



La importancia de las aguas subterráneas

Apellidos, nombre	Rodrigo Clavero, María Elena (marodcla@upv.es) Rodrigo Ilarri, Javier (jrodrigo@upv.es) Cassiraga, Eduardo (efc@dihma.upv.es)
Departamento	Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos

1 Resumen de las ideas clave

Este artículo introduce la relevancia ambiental, social y estratégica de las aguas subterráneas, un recurso esencial pero frecuentemente invisible. Se expone su papel como principal reserva de agua dulce líquida, su contribución al abastecimiento humano, agrícola e industrial, y su función en el sostenimiento de ecosistemas. Asimismo, se identifican las principales amenazas que afectan a su calidad y cantidad: sobreexplotación, contaminación y salinización. Finalmente, se plantea la necesidad de avanzar hacia una gestión sostenible, basada en el conocimiento y adaptada a los retos del contexto actual.

2 Objetivos

Al finalizar el estudio de este artículo, el alumno será capaz de:

- Exponer el papel de las aguas subterráneas dentro del ciclo hidrológico.
- Identificar la distribución del agua en la Tierra y la relevancia cuantitativa del agua subterránea.
- Enumerar los principales usos del agua subterránea a nivel global, con especial atención a la agricultura, el abastecimiento humano y la industria.
- Valorar los servicios ecosistémicos que ofrecen los acuíferos.
- Nombrar las principales amenazas que afectan a las aguas subterráneas.
- Justificar la importancia de una gestión sostenible de este recurso esencial para el desarrollo humano y la resiliencia ambiental.

3 Introducción

Las aguas subterráneas representan una fracción oculta pero esencial del ciclo del agua en la Tierra. Aunque invisibles a simple vista, constituyen aproximadamente el 99 % del agua dulce líquida del planeta y están presentes bajo la mayor parte de la superficie terrestre, desde pocos metros de profundidad hasta miles de metros en el subsuelo.

Este recurso, distribuido espacialmente de forma desigual, desempeña un papel fundamental en el sostenimiento de sociedades y ecosistemas. En la actualidad, proporciona la mitad del agua utilizada para consumo doméstico a nivel mundial y cerca del 25 % del total extraído para riego, abasteciendo al 38 % de las tierras agrícolas irrigadas del planeta.

A pesar de su magnitud e importancia, el agua subterránea ha sido históricamente infravalorada, poco comprendida y mal gestionada. Su “invisibilidad” ha favorecido su uso intensivo sin un conocimiento adecuado de su dinámica, recarga o límites de sostenibilidad. Esta riqueza hídrica está sometida a crecientes presiones: sobreexplotación, contaminación, urbanización descontrolada, cambio climático y una gobernanza insuficiente.

En un contexto global marcado por el estrés hídrico y la presión sobre los recursos naturales, las aguas subterráneas emergen como una reserva estratégica clave para afrontar los desafíos del presente y del futuro. Comprender su formación, distribución,

comportamiento, usos y amenazas es un paso imprescindible para promover una gestión sostenible basada en el conocimiento.

Este artículo ofrece una primera aproximación a la importancia ambiental, social y económica de las aguas subterráneas, integrando sus fundamentos físicos dentro del ciclo hidrológico, sus principales formas de aprovechamiento y los desafíos actuales para su protección y uso responsable.

4 El ciclo hidrológico

El agua se mueve constantemente en nuestro planeta, transformándose entre sus tres estados —líquido, sólido y gaseoso— y desplazándose entre océanos, la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo. Este proceso continuo se conoce como ciclo hidrológico o ciclo del agua, y es clave para comprender cómo se originan, almacenan y renuevan las aguas subterráneas (Imagen 1).



Imagen 1. El ciclo hidrológico (modificada de USGS, 2019)

El ciclo comienza con la evaporación del agua desde los océanos, lagos y ríos, así como con la transpiración de las plantas. Esta combinación de procesos, conocida como evapotranspiración, transfiere vapor de agua a la atmósfera. Allí, el vapor se enfría y se condensa, formando gotas. Finalmente, regresa a la superficie terrestre en forma de precipitación (lluvia, nieve, granizo o escarcha).

