



El río Mijares en Fuente de Los Baños de Montanejos



EL HIDROGEODÍA

El **Hidrogeodía** es una jornada de divulgación de la Hidrogeología y de la profesión de @s hidrogeólogos que se organiza con motivo de la celebración del **Día Mundial del Agua** (22 de marzo) por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE). La jornada consta de **actividades gratuitas**, guiadas por hidrogeólogos@s y **abiertas a todo tipo de público**, sin importar sus conocimientos en la materia.

En Castelló, el **Hidrogeodía 2026** se celebra el **sábado 21 de marzo** en el entorno del río Mijares en la localidad de Montanejos (foto de portada), donde se encuentran algunos de los manantiales más importantes de la zona como la conocida **“Fuente de los Baños”**.

El hilo argumental de la visita lo constituyen las aguas subterráneas de esta zona, su relación con el río Mijares y las formaciones rocosas (travertinos) que se originan en este tipo de enclaves.

CÓMO LLEGAR

El punto de encuentro es la **zona de estacionamiento** del paraje de **“Fuente de los Baños”** (Foto 1; Figura 1).

Este punto se sitúa a unos 700 m al noroeste del casco urbano de Montanejos, en el margen derecho del río Mijares.

[Parking Fuente de los baños - Google Maps](#)

Para acceder al mismo se ha de tomar la carretera CV-20 desde Montanejos hacia Puebla de Arenoso.

Los visitantes deberán aparcar en este punto o en el casco urbano de Montanejos y trasladarse a pie hasta el punto de encuentro.

Se ruega **puntualidad**.

La **hora de inicio será a las 10.00 de la mañana** del día **21 de marzo de 2026**. Se estima que la duración de la actividad programada sea de entre **3 y 4 horas**.



