

Gestión Sustentable del Agua Subterránea

Conceptos y Herramientas

Serie de Notas Informativas Nota 14

Amenazas Naturales a la Calidad del Agua Subterránea

evitar problemas y formular estrategias de mitigación

2002-2005

Autores (Grupo Base del GW-MATE)

Stephen Foster¹ Karin Kemper¹ Albert Tuinhof² Phoebe Koundouri Marcella Nanni Héctor Garduño
(¹autor líder ²autor de apoyo principal)

¿Cómo pueden los peligros naturales afectar al agua subterránea potable?

- Los compuestos traza representan únicamente el 1% de los constituyentes disueltos presentes en el agua subterránea en forma natural, pero algunas veces pueden hacerla inadecuada o inaceptable para el consumo humano (Figura 1). No obstante, al mismo tiempo, muchos de estos elementos traza son esenciales en pequeñas cantidades para la salud humana y/o animal (por ejemplo el F y el I – *ver el significado de los símbolos químicos en la Figura 1*), y deben ser ingeridos en el agua o con la comida. Sin embargo, el rango dentro del cual son deseables puede ser pequeño y a mayores niveles pueden ser dañinos (por ejemplo, el F). Otros siempre perjudican la salud, aun en concentraciones muy pequeñas (por ejemplo, el As y el U).
- Algunos elementos (como el As, el F y el Mn) se discuten con detalle en la Tabla 1, pues generan problemas conocidos en el agua subterránea. Otros, (en forma notable el Ni, el U y el Al) son de creciente preocupación y pueden ameritar una investigación más profunda en ciertas condiciones. La concentración de algunos de estos elementos puede ser incrementada mediante diversas actividades contaminantes en la superficie del suelo, y para propósitos de gestión es importante diferenciar los impactos de origen antropogénico de los problemas que ocurren en forma natural; para lo cual hay que realizar estudios detallados y monitorear el agua subterránea.
- En la ‘década de la ONU para el abastecimiento de agua y el saneamiento’ (los años ochenta) la filosofía era que las enfermedades relacionadas con la higiene (asociadas con la falta de un lavado adecuado con agua) eran de igual importancia que las enfermedades hídricas, y por lo tanto las prioridades eran:
 - facilitar el acceso a una fuente confiable de agua en términos cuantitativos, y
 - mejorar la calidad microbiológica del abastecimiento, sin necesariamente llegar al ‘estándar de coliformes fecales’ cero.

En contraste, no se dio mucha atención a la calidad inorgánica, a menos que el sabor o el color (como resultado de la presencia de MgSO₄, NaCl o Fe soluble) produjera el rechazo social de la fuente de abastecimiento.

- A principios del siglo 21, en el mundo en desarrollo, el mayor problema de calidad del agua sigue siendo por mucho la alta frecuencia de las enfermedades hídricas ocasionadas por patógenos. Ello se debe en gran

Figura 1: Constituyentes disueltos en el agua subterránea y su efecto en la salud humana

ELEMENTOS TRAZA (µg/l)				ELEMENTOS PRINCIPALES (mg/l)				
se requiere equipo costoso para medirlos				en general su medición es sencilla y barata				
V *	Li *	P *	Sr *	Mg *	Na *	HCO ₃ *	Al aluminio	Li litio
Se *	Ba *	B	F *	K *	Ca *		As arsénico	Mg magnesio
As	Cu *	Br		Si *	SO ₄ *		B boro	Mn manganeso
Cd	Mn *	Fe *			Cl *		B bario	Na sodio
Co *	U	Zn *			NO ₃ *		Br bromo	Ni níquel
Ni *	I *						Ca calcio	NO ₃ nitrato
Cr *							Cd cadmio	P fósforo
Pb							Cl cloro	Pb plomo
Al							Co cobalto	Se selenio
							Cr cromo	Si sílice
							Cu cobre	SO ₄ sulfato
							F flúor	Sr estroncio
							Fe hierro	U uranio
							HCO ₃ bicarbonato	V vanadio
							I yodo	Zn zinc
							K potasio	

* probablemente esencial para la salud humana/animal

As tóxico o indeseable en cantidades excesivas (probablemente también esencial en donde se indica)

B otros elementos

medida a la contaminación fecal del agua de consumo como resultado de una protección sanitaria inadecuada. Y, además, se ha encontrado que la ‘filosofía de la década’ ha sido insuficiente, por la ocurrencia natural de ciertos elementos traza en niveles superiores a los criterios de agua potable de la OMS (Organización Mundial de la Salud) en algunos abastecimiento de agua subterránea, con implicaciones de largo plazo para la salud de sus consumidores. En algunos acuíferos, dichas concentraciones se deben a su naturaleza mineralógica y al lavado parcial por el lento flujo del agua.

