

Agua Subterránea –

¿Depósito para un planeta sediento?

Ciencias de la Tierra para la sociedad



www.esfs.org

www.planetatierra.org

¿Cuál es el objetivo de este folleto?

Este folleto es un prospecto de uno de los temas científicos fundamentales del Año Internacional del Planeta Tierra.

Aquí se describe, en términos accesibles, el por qué se ha sido escogido este tema en particular - el por qué la investigación que este Año espera apoyar bajo este tema, es de vital importancia para nuestra comprensión sobre el Sistema Tierra y la sociedad en su conjunto.

Este prospecto ha sido escrito por un panel de expertos mundiales reunidos por el comité del Programa de Ciencias del Año Internacional del Planeta Tierra.

Si deseas más información...

Para encontrar más acerca de otros temas de investigación, por favor consulta

www.esfs.org
www.planetatierra.org

(sitios donde se podrán encontrar otras publicaciones en inglés y español respectivamente)

¿Qué hacer a continuación?

Si eres un científico que deseas registrar tu interés inicial con la posibilidad de efectuar una propuesta de investigación bajo este tema, por favor ingresa al sitio: www.esfs.org y descarga el formato apropiado para la Expresión de interés (Ciencia) y sigue las instrucciones para el envío de este formato al Año Internacional. (Si no puedes encontrar un formato en este sitio, significa que todavía no estamos listos para recibir Expresiones de Interés - por favor continúa visitando el sitio) .



Más del 80% del agua

para beber en Europa y Rusia

es agua subterránea

Agua subterránea – hacia un uso sustentable

La vida de la gente y sus formas de vida dependen del agua. La demanda de agua limpia se incrementa de manera lineal con el crecimiento de la población. Gente de muchas áreas del mundo carecen de agua dulce y consumible para su subsistencia; para prosperar necesitan fuentes de agua más seguros y de menor costo. El poder mantener fuentes de agua segura para beber, para la industria y la agricultura no es posible sin el agua subterránea, que es la mayor y más confiables fuente de todos los depósitos de agua dulce. En muchas áreas la mayoría del agua consumible proviene del agua subterránea – más del 80% en Europa y Rusia, y aún más en el Norte de África y el Oriente Medio.

Como otros recursos naturales el agua subterránea no se encuentra distribuida homogéneamente a través del planeta. Las posibilidades de extracción varían mucho de un lugar a otro, debido a las condiciones de lluvias y a la distribución de los acuíferos (rocas, capas de arenas y porosidad en los acuíferos). Generalmente el agua subterránea es renovada solo durante una época del año, pero puede ser extraída todo el año. Si el acuífero es cuidado de manera que tenga una recarga adecuada y no se contamine, éste puede ser explotado indefinidamente.

El agua subterránea constituye la parte subterránea del “ciclo del agua” (véase debajo). Por lo tanto, está muy relacionado con los procesos atmosféricos y climáticos, a los regímenes de agua superficiales como lagos y ríos y, con los manantiales y humedales donde el agua subterránea descarga a la superficie. Todos estos recursos son complementarios, pero pueden ser extremadamente variados – extendiéndose desde zonas áridas prácticamente sin agua a zonas tropicales húmedas con abundante agua en la superficie y precipitaciones.

El agua subterránea involucrada en la actualidad al ciclo del agua es comparativamente pequeña comparada con el volumen de agua subterránea almacenada en estratos porosos y fracturados a profundidades de varios miles de metros debajo de la superficie.

Fig. 1 Recursos de agua dulce de la Tierra (UNESCO,2003).



¿Quién está detrás del Año Internacional?

La propuesta del Año Internacional del Planeta Tierra, iniciada por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, de sus siglas en inglés), fue inmediatamente aprobada por la División de Ciencias de la Tierra de la UNESCO y posteriormente por el Programa Internacional de Geociencias (IGCP, de sus siglas en inglés), propuesto conjuntamente por la UNESCO-IUGS

La meta final del Año Internacional es demostrar el gran potencial de las Ciencias de la Tierra para tender los cimientos de una sociedad más sana y más rica, como explica el subtítulo del año: Ciencias de la Tierra para la sociedad.

