

¿Qué es un acuífero?

Conceptos básicos

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 docente introduce los conceptos esenciales relacionados con los acuíferos, formaciones geológicas que almacenan y transmiten agua subterránea. Se explican los distintos tipos de acuíferos según su grado de confinamiento (libres, confinados y semiconfinados), así como las características físicas que determinan su capacidad para contener y movilizar agua, como la porosidad, la permeabilidad y la presencia de capas confinantes. Se describen también los materiales que pueden formar un acuífero y las diferencias entre unidades hidrogeológicas como acuitardos, acuicludos o acuífugos. Este conocimiento constituye la base para comprender cómo se comporta el agua en el subsuelo y por qué algunos medios son aptos para su aprovechamiento, mientras que otros actúan como barreras hidráulicas.

2 Objetivos

Al finalizar la lectura de este artículo, el alumno será capaz de:

- Definir qué es un acuífero y comprender sus características básicas.
- Identificar los materiales más comunes que pueden constituir un acuífero.
- Diferenciar los tipos de acuíferos según su grado de confinamiento.
- Explicar las funciones de formaciones con baja o nula permeabilidad.
- Interpretar esquemas sencillos sobre la disposición de las zonas saturadas y no saturadas del subsuelo.
- Exponer la relevancia de estos conceptos en la gestión y protección de las aguas subterráneas.

3 Introducción

Cuando pensamos en agua, es habitual imaginar ríos, lagos u océanos. Sin embargo, una parte muy significativa del agua dulce disponible en la Tierra se encuentra bajo la superficie, almacenada en formaciones geológicas llamadas acuíferos. Estas estructuras son fundamentales para el equilibrio hidrológico del planeta y para el suministro de agua potable, el riego agrícola y el mantenimiento de ecosistemas dependientes del agua subterránea.

**¿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.

Aun así, es difícil visualizar el agua subterránea. Algunas personas creen que el agua subterránea se acumula en lagos subterráneos o fluye en ríos subterráneos. De hecho, el agua subterránea es simplemente el agua del subsuelo que satura completamente los poros o grietas en suelos y rocas.

Pero el agua subterránea no ocupa todo el volumen poroso del subsuelo, sino que se distribuye en función de la saturación. Se distinguen dos zonas principales en el perfil vertical del terreno (Imagen 1):

- La zona no saturada (o vadosa), situada entre la superficie del terreno y el nivel freático, contiene aire y agua en sus poros. Aunque puede retener humedad y participar en procesos como la infiltración, no forma parte activa del acuífero.
- La zona saturada, situada por debajo del nivel freático, es aquella en la que todos los poros o fisuras están completamente ocupados por agua. Es en esta zona donde se localiza el agua subterránea aprovechable y donde se desarrollan los procesos hidrogeológicos principales.

La superficie que separa ambas zonas se conoce como nivel freático, o superficie freática. Su posición varía en función de la recarga, el clima, las extracciones y las características del terreno.

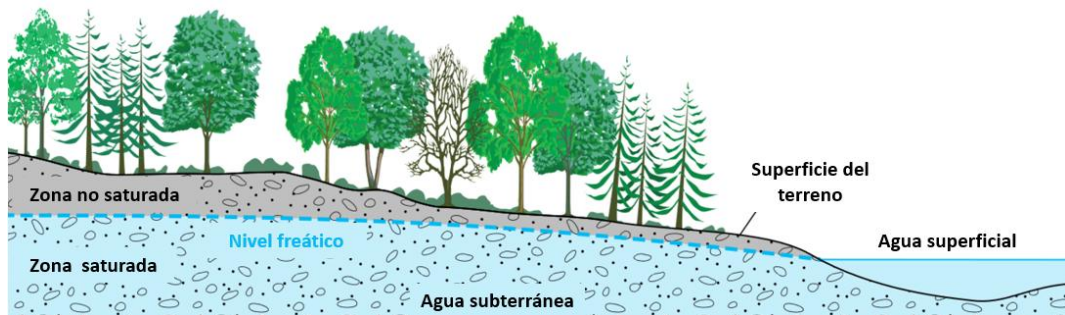



Imagen 1. El agua subterránea. Zona saturada y no saturada (modificada de USGS, 2024)

El estudio de los acuíferos y su caracterización básica — combinando observación geológica y mediciones piezométricas — constituye una herramienta imprescindible para el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas, especialmente en un contexto de creciente presión sobre los recursos hídricos debido a la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático.