- En décadas recientes los siguientes tres avances incrementaron las preocupaciones de salud pública en relación con la calidad inorgánica de los abastecimientos de agua subterránea:
 - la capacidad para analizar cantidades cada vez más pequeñas de constituyentes disueltos en el agua; se pasó del nivel de mg/l (ppm) al de µg/l (Figura 1), incluso en muchas naciones en desarrollo
 - el desarrollo de la investigación epidemiológica que ha permitido entender mejor los efectos de largo plazo en la salud ocasionados por la ingestión prolongada de contaminantes traza
 - el incremento sustancial del nivel de salud y de la esperanza de vida en muchos países (con la excepción notable de África a causa de la epidemia del SIDA).
- Cuando hay un problema extenso de calidad del agua subterránea ocasionado por causas naturales, se encuentra involucrado un amplio rango de grupos interesados (líderes de comunidades, gobiernos locales, ONG internacionales activas en el abastecimiento de agua y/o la salud pública, centros locales de investigación y educación, contratistas perforistas de pozos, etc.). Por ello, el resto de esta Nota Informativa está dirigida a los gobiernos nacionales y provinciales, quienes necesitan definir una estrategia apropiada de mitigación, en cuyo desarrollo e implementación deberían involucrar a los grupos interesados.

¿Qué tanto se conoce acerca del origen y ocurrencia de estos peligros naturales que afectan la calidad del agua?

- Las reacciones químicas del agua de lluvia en el perfil suelo/roca durante la infiltración y percolación le confieren al agua subterránea su composición mineral esencial. Durante el trayecto, el agua absorbe bióxido de carbono y el ácido débil resultante disuelve los minerales solubles en el suelo. En climas húmedos con

Tabla 1: Resumen de las características básicas de los principales elementos traza presentes en el agua subterránea que eventualmente son peligrosos para la salud

ELEMENTO TRAZA	CRITERIO OMS PARA AGUA POTABLE	IMPORTANCIA PARA LA SALUD Y RESTRICCIONES DE USO	CONTROLES HIDROGEOQUÍMICOS DE LA OCURRENCIA	ESTADO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA*
Arsénico (As)	10 µg/l (p)	peligro de toxicidad/carcinogenicidad, especialmente porque la forma inorgánica (arsenito o arsenata) normalmente está presente; por tanto el criterio de la OMS de 50 µg/l se redujo recientemente	complejos—desprendimiento de las ligas con óxidos de hierro bajo condiciones hidrogeoquímicas inusuales (altamente anóxicas) o durante la oxidación de sulfuros minerales en condiciones hidroquímicas ácidas	la oxidación y sedimentación (que no requiere de aditivos químicos) tiende a no ser confiable, pero los métodos de coagulación, co-precipitación o de adsorción, son más promisorios
Flúor (F)	1.500 µg/l (1.5 mg/l)	elemento esencial pero con un rango de concentración deseable estrecho—por debajo de 500 µg/l puede producir caries dental, mientras que por arriba de 2.000 y 5000 µg/l puede ocurrir fluorosis dental y del esqueleto severa	disolución de minerales que contienen flúor proveniente de formaciones graníticas o volcánicas bajo algunas condiciones hidroquímicas/hidrotérmicas facilitadas por la circulación lenta del agua	precipitación con yeso o una mezcla de cal/sulfato de aluminio y filtración, o bien, resina intercambiadora de iones (carbón activado, alúmina)
Manganeso (Mn)	(100) µg/l 500 µg/l (p)	elemento esencial que en concentraciones elevadas puede afectar las funciones neurológicas; también produce manchas durante el lavado de ropa y utensilios, y a bajos niveles imparte un sabor metálico al agua, por lo cual el criterio de la OMS es dual	abundante en compuestos sólidos de suelos/rocas, bajo condiciones aerobias; la forma altamente insoluble es estable pero se hace soluble en condiciones de creciente acidez y/o anaerobias	precipitación por aireación y filtración generalmente con sedimentación previa, pero menos difícil de operar de lo que normalmente ocurre con el hierro soluble