**Del ciclo del agua, el agua
subterránea es la parte invisible
ubicada bajo la superficie.**

Las fuentes del agua dulce de la Tierra están constituidas por el hielo, la nieve y el agua subterránea. Los ríos y lagos constituyen una pequeñísima parte del volumen total de agua dulce.

Todos los recursos de agua dulce del planeta son estimados en cerca de 10 millones de kilómetros cúbicos – más de 200 veces el volumen anual de renovación del agua por la lluvia. Su acumulación por siglos y aún milenios hacen su gran monto. En algunos lugares ellos han sido testigos de climas más húmedos en el pasado. Estos únicos recursos de agua dulce pueden ser hallados en áreas que actualmente son desérticas.

La sobrecarga de agua dulce es renovada anualmente por la precipitación alrededor del planeta. Los ríos son de fundamental importancia para la distribución de esta agua.

En las zonas secas, la renovación de agua dulce es escasa, lo que fuerza a las poblaciones a usar cualquier depósito de agua subterránea disponible. En muchos casos esta explotación se encuentra prohibida debido a los riesgos geológicos como subsidencia y fracturamiento.

La explotación del agua subterránea sólo se practica en casos especiales en los cuales el reservorio de agua subterránea es muy grande en proporción a la población del sitio.

Así como la renovación del agua se mide utilizando el flujo de recarga (kilómetros cúbicos por año, metros cúbicos por segundo, etc.), en las zonas que no sufren recarga se mide por su volumen o masa (km^3 , m^3), lo que dificulta una comparación cuantitativa.



Fig. 2 Ciclo del agua en dos zonas climáticas diferentes del planeta, Alemania (izquierda) y Namibia (derecha).



El agua subterránea y el Ciclo del Agua

El agua subterránea, aunque ocupa el segundo lugar como el distribuidor de agua dulce, el primero son los ríos, es el mayor regulador de los recursos de agua dulce. El agua subterránea forma la parte invisible y subterránea de ciclo del agua, en el cual la evaporación, precipitación, filtración y descarga son sus principales componentes. Los componentes visibles son fuertemente afectados por el tiempo y el clima y aunque ellos pueden ser contaminados de forma muy rápida, se recuperan de igual forma. En contraste, los procesos debajo de la superficie del agua subterránea son mucho más lentos, del orden de años a milenios. Sin embargo, con un manejo cuidadoso, estas diferentes escalas de tiempo pueden ser usadas para crear un sistema integral de suministro de agua robusto para enfrentar sequías.

Los regímenes de agua subterránea en zonas húmedas y áridas difieren fundamentalmente (Fig.2). En los climas húmedos, con su alta precipitación, grandes volúmenes de agua se filtran al agua subterránea, lo que contribuye activamente al ciclo del agua recargando arroyos, manantiales y humedales durante los períodos de menor precipitación.

En climas áridos y semiáridos, prácticamente no hay intercambio entre los regímenes del agua superficial y del agua subterránea y es poco el volumen que se infiltra por la lluvia ocasional y raramente penetra la seca y gruesa capa de suelo. En estas áreas la recarga de agua subterránea es mínima. Estas diferencias deben ser consideradas en cualquier plan regional de manejo de agua.

Los científicos para realizar modelos numéricos robustos de la importancia del agua subterránea en el ciclo del agua requieren medidas y observaciones a lo largo de décadas. Es más el intercambio entre el lento movimiento del agua subterránea y el ciclo del agua más rápido que opera en la atmósfera y sobre la superficie terrestre debe ser adecuadamente cuantificado.

Agua subterránea dulce (fresca)

La disponibilidad de agua subterránea es muy variable dependiendo de la región. Las condiciones climáticas, en especial la precipitación, determina el monto de recarga del agua subterránea. Sin embargo el volumen de agua que puede ser guardado es controlado por las características de las rocas en que se deposita. El agua subterránea puede encontrarse hoy día en lugares con climas muy secos, debido a la geología local y a su pasado climático. Los recursos hidráulicos pueden ser usados de manera sustentable solo si sus dimensiones y sus variaciones en el tiempo son entendidas. Sin embargo mucha información no se tiene, aún en regiones denominadas como desarrolladas.

