



AGUA SUBTERRÁNEA: UN RECURSO DE AMÉRICA DEL NORTE

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

Taller de Expertos en Agua Dulce de América del Norte
21 de enero de 2002

Auspiciado por el
Programa sobre Asuntos Hídricos
Munk Centre For International Studies
Trinity College, Universidad de Toronto

Preparado por: Joanna Kidd, Lura Consulting
4 de enero de 2002

(Unedited translation)

ACLARACIÓN

Este documento lo encargó el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) con objeto de animar la discusión en el Taller de Expertos en Agua Dulce de América del Norte. Las opiniones son de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Mayor información sobre la CCA o sus publicaciones en:
Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte
393, rue St-Jacques West, Suite 200
Montreal (Quebec) Canadá H2Y 1N9
Tel.: (514) 350-4300
Fax: (514) 350-4314
<http://www.cec.org>

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES | 1 |
| EL ESTADO DEL RECURSO | |
| El agua subterránea es un recurso de vital importancia en América del Norte | 2 |
| En muchas zonas el agua subterránea se usa con mayor rapidez que con la que se rellena | 5 |
| Muchos acuíferos están contaminados | 8 |
| Los problemas empeorarán en el futuro | 9 |
| MANEJO ACTUAL DEL RECURSO | |
| El agua subterránea no está bien protegida de los cambios del uso del suelo | 11 |
| El manejo no adopta un enfoque ecosistémico | 11 |
| El régimen regulatorio está hecho a base de parches | 11 |
| No hay mecanismos transfronterizos adecuados | 12 |
| Los modelos de precios atentan contra la sustentabilidad | 12 |
| Persisten muchas lagunas en nuestro conocimiento | 13 |
| EN CAMINO A LA SUSTENTABILIDAD | |
| Los reguladores deben mejorar su comprensión de las aguas subterráneas | 16 |
| Los reguladores tienen que mejorar los registros y el acceso a la información | 17 |
| El manejo de las necesidades del agua subterránea se debe basar en el ecosistema | 17 |
| El manejo del agua subterránea se debe orientar hacia la sustentabilidad | 19 |
| Los gobiernos deben aumentar los esfuerzos respecto de la eficiencia en el uso del agua | 20 |
| REFERENCIAS | |

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) elaboró el presente documento para animar las discusiones y centrar el debate sobre el agua subterránea en el entorno de América del Norte. La CCA examinó antes el marco jurídico y político en que se inscribe el manejo del agua dulce transfronteriza en la región y ha identificado algunas tendencias incipientes en la materia. En junio de 2001 el Consejo de la CCA pidió al Secretariado que analizara los aspectos del agua dulce relativos al precio local del agua y el manejo de las cuencas de agua, así como que promoviera tecnologías accesibles y asequibles para mejorar el manejo del vital líquido. La CCA incluirá un capítulo especial sobre el agua en su próximo Informe del Estado del Medio Ambiente en 2003.

La CCA ha elegido centrarse ahora en el agua subterránea por tratarse del elemento menos comprendido dentro del sistema de agua dulce. Como se afirma en este documento de discusión, algunas dependencias han instado a los gobiernos a elevar su comprensión de ese recurso. Muy poco sabemos sobre cuánta agua subterránea está disponible, cuánta se consume en la actualidad, cómo fluye en el subsuelo y otros datos importantes. Como recurso, el agua subterránea no se ha examinado desde una óptica de América del Norte.

El agua subterránea es una parte vital (aunque subestimada) de nuestro sistema de agua dulce. Casi 200 millones de residentes de América del Norte dependen del agua subterránea para el uso doméstico. También es vital para los sectores agrícola e industrial de la economía de la región y desempeña un papel esencial en la conservación de nuestros ríos, corrientes, lagos, humedales y sistemas acuáticos. Sin embargo, el recurso está amenazado: la contaminación de los acuíferos se da en toda América del Norte y en muchos lugares se usa el agua subterránea con mayor rapidez que con la que la naturaleza la puede reemplazar. Algunos factores incipientes, como la posibilidad del comercio internacional del agua, el veloz crecimiento de la población en zonas de alta demanda del líquido y el cambio climático, aumentarán las presiones en el agua subterránea. Decenios de esfuerzos se han dedicado en Canadá, Estados Unidos y México a proteger y restaurar las aguas superficiales, pero mucho menos empeños se han puesto en el agua subterránea. El resultado de esta falta de atención institucional comienza a ser evidente.

Mucho se ha afirmado que el acceso al agua limpia será *el* problema ambiental del siglo XXI. Un estudio reciente prevé que si los patrones actuales de consumo continúan, al menos 3,500 millones de personas o 48 por ciento de la población mundial vivirá en cuencas de agua presionadas en 2025 (World Resources Institute, 2000). Esto y otros factores arriba señala dos sugieren que ha llegado el momento de realizar un diálogo sobre el agua subterránea de América del Norte.

Sobre este informe

Este documento de discusión se preparó como material preparatorio del Taller de Expertos en Agua Dulce en América del Norte. Se elaboró con base en las fuentes de información fácilmente disponibles. Se desplegaron esfuerzos para ofrecer detalles equivalentes de Canadá, Estados Unidos y México, pero ello no siempre fue posible. Los errores y omisiones son responsabilidad exclusiva del autor.

EL ESTADO DEL RECURSO

El agua subterránea es un recurso de vital importancia en América del Norte

Alcance

Muchas personas en América del Norte asocian el agua dulce con imágenes del correr de un río y lagos destellantes. Sin embargo, la realidad es que la mayoría del agua dulce líquida del mundo —97% según algunos cálculos— no es visible, sino que yace en el subsuelo en los acuíferos (Sampat, 2000, Monroe y Wicander, 1994). Parte de este agua subterránea —fría, limpia y en lento movimiento— es un legado del pasado y se ha almacenado en los acuíferos por hasta 10,000 años (Environment Canada, 1999).

La abundancia del agua varía con amplitud en América del Norte. Canadá, por ejemplo, es relativamente rico: posee alrededor de 9% del agua dulce accesible y renovable del orbe. La gran mayoría de ésta es subterránea, cuyo volumen se calcula en 37 veces más grande que el del agua de los lagos y ríos del país. A la luz de los patrones de asentamiento —casi todos los canadienses vive en una estrecha banda en la parte sur del país, mientras que muchos de los ríos fluyen hacia el norte rumbo al Ártico—, 90% de la población tiene acceso a sólo 40% del agua (Labelle and Forge, 2001).

Cuadro 1: Disponibilidad de agua dulce

| | Recursos renovables de agua dulce (kilómetros cúbicos/años) |
|-------------------|--|
| Canadá | 2,849.5 |
| Estados Unidos | 2,459.1 |
| México | 359.5 |
| América del Norte | 5,668.1 |

Fuente: Connor, 1999, con base en varias fuentes.

Como se muestra en el cuadro 1, cuya unidad es la disponibilidad de recursos de agua dulce renovable, Estados Unidos también cuenta con extensos recursos de agua dulce. En contraste, el respectivo volumen de México es significativamente menor.

Uso humano

El agua subterránea constituye una proporción significativa del agua dulce que se extrae anualmente en América del Norte, sobre todo en Estados Unidos y México. Sin embargo, estas cifras no reflejan de manera adecuada la importancia de las aguas subterráneas.