Foto 1: Parking del paraje de “Fuente de los Baños”. Punto de encuentro

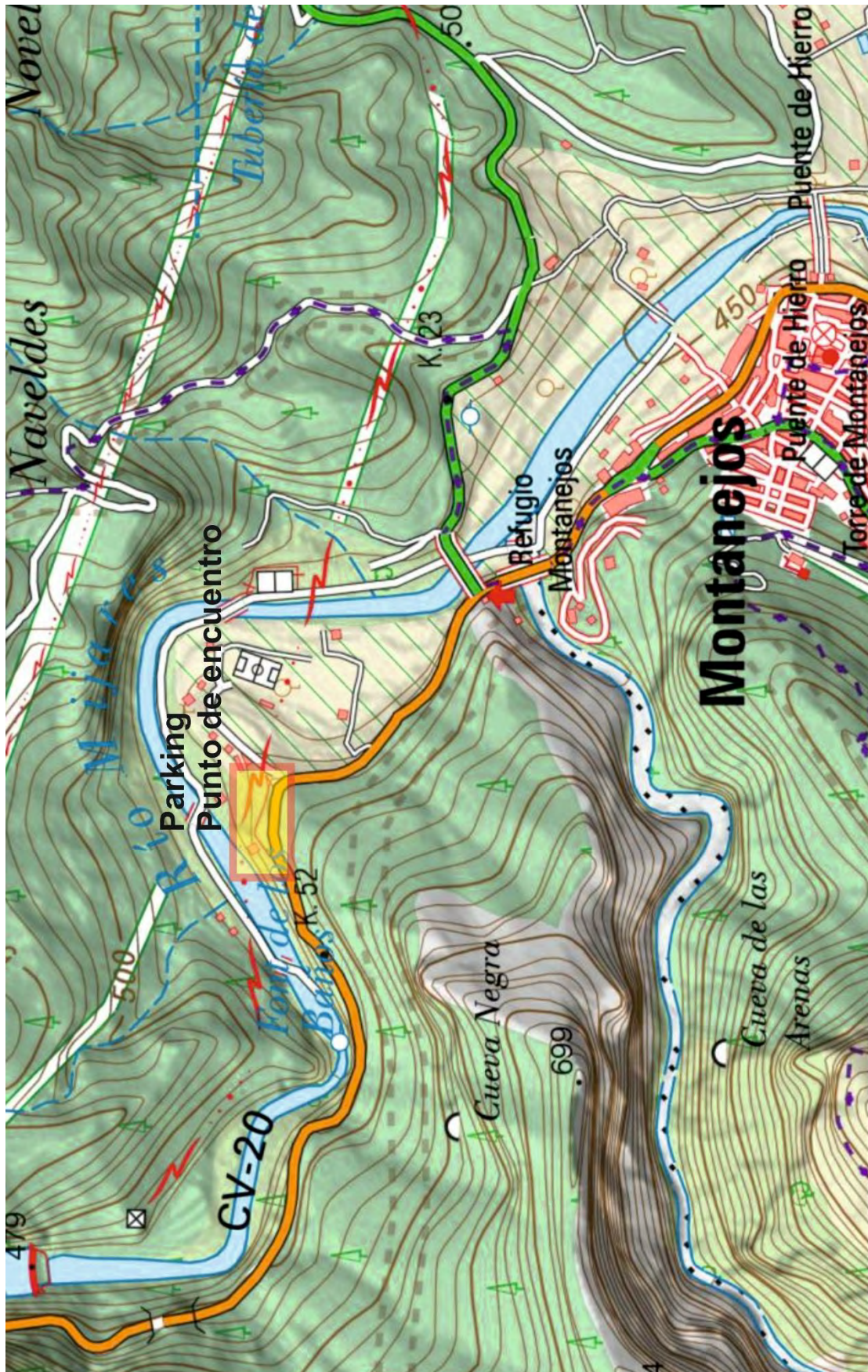


Figura 1: Punto de encuentro: zona de aparcamiento de Fuente de Los Baños de Montanejos

IMPORTANTE

La excursión que se propone es **gratuita y voluntaria**, pero es **obligatorio** que toda persona interesada en asistir realice **reserva previa** al correo ja.dominguez@igme.es indicando nombre y asistencia de menores.

La organización **NO** dispone de seguro de accidentes ni de responsabilidad civil, por lo que no se responsabiliza de la pérdida o desperfecto que pueda producirse en los objetos personales ni de cualquier accidente que puedan sufrir los asistentes a la jornada.

El itinerario es sencillo, su longitud no llega a los 3 kilómetros y presenta un desnivel máximo de 50 m. Sin embargo, **más de la mitad del recorrido se realiza por una estrecha senda de tierra y piedras entre arbolado espeso y con pequeños desniveles**, por lo que se debe circular en fila y se requiere de calzado adecuado no siendo accesible para personas con movilidad reducida o carritos de bebé.

A lo largo de este trazado se realizarán diversas paradas en las que se irán explicando diferentes conceptos relacionados con la hidrogeología y las aguas subterráneas.

El mapa de la ruta prevista se adjunta en la última página de esta guía.

Hay que indicar que en las fechas en las que se realiza la visita puede darse cualquier circunstancia climática, desde lluvias intensas y frío, hasta días de sol radiante y calor. Por ello,

con antelación a la excursión, los asistentes deberán informarse de las previsiones meteorológicas, y **llevar ropa adecuada (abrigo, chubasquero, gorra, calzado apropiado, etc)**, además de estar **atentos ante la posible cancelación de la jornada**. De igual forma, al estar en un entorno natural fluvial, con manantiales, canales de riego, etc., es frecuente la presencia de insectos (mosquitos especialmente), por lo que se recomienda usar algún tipo de protección o repelente.

La duración de la actividad será de 3 – 4 horas, por lo que se recomienda llevar algo de comida y bebida.

Los servicios públicos estarán abiertos.

Finalmente, conviene recordar que nos encontramos en un **espacio natural de alto valor** que debemos aprender tanto a **disfrutarlo** como a **conservarlo**.



Foto 2: Carteles indicativos de las propiedades terapéuticas de las aguas de Fuente de Los Baños y de la legislación que las cataloga como de utilidad pública.

¿QUÉ ES LA HIDROGEOLOGÍA?

Es la disciplina que estudia el origen y formación de las **aguas subterráneas**, su almacenamiento, movimiento y distribución en el medio geológico, su interacción con el mismo, sus propiedades físicas, químicas y bacteriológicas, así como su explotación, posibles usos y gestión, las repercusiones en el medio físico y biológico y sus reacciones a causa de la actividad humana.

