

Gestión Sustentable del Agua Subterránea

Conceptos y Herramientas

Serie de Notas Informativas Nota 7

Instrumentos Económicos para la Gestión del Agua Subterránea

usar incentivos para mejorar la sustentabilidad

2002-2005

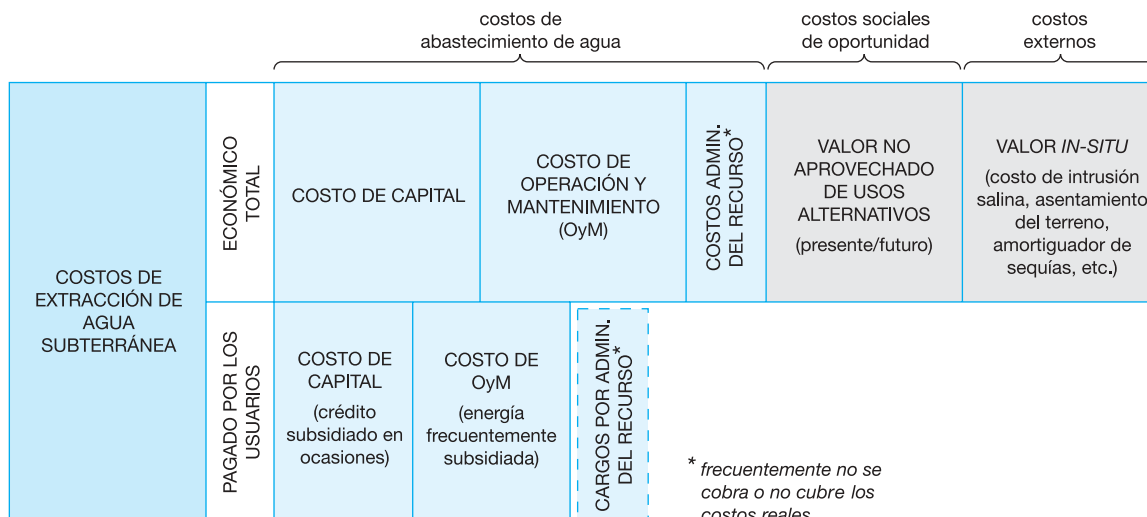
Autores (Grupo Base del GW•MATE)

Karin Kemper¹ Stephen Foster² Héctor Garduño Marcella Nanni Albert Tuinhof
(¹autor líder ²autor de apoyo principal)

¿Por qué son importantes las consideraciones económicas en la gestión y protección del agua subterránea?

- La economía aborda la asignación y uso de recursos escasos. Mientras un recurso sea abundante, hay poca necesidad de tomar decisiones de ese tipo, pero conforme el recurso se va agotando (debido a limitaciones de cantidad o calidad) surgen preguntas en cuanto a cómo utilizarlo y protegerlo (de preferencia en beneficio de la sociedad). Las consideraciones económicas pueden contribuir al proceso de toma de decisiones y promover un uso más eficiente del recurso.
- Si bien los instrumentos económicos para la gestión del agua superficial y el agua subterránea son similares, no son los mismos por las peculiaridades del recurso de agua subterránea:
 - alto costo y complejidad relativos para evaluar el recurso de agua subterránea (**Nota Informativa 2**)
 - uso altamente descentralizado del recurso, lo que eleva los costos de monitoreo de la gestión
 - agua subterránea es invisible para el público, y los impactos en el recurso demoran en manifestarse
 - los impactos de las cargas de contaminantes varían según la vulnerabilidad del acuífero (**Nota Informativa 8**)
 - largos retrasos y casi-irreversibilidad generales de la contaminación de acuíferos.
- Estas peculiaridades explican por qué las herramientas para la gestión de los recursos de agua subterránea generalmente no están tan desarrolladas ni se aplican tanto como las herramientas para el agua superficial. Sin embargo, con la creciente escasez del líquido está aumentando el valor económico del agua subterránea y, por ende, de los beneficios obtenidos al invertir en la gestión. Esta Nota Informativa se centra en las consideraciones económicas como una parte importante de la ecuación de la gestión del agua subterránea; las consideraciones sociales, ambientales y técnicas específicas se abordan en otras Notas Informativas en esta serie.
- El agua subterránea tiende a estar subvalorada, sobre todo donde no se controla su explotación. En esta situación, quien explota el recurso efectivamente recibe todos los beneficios del uso de agua subterránea pero (cuando mucho) sólo paga parte de los costos (Figura 1): por lo general, el costo recurrente del bombeo (siempre y cuando el insumo energía no esté subsidiado) y el costo de capital de la construcción del pozo, pero rara vez los costos externos y de oportunidad. Esta subvaloración a menudo lleva a un uso del recurso que es económicamente ineficiente.