Cuadro 2: Cantidad de agua subterránea extraída

| País | Cantidad anual extraída (km ³) | Porcentaje de toda el agua dulce extraída |
|----------------|---|--|
| Canadá | 1 | 2% |
| Estados Unidos | 106 | 23% |
| México | 25 | 34% |

Fuente: World Water Vision, 1999, con base en varias fuentes.

Agua subterránea: un recurso de América del Norte

Como se aprecia en el cuadro 3, alrededor de 198 millones de habitantes de América del Norte dependen de las agua subterráneas para beber, lavar, retirar los residuos y otros usos domésticos. Más de un cuarto de los residentes de Canadá, la mitad de los de EU y dos tercios de los de México usan agua subterránea para usos domésticos.

Cuadro 3: Población que depende del agua subterránea para uso doméstico

| País | Población dependiente del agua subterránea (millones) | Porcentaje de la población total |
|----------------|---|----------------------------------|
| Canadá | 7.9 | 27% |
| Estados Unidos | 130 | 50% |
| México | 60 | 66% |

Fuente: World Water Vision, 1999, con base en varias fuentes.

La dependencia respecto de las aguas subterráneas varía de modo considerable en Canadá y Estados Unidos. Por ejemplo, sólo 20% de los residentes de Quebec dependen de las aguas subterráneas, pero 60% de quienes viven en Nueva Brunswick y casi 100% de quienes habitan la Isla del Príncipe Eduardo satisfacen con ellas sus necesidades de agua potable (Environment Canada, 2001). En partes de Florida, en la zona que circunda San Antonio en Texas, y en la región de Albuquerque, Nuevo México, el agua subterránea es la única fuente disponible de agua potable (NRC, 2000).

En EU y en México la mayoría del agua subterránea que se extrae se emplea en el sector agrícola para irrigación y para abreviar al ganado. En Canadá, el uso doméstico rivaliza con el agrícola en importancia. Alrededor de 89% de los agricultores canadienses dependen del agua subterránea para beber e irrigar (Agriculture and Agri-Food Canada 2000).

Cuadro 4: Extracciones de agua subterránea por sector

| País | Domésticas | Industriales | Agrícolas | Total (km ³ /año) |
|---------------|------------|--------------|-----------|------------------------------|
| Canadá (1991) | 43% | 14% | 43% | 1.0 |
| EU (1990) | 23% | 6% | 71% | 110.0 |
| México (1985) | 13% | 23% | 64% | 24.0 |

Fuente: World Water Vision, 1999, con base en varias fuentes.

Valor ecológico

Además de los usos humanos que satisface, el agua subterránea realiza muchas otras funciones ecológicas fundamentales. Es parte esencial del ciclo hidrológico en que el agua se mueve constantemente, sobre y bajo la superficie del planeta. Como tal, desempeña una función importante en el mantenimiento de corrientes, ríos, lagos, humedales y comunidades acuáticas. Por ejemplo, las aguas subterráneas contribuyen con una cantidad significativa del suministro general de agua en los Grandes Lagos: desde 22% del suministro al lago Erie, hasta 42% del suministro a los lagos Hurón y Ontario (IJC, 2000).

Las interacciones de las aguas subterráneas y superficiales son complejas y variables. La función típica de los humedales, como los cenegales de las praderas que se encuentran en terrenos altos, suele ser recargar los acuíferos que yacen bajo su manto, mientras que los que se encuentran en altitudes menores suelen recibir la mayoría de sus aguas del subsuelo. La contribución de las aguas subterráneas al caudal de ríos y arroyos varía según la geología superficial y otros factores. En algunas zonas de Ontario, en donde predominan los suelos de cieno y barro, las aguas superficiales contribuyen con menos de 20% de las corrientes. En donde dominan el arena y la grava pueden contribuir con 60% o más del total del flujo (IJC, 2000).

La descarga de agua subterránea es un factor determinante en la viabilidad biológica de las corrientes tributarias. En zonas relativamente inalteradas, las descargas de agua subterránea suministran una entrada de agua de constantes temperatura, química del agua y concentraciones de oxígeno disuelto (IJC, 2000). Los cambios en los niveles de las aguas subterráneas pueden tener efectos significativos en hábitats críticos como la vegetación ribereña y en la vida silvestre que de ellos dependen. (NCR, 2000).

En muchas zonas el agua subterránea se usa con mayor rapidez que con la que se recarga

En muchas partes de América del Norte se extrae agua subterránea a un ritmo mayor que con el que la naturaleza la recarga. Este “déficit de aguas subterráneas” está conduciendo a la caída de los niveles de los acuíferos, la intrusión de agua salada, el hundimiento del suelo y la reducción de las descargas de agua superficial a corrientes y humedales.

Caída de los niveles de los acuíferos

El acuífero Ogallala (de las Llanuras Altas) es un ejemplo clásico de un acuífero que se está sobreexplotando. Este gran manto yace bajo partes de ocho estados, desde Dakota del Sur en el norte hasta Texas en el sur. La zona de las Grandes Llanuras es una superficie agrícola que suministra una porción significativa del maíz, algodón y trigo de Estados Unidos y la mitad del ganado vacuno de ese país (Monroe y Wicander, 1994). Sus ricas tierras de cultivo comprenden alrededor de una quinta parte de la tierra irrigada en la Unión Americana y usa cerca de 30% del agua subterránea empleada en escala nacional para irrigación. El bombeo de agua subterránea para satisfacer las necesidades de irrigación ha causado que el acuífero haya disminuido hasta 30 metros en algunas zonas (NRC, 2000).

En la región metropolitana de Chicago-Milwaukee la disminución del nivel del acuífero ha sido aún mayor. La extracción del agua subterránea llegó a su punto máximo en 1979, con lo que la baja en los niveles del agua subterránea llegó a 114 metros bajo Milwaukee y 274 metros bajo Chicago (IJC, 2000). El ritmo menor de bombeo desde 1980 ha permitido que los niveles del agua subterránea se recuperen parcialmente en algunas partes de la región, pero aquéllos siguen bajando en la parte sudoccidental de la zona metropolitana de Chicago. También están bajando los niveles en el suroeste seco (la cuenca de Albuquerque en Nuevo México) y el acuífero Sparta de Arkansas, Louisiana y Mississippi (NRC, 2000).

A causa de la sobreexplotación de los mantos acuíferos Estados Unidos tiene un déficit de agua subterránea calculada en 13,600 millones de metros cúbicos anuales, cuya mayor parte se acumula en el acuífero de las Llanuras Altas (Postel, 1999).

En Canadá, el punto principal en que la baja de los niveles del agua subterránea es preocupante es la zona Kitchener-Waterloo en Ontario. Alrededor de 250,000 personas en la región dependen del agua subterránea para el abasto municipal. El agotamiento de los mantos acuíferos ha conducido a amplios esfuerzos de conservación y a la exploración de nuevas fuentes, incluida la posibilidad de construir un acueducto de 120 km para suministrar agua del lago Hurón (Environment Canada, 1996).

En México se han identificado 459 acuíferos, de los cuales 130 sufren de sobreexplotación y están amenazados por ésta (Steele *et al.*, 1997). La cuenca Lerma-Chapala es una de estas zonas: los recursos acuíferos de esta región en rápido crecimiento, que da cuenta de 35% del PNB industrial de México, han sido asignados en exceso desde mediados de los años ochenta (Scott y Restrepo, 2000). El acuífero que sostiene al millón y medio de personas que habitan la región semiárida de Ciudad Juárez-El Paso se está explotando con rapidez y se prevé su agotamiento en 20 años (U.S.-Mexico Foundation for Science, 1998).