Reflexiona Si el nivel freático desciende por una extracción intensiva, ¿qué efecto tendrá en la disponibilidad de agua para un pozo poco profundo? ¿Qué implicaciones podría tener esto en una zona rural?

4 ¿Qué es un acuífero?

4.1 Definición y condiciones necesarias

Un acuífero es una formación geológica que contiene agua en cantidad significativa y que permite su transmisión a través del subsuelo de forma suficiente para ser aprovechada. En otras palabras, un acuífero es un medio natural capaz de almacenar y conducir agua subterránea, lo que lo diferencia de otros materiales que, aunque puedan contener agua, no permiten su flujo con facilidad.

Para que un material geológico se comporte como un acuífero, debe cumplir dos condiciones esenciales:

- Que sea poroso, es decir, que tenga capacidad para almacenar agua. Esta condición depende del volumen de huecos (poros, fisuras o cavidades) respecto al volumen total del material. Materiales como arenas, gravas o ciertas rocas fracturadas pueden presentar una alta porosidad.
- Que sea permeable, es decir, que permita el paso del agua a través de sus poros o fracturas. Esta propiedad determina si el agua almacenada puede circular y ser extraída con facilidad.

Un material puede tener una porosidad elevada pero una baja permeabilidad (como las arcillas), lo que impide su aprovechamiento como acuífero. Por tanto, ambos criterios (porosidad y permeabilidad) deben cumplirse simultáneamente.

Cuando una formación geológica contiene agua pero apenas permite su circulación —como sucede con muchas arcillas compactas— se la denomina acuitardo si transmite muy poca agua, o acuícludo si su permeabilidad es prácticamente nula. En cambio, un acuífugo es un material que no contiene agua ni permite su paso, como puede ser un macizo de granito no fracturado. Estos términos ayudan a distinguir entre zonas del subsuelo útiles para la captación de agua y aquellas que actúan como barreras hidráulicas o elementos de confinamiento (Imagen 2).

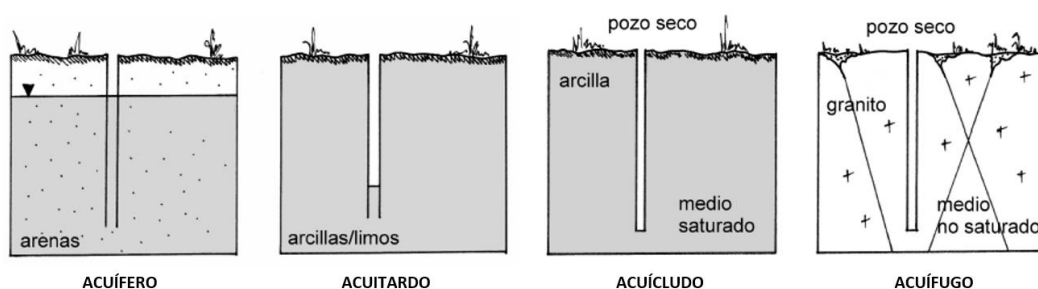


Imagen 2. Acuífero, acuitardo, acuícludo y acuífugo (adaptado de García Rodríguez, 2022)

Tal como se observa en la Imagen 2, cuando se perfora un pozo en un acuífero, el nivel del agua en su interior tiende a estabilizarse rápidamente y coincide con el nivel freático, ya que el agua puede fluir con facilidad hacia el pozo. En un acuitardo, aunque los materiales estén completamente saturados, su baja permeabilidad impide que el agua fluya de forma significativa hacia el pozo, por lo que el volumen extraído será muy reducido. En el caso de un acuícludo, los materiales pueden contener agua, pero prácticamente no la transmiten. Por tanto, al perforar un pozo, este se comportará como si estuviera seco o apenas se

llenará. Por último, en un acuífugo, los materiales ni almacenan agua ni permiten su circulación. Son completamente impermeables, y cualquier pozo excavado en ellos estará seco desde el principio.



Ejercicio rápido

De las siguientes formaciones geológicas, ¿cuáles podrían actuar como acuíferos? Justifica tu respuesta según los criterios de porosidad y permeabilidad.