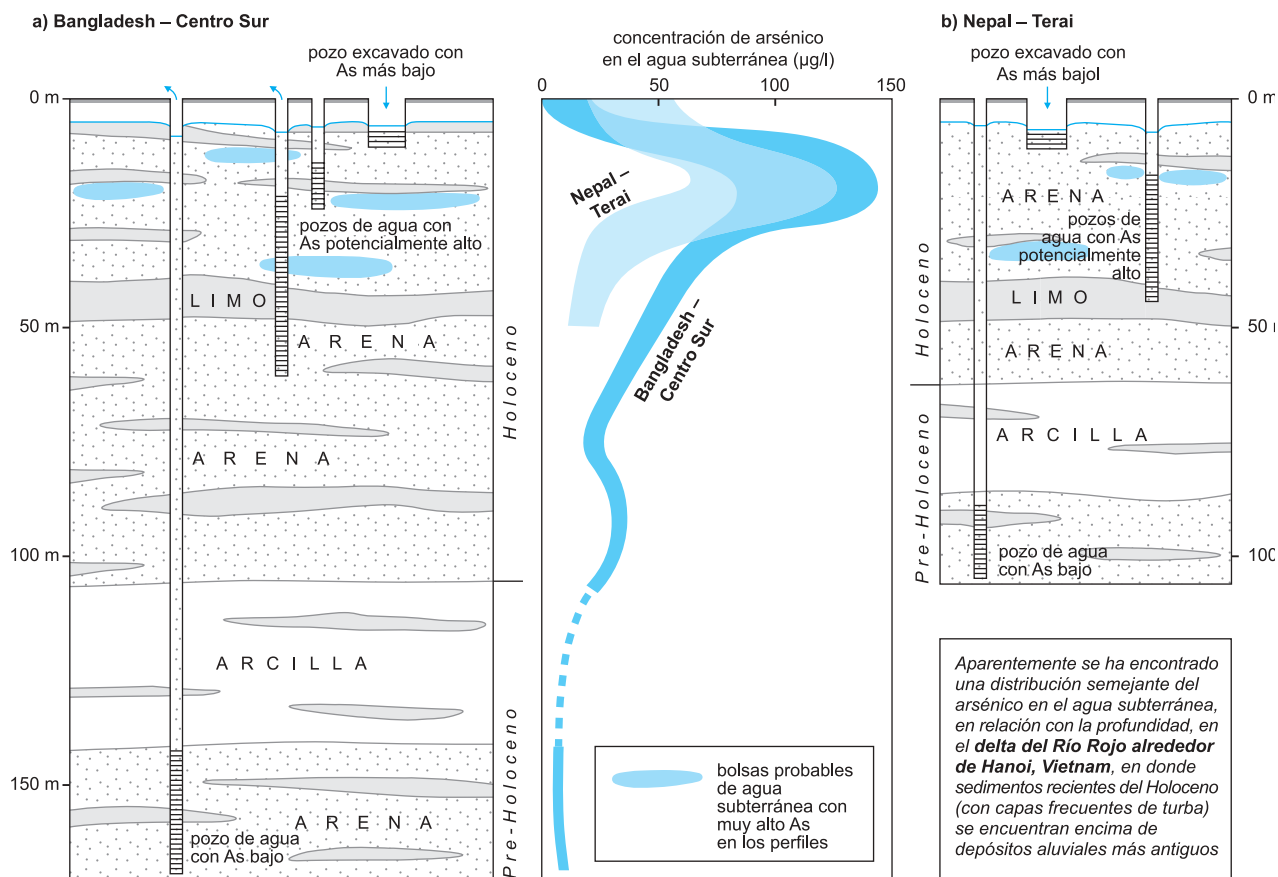
(p) valor provisional
(100) límite definido con base en aceptabilidad, y no en consideraciones de salud

*aunque puede haber métodos de pequeña escala (y menor costo) disponibles para uso a nivel domiciliario y/o de aldea, generalmente tienden a ser costosos por unidad de volumen de agua tratada y problemáticos en cuanto a eficacia y confiabilidad

recarga regular, el agua subterránea continuamente se mueve y en consecuencia los tiempos de contacto pueden ser relativamente cortos, de tal manera que sólo los minerales fácilmente solubles se disuelven.