Agua subterránea: un recurso de América del Norte

En partes de América del Norte, incluidas las zonas fronterizas EU-México, la escasez de agua subterránea se está tornando crítica y es objeto de disputas entre los usuarios y los reguladores del agua. La baja de los niveles acuíferos ya ha tenido efectos económicos de consideración en ciertas zonas, conduciendo a mayores costos de bombeo y menores rendimientos de los pozos. En las Llanuras Altas, donde los niveles acuíferos han caído de manera significativa, los agricultores han comenzado a abandonar la agricultura de irrigación; en 1978 se irrigaban cerca de 5.2 millones de hectáreas y en menos de un decenio éstas habían caído casi 20% a 4.2 millones de hectáreas (Postel, 1999).

Intrusión marina

La intrusión de agua salada puede ser un problema grave en las zonas costeras en que los ritmos de bombeo de agua subterránea son lo suficientemente altos como para causar que el agua de mar invada los acuíferos de agua dulce. En Estados Unidos se ha tornado en un problema a lo largo de la costa del Atlántico, de Cape Cod a Miami (NCR, 2000). Una vez contaminados con agua salada, los acuíferos no se pueden usar con fines de agua potable o irrigación y permanecerán salobres durante un tiempo largo.

Hundimiento del suelo

Las extracciones en gran escala de agua subterránea pueden conducir a la consolidación de los acuíferos y el hundimiento del suelo. Las zonas de EU en que el bombeo de agua subterránea ha conducido al hundimiento incluyen el valle San Joaquín en California, Houston-Galveston en Texas, Baton Rouge en Louisiana y la zona de Phoenix en Arizona (NRC, 2000). Partes de la Ciudad de México se han hundido tanto como 10 metros en los pasados 70 años (Environment Canada, 1999). El hundimiento no se conoce como un problema en Canadá en este momento.

El hundimiento puede causar daños generalizados a las alcantarillas, líneas de flotación, cimientos, canales, acueductos, carreteras y revestimiento de los pozos. En la Ciudad de México ha motivado que el nivel promedio del centro ciudadano haya bajado dos metros por debajo del fondo del lago de Texcoco, lo que eleva los riesgos de inundaciones (World Resources Institute, 1997). Con todo, tal vez lo más importante sea la naturaleza irreversible del hundimiento del suelo debida a la sobreexplotación de los mantos acuíferos: cuándo los sedimentos de éstos se compactan, su capacidad para almacenar se reduce para siempre.

Efectos en las aguas superficiales, la vegetación y la vida silvestre

Un informe reciente del United States Geological Survey (USGS) detalla las complejas interacciones de las aguas subterráneas y superficiales y la sensibilidad de los humedales y las zonas ribereñas a los cambios en la calidad y cantidad del agua subterránea (Winter *et al.*, 1998).

Una zona en que el empleo excesivo del agua subterránea afecta el agua superficial es el valle de San Pedro. El río San Pedro fluye hacia el norte desde los pastizales desérticos de Sonora, México, hasta Arizona. Es algo fuera de lo común —una de las últimas corrientes que quedan del suroeste que fluyen prácticamente todo el año— y su caudal lo sostienen las aguas subterráneas. El suntuoso corredor del río forma un oasis lineal en medio de dos de los desiertos más grandes de América del Norte. Es una de las rutas más importantes de las aves migratorias que pasan el invierno en México y se reproducen en Estados Unidos y Canadá y se ha denominado “un sitio especial y único de importancia nacional y continental” (CCA, 1999). Partes de los altos del río San Pedro han sido declaradas áreas nacional de conservación ribereña por el Congreso de EU y la parte mexicana de la cuenca también se ha propuesto como una reserva (Arias, 2000). Sin embargo, la excesiva disminución del nivel freático está reduciendo los caudales del río, afectando la vegetación ribereña y poniendo en riesgo muchas especies de vida silvestre que dependen de este hábitat (American Rivers, 2000; Arias, 2000, y Varady *et al.*, 2000).

Los Everglades de Florida constituyen otro ejemplo de la manera en que el sobreuso del agua subterránea puede afectar a las aguas superficiales: la explotación intensiva de los recursos acuíferos subterráneos (junto con las obras de protección de las inundaciones y otros factores) ha conducido a cambios radicales en el equilibrio del agua y efectos adversos en la ecología de la región (NCR, 2000).

Muchos acuíferos están contaminados

Fuentes puntuales

Un número incontable de acuíferos de América del Norte han sido contaminados por fuentes puntuales, como sistemas sépticos, fugas en los tanques de almacenamiento subterráneo, derrames o disposición inadecuada de sustancias químicas industriales y filtraciones de los vertederos de residuos sólidos y peligrosos. Los más notorios de estos casos —lugares como Love Canal en las cataratas del Niágara, Nueva York y Woburn, Massachusetts— han dado lugar a intentos multimillonarios para limpiar o contener las columnas de contaminantes. La contaminación de las aguas subterráneas proveniente de los residuos industriales se ha detectado como un problema en ambos lados de la frontera entre México y EU en la zona de Nogales, Sonora (Mumme, 2000).

En muchas ciudades de América del Norte los terrenos baldíos contaminados —sitios que alguna vez albergaron industrias como fundidoras y plantas de destilación de alquitrán de hulla— yacen ahora vacíos con el suelo y las aguas bajo ellos contaminadas con sustancias químicas industriales.

Fuentes no puntuales

La contaminación de las aguas subterráneas de fuentes no puntuales agrícolas y urbanas es generalizada. Las escorrentías de la agricultura pueden conducir a la contaminación de los acuíferos con nitratos, plaguicidas y bacterias. Estudios canadienses han descubierto que casi toda el agua subterránea bajo suelo agrícola está contaminada con nitratos, aunque las concentraciones suelen estar por debajo de las Directrices para la Calidad del Agua Potable de Canadá. Si bien los datos históricos sugieren que los niveles de nitrato no han cambiado en 50 años, las muestras de agua de pozo de Ontario sugieren que la incidencia de bacterias en dicha agua casi se ha duplicado durante el mismo periodo. Un estudio de 1992 sobre la calidad del agua subterránea en Ontario arrojó que 34 por ciento de los pozos tenían un cantidad superior a la aceptable de bacterias del grupo coliforme. A lo largo del país se encuentran en las aguas subterráneas plaguicidas como atrazina, dicamba y 2,4-D en la mayoría de las zonas en que se usan, pero casi siempre en concentraciones muy inferiores a las directrices correspondientes (Agriculture and Agri-Food Canada, 2000).