Figura 1: Medición de los costos del uso de agua subterránea



¿Qué significa el valor económico del agua subterránea y cómo se determina?

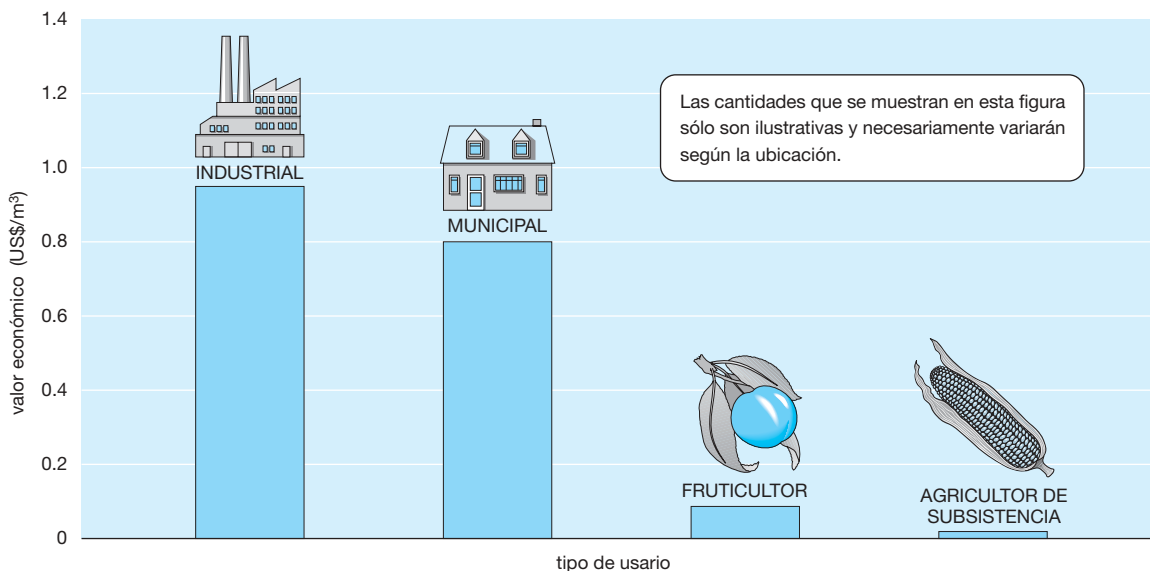
- El valor económico de un recurso depende de lo que uno puede hacer con él y de su escasez relativa comparada con recursos alternativos. De esta manera, el valor económico del agua subterránea en un acuífero específico se deriva del uso que se le puede dar, así como de su disponibilidad y calidad local en comparación con el agua superficial. Por ejemplo, un acuífero en una región con abundante agua superficial no contaminada generalmente tendrá menor valor económico que un acuífero ubicado en una región donde el agua superficial está contaminada o en una región árida sin recursos alternativos. El valor económico del agua subterránea se origina en los beneficios que genera o, en otra palabras, en los servicios que proporciona (Tabla 1). En muchas regiones del mundo, el valor económico del agua subterránea está aumentando, debido al crecimiento poblacional y al desarrollo económico (y, por ende, al aumento de la demanda de agua), a causa de la contaminación de cuencas de agua superficial y, cada vez más, a la variabilidad climática y a la necesidad de contar con un recurso a prueba de sequías.