Nuestros datos y conocimientos deben ser continuamente mejorados. Estos pueden ser almacenados y organizados en mapas, sistemas de información geográfica (GIS) y en modelos matemáticos. Los modelos nos permiten entender los datos y analizar los efectos de las diferentes opciones de manejo de los recursos. La geohidrología moderna tiene poderosas herramientas para modelar el transporte y el flujo de agua de manera conjunta. Están surgiendo modelos que integran la totalidad de los procesos hidrológicos.

“Desarrollo sustentable”

El término desarrollo sustentable surgió de la oposición entre aquellos que favorecían las políticas de preservación y sustentabilidad de los ambientes terrestres y aquellos otros que abogaban por el desarrollo económico. Los ambientalistas reconocían que el desarrollo económico era necesario (en parte para evitar los imponer los costos de la protección ambiental en aquellos con menos posibilidades para afrontarlos) pero también porque el estancamiento económico frecuentemente reduce el apoyo para los esfuerzos de protección ambiental. Asimismo, aquellos que abogan por un desarrollo económico reconocen un paralelismo entre las inversiones a la protección ambiental y el concepto de protección al capital en una economía sustentable. Una economía viable debe vivir de su ingreso sin una reducción neta en su capital a través del tiempo. Similarmente, una población debe vivir dentro de la capacidad de carga de su ecosistema, el cual representa una forma natural de capital.

Cerca del 30% del área de los continentes (excluyendo el Polo Sur) sobreyace sobre acuíferos que contienen importantes reservas de agua subterránea. Arriba del 19% es provisto con agua subterránea, en algunos casos en extensas y complejas regiones geológicas. La mitad de las áreas continentales tienen presencias menores de agua subterránea que están restringidas en gravas, arenas y escorias volcánicas no consolidadas y cercanas a la superficie; pero estos recursos de agua subterránea son suficientes aún para proveer a centros poblacionales de pequeño a mediano tamaño.

Quince por ciento de las áreas del planeta reciben en promedio menos de 200 mm de precipitación anual (200 litros por metro cuadrado). En estas regiones de baja precipitación hay también poca recarga del agua subterránea y por tanto el agua subterránea usada no puede ser remplazada en cientos o quizás miles de años. La extracción en esas áreas debe por tanto considerarse como de explotación limitada y no como un recurso de suministro continuo.

Las condiciones geológicas e hidrogeológicas características de las rocas son controles críticos de la cantidad, calidad y régimen de flujo del agua subterránea. Con la excepción de las condiciones kársticas de las regiones de calizas (donde al agua subterránea puede fluir rápidamente a través de regímenes de túneles y cuevas) las velocidades en los acuíferos son muy lentas; generalmente de unos milímetros a metros por año (de pocos kilómetros a través de siglos o aún milenios).

Enormes pero limitados

De acuerdo con las Naciones Unidas, la recarga media anual del agua del planeta es de 43,000 kilómetros cúbicos. Esto es cerca de la mitad de toda el agua dulce contenida en los lagos y cerca de diez veces el volumen de todos los depósitos construidos por el hombre. La recarga del agua subterránea son cerca de 10,000 kilómetros cúbicos anuales (0.1% de todos los recursos de agua subterránea). Entonces, solo una pequeñísima porción del volumen total de las reservas de agua subterránea se recargan cada año, comparada con el gran volumen que se encuentra guardado.

Algunos sistemas de agua subterránea no son renovables bajo las condiciones climáticas actuales porque fueron formados bajo climas más húmedos que prevalecieron hace 1000 o 10000 años. Estos depósitos están siendo explotados en las zonas áridas del planeta. Por ejemplo en el Noreste del Sahara, el sistema acuífero de arenas de Nubia que tiene un área de más de dos millones de kilómetros cuadrados bajo Chad, Egipto, Libia y Sudan, y que contiene enormes cantidades de agua dulce. Se piensa que contiene 100 veces el monto del presente consumo anual global.