En EU la contaminación de las aguas subterráneas de fuentes no puntuales agrícolas y urbanas también se ha vuelto dominante. Un estudio reciente del National Research Council da ejemplos de altas concentraciones de nitratos en el sureste del estado de Washington y una alta incidencia de contaminación por compuestos orgánicos volátiles y plaguicidas en la cuenca costera urbanizada de Santa Ana (NCR, 2000). Las muestras de los pozos en dos condados de Texas en la parte baja del valle del Río Grande indican que más de 50 por ciento de los pozos exceden las normas nacionales de agua potable de nitratos (Mumme, 2000). En el valle San Joaquín-Tulare en California, los niveles de nitratos en las aguas subterráneas aumentaron 2.5 veces del decenio de los cincuenta al de los ochenta, reflejando un aumento de seis veces en la aplicación de fertilizantes. El fumigante de suelo persistente, dibromocloropropano o DBCP, aún se encuentra en niveles altos en las aguas subterráneas de la zona, pese a que en 1977 su uso quedó prohibido (Sampat, 2000).

La salinización de las aguas subterráneas debida al exceso de bombeo se ha identificado como un problema en muchas zonas, incluida la cuenca del río Colorado (Mumme, 2000).

El uso de aguas residuales sin tratar para irrigación se ha señalado como una fuente de contaminación por nitratos y bacterias en las aguas subterráneas de México (Steele *et al.*, 1997). Más de la mitad de los

pozos probados en la península de Yucatán tiene niveles de nitrato superiores a 45 mg/litro, la directriz nacional de salud (Sampat, 2000).

Un sistema de aguas subterráneas transfronterizas contaminadas en la frontera entre Canadá y EU es el acuífero Abbotsford, que constituye una fuente importante de agua para la parte continental baja de Columbia Británica y el estado de Washington. En algunas zonas, los niveles de nitrato son más de cuatro veces la norma de agua potable de Canadá y las concentraciones de cuatro plaguicidas exceden los lineamientos canadienses o estadounidenses (Environment Canada, 1996).

Salud humana

A medida que aumenta la comprensión de las aguas subterráneas, se profundiza la preocupación sobre la calidad del agua potable de dichas fuentes. En Walkerton, Ontario, en 2000, siete personas murieron por beber agua municipal proveniente de los acuíferos contaminada con *E. coli*. Este trágico episodio dio lugar a la adopción de regulaciones y políticas más estrictas sobre la protección, tratamiento y registro del agua potable.

Las enfermedades transmitidas por el agua son también una preocupación en la zona fronteriza México-EU, en donde el tratamiento inadecuado de los residuos ha conducido a incidencias de cólera, amibiasis, hepatitis A, giardiasis y otras enfermedades (U.S.-Mexico Foundation for Science, 1998). En algunas regiones, el agotamiento de los mantos acuíferos ha causado que el agua subterránea se contamine por la presencia natural de arsénico (Ozuna y Williams, 1993).

Los nitratos son un problema potencial en las aguas subterráneas. Los niveles elevados de éstos en el agua potable (niveles no mayores que 10 mg/litro) pueden causar methemoglobinemia o el síndrome del “niño azul”. El sistema digestivo de los niños convierte los nitratos en nitritos, que bloquean la capacidad de la sangre del bebé para llevar oxígeno y pueden provocar asfixia y muerte (las vacas y los borregos pueden sufrir efectos similares si los niveles de nitrato exceden de 100 mg/litro en el agua potable) (Self y Waskom, 1992).

El reconocimiento de los riesgos de la contaminación del agua subterránea ha llevado a muchos usuarios a usar dispositivos de tratamiento en el punto de uso, como los filtros de carbón. Un estudio señaló que 50 por ciento de las familias de agricultores de Saskatchewan empleaban algún aparato de tratamiento de agua por su preocupación de las bacterias y parásitos provenientes de los pozos de agua (Environment Canada, 1996).

Los problemas empeorarán en el futuro

Cambio climático

Conforme aumentan las preocupaciones sobre los efectos del cambio climático, los investigadores intentan comprender sus repercusiones en los recursos hídricos. Si bien reconocen que hay lagunas considerables de información sobre las consecuencias del calentamiento global en el agua subterránea, los científicos están convencidos de que la elevación de los niveles del mar exacerbarán el problema de la intrusión de agua salada en los acuíferos de agua dulce. Los riesgos de esto se prevén mayores en los mantos isleños poco profundos (como los de Hawai y Nantucket) y en los acuíferos costeros muy explotados (como los de Long Island, Nueva York y la costa central de California) (Gleick, 2000).

Hay muchas incertidumbres asociadas con las predicciones del cambio climático. La mayoría de los científicos considera que la oportunidad y los patrones regionales de precipitación se modificarán conforme ocurra el calentamiento global, aunque la manera precisa de cómo se manifestaran esos

cambios en diversas regiones del continente no está clara. Sin embargo, poco se duda de que el promedio de la precipitación aumentará en las latitudes elevadas y lo mismo ocurrirá en el promedio anual de escorrentías (Gleick, 2000).

En las partes del norte del continente, en donde se predice que las temperaturas más cálidas conducirán a una mayor precipitación de lluvia que de nieve, los científicos pronostican que habrá menos nieve derretida, podrá llegar antes en el año y los niveles de humedad del suelo se reducirán. Como resultado, la recarga del agua subterránea disminuirá, los niveles de ésta caerán y muchos pozos se volverán inutilizables. A medida que disminuyan los niveles de las aguas subterráneas, menos de ésta se descargará en las corrientes y los humedales. Los caudales de las corrientes disminuirán y la química del agua y las temperaturas de ésta se modificarán. Ello afectará a la comunidad biológica y la capacidad de los arroyos para asimilar residuos, como los provenientes de escorrentías agrícolas (Agriculture and Agri-Food Canada, 2000).

En los tramos medios densamente poblados del río Bravo ya es un problema significativo el suministro del agua necesaria para satisfacer las necesidades de una población en rápido crecimiento. Durante los años en que cae poca nieve de las montañas, muchas zonas tienen que complementar su abasto de agua con los mantos acuíferos. Con el cambio climático se prevé el empeoramiento de esta situación: se pronostica que los niveles de las aguas subterráneas (de suyo bajos en las partes del este y sureste de la zona por las extracciones para irrigación) disminuyan aún más debido a los efectos del cambio climático (EPA de EU, 2001).

Un estudio reciente del Water Sector Assessment Team examinó los efectos del cambio climático en los recursos hídricos de EU; la conclusión fue que dichos cambios pueden llegar a “afectar las relaciones internacionales en las fronteras norte y sur del país, en donde las cuencas de agua compartidas pueden generar disputas políticas locales e internacionales” (Gleick, 2000).

Crecimiento de la población

En algunas partes de América del Norte el rápido crecimiento de la población será una fuente adicional de presión en los recursos acuíferos, sobre todo en las zonas de rápido crecimiento del “cinturón del sol” y en la región fronteriza entre EU y México, donde en muchos casos ya existe escasez de agua. La población de las comunidades que radican en la región fronteriza entre EU y México está creciendo a un ritmo mayor que el de EU o el de México y se espera que se duplique durante los próximos 20 años (U.S.-Mexico Foundation for Science, 1998). De 1940 a 1995 la población de las ciudades gemelas de El Paso, Texas, y Ciudad Juárez, Chihuahua, aumentó 3 y 19 veces respectivamente, exacerbando la demanda de agua que amenaza con agotar los acuíferos del área en 2025 (Hume, 2000). Se calcula que la población total de México ascienda a 125 millones en 2025, generando “presiones en el agua” en ciertas zonas (World Water Vision, 2000).