Tabla 1: Valores del agua subterránea según cada grupo interesado

TIPO DE VALOR	SERVICIO DE AGUA SUBTERRÁNEA
Valor de Uso	agua potable suministro para irrigación/uso industrial uso recreativo
Valor de No-Uso	potencial de uso incierto existencia para generaciones futuras
Valor Indirecto (para Ecosistemas)	descarga a ecosistemas descarga a ríos y lagos

- El valor económico de un recurso específico de agua subterránea está determinado por su uso prospectivo. Ante la ausencia de un precio de mercado para el agua subterránea, los economistas a menudo miden su valor a través de la **disposición del usuario para pagar** por una cantidad y calidad específicas de abastecimiento. Por ejemplo, una industria que necesita agua como insumo para la producción de un automóvil estará dispuesta a pagar más por unidad de volumen que un fruticultor. Así, el valor económico del agua subterránea en el área en cuestión está determinado por la disposición de la industria para pagar, hasta el punto en que se satisfaga la demanda. El valor económico de la siguiente unidad de volumen usada por el fruticultor será más bajo, pero aun así, más alto de lo que un agricultor de subsistencia esté dispuesto a pagar (Figura 2).
- Cuando no se conoce la ‘disposición para pagar’ (que a menudo es el caso, porque casi no existen mercados de agua subterránea que revelen el precio real), se puede usar el **método del valor residual** para tasar el agua subterránea. Este método tasa todos los insumos para el bien producido a precio de mercado, excepto el agua subterránea en sí. El valor residual del bien, después de que todos los demás insumos estén contemplados, se atribuye al insumo agua.
- Otro método es la **determinación hedónica de precios**, en la que se observa el comportamiento de usuarios y mercados. Por ejemplo, los precios de las fincas en un área con buena disponibilidad de agua subterránea probablemente sean más altos que en un área con recursos hídricos escasos. Al comparar las diferencias de precios de las fincas en la región (y suponiendo que otras variables permanecen iguales), la diferencia de precio se explicaría por el valor del acceso al agua subterránea.
- La anterior es una selección de los métodos utilizados por los economistas para determinar el valor de bienes públicos, como agua subterránea y, aunque ninguno es perfecto, sí orientan a quienes toman las decisiones sobre la tasación de recursos de agua subterránea y sobre posibles rumbos de acción. Una consideración importante al respecto es la distinción entre beneficios a corto y a largo plazo que se espera obtener del uso del agua subterránea. Dependiendo de la tasa de descuento que se use para estimar el flujo de beneficios del uso del agua subterránea, puede parecer recomendable utilizar el recurso con mayor o menor velocidad. Por ello, la elección de una tasa de descuento realista es muy importante y requiere ser evaluada cuidadosamente.

Figura 2: Valor económico del recurso hídrico según su uso



¿Qué son los instrumentos económicos y cómo pueden usarse para mejorar la gestión de recursos de agua subterránea?

- Un instrumento económico trata de estimular a un actor económico (usuario de agua subterránea) a adoptar cierto comportamiento de manera voluntaria. El razonamiento esencial es que los humanos reaccionan a incentivos de precios: cuando los precios son elevados, se utilizarán menos recursos. Además, mientras el agua subterránea se podría usar ampliamente en empresas de alto valor para generar mayores ingresos, empleos y riqueza, a menudo se le dan usos de bajo valor económico, por lo cual cada vez se le sobre extrae más, lo que crea tensión social entre los usuarios.
- Los instrumentos económicos pueden proporcionar incentivos para asignar y/o usar el agua subterránea de manera más eficiente, con lo que se contribuye a estabilizar los niveles de agua subterránea al reducir la sobre extracción, disminuir los riesgos de que se presenten impactos negativos y conflictos sociales, y retrasar la necesidad de invertir en recursos hídricos alternativos. Hay dos categorías de instrumento relevantes al agua subterránea (Tabla 2), que se basan en lo siguiente:
 - **cambiar los costos de extracción de agua subterránea** por medio de (a) determinación directa de precios mediante cuotas de extracción, (b) determinación indirecta de precios mediante el aumento en las tarifas de energía y (c) la introducción de mercados de agua
 - **incentivos económicos positivos** para ciertas actividades por medio de (a) modificaciones a las políticas agrícolas y de comercio de alimentos y (b) subsidios para fomentar el uso de tecnologías de irrigación para lograr ahorros de agua reales.
- **Determinación Directa de Precios para Agua Subterránea por medio de Cuotas por Extracción del Recurso**
 Éste es el método más directo, ya que los usuarios tienen que pagar una cuota por extracción (basada de preferencia en el volumen medido y no en el volumen concesionado) para garantizar que exista un incentivo. Lamentablemente, el uso agrícola del agua subterránea (generalmente el mayor consumidor) rara vez se mide,