Estos depósitos gigantes de agua subterránea de tamaños comparables y recargas limitadas se piensa que existen en todos los continentes, pero el monto que puede ser extraída es desconocido. Información acerca de la edad, tiempo de viaje y flujo del agua al subsuelo, y otras características como son las químicas y sus procesos son necesarios.

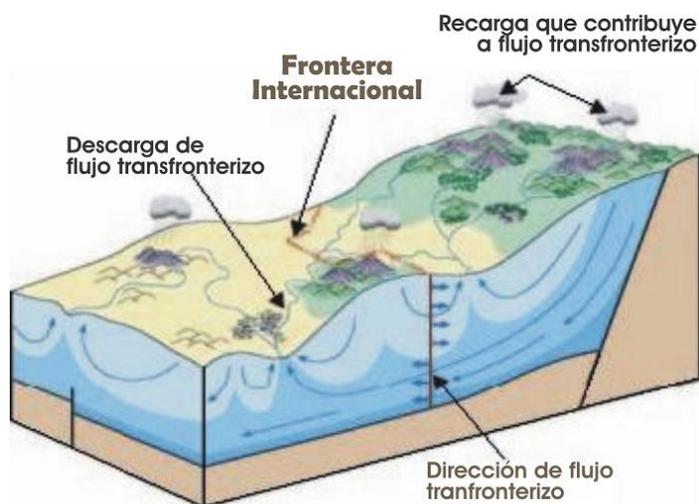
**En la mayoría de los casos, el agua subterránea
es más limpia que la superficial.**

Esta necesidad está cumpliéndose por dos importantes iniciativas: una liderada por la UNESCO IHP e implementado dentro del Programa Mundial de Mapeo y Asesoría Hidrogeológica (WHYMAP, UNESCO www.whymap.org) e implementado en cooperación con la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), el Instituto Federal para Geociencias y Recursos Naturales Alemán (BGR); y el Centro Asesor Internacional de Recursos en Aguas Subterráneas (IGRAC - www.igrac.nl) financiado por la UNESCO y el WMO.

Sin fronteras

El agua subterránea no se detiene en las fronteras políticas. Si se bombea en un país puede afectar el agua del otro. En estas circunstancias el manejo del agua subterránea requiere de cooperación internacional y la existencia de instituciones de los gobiernos. Mientras el agua subterránea se mueve de acuerdo a las leyes de la física, las estructuras hidrogeológicas deben ser investigadas, explotadas y manejadas. Lo que significa que la investigación a lo largo de las fronteras – un hecho particularmente importante en regiones áridas, donde la superficie de captación de los ríos pueden diferir de forma considerable de la ocurrencia del agua subterránea a profundidad. Los propietarios o encargados del manejo de las aguas subterráneas que se extienden a lo largo de las fronteras políticas deben decidir estrategias comunes de explotación para el beneficio mutuo.

Fig. 3 Las fronteras políticas cortan los sistemas de aguas subterráneas (ISARM, 2001).



Aquellos que en el desarrollo económico reconocen un paralelismo entre la protección medioambiental y el concepto de proteger el capital en una economía sustentable. Una economía viable se sustenta en que el presupuesto de gastos no debe ocasionar una reducción neta sobre su capital en el tiempo. De igual forma una población debe vivir sin exceder la capacidad de sus ecosistemas, los cuales representan una forma natural de capital.

**La explotación cuidadosa y sustentable
es un requerimiento vital para el prevenir
una futura crisis del agua a nivel global**

Contaminación del agua subterránea

El agua contaminada puede transmitir enfermedades y contener tóxicos. Este tipo de agua puede hacer que la gente enferme y hasta morir. El agua limpia es por tanto un tema crucial dentro de los Objetivos de Desarrollo de las Naciones Unidas para el Milenio (www.un.org/millenniumgoals/).