Una parte del agua precipitada fluye superficialmente como escorrentía, alimentando ríos, lagos o embalses. Otra parte se infiltra en el terreno y alimenta los acuíferos, dando lugar a la recarga del agua subterránea. Esta fracción infiltrada es la que permite la existencia de los grandes reservorios de agua que no vemos, pero de los que dependemos en gran medida.

Desde el subsuelo, el agua puede volver a emerger a la superficie mediante manantiales o filtraciones lentas, y terminar regresando a los océanos, cerrando así el ciclo. Este flujo subterráneo es esencial para mantener caudales base en ríos, humedales y ecosistemas dependientes del agua.

En este [enlace](#), elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), se presenta una visión general del ciclo hidrológico, con especial énfasis en las interacciones entre las aguas superficiales y subterráneas. Este ciclo natural es dinámico, complejo y vital para la vida en la Tierra. Comprender su funcionamiento es el primer paso para valorar el papel de las aguas subterráneas.

¿Sabías qué...?

Más del 97 % del agua del planeta es salada. De la pequeña fracción que es dulce y líquida, casi toda está bajo tierra, almacenada en acuíferos.

El agua subterránea es la principal fuente de agua dulce accesible para las personas, la agricultura y los ecosistemas. Sin ella, gran parte del desarrollo humano no sería posible.

4.1 Distribución del agua en la Tierra

Aunque a menudo se dice que la Tierra es el “planeta azul” por su abundancia de agua, la mayor parte de esta no es directamente utilizable. Más del 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos y es salada, lo que la hace inapropiada para el consumo humano y la mayoría de los usos agrícolas o industriales sin un costoso tratamiento previo. En la Imagen 2 se presenta un diagrama comparativo de las distintas reservas de agua del planeta, diferenciando entre agua salada, agua dulce, y dentro de esta última, sus principales formas de almacenamiento.

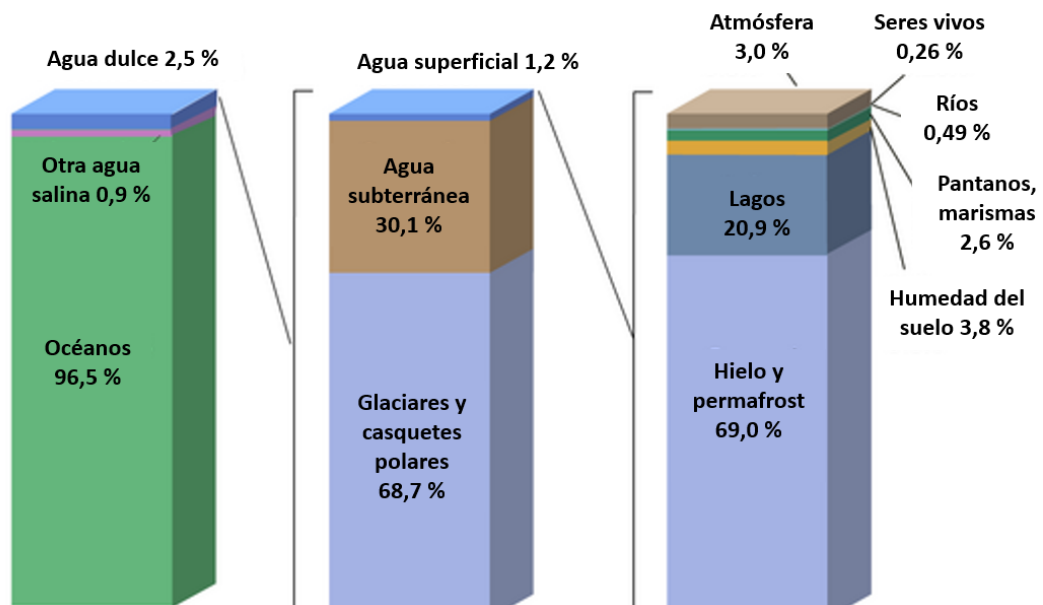


Imagen 2. Distribución del agua en la Tierra (modificada de USGS, 2019)