QUÉ VEREMOS

Dentro de la temática hidrogeológica general que motiva este encuentro, en cada parada se tratarán con más detalle algunos conceptos que se enumeran a continuación:

Parada 1 (aparcamiento): Materiales permeables e impermeables

- Qué es el hidrogeodía
- La hidrogeología y la actividad de I@S hidrogeolog@s
- Formaciones permeables e impermeables
- Concepto de acuífero
- Explicación “in situ” del contacto entre materiales permeables y materiales impermeables

Parada 2 (bajada al río): Geología de la zona

- Encuadre hidrogeológico
- Mapa geológico
- Formación de rocas sedimentarias
- Estratificación

Parada 3 (abrigo de Rufino): Cuevas, simas y travertinos

- Morfologías kársticas
- La formación de travertinos

Parada 4 (presa de Cirat): Relación río-acuífero

- Áreas de recarga y de descarga de los acuíferos
- Periodos de tránsito de las aguas subterráneas
- Relación río-acuífero
- Concepto de manantial
- Nivel freático o piezométrico

Parada 5 (puente del río Mijares): Toma muestras de aguas y datos hidrogeológicos

- Muestreo de aguas subterráneas
- Medida del nivel piezométrico con sonda
- Medida del pH, conductividad eléctrica (C.E.) (equivalencia a la salinidad) y temperatura)
- Medida del caudal en sección con nivel y con aforador

Parada 6 (Fuente de Los Baños): Importancia y usos de las aguas subterráneas

- La importancia de las aguas subterráneas
- Ejemplos de su uso: agricultura, industria, abastecimiento urbano, etc.
- Balance hídrico de un acuífero
- Las aguas embotelladas
- Fin de la jornada

Se adjunta plano del recorrido al final de esta guía

PARADA 1: MATERIALES PERMEABLES E IMPERMEABLES

En primer lugar, hemos de comprender de forma sencilla el concepto de **acuífero**, que no es más que un recipiente o depósito bajo tierra que permite almacenar agua y que esta además circule o pueda trasladarse.

Los acuíferos están constituidos por **materiales (rocas) permeables y delimitados**, al menos en su base, por otros **materiales** de naturaleza **impermeable**.

Los acuíferos son formaciones geológicas subterráneas con poros y huecos donde el agua además de almacenarse puede circular.

En el caso que nos ocupa, la zona de Montanejos, el río Mijares y los manantiales en este sector se sitúan en el extremo sureste de un gran acuífero (Masa de Agua Subterránea) denominado Javalambre Oriental. Esta gran masa de agua subterráneas se encuentra rodeada por otras (Javalambre Occidental, Mosqueruela, Lucena-Alcora y Sierra del Toro).

Esos acuíferos pueden ser totalmente independientes, como depósitos estancos o tener relación con los acuíferos colindantes, de forma que entre ellos pueden cederse recursos hídricos subterráneos. Es decir, acuíferos vecinos pueden recibir y/o ceder agua de uno a otro.