Tabla 2: Instrumentos económicos para la gestión de agua subterránea

INSTRUMENTOS PARA MODIFICAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS ACTORES	CONSERVACIÓN DEL RECURSO	PROTECCIÓN CONTRA CONTAMINACIÓN
Cambiar los Costos de Extracción de Agua Subterránea		
precio directo mediante cuota por extracción del recurso	X	
precio indirecto mediante aumento en las tarifas de electricidad o diesel	X	
mercados de agua subterránea	X	
Incentivos Económicos Positivos		
modificaciones a las políticas de agricultura y de comercio de alimentos	X	X
subsidios para fomentar medidas reales para ahorro de agua	X	
subsidios para uso de tecnología de irrigación más eficiente para disminuir lixiviación agroquímica		X
subsidios para que industrias y municipalidades implementen tecnología apropiada de tratamiento de aguas		X

por lo que no es sencillo controlar el riego agrícola. Las técnicas alternativas para estimar el uso real para riego agrícola incluyen:

- estimar el volumen bombeado a partir del consumo de energía eléctrica
- calcular el consumo real de agua con técnicas de percepción remota.

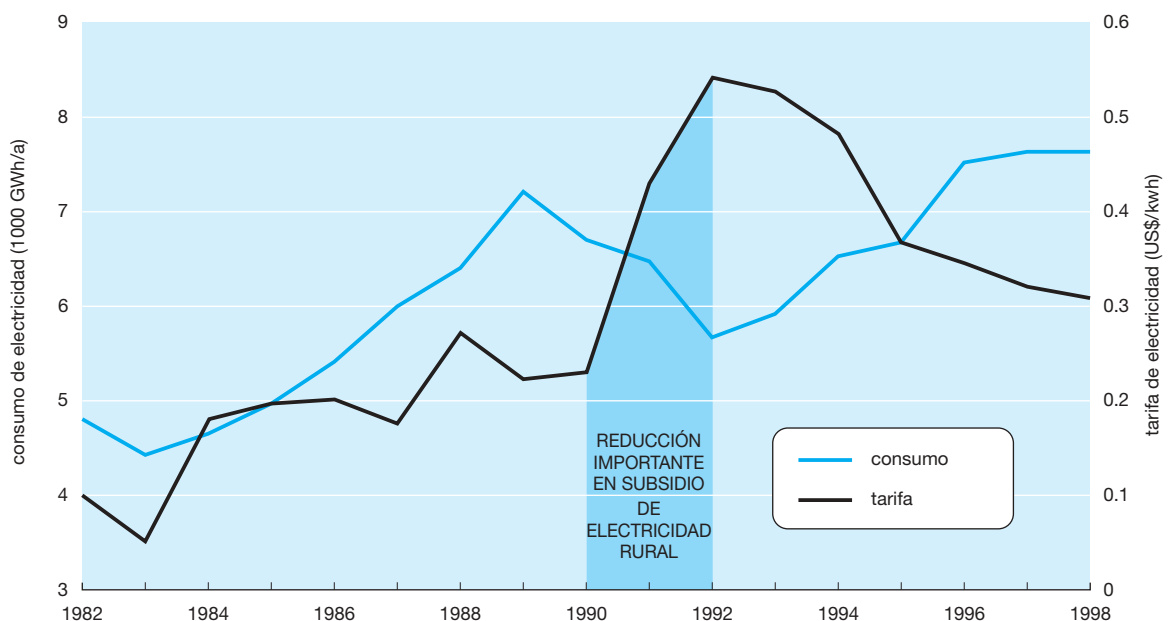
● **Determinación Indirecta de Precio del Agua Subterránea por medio de Tarifas de Energía**