- Nueve constituyentes químicos importantes (Na, Ca, Mg, K, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃ y Si) conforman el 99% del contenido soluto en las aguas subterráneas naturales (Figura 1). La proporción de cada uno de estos constituyentes, así como de los elementos traza asociados, refleja la trayectoria del flujo del agua subterránea y la evolución hidrogeoquímica respectiva. El tipo de roca que forma el acuífero también es importante ya que, por ejemplo, en rocas cristalinas el movimiento del agua subterránea ocurre en forma relativamente rápida a través de las juntas y fracturas, y las rocas mismas generalmente no son muy solubles.
- En las áreas de recarga de las regiones húmedas es posible que el agua subterránea tenga una mineralización general baja en comparación con las regiones áridas o semiáridas, en donde la concentración es mayor por la combinación de los efectos de evaporación y del movimiento más lento del agua subterránea. Bajo ciertas condiciones hidrogeológicas, pueden presentarse concentraciones elevadas de solutos específicos, tales como (a) sulfatos asociados con el intemperismo de algunas rocas de basamento o por la disolución de yeso proveniente de secuencias sedimentarias, y (b) dureza asociada con la presencia de rocas de carbonato o algunos tipos de actividad geotérmica.
- El *arsénico* (As) es el elemento traza que más preocupa en el agua subterránea ya que es tanto tóxico como carcinógeno en concentraciones bajas (Tabla 1). Apenas se empieza a conocer el rango de condiciones hidrogeológicas que facilitan su solubilidad en el agua subterránea—pero su movilidad en profundidades someras bajo condiciones fuertemente reductoras en acuíferos geológicamente recientes (del Holoceno) es

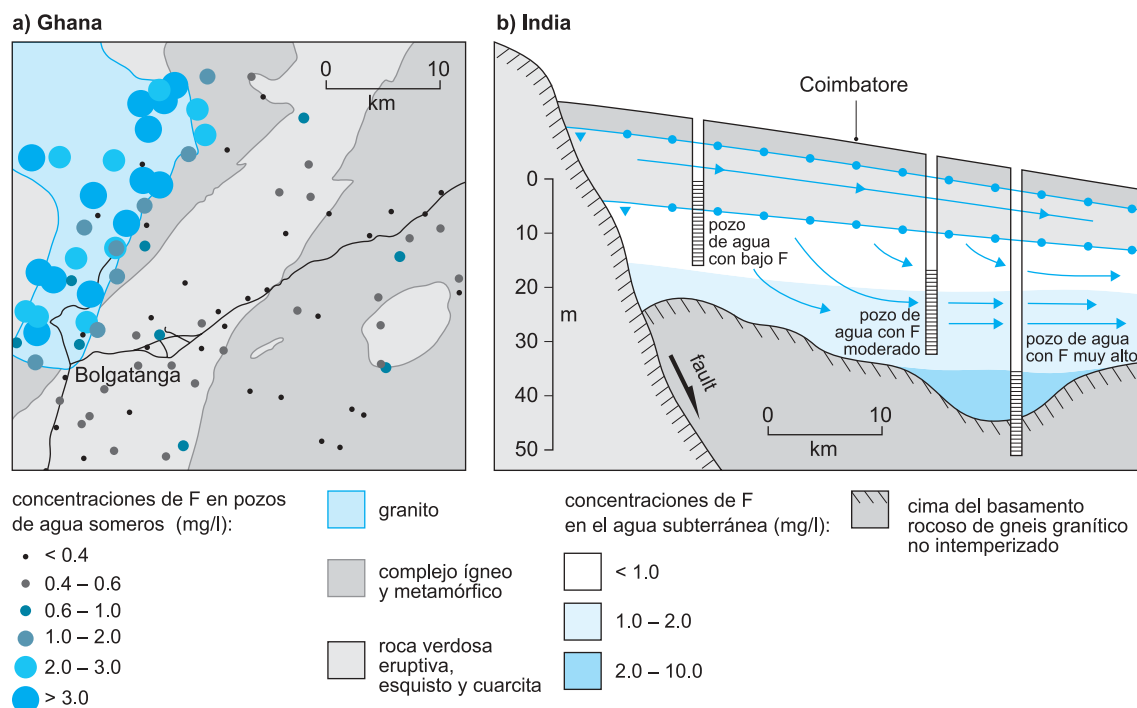
Figura 2: Variaciones verticales del arsénico en sistemas acuíferos específicos



causa de preocupación porque complica seriamente el abastecimiento de agua de bajo costo en las zonas de deltas y aluviales del sudeste asiático. El mecanismo preciso por el cual se genera agua subterránea altamente anóxica, que moviliza al arsénico, así como el grado con el cual el bombeo en pozos para riego favorecen la migración descendente todavía está en discusión. Actualmente, en muchos casos se encuentra agua subterránea con bajo contenido de As en acuíferos más antiguos (pre-Holoceno) a mayores profundidades, pero también algunas veces en pozos muy someros que interceptan el manto freático (Figura 2); sin embargo, en ambos casos se debe tener mucho cuidado para evitar la ‘contaminación cruzada’ cuando se extrae este agua subterránea.