Solo el 2,5 % del agua del planeta es dulce, y de esa fracción, casi el 70% está almacenada en forma de hielo en glaciares y casquetes polares. El agua subterránea representa aproximadamente un 30 % del agua dulce, lo que la convierte en la mayor reserva accesible de agua dulce líquida.

El agua superficial —la que encontramos en ríos, lagos, pantanos o suelos— constituye apenas el 1,2 % del total de agua dulce disponible, es decir, menos del 0,01 % del agua total del planeta. A pesar de su escasa proporción, esta fracción visible es la más utilizada directamente por la mayoría de las sociedades.

Esta distribución desigual subraya la enorme importancia estratégica del agua subterránea, no solo por su volumen, sino también por su capacidad de actuar como reserva frente a sequías, y por su relativa estabilidad en calidad y cantidad a lo largo del tiempo.

5 Aprovechamiento del agua subterránea

El uso de las aguas subterráneas por parte del ser humano se remonta a miles de años. Inicialmente, el acceso a este recurso se realizaba a través de manantiales o pozos excavados a poca profundidad, de los que se extraía el agua mediante fuerza humana o animal. Con el tiempo, los avances en tecnología de perforación, bombeo y conocimiento geológico han permitido el desarrollo de infraestructuras capaces de acceder a acuíferos más profundos y extraer grandes volúmenes de agua de forma más eficiente.

Hoy en día, las aguas subterráneas son un recurso esencial para múltiples usos, entre los que destacan el abastecimiento urbano y rural, la agricultura de regadío, la industria, y otras actividades económicas y sociales (Imagen 3).



Imagen 3. Usos del agua subterránea (modificado de UNESCO, 2022)



Reflexiona ¿Tienes idea de cuántas personas en tu país dependen del agua subterránea para beber, cocinar o regar?

Busca fuentes oficiales o consúltalo con tu profesor. ¿Los datos coinciden con tus expectativas?

5.1 Uso agrícola

La agricultura es el principal consumidor de aguas subterráneas a nivel mundial. Se estima que aproximadamente el 70 % del agua subterránea extraída se destina al riego, especialmente en regiones áridas y semiáridas donde las precipitaciones son escasas y las aguas superficiales, limitadas. Casi el 40 % de las tierras equipadas para riego dependen de este recurso.

Gracias a su disponibilidad y fiabilidad, las aguas subterráneas han desempeñado un papel crucial en el incremento de la producción agrícola mundial desde la década de 1970, contribuyendo a la seguridad alimentaria global y al desarrollo económico de muchas regiones. También se utilizan en la ganadería, cultivos industriales y procesamiento de alimentos, lo que refuerza su papel estratégico en los sistemas agroalimentarios.

Sin embargo, este uso intensivo plantea el reto de mantener la productividad agrícola sin comprometer la sostenibilidad del recurso, lo que exige políticas agrarias integradas, tecnologías más eficientes y prácticas agrícolas con menor huella hídrica.



Ejercicio rápido

Piensa en tres productos agrícolas que consumas habitualmente (por ejemplo, arroz, naranjas y lechuga). ¿Sabías que, en muchos casos, el riego que permitió su cultivo dependió de acuíferos?

Haz una pequeña búsqueda o investiga si tu región usa aguas subterráneas para el riego.

5.2 Abastecimiento humano

Desde la antigüedad, las aguas subterráneas han sido una fuente clave para el consumo humano, en especial por su calidad generalmente buena y su estabilidad frente a sequías. En la actualidad, se calcula que alrededor del 36 % del agua potable a nivel global procede de pozos y manantiales, y que casi el 50 % de la población urbana mundial depende total o parcialmente de acuíferos para su abastecimiento.