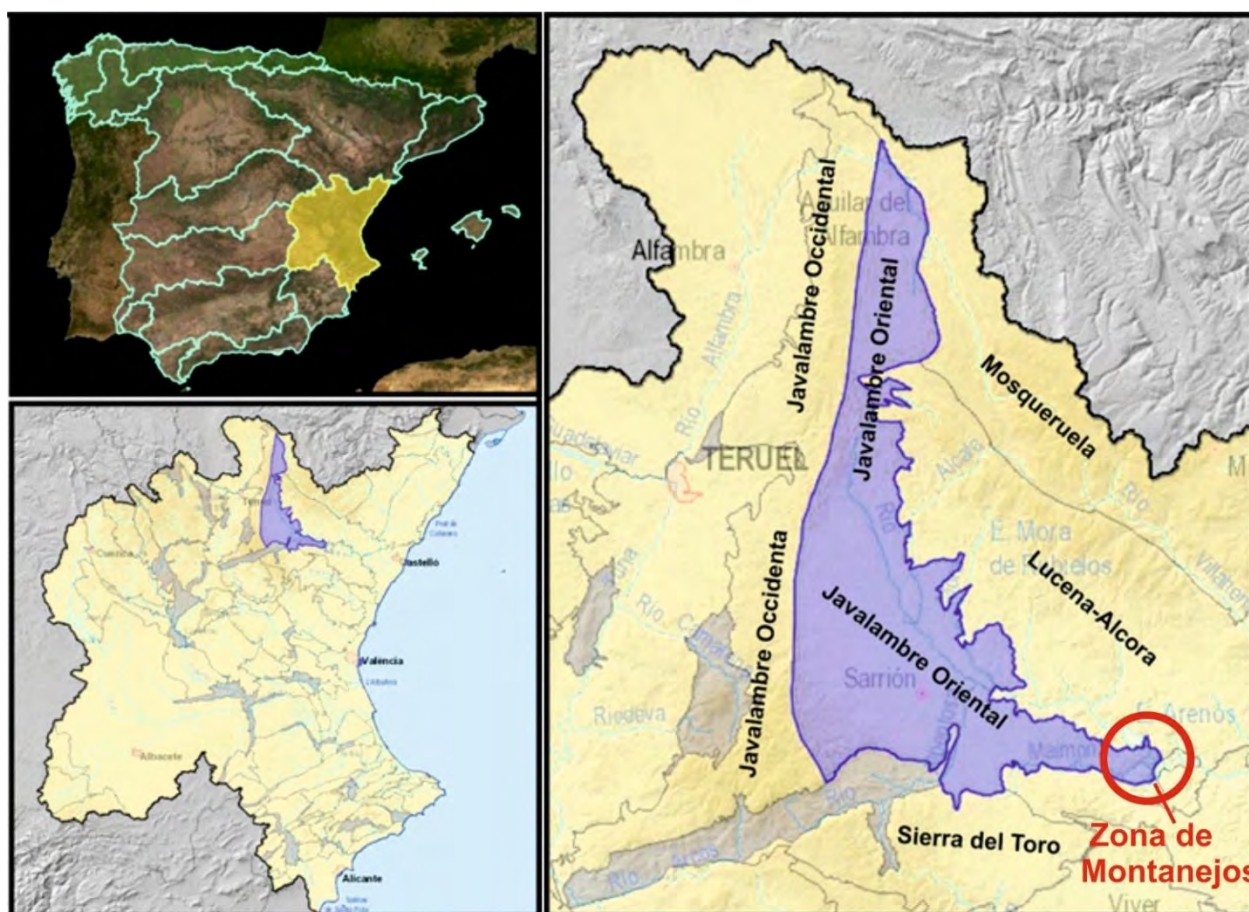


Figura 2: Contexto hidrogeológico general del área de Montanejos A) Cuenca Hidrográfica del Júcar, B) Localización del Acuífero Javalambre Oriental C) localización de Montanejos)

El agua subterránea es el agua contenida en los huecos o vacíos que hay en un suelo o masa rocosa.

Los acuíferos, por tanto, pueden delimitarse y representarse sobre mapas topográficos o geológicos (Figura 2y 3) y estudiarse por separado, pese a que puedan estar en contacto y establecer relaciones hídricas entre ellos.

Los mapas geológicos son las cartografías en las que sobre una base topográfica se representan los distintos tipos de terrenos que existen indicando sus características y edad. Con ellos podemos saber si el terreno sobre el que estamos está formado, por ejemplo, por calizas del Jurásico o arcillas del Triásico.

En esta primera parada (Foto 3) nos situamos frente a un afloramiento (corte o pared del terreno que permite ver las rocas) en donde se puede observar el contacto entre formaciones (tipos de rocas) diferentes. Los materiales gris-marrones son calizas (materiales carbonatados y permeables que pueden constituir acuíferos) y los materiales rojizos y granates son arcillas (materiales detríticos, pero de grano tan pequeño que no permiten el paso del agua entre ellos y son impermeables).

Este contacto, actúa como una barrera, como el cierre de una presa, de tal forma que impide el flujo subterráneo.



Foto 3: Vista del contacto entre materiales permeables (rocas carbonatadas de tonos marrón gris) e impermeables (arcillas de tonos rojo-granates)



Foto 4: Parada 2. Bajada al río Mijares

PARADA 2: GEOLOGÍA DE LA ZONA

La parada 2 (Foto 4) permite observar los materiales que constituyen la montaña del margen izquierdo del río Mijares en el entorno de Montanejos (Figura 4).

La parte alta de la montaña la forman conglomerados y calizas travertínicas del Terciario (Mioceno inferior). Es decir, se formaron hace entre 16 y 23 millones de años.

Por debajo de estos materiales se pueden observar unos paquetes, capas o estratos de calizas del Jurásico Superior. Concretamente del Portlandiense (Edad entre 145 y 152 millones de años).

Infrayacentes a las calizas anteriores se sitúan otras calizas similares, pero algo más antiguas. En este caso se han datado de edad Kimmeridgiense superior, es decir, se formaron en un periodo comprendido entre hace 157 y 152 millones de años.