- El **flúor** (*F*) en ocasiones es un elemento que provoca problemas por su deficiencia, pero puede ocasionar problemas de salud en el abastecimiento de agua rural cuando se presenta en concentraciones excesivas (Tabla 1). Se encuentran concentraciones elevadas en forma relativamente extendida en zonas volcánicas, graníticas y otros terrenos de África y Asia, y especialmente en los climas más áridos o durante periodos secos prolongados.
- El **manganeso** (*Mn*) soluble se presenta ampliamente en el agua subterránea en condiciones reductoras, debido al consumo del oxígeno disuelto ocasionado por procesos químicos de origen natural o antropogénico, y alcanza concentraciones elevadas en condiciones ácidas cuando hay una mayor solubilidad. Al igual que el hierro que es altamente soluble, puede producir el rechazo de las fuentes de abastecimiento porque imparte un sabor desagradable y porque mancha la ropa durante el lavado (Tabla 1). Existe una creciente preocupación

Figura 3: Variaciones espaciales y verticales del flúor (F) en sistemas acuíferos específicos



de que el Mn altamente soluble pueda también representar un peligro para la salud si se ingiere durante un largo plazo.

- La OMS lista varios otros elementos traza (incluyendo notablemente el Ni, el U y el Al) como potencialmente peligrosos en el agua potable (Figura 1), y por ello es necesario verificar cuidadosamente su ocurrencia, particularmente cuando se inicia la explotación del agua subterránea en acuíferos caracterizados por una lenta circulación del agua y/o por un geotermalismo importante.

¿Cuál debería ser la estrategia inmediata para minimizar los impactos negativos?

- Si se descubren concentraciones excesivas de elementos traza en el agua subterránea de un acuífero utilizado para abastecimiento doméstico, se debe definir un plan de emergencia inmediato que aborde el problema potencial, así como también identificar una estrategia de más largo plazo (Tabla 2). El plan de emergencia normalmente contiene los siguientes elementos:
 - la evaluación hidrogeoquímica a escala y nivel de detalle apropiados para identificar los pozos de agua afectados, junto con un diagnóstico razonable del problema general
 - la orientación a la comunidad sobre las restricciones en el uso y la localización de pozos de agua seguros
 - un programa de salud pública para buscar los síntomas de cualquier afectación a la salud relacionada con el agua de consumo
 - la gestión inmediata pero paciente.
- Es posible que varios asuntos críticos (y de ninguna manera directos) surjan durante la implementación de la estrategia inmediata:
 - la decisión sobre el 'criterio de selección' por emplear es clave y se debe tomar con fundamentos racionales tanto en relación con los pozos de agua (basados en el marco hidrogeológico, el peligro para la salud que representan los niveles de elementos traza encontrados inicialmente, el número de pozos existentes y la magnitud de las inversiones en que se está incurriendo para construir nuevos

Tabla 2: asuntos clave en la definición de una estrategia integrada para mitigar un problema de elemento traza de origen natural en el agua subterránea