En la mayoría de los casos, el agua subterránea es más limpia que la que se encuentra en la superficie. El agua subterránea está protegida contra la contaminación de la superficie por suelos y capas de rocas. Esta es la razón por la que la mayoría de el agua para beber en muchas áreas del planeta es agua subterránea. Sin embargo el crecimiento de la población, los cambios en el uso del suelo y la rápida industrialización coloca en peligro al agua subterránea.

El agua subterránea puede descontaminarse solo por caros procedimientos de largo plazo. En los peores casos, el completo abandono por largos períodos de tiempo es la única acción que se ha tomado. Estos hechos están siendo cada vez más reconocidos a nivel internacional, y la ciencia y la tecnología cada vez más se involucran en ayudar a evitar los peores efectos. Los mejores depósitos de agua subterránea cada vez deben ser mejor protegidos y manejada su explotación para lograr un uso sustentable a largo plazo.

En algunos depósitos de agua subterránea pueden contener altos niveles de ciertas sustancias naturales que pueden restringir su uso. Por ejemplo, el agua salada del mar puede invadir el acuífero. El agua subterránea puede también contener sustancias naturales como arsénico, flúor, nitratos o sulfatos, los cuales restringen su uso para consumo humano. Existen procesos que pueden disminuir o remover estas sustancias pero aún es alto su costo. En general, por lo tanto, la calidad del agua subterránea debe ser en todos los casos controlada antes y después de su explotación.



Programa de Divulgación

El Programa de Divulgación del Año Internacional se enfrenta con un reto particular de escala. Con un potencial de \$10 m para erogar, es inconcebible que pueda operar en una forma prescriptiva. Ningún individuo o comité puede pensar suficientes formas sensatas para erogar tal suma globalmente. Así que el Programa de Divulgación, como el Programa de Ciencia, opera como un cuerpo de financiamiento recibiendo ofertas para el sostenimiento económico - para lo que sea, desde

recursos educacionales en red, hasta trabajos comisionados de arte que ayudarán a reforzar al público general, el mensaje del año. Esto posibilitará que las cosas ocurran localmente bajo la sombra de un esquema internacional, que le proporcione perfil y coherencia.

Un prospecto especial de Divulgación en esta serie (número 11), está disponible para aquéllos interesados en aplicar para obtener apoyo financiero



**En muchas regiones áridas
las políticas de manejo del agua
empeoran el problema**

Programa Científico

Un panel de 20 eminentes geocientíficos de todas partes del mundo coincidieron en una lista de 9 amplios temas científicos - Agua del subsuelo, Riesgos Tierra & Salud, Clima, Recursos, Mega-ciudades Interior Profundo de la Tierra, Océano y Suelos.

El siguiente paso es identificar los tópicos científicos sustantivos con entregas claras dentro de cada tema amplio. Un equipo para elaboración de textos clave ha sido ahora establecido para cada tarea de trabajo con un plan de acción. Cada equipo producirá un texto que será publicado como un tema prospecto como éste.

Una serie de grupos de implementación serán entonces creados para establecer el trabajo bajo nueve programas en movimiento. Se hará cada esfuerzo para involucrar especialistas de países con particular interés en (y necesidad para) estos programas.

Para mayor información - www.esfs.org

La Escasez

En muchas partes del mundo, el agua subterránea sostiene de manera crucial al desarrollo sustentable. El agua para beber es obtenida principalmente del subsuelo dado que es protegida naturalmente, es de alta calidad, y confiable. De ahí la gran importancia que las fuentes de agua subterránea se incrementen y que su explotación sea cuidadosamente manejada con base al desarrollo sustentable, ya que es un recurso vital en si mismo y su escasez podría generar una crisis global.

