

Gestión Sustentable del Agua Subterránea

Conceptos y Herramientas

Serie de Notas Informativas Nota 11

Utilización de Agua Subterránea No Renovable un enfoque socialmente sustentable para la gestión del recurso 2002-2005

Autores (Grupo Base del GW•MATE)

Stephen Foster¹ Marcella Nanni¹ Karin Kemper² Héctor Garduño Albert Tuinhof
(¹autor líder ²autor de apoyo principal)

¿Qué es un recurso no renovable de agua subterránea?

- Estrictamente, los recursos de agua subterránea nunca son no renovables, lo que pasa es que en algunos casos, el período necesario para que el acuífero se vuelva a llenar es muy largo (entre cientos y miles de años) en comparación con el marco temporal de la actividad humana, en general, y de la planificación de los recursos hídricos, en particular (Figura 1). Por este motivo, es válido hablar del agua subterránea como un recurso no renovable y del ‘minado de las reservas del acuífero’.
- Esta Nota Informativa trata sobre la gestión de acuíferos con agua subterránea no renovable, como son:
 - los acuíferos no confinados en zonas donde la recarga contemporánea es muy poco frecuente y de pequeño volumen, por lo que en la práctica el recurso se limita esencialmente a las reservas del almacenamiento del acuífero
 - las ‘secciones confinadas’ de sistemas acuíferos muy extensos, en los que la explotación de agua subterránea intercepta o induce poca recarga activa, y la superficie piezométrica se abate continuamente como respuesta a la extracción.

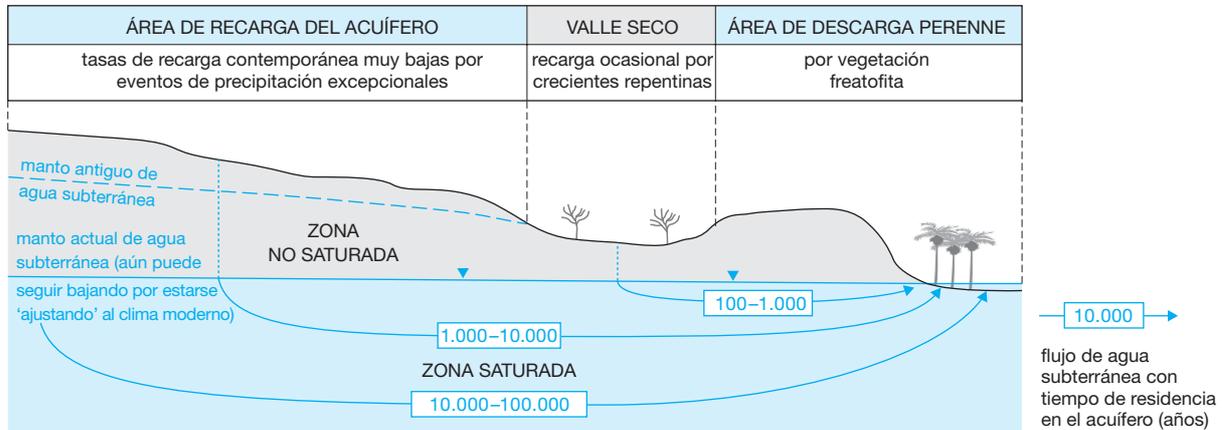
Ambos casos implican la extracción de la llamada ‘paleo-agua subterránea’ (o fósil) que proviene de la recarga de regímenes climáticos más húmedos del pasado. Los volúmenes del agua fósil en algunos acuíferos son enormes (por ejemplo, se estima que hay 150.000 km³ en los acuíferos de arenisca de Nubia y 15.000 km³ en la cuenca árabe Rub-al-Khali).
- El uso del término ‘sustentabilidad’ en este contexto se interpreta en el ámbito social, y no físico, que implica que (dentro de horizontes de 100 a 1.000 años) se deben ponderar los beneficios inmediatos contra los ‘impactos negativos’ de la explotación, y responder a la pregunta ‘¿y qué pasará después?’

¿Por qué llega a explotarse un recurso no renovable de agua subterránea?

- Hay dos situaciones muy distintas por las que se utiliza un recurso no renovable de agua subterránea:
 - cuando desde un inicio se planea minar las reservas del acuífero, generalmente para un proyecto específico de explotación en una zona árida con baja recarga contemporánea de agua subterránea
 - cuando, sin planearlo, ocurre el minado incidental de las reservas del acuífero, como resultado de una extracción intensiva en zonas cuya recarga contemporánea resulta insuficiente o donde hay una limitada continuidad hidráulica entre acuíferos profundos y sus zonas de recarga.