El mayor costo en la extracción de agua subterránea (una vez instalado el pozo) es la energía requerida para elevar el agua. Este costo dependerá no sólo de la profundidad del manto de agua, las características del acuífero y la eficiencia del pozo, sino también del costo unitario de la energía para el bombeo. Así, la determinación del precio de la energía (electricidad o diesel) puede ser una poderosa herramienta para influir sobre las tendencias de bombeo de agua subterránea (Figura 3). Paradójicamente, en muchas áreas del mundo, los precios de los energéticos se usan de forma opuesta, con grandes subsidios para disminuir los costos agrícolas. Aun cuando pueda ser legítimo subsidiar a los agricultores pobres para mejorar su nivel de vida, subsidiar la extracción de agua subterránea en general puede no ser el mejor vehículo para hacerlo, pues la extracción excesiva de agua subterránea puede reducir a más largo plazo la disponibilidad del recurso de los mismos agricultores. Se necesita definir otras medidas que tengan un efecto neutral sobre el recurso, como el pago de una suma a los agricultores pobres a principios del año para cubrir su factura estimada de energía. De esta manera, tendrían un incentivo para usar el agua más eficientemente y consumir menos, quizás cambiando a cultivos de valor más alto. Habiendo recibido dinero para hacer frente a sus facturas de energía, de hecho podrían ganar el doble al ser más eficientes y, así, mejorar su nivel de vida.

● **Mercados de Agua Subterránea**

- Los mercados de agua han sido recomendados para mejorar la gestión de recursos, especialmente con respecto a un uso más eficiente del agua y a la asignación entre y dentro de sectores. Son más flexibles que los instrumentos de orden-y-control para asignar agua a usos de valor más alto en tal forma que las transacciones resulten aceptables para todas las partes, y así promueven el crecimiento económico y disminuyen la tensión social.

Figura 3: Impacto de las variaciones de la tarifa rural de energía eléctrica para bombeo de agua subterránea en México (datos de CFE/Comisión Federal de Electricidad—México)



- En su definición más básica, un mercado de agua subterránea es un arreglo en el cual los tenedores de derechos de agua subterránea los usan para comerciar entre sí o con agentes externos. No existe un modelo único de mercado, pero las características para el diseño de mercados dependerán de (a) el régimen hidrogeológico predominante, (b) una historia previa de comercio y/o derechos informales, (c) los tipos y cantidades de derechos de agua subterránea y (d) los arreglos físicos para mover agua entre usuarios. El mercado de agua no es más que un conjunto de arreglos que permiten que se comercie con agua, pero no funcionará de manera efectiva a menos que se cumplan ciertas condiciones específicas.
- Generalmente resulta apropiado un enfoque gradual para introducir mercados de agua subterránea: primero, implantar sistemas de medición del agua, y después definir los derechos de agua subterránea (que en un principio no tienen que ser necesariamente comerciables), y la participación de los usuarios de agua. En la mayoría de los escenarios, esto proporcionará las bases para una gestión de agua subterránea muy mejorada y permitirá a los grupos interesados ajustarse a un nuevo conjunto de reglas. Más adelante, los derechos para uso de agua subterránea pueden hacerse comerciables, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de diferentes grupos de usuarios y asegurando su protección.
- Mientras los beneficios de los mercados de agua subterránea pueden ser considerables, los impactos socioeconómicos o ambientales potencialmente negativos deben incluirse en los análisis *ex-ante*. Con respecto al agua subterránea, en particular, los mercados no fijan un límite en cuanto al uso total del agua subterránea (aunque puedan llevar a una asignación más eficiente) y el uso total del agua subterránea no disminuirá. Si la meta es reducir la extracción de agua subterránea, el mercado requerirá de reglamentación importante, que incluya la reducción obligatoria del volumen total de derechos de agua con el paso del tiempo. Las decisiones sobre la introducción de un mercado de agua subterránea en un sitio específico siempre deben tomar en cuenta información adecuada, por medio del análisis exhaustivo del contexto socioeconómico, institucional e hidrogeológico local.