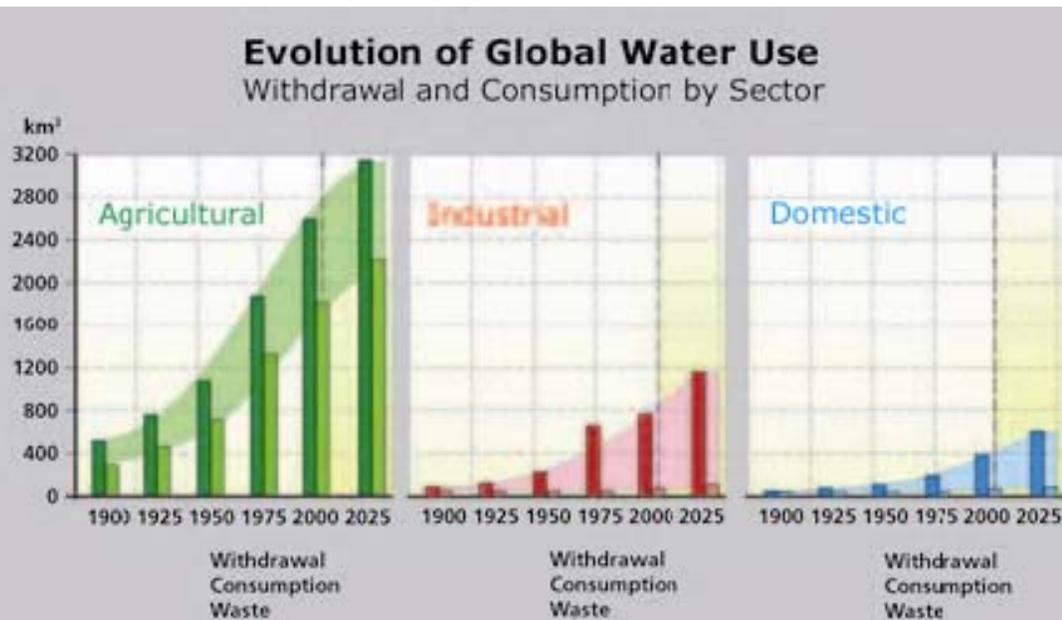
El consumo aumenta; los recursos se reducen

La demanda de agua se incrementa de la misma manera que crece la población, la actividad económica y la agricultura. Sin embargo, las fuentes de agua accesible a nivel mundial están decreciendo debido a la sobreexplotación o contaminación. El balance entre demanda (consumo) y oferta (recursos hidráulicos) se está volviendo insostenible. Mas de 30 países sufren de grave escasez de agua, y el agua subterránea está siendo usada para cubrir la demanda.

La agricultura es a nivel mundial el mayor consumidor de agua (70%), seguido por la industria (20%) y los hogares (10%). Esfuerzos considerables han sido hechos para reducir el consumo en industrias y hogares; pero mucho queda por hacer para mejorar la eficiencia del riego. El incremento en regiones áridas de agua subterránea para riego en granjas que no se recarga es muy preocupante.

La proporción de agua empleada en estos tres sectores varía de región a región y entre diferentes niveles de desarrollo económico. En Europa y Norteamérica el usuario primario del agua es la industria. En Asia y África, el riego es el consumidor primario. En la mayoría de las regiones áridas y semiáridas cerca del 30% del agua subterránea es extraída para riego y la tendencia se está incrementando.

Fig. 4. Uso de agua subterránea por sector.



El agua subterránea es usada por cerca de dos mil millones de personas alrededor del mundo, lo que hace del agua el recurso natural más usado



¿Qué significa el logo del Año Internacional?

El Año Internacional intenta reunir a todos los científicos que estudian el Sistema Tierra. De tal forma que la Tierra sólida (litosfera) se muestra en rojo, la hidrosfera en azul oscuro, la biosfera en verde y la atmósfera en azul claro. El logo está basado en un diseño original para una iniciativa similar llamada Jahr der Geowissenschaften 2002 (Año de las Ciencias de la Tierra 2002), organizado en Alemania. El ministro de educación e investigación alemán presentó el logo a la IUGS

En muchas regiones áridas del planeta, las políticas de manejo del agua corriente agravan el problema. Aunque es esencial reducir la explotación de los recursos fósiles irremplazables de agua subterránea, muchos países con problemas de sequía subsidian su explotación. El reuso de efluentes tratadas es al menos una solución parcial.

