reglamentos relativos al control de las aguas subterráneas. Aun en los casos en que se ha obtenido el correspondiente permiso para el bombeo de los pozos, en la mayoría de ellos no se respeta el límite permitido de agua que se puede bombear (medidores averiados), ni la profundidad de bombeo.

En el Líbano, la mayoría de los pozos son ilegales. El bombeo excesivo ha dado lugar a los mismos problemas que en Jordania y la República Árabe Siria. En el valle de Beka'a, el nivel freático ha bajado de 2 m en 1952 a 160 m en la actualidad.

B.—Estudio de caso: el acuífero de arenisca de Nubia

El acuífero de arenisca de Nubia ocupa gran parte del Sahara Oriental árido de África Nororiental (gráf. 1). Es compartido por cuatro países: Chad, Egipto, Jamahiriya Árabe Libia y Sudán. Abarca una superficie aproximada de 2,2 millones de km². La cantidad de aguas subterráneas almacenadas en este acuífero es enorme: se estima que alcanza los 457.000 km³. Se trata de un sistema acuífero transfronterizo, profundo y confinado, que contiene recursos de aguas subterráneas no renovables.

En los últimos 30 años, Egipto, la Jamahiriya Árabe Libia y el Sudán han intentado en forma separada explotar los acuíferos de arenisca de Nubia y las tierras áridas situadas encima de ellos. Desde principios del decenio de 1970, los tres países han expresado interés en la cooperación a nivel regional para el estudio y la explotación de

estos recursos compartidos. Han convenido en formar una autoridad conjunta para estudiar y explotar los sistemas de acuíferos de arenisca de Nubia. También han convenido en solicitar asistencia técnica internacional para establecer un proyecto regional para el aprovechamiento del sistema de acuíferos de arenisca de Nubia.

A efectos de garantizar el desarrollo sostenible y una continua cooperación regional para la adecuada gestión del acuífero, se consideró imprescindible compartir información, supervisar el acuífero a nivel regional, e intercambiar información actualizada acerca del comportamiento de ese recurso compartido. Por consiguiente, los coordinadores nacionales de los cuatro países suscribieron dos acuerdos en octubre de 2000, que fueron posteriormente suscritos por la autoridad conjunta en enero de 2001.