En países como los de la Unión Europea o Estados Unidos, centenares de millones de personas reciben agua del subsuelo a través de redes públicas. En zonas rurales, los pozos poco profundos y las bombas manuales siguen siendo la solución más accesible para millones de personas.

Además de su volumen, el valor social del agua subterránea reside en su fiabilidad, bajo coste de tratamiento y su impacto positivo en la salud y el desarrollo local. En muchas comunidades, especialmente en países en desarrollo, el acceso a fuentes cercanas de agua

subterránea ha reducido significativamente el tiempo dedicado a la recolección de agua, con importantes beneficios sociales.

No obstante, el rápido crecimiento de la población urbana plantea desafíos importantes en términos de planificación del abastecimiento y protección del recurso, exigiendo estrategias adaptativas para garantizar el suministro sostenible a largo plazo.

5.3 Uso industrial

El agua subterránea también se utiliza en diversos sectores industriales, entre ellos la industria manufacturera, la minería, la extracción de petróleo y gas, la generación de energía y la construcción. En general, representa cerca del 9 % de las extracciones globales, aunque su uso puede ser mucho mayor en regiones donde el agua superficial es escasa o de baja calidad.

Se emplea en procesos como el lavado, enfriamiento y limpieza, así como en el drenaje de minas y túneles. Sin embargo, estos usos pueden generar impactos ambientales significativos, especialmente por la infiltración de contaminantes desde efluentes industriales, vertederos antiguos o explotaciones mineras. Estas actividades pueden comprometer la calidad del agua subterránea y afectar acuíferos que abastecen a poblaciones cercanas.

5.4 Servicios ecosistémicos

Además de su valor económico y social directo, las aguas subterráneas ofrecen servicios ecosistémicos esenciales. Entre ellos destacan:

- Servicios de provisión, como el abastecimiento de agua y, en algunos casos, de energía geotérmica.
- Servicios de soporte, como el mantenimiento de ecosistemas dependientes de acuíferos (humedales, manantiales).
- Servicios culturales, vinculados a valores espirituales, históricos o identitarios asociados a ciertas fuentes subterráneas.

La gestión del agua subterránea debe, por tanto, equilibrar estos servicios, evitando que el uso intensivo comprometa los ecosistemas o los usos sociales y culturales.

El agua subterránea es un pilar del desarrollo humano, pero requiere de una visión integrada y de largo plazo que garantice su disponibilidad y calidad para las generaciones futuras.

6 Principales amenazas

El agua subterránea, aunque menos visible que la superficial, no está exenta de amenazas. Las principales presiones que enfrenta este recurso vital derivan de la actividad humana: extracciones intensivas, contaminación y alteraciones del equilibrio natural de los acuíferos. Estas amenazas comprometen tanto la cantidad como la calidad del agua disponible, y dificultan su gestión sostenible.

6.1 Agotamiento de los acuíferos

El agotamiento del agua subterránea se produce cuando se extrae más agua de la que se recarga naturalmente, provocando un descenso progresivo de los niveles freáticos. Este fenómeno es especialmente acusado en zonas áridas y semiáridas, donde la agricultura de regadío depende casi exclusivamente de acuíferos sobreexplotados.

Entre las consecuencias más importantes del agotamiento destacan:

- Incremento de costes y consumo energético para extraer agua desde mayores profundidades.
- Desaparición de pozos y secado de acuíferos locales.
- Pérdida de caudal base en ríos y degradación de humedales, con impacto en la biodiversidad.
- Hundimiento del terreno en zonas con sedimentos compresibles.
- Conflictos entre sectores usuarios o entre generaciones por el acceso al recurso.

6.2 Contaminación de las aguas subterráneas

La contaminación de acuíferos es una amenaza grave y, en muchos casos, irreversible. Debido al lento movimiento del agua subterránea, una vez que un contaminante alcanza el acuífero, puede permanecer durante décadas o incluso siglos.