A nivel mundial existen algunos ejemplos importantes de la primera situación (por ejemplo, en el Kalahari del Sur en Botswana y en la Cuenca Sarir de Libia), pero son numerosos los casos de la segunda (por ejemplo, el Acuífero Cuaternario de la Llanura del Norte de China y varios acuíferos en Rajastán, India).

Figura 1: Ciclo típico del agua subterránea en regiones más áridas con acuíferos importantes subyacentes



- En el **‘escenario de minado planeado’**, la meta de gestión es utilizar ordenadamente las reservas del acuífero (de un sistema con poca explotación pre-existente), con beneficios esperados e impactos pronosticados en un periodo específico. En este caso se deben identificar, desarrollar e implantar ‘estrategias de salida o cierre de la explotación’ apropiadas para cuando el acuífero se encuentre prácticamente vacío. El escenario debe incluir opciones socioeconómicas equilibradas sobre el uso de las reservas almacenadas del acuífero y de la transición a una economía futura que dependa menos del agua. Una consideración clave para definir la ‘estrategia de salida’ es identificar un recurso hídrico sustituto, como puede ser la desalación de agua subterránea salobre.

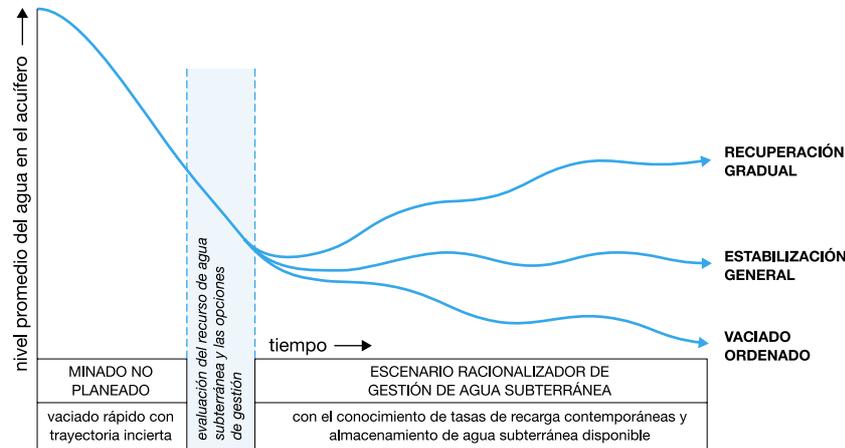
- En la situación no planeada, se necesita, en cambio, plantear en un cierto momento un **‘escenario de racionalización’** en el que la meta de gestión sea:
 - la estabilización hidráulica (o, excepcionalmente, la recuperación) del acuífero, o
 - la utilización más ordenada de las reservas del acuífero, minimizando el deterioro de su calidad, maximizando la productividad del agua subterránea y promoviendo la transición social hacia una economía que dependa menos del agua.

En ambos casos, la tasa de extracción de agua subterránea se debe reducir, para lo cual es necesario introducir medidas de gestión de la demanda (entre ellas, cobros apropiados por el agua subterránea e incentivos por el ahorro real del agua). A plazo más largo, se tendrá que dar prioridad al abastecimiento de agua para consumo humano, y quizá se tengan que desalentar usos poco productivos. Esta Nota Informativa aborda la gestión del agua subterránea en situaciones en las que la meta es contar con un enfoque ordenado para utilizar las reservas del acuífero, ya sea en un ‘escenario de minado planeado’ desde un inicio o, en un ‘escenario de racionalización’ a partir de un cierto momento (Figura 2).

¿Qué medidas clave de gestión se requieren en función de las características del sistema de agua subterránea no renovable?

- Con objeto de manejar eficazmente la utilización del agua subterránea no renovable, hay que hacer una caracterización correcta del sistema acuífero para así poder hacer pronósticos en forma adecuada de:
 - la disponibilidad del agua subterránea, y la distribución de pozos que se propone para extraerla durante un tiempo determinado
 - el impacto de dicha extracción sobre: el propio sistema acuífero, terceros (sobre todo ‘usuarios tradicionales’) y cualquier ecosistema terrestre y acuático relacionado
 - los cambios de la calidad del agua subterránea durante el período de explotación intensa del acuífero.