- a) Arena limpia b) Granito intacto c) Arcilla compacta d) Caliza kárstica

4.2 Materiales que pueden formar un acuífero y sus propiedades

Los acuíferos pueden formarse en una gran variedad de medios geológicos, siempre que reúnan las condiciones de porosidad y permeabilidad necesarias para almacenar y transmitir agua. Estos materiales pueden clasificarse en tres grandes grupos según su naturaleza y estructura:

a) Materiales detríticos

Están formados por partículas sueltas, como gravas, arenas y limos gruesos. Son los acuíferos más comunes y mejor conocidos. En general, cuanto mayor es el tamaño de los granos y mejor es su clasificación (homogeneidad granulométrica), mayores es su permeabilidad.

Las gravas y arenas bien seleccionadas forman acuíferos de alta productividad. Los limos y arenas finas presentan mayor porosidad pero menor permeabilidad.

Este tipo de acuíferos suele encontrarse en depósitos aluviales, terrazas fluviales o deltas.

b) Rocas fisuradas o fracturadas

Incluyen rocas compactas como granitos, basaltos o esquistos, que en estado intacto no presentan una porosidad significativa. Sin embargo, cuando están fracturadas debido a procesos tectónicos o meteorización, pueden comportarse como acuíferos si las fracturas están conectadas y abiertas.

La circulación del agua en estos medios depende completamente del desarrollo y la continuidad del sistema de fracturas. La heterogeneidad y anisotropía son características frecuentes de estos acuíferos.

c) Medios kársticos

Se desarrollan en rocas solubles, especialmente calizas y dolomías, donde el agua ha disuelto progresivamente el material formando fisuras, grietas, conductos y cavernas. Estos acuíferos kársticos pueden contener grandes volúmenes de agua y permitir flujos muy rápidos, similares a los de un río subterráneo.

Son sistemas complejos, con una red de conductos difícil de caracterizar y una gran sensibilidad a la contaminación debido a su baja capacidad de filtración.

Por debajo del nivel freático, el agua ocupa todo el espacio entre las partículas del sedimento (poros), dentro de las grietas (fracturas) y en los canales (cavernas) de las rocas, como se muestra en la Imagen 3. Todos los sedimentos y rocas situados en los primeros

miles de metros bajo la superficie terrestre poseen espacios abiertos conectados entre partículas, fracturas o cavidades, y estos espacios se denominan porosidad.

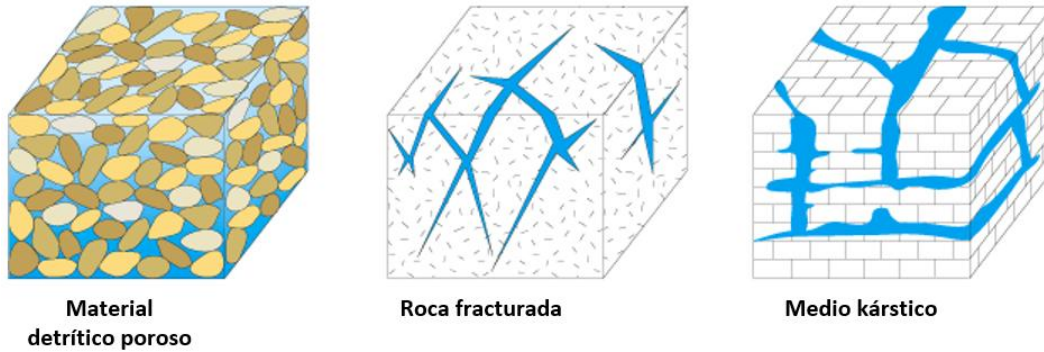


Imagen 3. Materiales que pueden formar un acuífero (modificado de Poeter et al., 2020)

La porosidad es la fracción del material geológico que está constituida por espacio vacío y que puede contener fluidos. Cuando los poros están interconectados, el material geológico se vuelve permeable, es decir, permite que el agua subterránea fluya a través de él. La permeabilidad es una medida de la facilidad con la que el agua pasa a través de las grietas y poros del material geológico.

4.3 Tipos de acuíferos

La clasificación más habitual de los acuíferos se basa en la relación entre el acuífero y las formaciones geológicas que lo rodean, especialmente las que lo cubren. Esta relación determina su comportamiento hidráulico y el nivel de presión del agua almacenada.