- **Modificaciones a las Políticas Comerciales Agrícolas y de Alimentos**

Un instrumento económico indirecto para la gestión del agua subterránea se deriva de las políticas comerciales agrícolas y de alimentos. Ya que la mayor parte del agua subterránea es consumida por la irrigación, las políticas del sector agrícola tienen un impacto importante. Por ejemplo, los subsidios que fomentan los cultivos muy consumidores de agua en zonas semiáridas (tales como arroz o trigo), proporcionarán un incentivo económico para usar agua subterránea. Sin embargo, desde una perspectiva económica, la asignación de agua subterránea para este tipo de uso consuntivo no es muy eficiente, y las políticas agrícolas deberían reflejar mejor la escasez de recursos de agua subterránea. Más aún, las políticas comerciales internacionales pueden tener un impacto indirecto sobre el uso del agua subterránea, por ejemplo, al crear barreras para la exportación de productos agrícolas de alto valor, con lo que se limita la producción a usos locales, a menudo de bajo valor.

- **Subsidios para Fomentar Medidas Reales de Ahorro de Agua**

Ciertas medidas de ingeniería y de gestión pueden llevar a un ahorro sustancial de agua por medio de la reducción de la llamada evapotranspiración no benéfica de sistemas de irrigación agrícola (**Nota Informativa-3**). Se debe evaluar cuidadosamente su viabilidad y se debe considerar la posibilidad de subsidiarlas donde sea adecuado.

¿Qué pasos se deben dar para introducir instrumentos económicos en la gestión de los recursos de agua subterránea?

- El elemento decisivo para hacer que funcionen los instrumentos económicos es garantizar **que se hagan valer**. El uso del agua subterránea es una actividad descentralizada en la que normalmente participan muchos usuarios privados, quienes perforaron sus propios pozos, instalaron su propio equipo y siguen sus propios horarios de bombeo. En el caso de acuíferos importantes, con cientos de miles de usuarios, resulta imposible hacer valer las disposiciones para medir la extracción de los pozos si los usuarios no tienen un incentivo para cumplir. En consecuencia, es esencial crear incentivos para que los usuarios participen activamente en la gestión de acuíferos

(Nota Informativa 6). Esto se puede lograr proporcionando información sobre el estado de los recursos de agua subterránea, promoviendo organizaciones de gestión de acuíferos (por medio de los cuales los usuarios ejercen presión para lograr sus metas de gestión) y utilizando tecnologías innovadoras cada vez más.

- Una de estas tecnologías es la percepción remota. Las imágenes satelitales ya son costeables y varias organizaciones han desarrollado instrumentos de interpretación para trazar en un mapa la distribución de cultivos y para estimar la evapotranspiración real en alta resolución. A las organizaciones de gestión de acuíferos (y a las asociaciones de usuarios de agua subterránea) se les puede proporcionar esta información, y así es más factible hacer valer el control del uso del agua subterránea.
- En EE UU, algunos estados dependen de los usuarios para que informen sobre los volúmenes de agua subterránea que bombean trimestral y anualmente. Se optó por este sistema porque resultaría muy costoso que las agencias de recursos hídricos visitaran cada pozo individual. Sin embargo, este sistema no funciona en todas las circunstancias, por lo que otra opción tecnológica es ligar el uso del agua subterránea con las facturas de energía eléctrica.
- La introducción de instrumentos económicos dependerá de las condiciones hidrológicas, económicas, sociales y políticas actuales. Un **análisis de factibilidad** debe incluir la evaluación de costos y beneficios para cada instrumento y para una posible combinación de instrumentos. También debe tener en cuenta los costos recurrentes a largo plazo y la capacidad institucional (de administración, monitoreo y aplicación) y los costos de transacción para montar los sistemas. Los costos y beneficios esperados también influirían sobre el equilibrio entre el uso de instrumentos económicos y otros instrumentos de gestión del agua subterránea.
- Aunque es relativamente sencillo estimar los costos de establecimiento de ciertos instrumentos, puede ser mucho más difícil estimar los beneficios. Hay opciones menos costosas que los análisis de beneficio-costos, tales como:
 - **análisis de costo-efectividad**, que compara los costos de diferentes opciones de políticas que llevan a la misma meta
 - **análisis multicriterio**, que toma en cuenta diferentes objetivos y los analiza según su peso determinado.
- En cuanto al cobro por los recursos de agua subterránea, un primer paso necesario es crear un registro de usuarios y derechos de agua subterránea (Nota Informativa 5). El segundo paso es determinar la viabilidad de la medición directa de extracción o una técnica alternativa para determinar el uso de agua subterránea. De acuerdo con las condiciones locales, los grupos de usuarios de agua subterránea deben ser consultados sobre la decisión y sobre cómo aplicarla. De igual forma, también debe ser analizado el efecto sobre los grupos más pobres de la sociedad del potencial del cobro indirecto por la extracción de agua subterránea a través de los precios de energía, y se deben definir e implementar medidas compensatorias.
- Finalmente, las políticas agrícolas y de alimentos generalmente se establecen en el nivel político más alto y típicamente serán analizadas dentro del contexto macro-socioeconómico del país en cuestión. Aquí, el paso crítico será que los gerentes de recursos de agua subterránea establezcan un diálogo con los diseñadores de macro-políticas con el fin de aclarar los impactos sobre las políticas actuales. Esta liga debería llevar a una gestión más eficaz del agua subterránea al ubicar a este recurso vital en un sitio más preponderante dentro del contexto de la política de desarrollo socioeconómico.