Figura 2: Metas para la gestión del agua subterránea conforme a ‘escenarios racionalizadores’ después de una explotación indiscriminada y excesiva



- Dicha caracterización requiere una investigación hidrogeológica especial para evaluar ciertos factores que son clave (Tabla 1). En contraste con la caracterización de los recursos renovables de agua subterránea (**Nota Informativa 2**), un componente crítico es evaluar el almacenamiento de las secciones del acuífero que en un futuro serán drenadas (o que se drenan actualmente) por bombeo, así como la susceptibilidad del sistema acuífero a la intrusión salina. Tanto para interpretar el origen del agua subterránea, dulce o salada, como para cuantificar cualquier recarga contemporánea, resultan muy útiles los análisis basados en técnicas con isótopos ambientales.
- La caracterización de los sistemas acuíferos inevitablemente adolecerá de una incertidumbre inicial considerable, y por ello se recomienda usar los valores más desfavorables ('worst-case parameter values') encontrados en los parámetros que se usen para la modelación numérica como base para la planeación. En la medida en que haya varios años de datos recabados mediante el monitoreo de la respuesta del acuífero a grandes volúmenes de extracción, el nivel de confianza de los pronósticos hidrogeológicos será mayor. Precisamente por esta razón es esencial establecer un programa de monitoreo cuidadosamente diseñado y operado de manera sistemática.
- En el 'escenario de minado planeado' los impactos de la explotación deben ser evaluados, sobre todo en los 'usuarios tradicionales' del agua subterránea y, en caso de que se pronostique o que efectivamente sufran una disminución de sus derechos, se debe proveer algún tipo de indemnización. El concepto fundamental de este escenario debe ser asegurar que al final del periodo propuesto de explotación intensa queden reservas suficientes de agua subterránea extraíble con calidad aceptable en el sistema acuífero para sostener la actividad pre-existente (aunque sea a un costo mayor). Otra manera de lograrlo sería restringir el 'abatimiento meta' de la explotación intensa para que en promedio sea menor que un determinado valor al cabo de un cierto tiempo (por ejemplo, 20 m después de 20 años).
- Resulta de igual importancia (Tabla 1) identificar todos los sistemas acuáticos o terrestres que dependan del acuífero en cuestión o que lo usen actualmente, así como hacer pronósticos del nivel probable de afectación producido por la explotación propuesta. Puede haber ciertas dudas durante la evaluación del impacto por dos motivos:
 - la incertidumbre hidrogeológica en la predicción del abatimiento de agua subterránea, sobre todo a grandes distancias del sitio propuesto para la extracción
 - la dificultad para estimar cómo un ecosistema específico reaccionará a cierto nivel de abatimiento.
 Para sostener algunos ecosistemas acuáticos es preciso reconocer que se deben suministrar flujos compensatorios (incluso en forma reducida), lo que en ocasiones se puede lograr con el riego local y/o recarga del acuífero.

Tabla 1: Factores y disposiciones especiales requeridos para la gestión socialmente sustentable de los recursos no renovables de agua subterránea

| FACTORES ESPECIALES Y DISPOSICIONES | IMPORTANCIA EN UN ESCENARIO ESPECÍFICO | |
|---|--|---------------------|
| | 'minado planeado' | 'racionalización' * |
| Caracterización de un Sistema Acuífero | | |
| • cuantificación de la reserva almacenada en el acuífero | ●● | ●●● |
| • evaluación de tasas de recarga contemporáneas | ● | ●● |
| • pronóstico de riesgos de cambios en salinidad/calidad | ●●● | ●●● |
| • evaluación de efectos del minado sobre 'usuarios tradicionales' | ●●● | ● |
| • pronóstico de impactos ecológicos del agotamiento del acuífero | ●●● | ● |
| Estrategia de Gestión del Recurso | | |
| • evaluación socioeconómica completa | ●●● | ●● |
| • maximización de la productividad del uso del agua subterránea | ●● | ●●● |
| • identificación de la 'estrategia de salida' post-minado | ●●● | ●●● |
| Disposiciones Institucionales | | |
| • toma de decisiones a nivel político alto | ●●● | ● |
| • establecer 'unidad reguladora de acuíferos' a nivel gubernamental | ●●● | ●●● |
| • montar campaña intensiva de toma de conciencia pública | ●●● | ●●● |
| • constituir OGA** para participación de grupos interesados | ●● | ●●● |
| • emitir permisos de extracción con duración limitada | ●●● | ●● |
| • establecer objetivos para la gestión de acuíferos | ●● | ●● |
| • crear red y base de datos para monitorear agua subterránea | ●●● | ●●● |

* ciertos factores/disposiciones pueden ser menos importantes en este escenario porque ya se habrán dado los efectos e impactos del agotamiento ** OGA Organismo para la Gestión del Acuífero

Esta consideración debe ser tomada en cuenta en forma realista para ver si es aceptable la explotación de agua subterránea propuesta.