No importa que medidas de conservación sean tomadas, la extracción del agua subterránea es inevitable. El agua subterránea es frecuentemente la única fuente. Los avances en su extracción, construcción de pozos y tecnología de bombeo como también la electrificación de las áreas rurales – lo que incrementa los volúmenes de explotación sin una planeación adecuada. Aunque el agua subterránea fluye muy despacio, las consecuencias de la sobreexplotación pueden ser aparentes después de años o décadas. Entonces, las estrategias a futuro para el agua tendrán que incluir un bien planeado monitoreo de su extracción y calidad.

Los tomadores de decisiones deben autorizar licencias para la explotación del agua subterránea solo después de que ha sido bien establecido un plan y unos procesos de regulación sustentable. De esta forma, el deterioro del volumen y calidad del agua subterránea pueda ser evitado, y mantenidos los múltiples beneficios de los recursos de agua subterránea para la Ecología terrestre.

Recurso invaluable

El agua subterránea es usada por cerca de dos mil millones de personas en el planeta; haciendo de éste el recurso natural más usado. La estimación de la producción anual del agua subterránea es entre 600 y 700 kilómetros cúbicos (mil millones de metros cúbicos o mil millones de toneladas). En comparación, el consumo mundial anual de arena y grava es de 18 mil millones de toneladas, mientras que el consumo mundial de petróleo es de cerca de 3,500 millones de toneladas.

El agua subterránea en muchos países es considerada propiedad pública. Donde es escasa, el agua subterránea puede ser considerada como una ventaja económica; pero en muchos casos ningún valor le es asignado. Sin embargo, los costos de la explotación, tratamiento y suministro del agua subterránea necesitan ser cubiertos a través de cargos al consumo para mantener fuentes sostenibles. En la actualidad no existen formas para proveer de agua subterránea a todos los consumidores del planeta. Los únicos datos globales disponibles son los de productos finales, esto es agua embotellada (tabla 1).

Discusiones acerca del suministro público, recuperación de costos, riego para agricultura, liberación de mercados de agua e inversión privada continúa a todos los niveles sociales. El plan de desarrollo del Milenio formulado por las Naciones Unidas, se designó para disminuir un 50% el número de personas sin acceso a agua potable para beber, para el año 2015; el cual sólo podrá lograrse con una considerable inversión, estimada en 15 mil millones de Euros por año desde 2007 a 2015 .

El agua subterránea es considerada propiedad pública en muchos países



Tabla 1: Producción de agua subterránea comparada con otros recursos naturales (2001)

Recurso	Producción anual (millones de toneladas)	Valor total (millones de Euros)
Agua subterránea	> 600,000	300,000*
Arena y grava	18,000	90,000
Carbón	3,640	101,900
Petróleo	3,560	812,300
Lignita	882	12,300
Hierro	662	16,400
Sal	213	4,500
Yeso	105	1,500
Agua mineral y de mesa	89	22,000
Fosfatos	44	3,000

*a un precio nominal de 0.5 Euros por metro cúbico. Los precios típicos en Europa son entre 0.8 a 1.4 Euros por metro cúbico.

El agua tiene muchos valores diferentes de acuerdo con quien lo consume; aunque los productos frecuentemente se derivan del mismo recurso natural. El agua subterránea para riego no es tratada y tiene costos de pocos centavos por metro cúbico – si lo tiene. El agua tratada para consumo doméstico provista por pipas a costos superiores a 2 Euros por metro cúbico, y el agua mineral embotellada o de mesa puede costar hasta 1000 Euros por metro cúbico o más.

Si la sociedad continua el uso del precioso recurso del agua subterránea sin recompensar o recargarlo, la crisis del agua solo se profundizará. Las estrategias para el uso sostenible deben tomar en cuenta las características de todos los componentes del ciclo del agua, y garantizar que su uso total sea hecho sobre bases científicas que puedan proveer de un entendimiento más completo de este recurso mundial vital pero invisible que es el agua subterránea.



Si la sociedad continua el uso del precioso

recurso del agua subterránea sin

recompensarlo o recargarlo, la crisis del agua

sólo se profundizará.