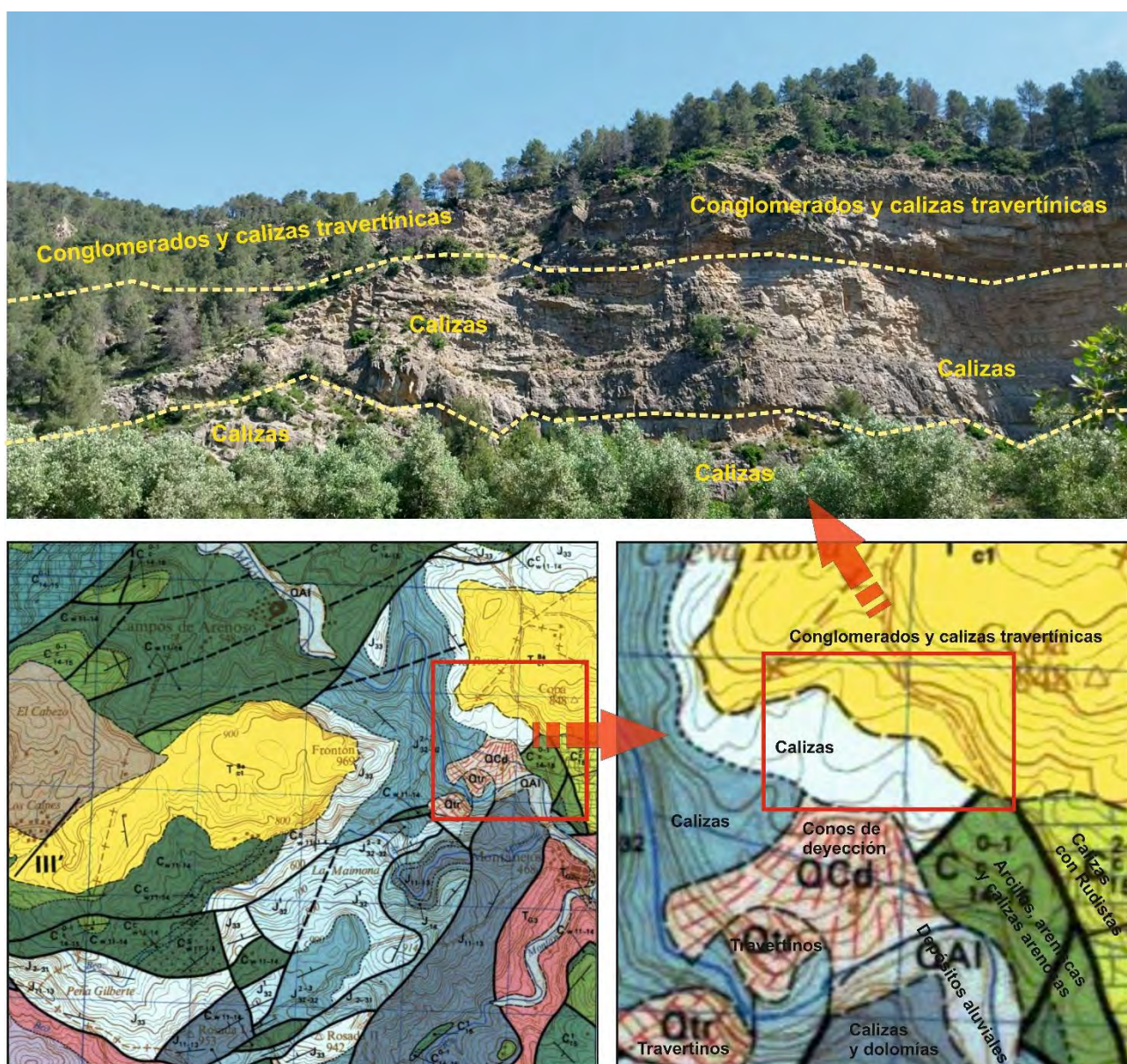


Figura 4: Formaciones geológicas del margen izquierdo del río Mijares en la zona de Montanejos

Esta disposición (estratificación) de los materiales, en capas o estratos, de espesor diverso, es propia de las **rocas sedimentarias** y obedece a un proceso denominado **sedimentación**, que consiste en la acumulación de material preexistente (sedimento) originado por procesos biológicos, químicos o físicos que se compacta progresivamente hasta generar capas o niveles (**estratos**) rocosos.

En función de las características de permeabilidad de las capas resultantes se podrá hablar de **niveles o estratos permeables** que si se encuentran saturados de agua constituyen **acuíferos** que pueden ser explotados. Por el contrario, los **niveles impermeables** o de baja permeabilidad (capas del terreno que no permiten el paso del agua y realizan la función de estancamiento o cierre, basal o lateral, de los acuíferos) se conocen como **acuicludos**.

Este proceso de sedimentación puede compararse con el de realización de un pastel con distintas capas o niveles de producto.