¿Qué consideraciones socio-económicas especiales requiere la gestión del agua subterránea no renovable?

- Es necesario hacer una evaluación socioeconómica completa de las opciones para minar las reservas del acuífero y determinar sus impactos (Tabla 1), que incluya:
 - a usuarios potenciales (actuales y futuros) de las reservas del acuífero
 - el valor del uso (o usos) propuestos en relación con el valor *in situ* del agua subterránea (Nota Informativa 7)
 - la respuesta a la pregunta '¿qué pasará después (de que se agoten las reservas del acuífero)?' para poder identificar y calcular los costos (a nivel preliminar) de la posible 'estrategia de salida'.
- Es vital que el agua subterránea se utilice con máxima eficiencia hidráulica y productividad económica, y ello implica un reúso intenso para fines urbanos, industriales y mineros, así como un control minucioso del riego agrícola. También como pieza angular, tanto para el cobro realista como para hacer valer la reglamentación, se requiere un sistema aceptable para medir o estimar los volúmenes de extracción y poder así desalentar usos ineficientes e improductivos.
- Con el fin de crear las condiciones sociales que conduzcan a una verdadera gestión participativa del acuífero, es esencial realizar campañas públicas de comunicación sobre la naturaleza, carácter único y valor del agua subterránea no renovable. En este contexto, toda la información sobre el agua subterránea (sintetizada de manera confiable e independiente), debe ponerse a disposición de los grupos interesados y comunidades locales en forma periódica.

- El agua subterránea no renovable almacenada en un acuífero debe ser tratada como un recurso de propiedad pública (o propiedad común). También es importante acordar el nivel gubernamental en el que se deban tomar las decisiones sobre el minado de las reservas del acuífero. En países en donde exista un ministerio de recursos hídricos que no dependa de un sector usuario, la decisión podría recaer en el ministro correspondiente; en caso contrario es mejor que la decisión se tome en la oficina del presidente, vicepresidente, primer ministro o gobernador (según la escala territorial del acuífero), con asesoría de un comité multi-sectorial. También es muy deseable buscar que los políticos al más alto nivel hagan suyo el ‘plan de racionalización de acuíferos’.

¿Qué arreglos institucionales se requieren para lograr la utilización socialmente sustentable del agua subterránea no renovable?

- El arreglo institucional preferible es aquél en el que todas las funciones de gestión del agua subterránea están a cargo de una sola agencia gubernamental, cuyo ámbito de competencia territorial sea apropiado al acuífero en cuestión (**Nota Informativa 4**). Si esto no es posible, entonces se deben involucrar a todos los ministerios y agencias que tengan que ver con la explotación del agua subterránea y con la gestión ambiental, a través de un comité coordinador. En ambos casos, la administración de recursos hídricos debe tener autoridad para:
 - declarar ‘zona especial’ al acuífero que es o será objeto de minado de recursos no renovables, sujeto a programas específicos de gestión de la demanda (**Nota Informativa 3**)
 - establecer, bajo el ministro gubernamental apropiado (a nivel nacional o estatal), una unidad especial para coordinar la gestión del recurso en el acuífero en cuestión.
- La participación plena de los usuarios de agua subterránea es clave para la implementación exitosa de las medidas de gestión. Para ello, el mejor enfoque es establecer una organización para realizar la gestión de acuíferos (OGA) que incluya representantes tanto de los principales grupos de usuarios a nivel sectorial y geográfico, como de agencias gubernamentales, autoridades locales y otros grupos interesados (**Nota Informativa 6**).
- La legislación nacional de agua subterránea por sí sola (**Nota Informativa 4**) generalmente no proporciona una base sólida para enfrentar la gestión de los recursos no renovables. Se tienen que establecer disposiciones especiales para el manejo de las reservas de un acuífero específico por medio de reglamentos que, a su vez, estén complementados con lineamientos administrativos y técnicos. También es importante no abordar la legislación sobre agua subterránea en forma separada de las legislaciones de otros sectores (como el ordenamiento territorial, la construcción de obras públicas, el desarrollo agrícola, la protección ambiental, etc.), que puedan tener un impacto directo sobre los recursos de agua subterránea.
- El establecimiento de un sistema de derechos de extracción de agua subterránea (conocido también como permisos, licencias o concesiones) (**Nota Informativa 5**) debe tener alta prioridad. Estos derechos deben ser consistentes con la realidad hidrogeológica de niveles de agua subterránea en continuo descenso, pozos cuyo rendimiento pueda llegar a disminuir y una calidad del agua que posiblemente se deteriore. En consecuencia, los permisos (para caudales especificados de extracción en ubicaciones determinadas) deben tener un límite de tiempo de largo plazo, pero también deben estar sujetos a revisión inicial y modificación después de 5 a-10 años, para cuando, por medio del monitoreo operativo, se conozca más sobre la respuesta del acuífero a la extracción. Es posible que las reglas sobre uso del agua que implante una OGA con base comunitaria y con poder suficiente (‘empowered’) sean más efectivas que los permisos de extracción legalmente formalizados.
- Nunca se hará demasiado hincapié en el valor que tiene un monitoreo detallado del uso y extracción del agua subterránea, y de la respuesta del acuífero a dicha extracción (niveles y calidad del agua subterránea) (**Nota Informativa 9**). Esto lo deberían llevar a cabo la administración de recursos hídricos, las asociaciones de grupos interesados y los usuarios individuales. La existencia de permisos con límite de tiempo sujetos a revisión normalmente estimularán a los poseedores de permisos a proporcionar información periódica