Puntos clave

A pesar del amplio y creciente uso del agua subterránea para consumo animal y humano, de la agricultura y la industria, el conocimiento fundamental del agua subterránea y su uso sustentable es inadecuado, porque la hidrogeología es aún una ciencia joven. En 2005, las Naciones Unidas proclamaron una Década por el Agua, para fomentar el limar las asperezas en el uso del agua, que es uno de los Objetivos del Plan de Desarrollo del Milenio. El agua subterránea jugará indudablemente un papel significativo en esta nueva Década de las Naciones Unidas.

Las siguientes acciones han sido parte de este programa:

- Mapeo y cuantificación de recursos frescos de agua subterránea, incluyendo la identificación de cuencas que cruzan fronteras y son compartidas entre países.
- Investigaciones de los procesos de recarga, flujo y descarga de los depósitos de agua subterránea y su papel de abastecedor en los ecosistemas
- Disminuir los impactos ambientales al mejorar las técnicas debido al aumento de la extracción o de la degradación de los cuerpos de agua subterránea, protegiendo los humedales, previniendo el deterioro en la calidad y cantidad del agua subterránea y monitoreando a largo plazo estos sistemas;
- Reconociendo el valor del agua en los diferentes ambientes y desarrollando estrategias para la conservación y preservación de los recursos hídricos.

Preguntas Clave

- ¿Cuánta agua subterránea existe y como puede ser tener uso sustentable?
- ¿Cómo puede ser identificada la explotación no sustentable de reservas de agua fósil y manejada para minimizar su agotamiento con los consecuentes desastres humanos y ecológicos? Esto requiere de un mejor entendimiento de las formas de recarga en general
- ¿Cómo pueden ser los recursos de agua subterránea protegidos de la contaminación y cómo los ya contaminados ser recuperados?



Lectura complementaria

- Manejo Internacional Compartido (sin fronteras) de los recursos Hídricos. Un documento IHP-VI Series en Agua Subterránea, Documento SC-2001/WS/40, UNESCO 2001, Paris, <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf>
- Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas 2003 (UNEP – por sus siglas en inglés)
- Agua para la gente – Agua para la vida — UNESCO – WWAP 2003 (por sus siglas en inglés). Reporte de las Naciones Unidas para un Desarrollo Mundial del agua. Publicaciones de la UNESCO. París



Equipo de escritores

Wilhelm Struckmeier

(Alemania: Líder),

Yoram Rubin (EUA)

J.A A Jones (Reino Unido)

Edición

Ted Nield

Fotografías

www.geolsoc.org.uk;

Ted Nield, Henk Leeneers

Diseño original:

André van de Waal,

Coödesign, Leiden

Diseño presente edición: Ana M. Soler A.

Equipo de Traducción al Español :

Ana M. Soler

Cecilia I. Caballero

Jaime H. Urrutia

Instituto de Geofísica UNAM

@ Diciembre 2005,

Fundación de Ciencias de la Tierra
para la Sociedad

Leiden, Países Bajos



United Nations Educational Scientific
and Cultural Organisation

Fundaciones participantes

Sociedad Americana de Geólogos Petroleros (AAPG)
Instituto geológico Americano (AGI)
Institución Americana de Profesionistas en Geología (AIPG)
Sociedad Geológica de Londres (GSL)
Servicio Geológico de los Países Bajos (NITG-TNO)
Unión Geográfica Internacional (IGU)
Programa Internacional de la Litósfera (ILP)
Unión Internacional para Estudios del Cuaternario (INQUA)
Unión Internacional de Geodestas y Geofísica (IUGG)
Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS)
Asociación Internacional de Ingeniería Geológica y Medio
Ambiente (IAEG)
Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM)
Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería
Geotécnica (ISSMGE)
Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos
(ISRIC)

www.esfs.org
<http://planetatierra.org>



Año Internacional del Planeta Tierra

IUGS Secretariat
Geological Survey of Norway
N-7491 Trondheim
Norway
T + 47 73 90 40 40
F + 47 73 50 22 30
E iugs.secretariat@ngu.no

www.yearofplanetearth.org
www.planetatierra.org