MANEJO ACTUAL DEL RECURSO

El agua subterránea no está bien protegida de los cambios del uso del suelo

En general las áreas de recarga no están bien protegidas de los cambios en el uso del suelo. La mancha urbana que cubre los suelos mediante los que el agua suele infiltrarse se han mencionado como una causa principal de la disminución de los niveles del agua subterránea en Chicago (Egan, 2001). Hay una coalición que ha luchado por dos décadas para detener el desarrollo urbano sobre la Oak Ridges Moraine en la zona en rápido crecimiento al norte de Toronto, Ontario. Una de las principales metas de la coalición es frenar el pavimento sobre el suelo mediante el que actualmente se recargan los acuíferos de la zona y que sostienen el caudal de docenas de arroyos y ríos (STORM, 2001).

Aparte del desarrollo urbano, otros cambios en el uso de la tierra pueden tener efectos drásticos en los recursos freáticos, como por ejemplo el drenaje del suelo, la construcción de diques y embalses y la remoción de vegetación natural (Winter *et al.*, 1998).

Un informe reciente sobre la protección de la cuenca de los Grandes Lagos señala que “es apremiante que los gobiernos estatales, provinciales y locales presten atención a la ... protección de las áreas de recarga de los acuíferos (IJC, 2000).

El manejo no adopta un enfoque ecosistémico

El manejo eficaz y eficiente de cualquier recurso se debe basar en el ecosistema, pero ello no ha sido por lo general el caso con el agua subterránea. Con demasiada frecuencia se han usado fronteras institucionales más que ecológicas para manejar el recurso. Aunque el agua subterránea es una parte integral vital del ciclo hidrológico, en la mayoría de los casos quienes manejan el agua no consideran de manera adecuada sus interacciones con los sistemas de aguas superficiales y sus posibles efectos en las especies no humanas. Es raro que preocupaciones de corte económico, social y ambiental formen parte de la toma de decisiones en torno del agua subterránea.

En algunos casos diversas jurisdicciones comparten el mismo acuífero, pero aquéllas no trabajan juntas para usarlo de manera sustentable. Las ciudades gemelas de El Paso y Ciudad Juárez, por ejemplo, dependen del mismo acuífero para su abasto municipal de agua, pero no cuentan con un plan regional para abordar la escasez de agua que se avecina. Las dos ciudades extraen a voluntad en ambos lados de la frontera entre EU y México (Chávez, 2000).

El régimen regulatorio está hecho a base de parches

El enfoque regulatorio para el manejo del agua subterránea varía mucho en toda América del Norte y las responsabilidades las comparten diversos niveles de gobierno. En México, el agua es un recurso federal y se maneja de manera centralizada por las dependencias federales. En Estados Unidos, los derechos sobre el agua subterránea las define cada estado. La mayoría de los del norte aplican un sistema de “aprovechamiento o permisos por precedencia” en el que los permisos especifican el ritmo de extracción, la ubicación de los pozos y el objetivo. Oros estados del norte recurren a una doctrina de uso “razonable” que autoriza a los dueños de tierra a hacer un uso razonable del agua subterránea extraída del subsuelo que yace bajo su propiedad. Un tercer enfoque se usa en el estado de Texas, donde no hay una regulación estatutaria de bombeo de aguas subterráneas y los dueños de la tierra tienen el “derecho de capturar” el agua que fluye bajo sus tierras (CCA, 1999). En Canadá el agua subterránea es un recurso público. El manejo de los acuíferos y las asignaciones de agua son responsabilidad de cada provincia, salvo cuando

los acuíferos cruzan fronteras provinciales e internacionales (Federal Commissioner of the Environment, 2001).

Una dificultad inherente al manejo del agua subterránea es que por tradición la legislación ha dividido el agua en clases jurídicas separadas según su lugar en el ciclo hidrológico. La división antinatural del agua subterránea del agua superficial, y la aplicación de leyes diferentes al uso y apropiación de diferentes “clases” de agua, hacen que “el manejo integral de los recursos hídricos sea difícil, si no acaso imposible” (U.S.- Mexico Foundation for Science, 1998).

No hay mecanismos transfronterizos adecuados

Los mecanismos para manejar los recursos acuíferos transfronterizos en la frontera de EU con México incluyen los tratados de 1906 y 1944 sobre aguas fronterizas, la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) y la Comisión de Cooperación Ambiental Fronteriza (Cocef) (CCA, 1999). Sin embargo, estos mecanismos tratan sobre todo con la asignación de aguas superficiales y no se pretendió nunca aplicarlos a las aguas subterráneas. Éstas recibieron atención en 1973 mediante la firma de la Minuta 242 de la CILA. En este documento EU y México reconocen la necesidad de desarrollar un acuerdo integral sobre aguas subterráneas para la región fronteriza con gran presión sobre el agua. Sin embargo, esto no se ha llevado a cabo y las prácticas de manejo de las aguas subterráneas en la región fronteriza se caracterizan por ser “institucionalmente pobres y por lo general con deficiencias en cuanto a obtener un rendimiento sustentable del recurso”. La mayoría de las extracciones del agua subterránea en la región sigue sin regularse y, salvo algunas excepciones, el agua subterránea y superficial no se manejan de manera integral (Mumme, 2000).

Los problemas del agua a lo largo de la frontera de EU con Canadá están muy influidos por el Tratado de Aguas Fronterizas de 1909 que creó la Comisión Conjunta Internacional (IJC, International Joint Commission). El tratado de 1909 ofrece los principios y los mecanismos para ayudar a resolver las disputas sobre las aguas fronterizas y transfronterizas y evitar futuras controversias (CCA, 1999). Sin embargo, a la fecha la IJC no ha participado en los asuntos relativos al agua subterránea.

Los acuerdos internacionales que cubren las cuencas de agua compartida en las fronteras de EU y México y EU y Canadá no incluyen disposiciones para abordar de manera explícita los riesgos de los cambios en la calidad o disponibilidad del agua provocados por el cambio climático (Gleick, 2000).

Los modelos de precios atentan contra la sustentabilidad

El manejo del agua en América del Norte se ha regido desde hace mucho por el principio del manejo de la oferta: los gobiernos y las empresas públicas construyen presas cada día más grandes, represas, acueductos, plantas de tratamiento y bombeo para satisfacer la demanda de agua de los usuarios. A medida que el agua adecuada y limpia se torna en un recurso escaso en muchas partes del continente, el manejo del agua ha comenzado a cambiar del manejo de la oferta al de la demanda. Su manejo con base en ésta ofrece al usuario incentivos (económicos y de otra índole) que hacen que valga la pena conservar el agua y proteger los recursos acuíferos.

Mucho trabajo se ha realizado para realizar y mejorar las tecnologías de eficiencia del agua, como los excusados de bajo consumo de agua, dispositivos de circuito cerrado y sistemas de irrigación de alta eficiencia. Muchos señalan que tenemos acceso a las tecnologías que necesitamos para volvernos más sustentables en términos de nuestro uso de agua (Postel, 1999). Sin embargo, en muchas partes de América del Norte los modelos de precios desincentivan activamente la eficiencia y la conservación del

agua. Estos “desincentivos” económicos incluyen la falta de medidores de agua en los hogares, tarifas uniformes para los usuarios del agua y tarifas subsidiadas para los grandes usuarios industriales y agrícolas. En Texas, por ejemplo, quienes irrigan tienen una deducción en el impuestos sobre la renta — una suerte de “bonificación al agotamiento”— por bombear suficiente agua como para que baje el nivel freático bajo sus tierras (Postel, 1999).