GRÁFICO 1

Ciclo hidrológico

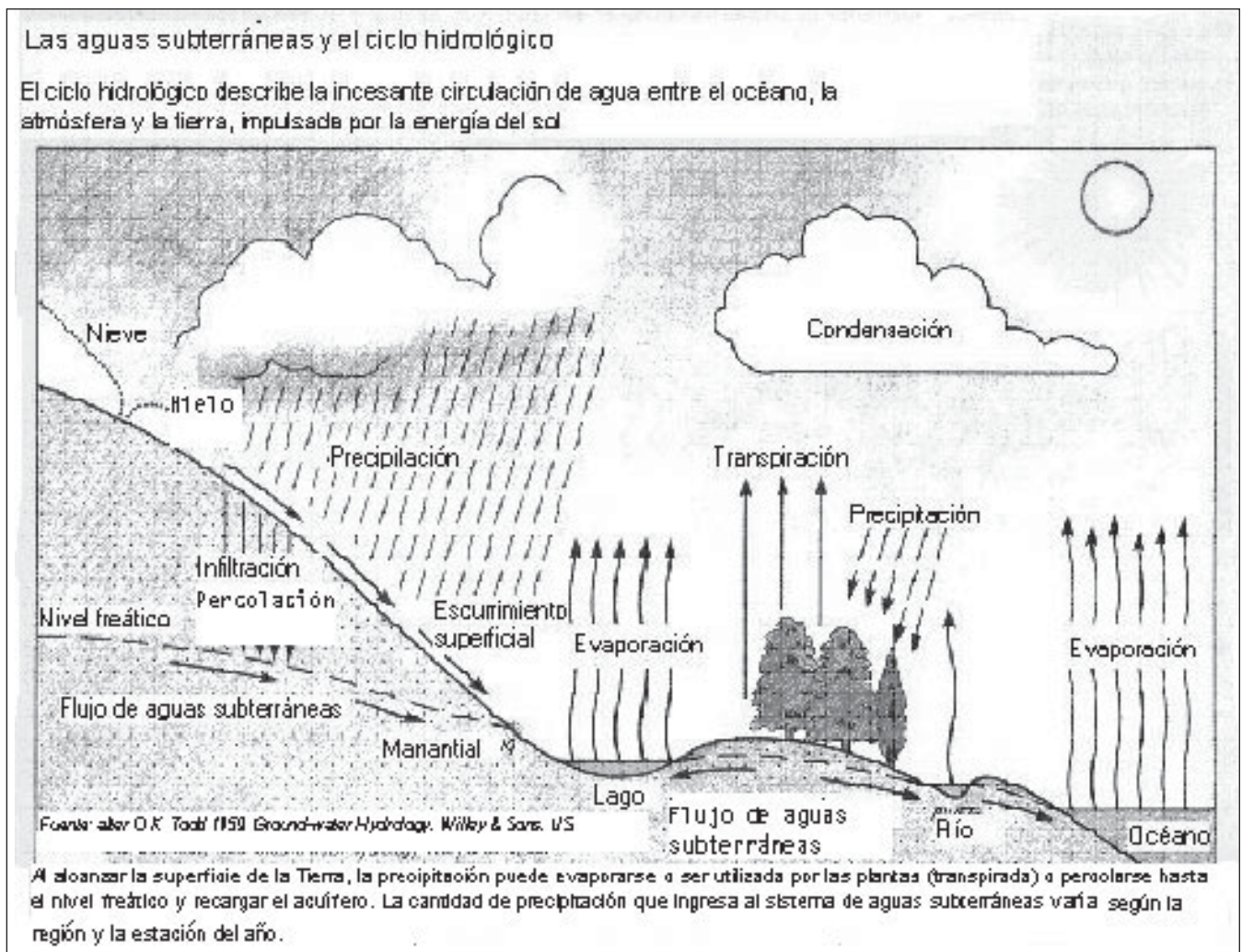
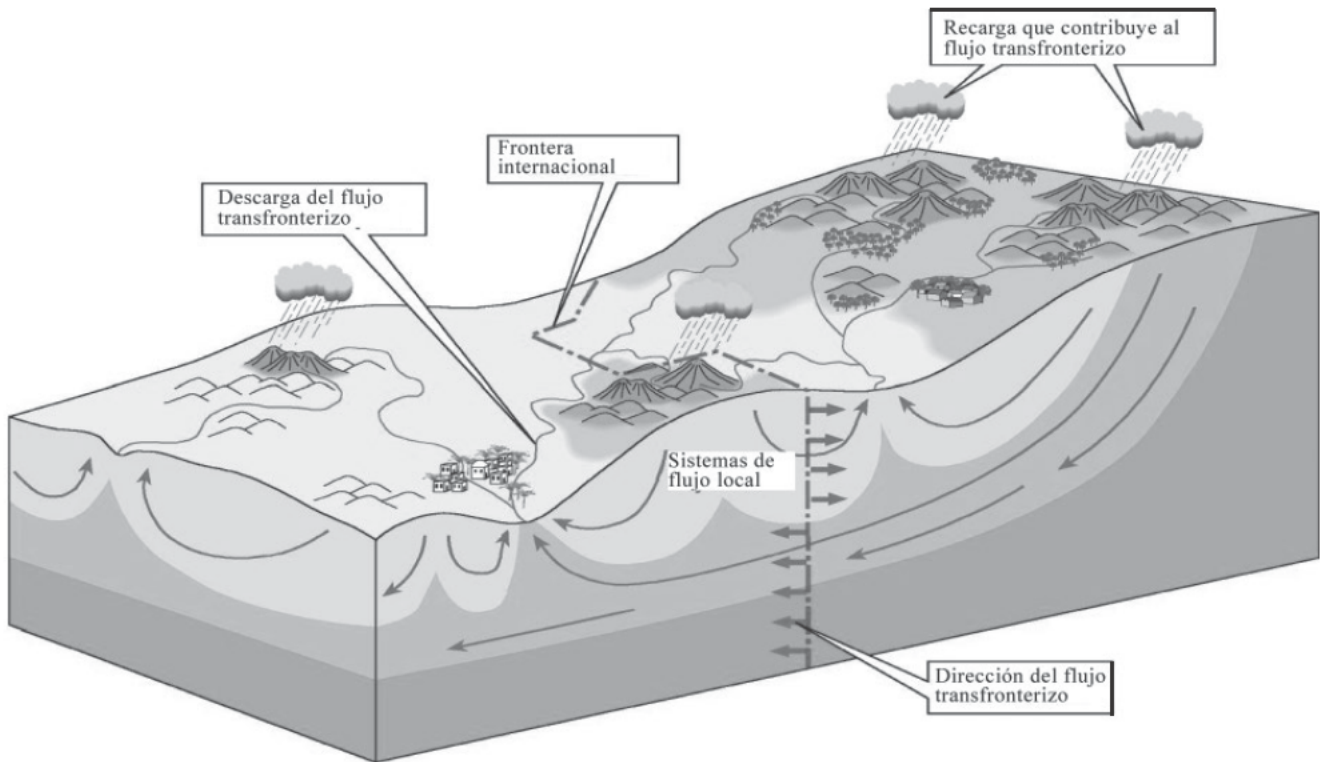