¿Qué instrumentos económicos existen para ayudar a controlar la contaminación del agua subterránea?

- El instrumento que generalmente se recomienda para disminuir la contaminación del agua es el principio contaminador-pagador, por el cual a una industria se le cobra por la cantidad de contaminación que genera.

Mientras menos contamina, menos paga. Este enfoque no se puede aplicar directamente a la protección de acuíferos debido a las características especiales del agua subterránea, especialmente el retraso de los impactos, la persistencia de algunos contaminantes del agua subterránea y el costo potencial de algunos episodios de contaminación. En cambio, se necesitan incentivos económicos para que las industrias y las empresas públicas de servicios de agua inviertan en tratamiento y reciclaje adecuado de aguas residuales (Tabla 2), especialmente cuando la evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero sugiera que hay un riesgo elevado de que se contamine el agua subterránea (**Nota Informativa 8**).

- Otro tema importante es el control de la contaminación difusa que proviene de cultivos agrícolas. Los subsidios a las cosechas tienden a hacer que sólo haya un tipo de cultivo en una vasta área de terreno, sostenido por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas (que, a su vez, en ocasiones están subsidiados), sin importar si son adecuados para el suelo y el tipo de clima. Esto puede tener un impacto negativo considerable en la calidad del agua subterránea debido a la lixiviación agroquímica, cuyo costo no se considera inicialmente. Resulta sumamente necesario redirigir dichos subsidios y, por ende, proporcionar un incentivo para reducir la lixiviación agroquímica (Tabla 2). En ocasiones pueden existir argumentos para ir más lejos y crear un ‘impuesto ambiental’ sobre fertilizantes y/o pesticidas para generar fondos para monitorear la calidad del agua.

Lecturas Adicionales

- Custodio, E. and Gurgui, A. 1989. Groundwater Economics. *Developments in Water Science*, 39. Elsevier Science Ltd, Amsterdam, The Netherlands.
- Görlach, B. and Interwies, B. 2003. *Economic Assessment of Groundwater Protection: a Survey of the Literature*. I.I.E.E.P. Ecologic, Berlín, Germany.
- 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.
- Kemper, K. E. 2002. Markets for Tradable Water Rights. *Focus 2020*. IFPRI Washington, D.C., USA.
- NRC 1997. *Valuing Groundwater: Economic Concepts and Approaches*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Schiffler, M. 1998. *The Economics of Groundwater Management in Arid Countries*. GDS Book Series II. Frank Cass, Londres, UK.
- Young, R. A. 1996. *Measuring Economic Benefits for Water Investments and Policies*. World Bank Technical Paper-338: Washington-D.C., USA.

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.