Si tomamos como ejemplo un pastel con capas alternantes de bizcocho y chocolate, podríamos asimilar estas capas o niveles como diferentes estratos de material que se van superponiendo unos a otros hasta formar paquetes de rocas de gran espesor y con distintas características, por ejemplo, niveles permeables (acuíferos) o impermeables (acuicludos) (Figura 5).

Figura 5: Calizas estratificadas de forma laminar o tabular en pequeños estratos centimétricos.



PARADA 3: CUEVAS, SIMAS Y TRAVERTINOS

La parada 3 se realiza en el paraje conocido como **“Abrigo de Rufino”** (Fotos 5 y 6).



Foto 5: Cartel, en el sendero que transcurre por el margen izquierdo del Mijares, anunciador del “Abrigo de Rufino”

Se trata de una oquedad o “abrigo” formado en roca tobácea (travertino) situado en el margen izquierdo del río Mijares.

Esta pequeña cavidad o cueva de poca profundidad fue utilizada en el pasado para guardar por la noche el ganado que pastoreaba durante el día por los alrededores de Montanejos.

También se usó como escondite de los soldados en la guerra civil española. Y tras la misma, los guerrilleros que se oponían al régimen de Franco (*maquis*), la utilizaron para vigilar la vieja carretera que discurría por el margen derecho del cauce.

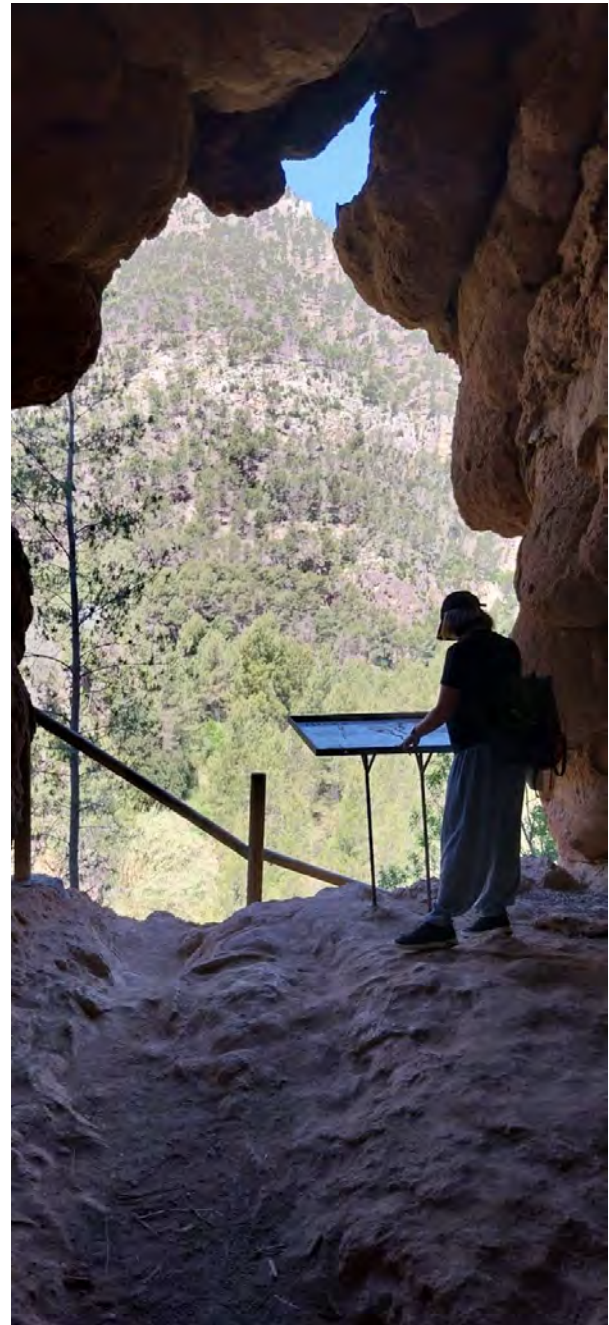


Foto 6: Vista desde el interior del abrigo de Rufino

Estos depósitos (tobas calcáreas o travertinos) son rocas carbonatadas muy porosas formadas durante el Cuaternario.

Las rocas carbonatadas, al igual que otras formaciones como las sales (yesos, anhidrita, sal gema), son materiales solubles. Esta circunstancia hace que sufran procesos de disolución o karstificación y se generen morfologías características, es decir, en estos terrenos se crean formas kársticas (cavidades,

conductos...) debido a la circulación, primero por la superficie, de las aguas meteóricas, y luego al infiltrarse, donde continúan diluyendo la roca durante su recorrido desde la zona de infiltración o recarga, hasta las áreas de descarga, donde vuelven a aflorar a la superficie generando manantiales o aportando agua a los ríos.