Las fuentes de contaminación pueden clasificarse en dos tipos:

- Difusas, como la agricultura intensiva, que libera nitratos, pesticidas y fertilizantes al subsuelo de forma extendida.
- Puntuales, como vertidos industriales, residuos urbanos, tanques subterráneos, minas o alcantarillado, que inyectan contaminantes en zonas localizadas.

Los contaminantes más comunes incluyen:

- Compuestos orgánicos sintéticos (disolventes, combustibles, plásticos).
- Metales pesados y radionúclidos.
- Patógenos (virus, bacterias, protozoos).
- Contaminantes emergentes (productos farmacéuticos o disruptores endocrinos).

6.3 Salinización

La salinización es otro proceso que degrada la calidad del agua subterránea, haciéndola inadecuada para el riego o el consumo. Puede deberse a diversas causas:

- Intrusión marina: en zonas costeras, el descenso del nivel freático favorece la entrada de agua de mar en el acuífero, especialmente ante eventos extremos por el ascenso del nivel del mar.
- Riego intensivo: el uso continuado de agua en agricultura, combinado con una mala gestión del drenaje, puede provocar la acumulación progresiva de sales en los acuíferos poco profundos.
- Liberación de aguas salinas fósiles: en algunas regiones, la sobreexplotación puede movilizar aguas antiguas, con alta salinidad, que estaban en equilibrio estático.

La salinización es particularmente preocupante en regiones costeras densamente pobladas, en islas bajas amenazadas por el cambio climático y en zonas agrícolas mal drenadas.

Estas amenazas exigen medidas urgentes de protección, monitoreo y gestión sostenible. La recuperación de un acuífero contaminado o sobreexplotado es costosa y lenta, por lo que la prevención y el uso racional del recurso resultan esenciales para preservar este pilar oculto de nuestra seguridad hídrica.



Una vez que un acuífero se contamina con nitratos o compuestos tóxicos industriales, ¿crees que es posible devolverle su calidad original fácilmente?

En la mayoría de los casos, no lo es. Esto subraya la importancia de la prevención y el monitoreo.

7 Conclusiones

Las aguas subterráneas constituyen la principal reserva de agua dulce líquida del planeta y son esenciales para el abastecimiento humano, la producción de alimentos, la actividad industrial y la sostenibilidad de los ecosistemas. Sin embargo, su carácter invisible ha contribuido a su desconocimiento, infravaloración y, en muchos casos, a una explotación insostenible.

Frente a las crecientes presiones derivadas del cambio climático, la intensificación del uso del suelo y la contaminación resulta imprescindible reforzar el conocimiento, la valoración y la gestión responsable de este recurso. Comprender cómo funcionan los sistemas subterráneos y cuáles son sus límites es el primer paso hacia una gobernanza que garantice su disponibilidad y calidad para las generaciones actuales y futuras.

Este artículo ha ofrecido una primera aproximación al papel estratégico de las aguas subterráneas y a los principales retos que condicionan su futuro.

8 Bibliografía

Custodio, E.; Llamas, M.R.: “Hidrología Subterránea”, Ed. Omega, 1996.

IGRAC. (2023). Hydrogeology 101: Introduction to Groundwater Science and Engineering. International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). Disponible en: <https://un-igrac.org/data/resources/hydrogeology-101-introduction-to-groundwater-science-and-engineering/>

Margat, J.; Van der Gun, J.: “Groundwater around the World: A Geographic Synopsis”, Ed. CRC Press, 2013.

U.S. Geological Survey, USGS. (2019). Disponible en: <https://www.usgs.gov/media/images/>

Uliana, M.M. (2025). Basic hydrogeology: An introduction to the fundamentals of groundwater science. The Groundwater Project. Disponible en: <https://doi.org/10.62592/CBIQ757>

UNESCO WWAP. (2022). Groundwater: Making the Invisible Visible. United Nations World Water Development Report. UNESCO, París. Disponible en: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022>