En Canadá la necesidad de un sistema de precios adecuado se ha reconocido como un asunto prioritario en cuanto a la sustentabilidad del agua desde que se realizó la Investigación sobre la Política Federal sobre Aguas en 1985 (Environment Canada, 1996). Pese al reconocimiento en los tres países de la necesidad de contar con un sistema adecuado de los precios del agua, no se ha adoptado de modo generalizado. Hay muchos retos para lograr un modelo de precios adecuado, incluidas las dificultades de definir el “costo completo”, evaluar los efectos no económicos (i.e., ecológicos), abordar aspectos de equidad y capacidad de pago y hacer ajustes según las discrepancias regionales en materia de disponibilidad y uso (Connor, 1999).

Persisten muchas lagunas en nuestro conocimiento

Nuestra capacidad para manejar con eficacia y eficiencia las aguas subterráneas se ve obstaculizada por las grandes lagunas en nuestro conocimiento del recurso de las aguas subterráneas. La base del conocimiento del agua subterránea se caracteriza por estar fragmentado y ser incompleto. Es una ironía que existan cantidades enormes de datos sobre el agua subterránea, pero que la mayoría sea de corte local. En este momento hay pocas evaluaciones de los recursos de agua subterránea en escalas regional, nacional y de América del Norte.

Las preocupaciones del Congreso de EU sobre la cada vez menor información sobre las aguas subterráneas condujo a la elaboración en 1998 de un informe del USGS al Congreso que describe una estrategia para hacer frente a los principales problemas, incluida la baja de los niveles freáticos, la intrusión de agua salada y la reducción de la descarga a los arroyos (USGS, 2001) Un informe subsiguiente del National Research Council, *Investigating Groundwater Systems on Regional and National Scales*, encontró que había “pocos esfuerzos permanentes para evaluar los recursos de agua subterránea de la nación y en escalas regional y nacional” e identificó los principales temas de investigación (NCR, 2000). El USGS recientemente identificó los siguientes campos de investigación como áreas prioritarias de su trabajo:

- El desarrollo de mejores análisis de datos y herramientas de predicción que apoyen las decisiones adecuadas para el manejo adecuado de los mantos acuíferos.
- Mejorar el conocimiento de los ritmos de recarga, así como los procesos y las técnicas de cálculo respectivas.
- Estudiar los acuíferos menos profundos que son particularmente vulnerables a la contaminación y sensibles a las sequías y el cambio climático.
- Estudiar la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros.
- Ganar comprensión sobre las interacciones del agua subterránea y la superficial.
- Mejorar el conocimiento del caudal de las aguas subterráneas en los acuíferos con lechos de karts y roca fracturada.
- Avanzar en la elaboración de la cartografía tridimensional de los acuíferos y mejorar la modelación para evaluar adecuadamente los recursos de aguas subterráneas y determinar los efectos de las extracciones de éstas (USGS, 2001).

Un documento reciente sobre el manejo de las aguas subterráneas transfronterizas en la frontera de México con Estados Unidos indica que, pese a los esfuerzos significativos para mejorar la información, los datos esenciales sobre la cantidad y ritmos de uso del agua subterránea están incompletos en grandes zonas de la región fronteriza (Mumme, 2000). Se ha señalado que “lo inadecuado de la información sobre la cantidad y la calidad del agua [en México] es uno de los principales obstáculos para el manejo adecuado de ésta” (CCA, 1990).

En un informe reciente sobre la protección de los Grandes Lagos, la IJC señaló que “hay una gran falta de información sobre las aguas subterráneas en la cuenca [de los Grandes Lagos] y los gobiernos deberían emprender la investigación necesaria para cubrir esa carencia (IJC, 2000). El informe señalaba que en el presente se carece de:

- Una cartografía unificada y consistente de las unidades hidrológicas fronterizas y transfronterizas.
- Una descripción integral del papel del agua subterránea en el sustento de los sistemas ecológicos.
- Informes adecuados sobre el nivel y el grado de los usos consuntivos.
- Métodos simplificados para identificar los grandes retiros de agua subterránea cerca de los límites de las cuencas hidrológicas.
- Predicciones adecuadas de los efectos de los cambios en el uso el suelo y el crecimiento de la población en la disponibilidad y calidad de las aguas subterráneas.
- Información adecuada de la descarga de agua subterránea a los arroyos y los Grandes Lagos.
- Estimaciones sistemáticas de las zonas de recarga natural.

Para abordar estas necesidades, la IJC recomendó que se trabajara para:

- Describir la hidrología subterránea, así como la calidad y disponibilidad de las cuencas comunes.
- Identificar los actuales usos del agua subterránea en la región fronteriza.
- Cuantificar los factores que es probable que afecten esos usos en el futuro.
- Establecer prioridades de investigación de mediano y largo plazos para el manejo del agua subterránea en la región fronteriza.

La necesidad de mejorar el conocimiento sobre el agua subterránea en la cuenca de los Grandes Lagos se subrayó en el informe más reciente de la Federal Commissioner of the Environment and Sustainable Development de Canadá. El comisionado recomendó que los departamentos federales desarrollaran el conocimiento suficiente de las aguas subterráneas de la cuenca con objeto de entender su contribución a la disponibilidad de agua superficial. En específico, el comisionado instó a los gobiernos a elevar la comprensión de puntos clave de los acuíferos, su geología, rendimientos potenciales y actuales extracciones (Commissioner of the Environment, 2001).

La necesidad de examinar las amplias dimensiones del asunto fue reconocida por Stephen Mumme en un documento reciente sobre el manejo de las aguas subterráneas transfronterizas en la línea divisoria entre EU y México. Subrayó la necesidad de fortalecer “nuestra comprensión de los problemas de las aguas subterráneas transfronterizas y nuestra capacidad para resolverlos, no sólo en lo que se refiere a los ángulos geofísicos o hidrológicos, sino en escala medioambiental, de salud pública, económica e institucional” (Mumme, 2000).

El conocimiento adecuado es un requisito fundamental para el manejo eficaz y sostenible del recurso. La falta de una comprensión básica de cuánta agua subterránea existe en América del Norte, su calidad y cuánta se está usando, cómo fluye y cómo interacciona con los sistemas de agua superficial es una barrera inmensa, si no acaso insuperable, para lograr el uso sustentable el recurso.

EN CAMINO A LA SUSTENTABILIDAD

En este apartado del documento de discusión se señalan algunos de los principales pasos que es preciso seguir para avanzar en el uso sustentable del agua subterránea en América del Norte. Los reguladores tienen que mejorar la base del conocimiento, elevar la calidad de los registros y el acceso a la información, aplicar un enfoque ecosistémico para manejar las aguas subterráneas, adoptar una meta de uso sustentable e incrementar los esfuerzos sobre la eficiencia en materia de agua. En seguida se exponen los principales puntos de cada uno de estos campos.