ACCIÓN	ASUNTOS A RESOLVER
CORTO PLAZO	
Evaluación del Problema	<ul style="list-style-type: none"> ● escala apropiada (local/provincial/nacional) para la investigación de campo de la calidad del agua subterránea ● selección de la o las técnicas analíticas apropiadas (equipo de campo/método de laboratorio) ● iniciativa gubernamental versus responsabilidad privada ● disponibilidad de asesoría especializada para interpretación hidrogeoquímica ● evaluación de otros problemas potenciales de calidad del agua subterránea
Gestión del Abastecimiento de Agua	<ul style="list-style-type: none"> ● orientación sobre el uso de pozos (información comunitaria/clausura o etiquetado de pozos) ● consideraciones prácticas y sociales sobre intercambio de pozos ● criterios de prioridad para la selección analítica en campo (para confirmar pozos seguros) ● política de selección apropiada (universal o selectiva/frecuencia temporal)
Programa de Salud Pública	<ul style="list-style-type: none"> ● identificación de pacientes (programa activo o mediante consulta médica) ● establecimiento de la relación entre el problema de salud y las fuentes de agua ● diagnóstico de síntomas incipientes ● tratamiento inmediato de pacientes (organización del abastecimiento con agua embotellada)
LARGO PLAZO	
Opción de Tratamiento de Agua	<ul style="list-style-type: none"> ● costo a escala de aplicación (pueblo/aldea/hogar) y eficacia/sustentabilidad a escala de operación
Abastecimiento Alternativo con Agua Subterránea	<ul style="list-style-type: none"> ● generalmente involucra (a) pozos con ingreso de agua mejorado (frecuentemente más profundo) o (b) red de distribución alimentada con fuentes locales de alto rendimiento y calidad aceptable, y ambas soluciones deben basarse en investigaciones hidrogeológicas sistemáticas implementadas con estándares adecuados para la construcción de pozos
Abastecimiento Alternativo con Agua Superficial	<ul style="list-style-type: none"> ● sustentable en términos de confiabilidad frente a las sequías y variabilidad de la calidad ● evaluación de riesgos asociados con fallas de la planta potabilizadora

pozos) como con la salud pública (basados en la población involucrada, su posible periodo de exposición y el protocolo para diagnosticar síntomas incipientes)

- la erogación en análisis químicos para cualquier programa de investigación y monitoreo es alta, especialmente para los estándares de los sistemas rurales de suministro de agua; para reducir el costo e incrementar la cobertura, puede resultar conveniente utilizar equipos de campo aún cuando no sean muy precisos si se lleva a cabo una verificación cruzada de los resultados con análisis de laboratorio.
- es necesario implementar una campaña de conciencia pública sobre los peligros que amenazan la calidad del agua subterránea (una vez que se han caracterizado razonablemente). En este contexto, puede resultar mejor llevar a cabo una campaña de campo para identificar y etiquetar en forma positiva todos los pozos que tenga niveles tolerables del elemento traza en cuestión (y ninguna otra amenaza a la calidad del agua) en lugar de etiquetar a los pozos problemáticos como ‘inadecuados para consumo humano’ ya que esto último deja la duda sobre si todos los pozos no etiquetados han sido realmente investigados
- la mitigación a corto plazo que involucra la clausura de pozos implica que (a) la comunidad utilice mucho más tiempo en acarrear agua o que (b) se entregue agua, embotellada o en camiones-cisterna, con calidad asegurada, y el costo de ambos puede ser sumamente sensible al ‘nivel disparador de la acción’ adoptado; por lo tanto hay que establecer prioridades dadas las incertidumbres epidemiológicas cuando se exceden considerablemente los criterios de la OMS

- cuando se incorporan nuevos pozos de agua en áreas en donde el agua subterránea es de calidad dudosa, es prudente hacer un análisis inorgánico exhaustivo inicial, dejando abierta la posibilidad de reemplazar posteriormente los pozos con calidad de agua inaceptable.

¿Cómo deberían mitigarse estos problemas de calidad del agua subterránea en el largo plazo?