4.3.1 Acuífero libre (freático)

Un acuífero libre es aquel cuya parte superior no está confinada por ninguna capa de baja permeabilidad, sino que se encuentra en contacto directo con la atmósfera a través del suelo y la zona no saturada. El límite superior de la zona saturada en estos acuíferos se denomina nivel freático, y representa la superficie donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica (Imagen 4).

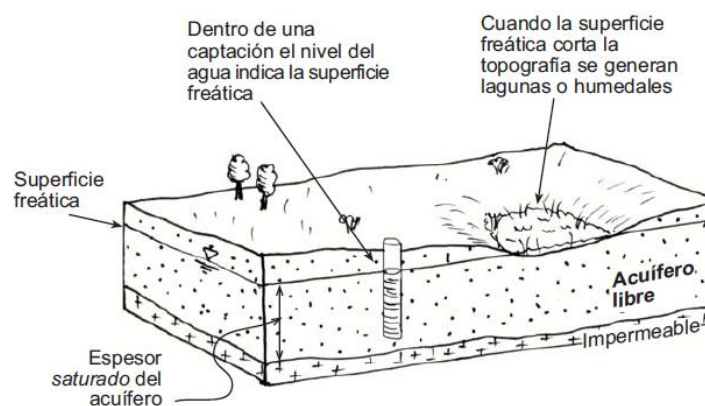


Imagen 4. Acuífero libre (Sánchez, 2022)

En los acuíferos libres, el agua puede infiltrarse directamente desde la superficie, lo que facilita su recarga pero también los hace más vulnerables a la contaminación, especialmente si los suelos son permeables o están alterados por actividades humanas. Cualquier variación en la recarga natural (por lluvias, escorrentía, etc.) o en las extracciones desde pozos se refleja en fluctuaciones del nivel freático, lo cual modifica el espesor de la zona saturada y, por tanto, la cantidad de agua disponible.

4.3.2 Acuífero confinado

Esta formación geológica está limitada por materiales de baja permeabilidad tanto en su base como en su techo, lo que impide un contacto directo con la atmósfera. El agua está sometida a presión, y cuando se perfora un pozo en este medio, el agua asciende por encima del techo del acuífero, alcanzando una altura piezométrica superior a su posición real (Imagen 5).

Un acuífero confinado puede alcanzar presiones elevadas, lo que permite la aparición de pozos surgentes. Además, al estar protegido por capas de baja permeabilidad, presenta menor vulnerabilidad frente a la contaminación superficial, aunque su recarga natural es más limitada y lenta.

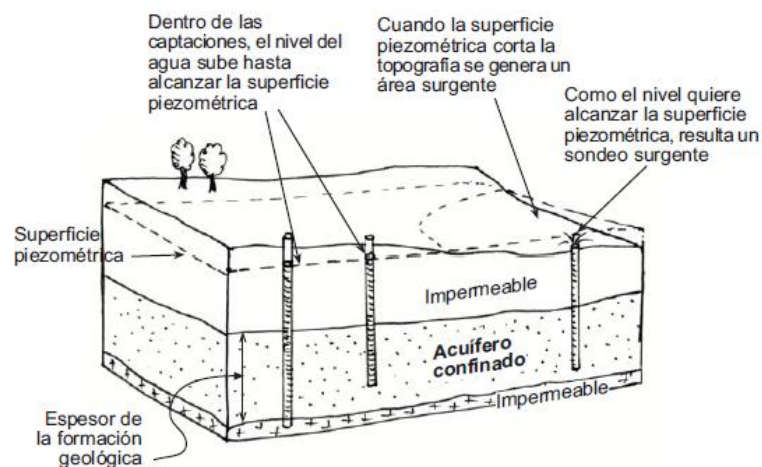


Imagen 5. Acuífero confinado (Sánchez, 2022)

En los acuíferos confinados, el espesor útil coincide con el espesor físico de la formación geológica que los constituye, y permanece constante. En cambio, en los acuíferos libres se define un espesor saturado, comprendido entre la base del acuífero y la superficie freática, que puede variar en función de las oscilaciones del nivel freático.

La superficie teórica que conecta los niveles piezométricos en todos los puntos de un acuífero se denomina superficie piezométrica. En un punto concreto, como un pozo, se hace referencia al nivel piezométrico, es decir, la altura hasta la que asciende el agua en reposo dentro del pozo.