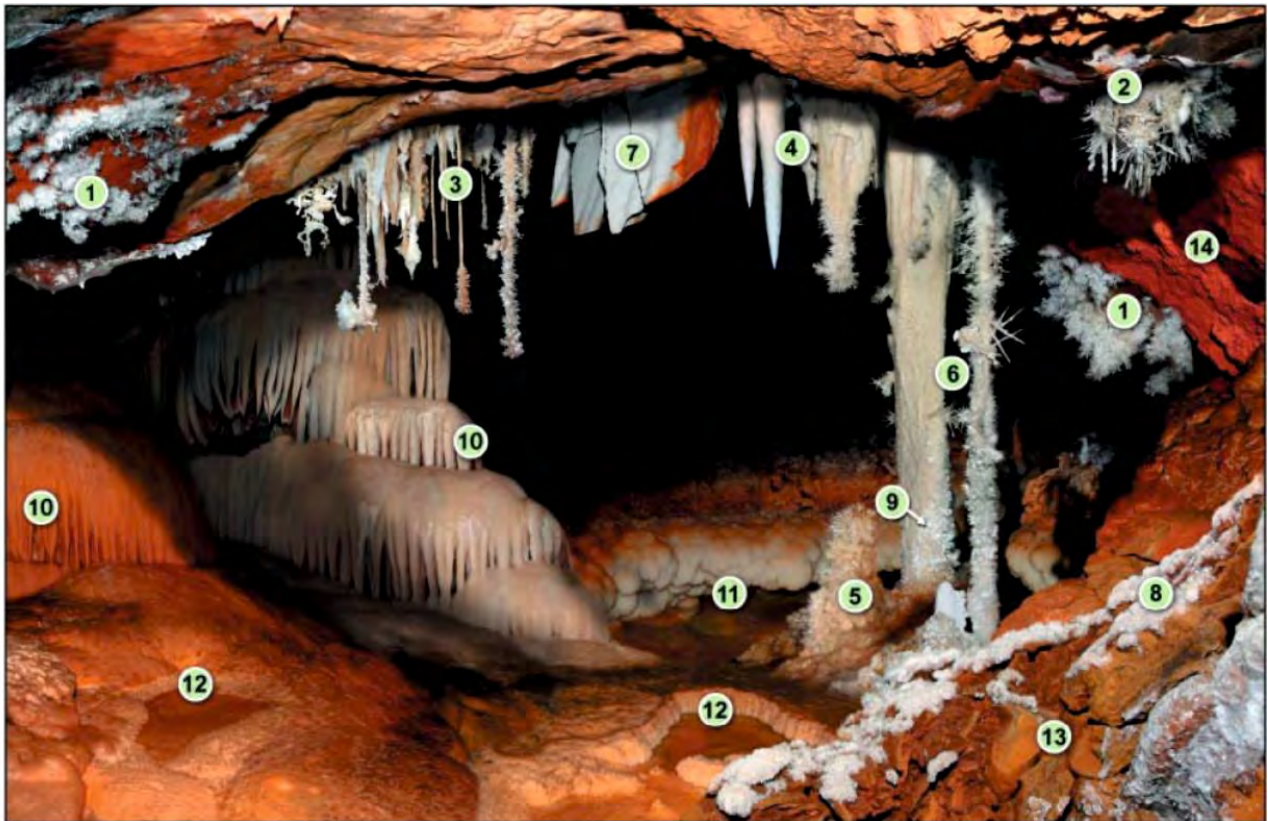
Cuando el proceso de disolución se produce en superficie se desarrolla un paisaje kárstico superficial o *exokarst*, con formas típicas como dolinas, poljes, colapsos kársticos, uvalas, simas, sumideros, cuevas o lapiaces (Figura 6).

Si se desarrolla bajo tierra se habla de *endokarst* y entonces se forman sistemas de cavidades o cuevas.

Durante el recorrido subterráneo del agua la reacción entre ésta, el gas y la roca puede invertirse, de forma que el proceso de disolución pasa a ser de precipitación. Las formas resultantes son entonces los espeleotemas: estalactitas, estalagmitas, columnas, banderas, gours, escudos, coladas, etc. (Figura 7 y foto 7).