- La mitigación de largo plazo de problemas de calidad del agua subterránea de origen natural implica atender varios asuntos importantes en relación con los arreglos institucionales y la estructura organizacional, y tiene una dimensión cultural importante. Es necesario abordar los siguientes asuntos antes de estar en posibilidades de definir e implementar una respuesta que opere eficazmente.
 - definir la agencia responsable de preparar la estrategia, movilizar las inversiones necesarias, definir prioridades, coordinar acciones y desarrollar capacidades
 - identificar a los miembros de los grupos interesados a consultar durante todo el proceso arriba descrito
 - el papel del gobierno en la investigación de los problemas potenciales, la divulgación del conocimiento sobre la calidad del agua subterránea, y la inspección de sitios y el monitoreo de la calidad de las fuentes de agua subterránea potable existentes, especialmente las de pequeña escala.
- El enfoque para encontrar una solución de largo plazo al suministro de agua potable en áreas afectadas por problemas de calidad del agua subterránea de origen natural, depende considerablemente de la magnitud del suministro de agua requerido, la gravedad del problema de calidad encontrado, la disponibilidad local de agua subterránea o superficial con calidad aceptable y la presión de la comunidad local para que se mejore la calidad del agua—e involucra elementos de planificación estratégica del abastecimiento de agua, riesgos a la salud y estudios epidemiológicos, así como la evaluación técnica y económica de las opciones de mitigación.
- Potencialmente existen varias opciones diferentes (tabla 2), cuya factibilidad técnica y económica debe ser analizada cuidadosamente. La pregunta más importante que hay que contestar es ‘cómo y en dónde se debe invertir para obtener el beneficio comunitario mayor en términos de mejoramiento general de la salud’. Adicionalmente, con objeto de lograr una identificación eficaz y una implementación eficiente de las estrategias de mitigación de largo plazo, son críticos los arreglos institucionales y los acuerdos de política (Tabla 2).
- A largo plazo es esencial adoptar un enfoque integrado para lograr, al menor costo posible, un abastecimiento de agua confiable y libre de amenazas—mediante la evaluación cuidadosa de los costos y peligros relativos de las opciones disponibles, en términos de confiabilidad frente a las sequías, calidad normal microbiológica y química, y riesgos de contaminación.
- Es necesario obrar con cautela frente a las soluciones que involucren el abastecimiento con agua superficial y/o tratamiento de agua, especialmente a pequeña escala, por las siguientes dos razones:
 - los métodos de tratamiento baratos pero robustos para remover contaminantes traza del agua subterránea a nivel de pequeños pueblos, aldeas y hogares, todavía no están disponibles en los países en desarrollo (aun cuando tales tratamientos sean rutinarios en plantas de tratamiento de agua grandes centralizadas en el mundo industrializado) y por lo tanto el agua embotellada para consumo y preparación de alimentos puede ser la única solución factible, y así se puede utilizar agua de menor calidad para otros usos
 - la contaminación de los abastecimientos de agua con patógenos microbiológicos (bacterias, virus y protozoarios) sigue siendo la principal causa de morbilidad y mortalidad en el mundo en desarrollo, y por lo tanto, a pesar de la aversión natural al envenenamiento químico ocasionado por una exposición de bajo nivel a largo plazo a elementos traza, es importante hacer una evaluación realista del riesgo operacional de cualquier solución propuesta porque existe la posibilidad de crear un problema nuevo e igualmente peligroso al tratar de mitigar un problema existente (el tomador de decisiones no tendría dudas

si estuviera consciente de que el riesgo de adquirir cáncer es menor que el de morir por enfermedades gastrointestinales).

- Existen muchas situaciones en las que la mejor solución al menor costo posible consiste en identificar y desarrollar fuentes alternativas de agua subterránea. Por lo tanto debe otorgarse una alta prioridad a la delimitación confiable de acuíferos (en las tres dimensiones) que contengan en el momento agua subterránea con pocos elementos traza problemáticos. En donde la solución preferible sea perforar a mayor profundidad para explotar agua subterránea de mejor calidad, es necesario prestar especial atención al diseño de pozos de agua (estándares de construcción y reglamentos para su localización) así como al monitoreo del acuífero.

Lecturas Adicionales

Berg, M., Tran, H. C., Nguyen, T. C., Pham, H. V., Schertenleib, R. and Giger, W. 2001. Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat. *Environmental Science & Technology* 35 (13): 2621–2626.

BGS & DPHE 2001. *Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh*. BGS Technical Report WC/00/19. British Geological Survey, Keyworth, UK.

Edmunds, W. M., and Smedley, P. L. 1995. *Groundwater Geochemistry and Health — an Overview*. Geological Society of London Special Publication 113: 91–105. London, UK.

Feroze-Ahmed, M. (ed). 2003. *Arsenic contamination—a Bangladesh perspective*. ITN. Dhaka, Bangladesh.

Harvey, C. F., Swartz, C. H., Badruzzaman, A. B. M., Keon-Blute, N., Yu, W., Ashraf-Ali, M., Jay, J., Beckie, R., Niedan, V., Brabander, D., Oakes, P. M., Ashfaq, K. N., Islam, S., Hemond, H. F. and Feroze-Ahmed, M. 2002. Arsenic mobility in groundwater extraction in Bangladesh. *Science* 298: 1602–1606.

Smedley, P. L. and Kinniburgh, D. G. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry* 17: 517–568.

World Health Organization, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/

World Bank 2005. *Arsenic Contamination of Groundwater in South and East Asian Countries—towards a more effective operational response*. Report No. 31303, Volumes I and II. 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.