sobre los pozos. Corresponderá a la administración de recursos hídricos hacer los arreglos institucionales apropiados—a través de algún tipo de base de datos del acuífero (banco o centro de datos)—para archivar, procesar, interpretar y difundir esta información.

- Muchos acuíferos importantes que contienen grandes reservas de agua subterránea no renovable son trans-fronterizos, ya sea entre países, provincias o estados autónomos dentro de un mismo país. En dichas circunstancias, se pueden obtener grandes beneficios mutuos por medio de:
 - la operación de programas de monitoreo de agua subterránea conjuntos o coordinados
 - la creación de una base de datos común sobre el agua subterránea o un mecanismo común para intercambiar información
 - la adopción de políticas coordinadas para la planificación, utilización y gestión de recursos de agua subterránea, y de procedimientos para la resolución de conflictos
 - la armonización de las legislaciones y reglamentos de agua subterránea relevantes.

Lecturas Adicionales

Abderrahman, W. A. 2003 *Should intensive use of non-renewable groundwater resources always be rejected?* Intensive Use of Groundwater 191–203. Balkema Publishers: Lisse, Germany.

Custodio, E 2000 *The Complex Concept of Overexploited Aquifers*. Papeles Proyecto Aguas Subterráneas Serie A:2 Fundación Marcelino Botín: Santander, Spain.

EC ENRICH, 2001 *Groundwater: A Renewable Resource?—focus on Sahara and Sahel*. British Geological Survey: Wallingford, UK for EC ENV4-CT97-0591

Foster, S., Chilton, J., Moench, M., Cardy, F., and Schiffler, M. 2000 *Groundwater in Rural Development: facing the Challenges of Supply and Resource Sustainability*. World Bank Technical Paper 463: Washington-D.C., USA.

Llamas, M. R., 2001 *Considerations on Ethical Issues in relation to Groundwater Development and/or Mining*. UNESCO IHP-V Technical Documents in Hydrology 42. 467–480: Paris, France.

Lloyd, J. W., 1999 *An Overview of Groundwater Management in Arid Climates*. Water Management, World Bank-Purification & Conservation in Arid Climates 9-53. Technomic: Lancaster, USA.

Puri, S. (editor), 2001 *Internationally-Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management—their Significance and Sustainable Management*. UNESCO IHP-VI Non-Serial Documents in Hydrology SC-2001/WS/40: Paris, France

Publicación

La Serie de Notas Informativas del GW•MATE ha sido publicada por el Banco Mundial, Washington D.C., EEUU. La traducción al español fue realizada por Héctor Garduño. También, está disponible en formato electrónico en la página de Internet del Banco Mundial (www.worldbank.org/gwmate) y la página de Internet de la GWP – Asociación Mundial del Agua (www.gwpforum.org)

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Directorio Ejecutivo del Banco Mundial ni de los gobiernos en él representados.

Patrocinio económico



El GW•MATE (Groundwater Management Advisory Team – Equipo Asesor en Gestión de Aguas Subterráneas) es parte del Bank-Netherlands Water Partnership Program (BNWPP) y usa fondos de fideicomiso de los gobiernos holandés y británico.