4.3.3 Acuífero semiconfinado

Los acuíferos semiconfinados representan una situación intermedia entre los acuíferos libres y los confinados. Aunque el agua en su interior se encuentra bajo presión —lo que permite clasificarlos formalmente como acuíferos confinados—, su techo está formado por

una capa de baja permeabilidad (un acuitardo), que no sella completamente el acuífero, sino que permite el paso lento de agua a través de filtraciones o rezumes (Imagen 6).

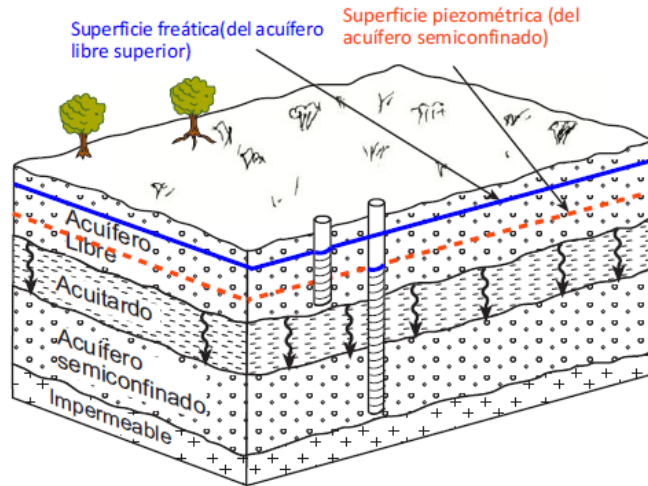


Imagen 6. Acuífero semiconfinado (Sánchez, 2022)

Este tipo de acuíferos es más frecuente que los acuíferos confinados perfectos y se presenta típicamente en sistemas estratificados, donde las formaciones geológicas muestran alternancia de capas permeables y semipermeables, como ocurre en muchas zonas con estratos arcillosos discontinuos.

La presión hidráulica en estos acuíferos suele ser intermedia entre la de un acuífero libre (presión atmosférica) y la de un acuífero confinado (presión elevada). Como consecuencia, la recarga vertical se produce lentamente y el comportamiento hidráulico resulta más complejo, ya que puede haber flujos verticales descendentes desde acuíferos superiores o incluso interacciones bidireccionales en función de los gradientes.

¿Y tú
qué
opinas?

¿Deberían considerarse prioritarios los acuíferos confinados por su menor riesgo de contaminación, a pesar de su menor capacidad de recarga?

5 Conclusiones

Comprender qué es un acuífero, cómo se forma y cómo se clasifica según su grado de confinamiento es un paso esencial para adentrarse en la hidrogeología y en la gestión sostenible del agua subterránea. A lo largo del artículo se han definido los conceptos clave que permiten distinguir los materiales geológicos que actúan como acuíferos de aquellos que funcionan como barreras o elementos de confinamiento, y se han presentado los principales tipos de acuíferos, determinando, además, la capacidad de un medio para almacenar y transmitir agua.

Estos conocimientos son fundamentales para evaluar el comportamiento hidráulico de un acuífero, interpretar datos de campo y diseñar estrategias de aprovechamiento y

protección. En un contexto de creciente demanda y presión sobre los recursos hídricos, la comprensión de estos fundamentos adquiere una relevancia crítica para la planificación y gestión del agua subterránea, tanto desde el ámbito técnico como ambiental.

6 Bibliografía

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

García Rodríguez, M. (2021). Aprendiendo hidrogeología. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/366372164_Aprendiendo_hidrogeologia_2_edicion

Poeter, E.; Fan, Y.; Cherry, J.; Wood, W.; Mackay, D. (2020) Groundwater in our water cycle – getting to know Earth’s most important fresh water source. The Groundwater Project. Disponible en: <https://doi.org/10.21083/978-1-7770541-1-3>

Sánchez, F. J.: “Hidrología Superficial y Subterránea”. 2ª ed. Kindle Direct Publishing, 2022.

U.S. Geological Survey, USGS. (2024). Aquifers and Groundwater. Disponible en: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/aquifers-and-groundwater>

Uliana, M.M. (2025). Basic hydrogeology: An introduction to the fundamentals of groundwater science. The Groundwater Project. Disponible en: <https://doi.org/10.62592/CBIQ7579>