Los reguladores deben mejorar su comprensión de las aguas subterráneas

Es amplio el consenso de que nuestro conocimiento sobre las aguas subterráneas como recurso es deficiente y se debe mejorar con objeto de realizar evaluaciones regionales, nacionales y en escala de América del Norte. Los campos prioritarios identificados de investigación, monitoreo y recopilación de datos incluyen:

- cantidades
- niveles
- caudales
- ritmos de recarga
- uso (usos consuntivos)
- calidad
- interacciones del agua subterránea y la superficial, incluidas las que tienen lugar con los sistemas biológicos
- efectos de los cambios del uso del suelo
- caudal de las aguas subterráneas en acuíferos de karst y roca fracturada
- repercusiones del cambio climático

Los gobiernos de Canadá, EU y México han formulado programas para mejorar el monitoreo y realizar estudios que aborden estas lagunas cruciales del conocimiento. El Natural Resources Canada se ha comprometido a desarrollar una estrategia nacional sobre aguas subterráneas en 2002 y una base de datos nacional sobre dichas aguas en 2003 (Commissioner of the Environment, 2001).

Preguntas:

¿Cómo fijar prioridades en las necesidades de información (en términos de lograr el uso sustentable del recurso)?

¿Cómo podemos con eficacia y eficiencia abordar las necesidades de información respecto de los acuíferos transfronterizos?

¿Cómo podemos abordar las necesidades de información en campos que combinen las disciplinas tradicionales, como las interacciones de las aguas subterráneas y las superficiales?

¿Hay nuevas fuentes de información disponibles que debemos conocer?

Los reguladores tienen que mejorar los registros y el acceso a la información

La capacidad para evaluar el estado de las aguas subterráneas en América del Norte está limitada no sólo por las lagunas en la información antes señaladas, sino también porque la información que existe está dispersa en numerosas organizaciones y es de difícil acceso. Se ha señalado que el acceso público a los datos y la información es crucial para lograr un enfoque participativo e incluyente para el manejo del agua (World Water Vision, 2000). Los gobiernos deben mejorar el acceso público a la información, así como su intercambio y registros.

Preguntas:

¿Cómo deben los gobiernos presentar registros sobre el agua subterránea como recurso?

¿Cómo se puede mejorar la accesibilidad a la información?

¿Quién debe supervisar lo adecuado de la base del conocimiento? (i.e. ¿cómo sabremos que ya sabemos lo suficiente?)

El manejo de las necesidades del agua subterránea se debe basar en el ecosistema

Los recursos de agua subterránea se deben manejar en una escala ecológica adecuada (regional), según sea necesario, con una perspectiva binacional. La IJC ha señalado que los encargados del manejo del agua deben de considerar las cuencas de agua subterránea que puedan tener “fronteras que sean considerablemente distintas de la frontera de la cuenca de agua superficial bajo la cual yace el agua subterránea”. De hecho, la Comisión señala que en cualquier zona puede haber varias cuencas de agua subterránea en capas a diversas profundidades y cada una puede tener un alcance geográfico diferente, que puede o no coincidir con la fisiografía superficial, como las cuencas de drenaje de los ríos (IJC, 2000).

En Estados Unidos, el National Research Council argumenta con plena convicción que “los sistemas de agua subterránea, de aguas superficiales y acuáticos están estrechamente interrelacionados y ya no se pueden manejar y regular de manera independiente” (NRC, 2000). Sin embargo, no hay mucha precisión en cuanto a cómo exactamente ha de ponerse en práctica este principio. Será todo un reto integrar con eficacia y eficiencia el manejo de las aguas subterráneas con los actuales enfoques para el manejo del agua superficial (incluidos los procesos de planeación de la cuenca de agua de Ontario, los consejos de las cuencas ribereñas de México y la propuesta de la IJC de juntas de cuencas de agua internacionales, dada la multiplicidad de intereses y las diferencias de enfoques y de las realidades ecológicas. Como se dijo, estos retos se complicarán cuando los acuíferos crucen fronteras provinciales, estatales y nacionales.

La integración de consideraciones sociales, económicas y ambientales en la toma de decisiones en cuanto a las aguas subterráneas también representa enormes retos (como cualquier otro recurso natural). Los usos consuntivos y los cambios en el uso del suelo pueden tener efectos significativos e irreversibles en el agua subterránea. Los estudios de la cuenca mexicana Lerma-Chapala, por ejemplo, sugieren que “en las cuencas con agua escasa la sustentabilidad del agua subterránea tiende a vincularse de manera inextricable con el manejo del agua superficial y es profundamente sensible a la zona y a la clase de

cultivos irrigados, así como a las prácticas de manejo del agua superficial”, en particular las que entrañan recargas (Scott y Restrepo, 2000). La modificación de cómo la gente usa el agua subterránea (como la reducción de las cantidades reservadas para irrigación) puede tener consecuencias sociales y económicas de consideración que se deben reconocer.

Mientras numerosos grupos, incluido el Consejo Mundial del Agua, han abogado por la incorporación del valor económico del agua subterránea en la toma de decisiones (World Water Vision, 1999), persisten muchas barreras económicas e institucionales para lograr esa práctica.

Preguntas:

¿Qué unidades ecológicas se deben usar para manejar los recursos de agua subterránea?

¿Cómo se puede integrar mejor el manejo del agua subterránea con el de las aguas superficiales y los sistemas acuáticos?

¿Hay ejemplos de casos en que consideraciones sociales, económicas y medioambientales se hayan integrado realmente en la toma de decisiones sobre las aguas subterráneas?

El manejo del agua subterránea se debe orientar hacia la sustentabilidad

Esta claro que el exceso de extracción o “minería” de aguas subterráneas en América del Norte tiene efectos ecológicos, sociales y económicos muy significativos. Para evitar estas consecuencias los responsables del manejo del agua tienen que adoptar la sustentabilidad de largo plazo de los recursos de aguas subterráneas como una meta de gestión. Una definición del desarrollo sustentable de los recursos del agua subterránea es “la cantidad de agua subterránea que se puede extraer legalmente de una cuenca hidrológica en el largo plazo sin causar consecuencias severas de índole económica, social, ecológica e hidrológica” (NCR, 2000). Implícito en esta meta es lograr un equilibrio entre las extracciones de agua y los ritmos naturales de recarga y ofrecer una mejor protección a las principales zonas de recarga frente a los cambios en el uso del suelo.

Sandra Postel señala que a la fecha “los gobiernos ... no han logrado resolver la tarea de regular el acceso a las aguas subterráneas. Para impedir una tragedia en nuestro patrimonio común, es preciso limitar el número de usuarios del recurso colectivo, reducir la cantidad del recurso que cada usuario puede extraer o buscar alguna combinación de estas dos opciones” (Postel, 1999). La pregunta es cómo asignar con justicia los recursos del agua subterránea, sobre todo en las zonas con presiones de agua, es un punto que amerita analizarse.

El uso sustentable de las aguas subterráneas incluyen la noción de que la calidad del recurso se debe mantener a largo plazo. El grado de la actual contaminación del agua subterránea sugiere que se requieren mayores esfuerzos para controlar la contaminación de fuentes puntuales y no puntuales, en particular de la agricultura.

Preguntas:

¿Hay ejemplos de arreglos institucionales que se hayan establecido para lograr el uso sustentable del agua subterránea?

¿Cuáles son los principales indicadores que se podrían usar para medir el uso sustentable del agua subterránea?