GRÁFICO 2

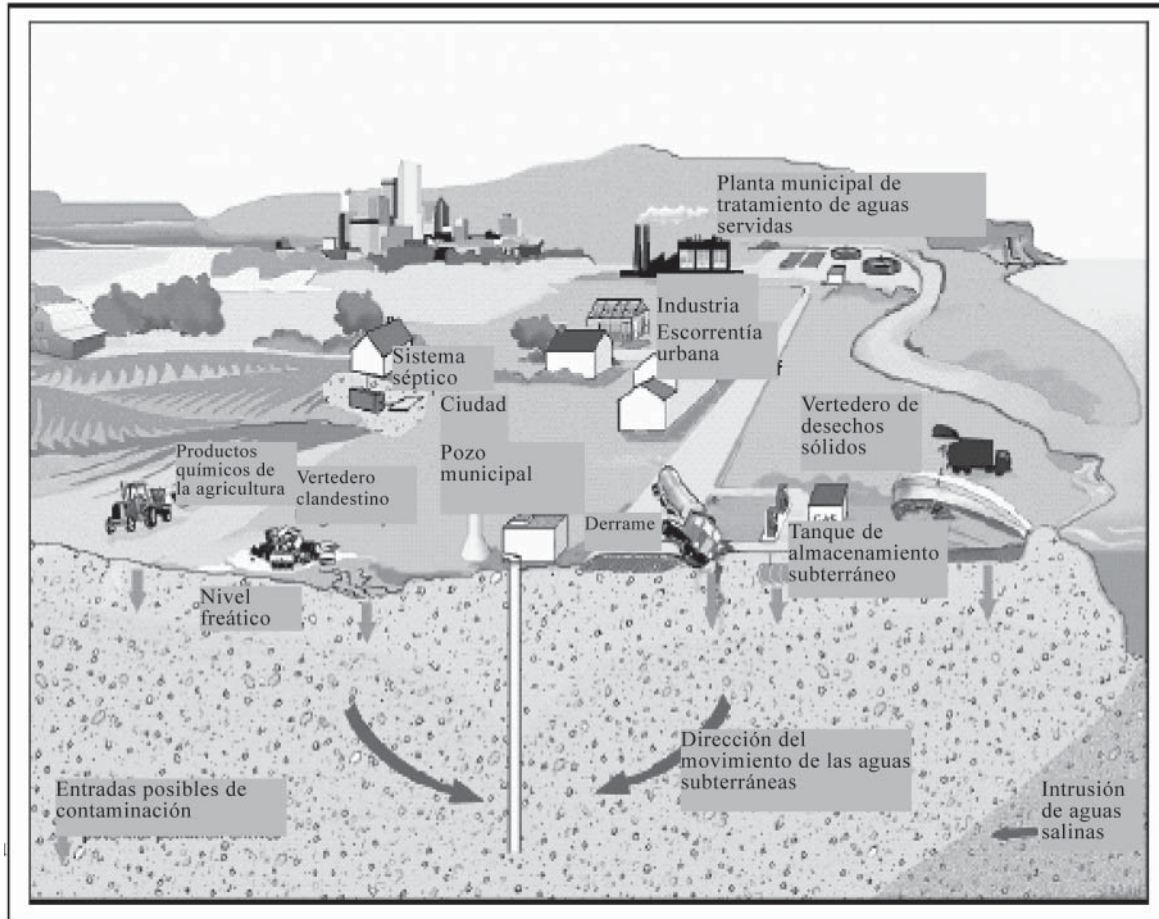
Flujo transfronterizo



Fuente: *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resource Management – Their Significance and Sustainable Management: A Framework Document*, París, UNESCO, 2001, pág. 13.

GRÁFICO 3

Contaminación de las aguas subterráneas



Fuente: Zaporozec y Miller, *Ground-Water Pollution*, pág. 1.