Los gobiernos deben aumentar los esfuerzos respecto de la eficiencia en el uso del agua

Es una triste ironía que en un mundo en que el acceso al agua limpia es considerado como “*el problema del siglo XXI*”, los gobiernos no hayan adoptado herramientas de manejo de la demanda, como precios del costo total del agua. Lograr el uso sustentable del agua subterránea —es decir, asegurar que las generaciones futuras tengan acceso a cantidades adecuadas de agua subterránea limpia— exige que todos usemos el agua con la mayor eficiencia posible. Esto significa eliminar los incentivos al desperdicio del agua y crear incentivos para conservarla. En el caso de los gobiernos ello significa fijar precios del costo verdadero del agua, ordenar la aplicación de tecnologías de eficiencia en el uso del agua en los hogares, oficinas e industrias, así como eliminar los subsidios a los crecientes cultivos intensivos en agua y las exenciones de impuesto para los suministros que se están agotando. Los gobiernos también tienen que aumentar los esfuerzos para educar a la ciudadanía sobre los problemas del agua y fomentar la conciencia de las tecnologías de eficiencia del agua. La necesidad de educación no se puede exagerar, ya que el uso sustentable del agua sustentable no se puede lograr sin una ciudadanía conciente y participante. Las acciones comienzan con la comprensión de la importancia de las aguas subterráneas: tenemos que ocuparnos de ellas y cuidarlas porque son parte vital de nuestro sistema de sustento en este planeta.

Preguntas:

¿Hay ejemplos de gobiernos que hayan adoptado con eficacia enfoques de manejo de la demanda para conservar las aguas subterráneas?

REFERENCIAS

Agriculture and Agri-Food Canada. 2000. The health of our water: Toward sustainable agriculture in Canada. Agriculture and Agri-Food Canada Research Branch.

American Rivers. 1999. Most endangered rivers 1999: Upper San Pedro River. Disponible en <http://www.americanrivers.org/mostendangered/uppersanpedro1999.htm>

Arias, H.M. 2000. "International groundwaters: the Upper San Pedro River Basin case." 40 *Nat. Res. J.* 2, 199-221.

Chávez, O.E. 2000. "Mining of internationally shared aquifers: The El Paso-Juarez case." 40 *Nat. Res. J.* 2, 237-260.

Comisión para la Cooperación Ambiental. 1999. North American boundary and transboundary inland water management report (informe inédito). Noviembre de 1999.

Commissioner of the Environment and Sustainable Development. 2001. 2001 Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development. Disponible en <http://www.oag-bvg.gc.ca/domin/reports.nsf>

Connor, R. 1999. North America's freshwater resources: Emerging trends and issues (inédito). Preparado por la Comisión para la Cooperación Ambiental. Septiembre de 1999.

Egan, T. 2001. "Near vast bodies of water, the land still thirsts". *New York Times*. 12 de agosto de 2001.

Environment Canada. 1996. *The state of Canada's environment*. Disponible en <http://www.ec.gc.ca/soer-ree/English/1996Report>

Environment Canada. 1999. Groundwater—nature's hidden treasure. Cat. No. En. 37-81/5-1999E. Actualizado el 29 de marzo de 2001. Disponible en <http://www.ec.gc.ca/water/index.htm>

Environment Canada. 2001. Tracking key environmental issues: Freshwater quality. Actualizado el 29 de junio de 2001. Disponible en http://www.ec.gc.ca/TKE/air_water/water_use_e.cfm

Gleick, P.H. 2000. Water: The potential consequences of climate variability and change for the water resources of the United States. The report of the Water Sector Assessment Team of the National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change. Septiembre de 2000.

Hume, B. 2000. "Water in the U.S.-Mexico border area." 40 *Nat. Res. J.* 2, 189-197.

International Joint Comisión (IJC). 2000. Protection of the waters of the Great Lakes: Final report to the governments of Canada and the United States. Disponible en <http://www.ijc.org/boards/cde/finalreport/finalreport.html>

Labelle, C. y F. Forge. 2001. Water: Tomorrow's strategic issue. 16 de febrero de 2001. Parliamentary Research Branch, Library of Parliament, Ottawa.

Monroe, J.S. and R. Wicander. 1994. *The changing earth: Exploring geology and evolution*. West/Wadsworth, Belmont, CA.

Mumme, S.P. 2000. "Minute 242 and beyond: Challenges and opportunities for managing transboundary groundwater on the Mexico-U.S. Border." 40 *Nat. Res. J.* 2, 341-378.

National Research Council. 2000. *Investigating groundwater systems on regional and national scales*. National Academy Press, Washington, D.C. Disponible en <http://www.nap.edu/openbook/0309071828/html/1.html>

Ozuna, T. and G.W. Williams, 1993. The environment and U.S.-Mexico agricultural trade. TAMRC International Market Research Report No. IM-3-93. Disponible en <http://agrinet.tamu.edu/centers/tamrc/pubs/im393.htm>

Postel, S. 1999. "When the world's wells run dry". *World Watch*. Septiembre-octubre de 1999.

Sampat, P. 2000. Groundwater shock. Worldwatch Institute, Washington, D.C.

Scott, C.A. and C.G. Restrepo. 2000. Sustainability of groundwater trends in the Rio Lerma-Chapala Basin, Mexico. Disponible en <http://www.iica.org.uy/p2-13.htm>

Self, J.R. and R.M. Waskom. 1992. Nitrates in drinking water. Cooperative Extension, Colorado State University. Disponible en <http://www.cdc.gov/NIOSH/nasd/docs/as27700.html>

Steele, T.D., J.E. Barrios O. and L.S. Sandoval Y. 1997. "Groundwater quality monitoring overview: A case study in Mexico". *Int. Water Res. Ass.* Vol. 22, No. 3. Disponible en <http://www.iwrn.net/steele.htm>

STORM. 2001. The Oak Ridges Moraine. Disponible en <http://www.stormco.org>

United States Environmental Protection Agency. 2001. Global warming: State impacts: New Mexico. Actualización más reciente: 6 de abril de 2001. Disponible en <http://www.epa.gov/globalwarming/impacts/stateimp/newmexico/index.html>

United States Geological Survey. 2001. U.S. Geological Survey ground-water resources program, 2001. U.S. Geological Survey Fact Sheet 056-01. Actualizado el 12 de julio de 2001. Disponible en <http://water.usgs.gov/ogw/pubs/fs01056/>

United States-Mexico Foundation for Science. 1998. Water and health at the U.S.-Mexico border: Science, technology and policy issues. Proceedings from a workshop at Tijuana, Baja California, June 23-25, 1997. Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. Disponible en <http://www.fumec.org.mx>

Varady, R.G., M.A. Moote and R. Merideth. 2000. "Water management options for the Upper San Pedro Basin: Assessing the social and institutional landscape." 40 *Nat. Res. J.* 2, 223-235.

Winter, T.C., J.W. Harvey, O.L. Franke and W.M. Alley. 1998. Groundwater and surface water: A single resource. U.S. Geological Survey Circular 1139. Denver, Colorado. Disponible en <http://www.usgs.gov/pubs/circ/circ1139>

World Resources Institute. 1997. *World Resources 1996-1997*. Chapter 3: Urban impacts on natural resources. Disponible en http://www.wri.org/wri/wr-96-97/ee_b1.html

World Resources Institute. 2000. *World Resources 2000*. Freshwater systems: Executive summary. Disponible en http://www.wri.org/wri/wr2000/freshwater_page_execsumm.html

World Water Vision. 1999. Vision on water, life and the environment for the 21st century: Regional consultations, North America. Discussion draft prepared December 2, 1999. Disponible en <http://www.watervision.org>