Figura 6: Morfologías kársticas superficiales y subterráneas



- | | | | | |
|---|----------------|-------------------------|------------|-----------------------|
| 1 Fibrosos radiados individuales y compuestos | 4 Estalactitas | 7 Banderas | 10 Colada | 13 Colapso de bloques |
| 2 Ramificados | 5 Estalagmitas | 8 Tapizados de fibrosos | 11 Lagos | 14 Arcillas rojas |
| 3 Varillas | 6 Columnas | 9 "Moon-milk" | 12 "Gours" | |

Extraído de: Cueva de Castañar. Monumento natural. Consejería de Medio Ambiente y Rural. Políticas Agrarias y Territorio. Junta de Extremadura

Figura 7: Espeleotemas. Formaciones subterráneas por precipitación del carbonato en las oquedades y cuevas.



Foto 7: Espeleotemas en el abrigo de Rufino

Cuando el proceso de precipitación del carbonato cálcico se produce una vez que las aguas vuelven a emerger en la superficie, se forman los travertinos (Fotos 8 y 9).



Foto 8: Travertino del abrigo de Rufino

El proceso de formación tanto de las formaciones de precipitación de las cuevas (espeleotemas) y simas como de los travertinos es la misma.

Los procesos de disolución y precipitación se producen en áreas con presencia de rocas carbonatadas y abundante vegetación. La vegetación produce gran cantidad de anhídrido carbónico (CO_2) que emite a la atmósfera. Este CO_2 reacciona con el agua de lluvia y produce ácido carbónico (H_2CO_3). Este ácido disuelve el carbonato cálcico (principal componente de las rocas carbonatadas) tanto en la superficie como al infiltrarse y recorrer el acuífero.

El proceso de disolución se invierte tanto en las zonas de cuevas en el interior del terreno formando los espeleotemas, como al emerger al exterior en los manantiales produciendo gran precipitación del carbonato y generando los travertinos.

En el entorno de los manantiales la vegetación es abundante. Esta circunstancia permite que la precipitación del carbonato al emerger las aguas en estos lugares genere la típica morfología de los travertinos con moldes de hojas y tallos vegetales, así como algunos restos de animales propios de entornos húmedos (Foto 8).

Los travertinos se forman durante periodos de clima cálido y húmedo, en los que la vegetación es abundante. Para que se forme un travertino es necesario que los manantiales que aportan las aguas para su formación (que marcan el nivel piezométrico de surgencia) y la red de drenaje del acuífero carbonatado asociada a los mismos mantengan unas condiciones estables durante cierto tiempo.

El nombre de travertino procede del latín lapis tiburtinus, es decir, la piedra del Tíber, en Tívoli, junto a Roma, una roca muy empleada en la antigüedad clásica.



Foto 9: Detalle de las morfologías en el travertino del abrigo de Rufino



En el camino de acceso al abrigo de Rufino, se pueden observar, además de los travertinos, varios niveles o estratos de materiales detríticos (formados por acumulación de partículas) en los que se aprecia claramente el diferente tamaño de los granos o componentes en cada uno de ellos (Foto 10).

En la base aparece un nivel de “finos” (partículas muy pequeñas – arcilla y arena) sobre el que se asienta un paquete conglomerático con partículas mucho mayores, (arenas gruesas, gravas, brechas y cantos).

Foto 10: Detalle de niveles o estratos detríticos con diferente tamaño de grano en el acceso al abrigo de Rufino

PARADA 4: RELACIÓN RÍO-ACUÍFERO

La parada 4 se realiza en el cierre del embalse o **presa de Cirat** (Fotos 11 y 12).

Lo primero que hay que analizar en esta parada es la función de la presa de Cirat.

Esta infraestructura, tiene como principal función desviar “LA TOTALIDAD” (salvo momentos muy puntuales) de las aguas del cauce del Mijares desde este punto hasta la central hidroeléctrica o Salto de Cirat, mediante una canalización subterránea de más de 8 km (Figura 8). De esta forma, la presa no vierte nada de agua al cauce, por lo que, salvo el agua embalsada a los pies de la misma, el río aguas abajo del embalse no lleva caudal y puede decirse que se seca artificialmente.

Este hecho es muy importante para comprender la explicación hidrogeológica de esta parada, que es la relación río-acuífero. Es decir, la relación o interacción que se produce entre las aguas subterráneas de los acuíferos y las de los cauces superficiales que transcurren sobre los mismos.

Fotos 11 y 12: Vista de las compuertas de la presa de Cirat (fotografía de la derecha tomada desde aguas abajo; fotografía inferior tomada desde aguas arriba)

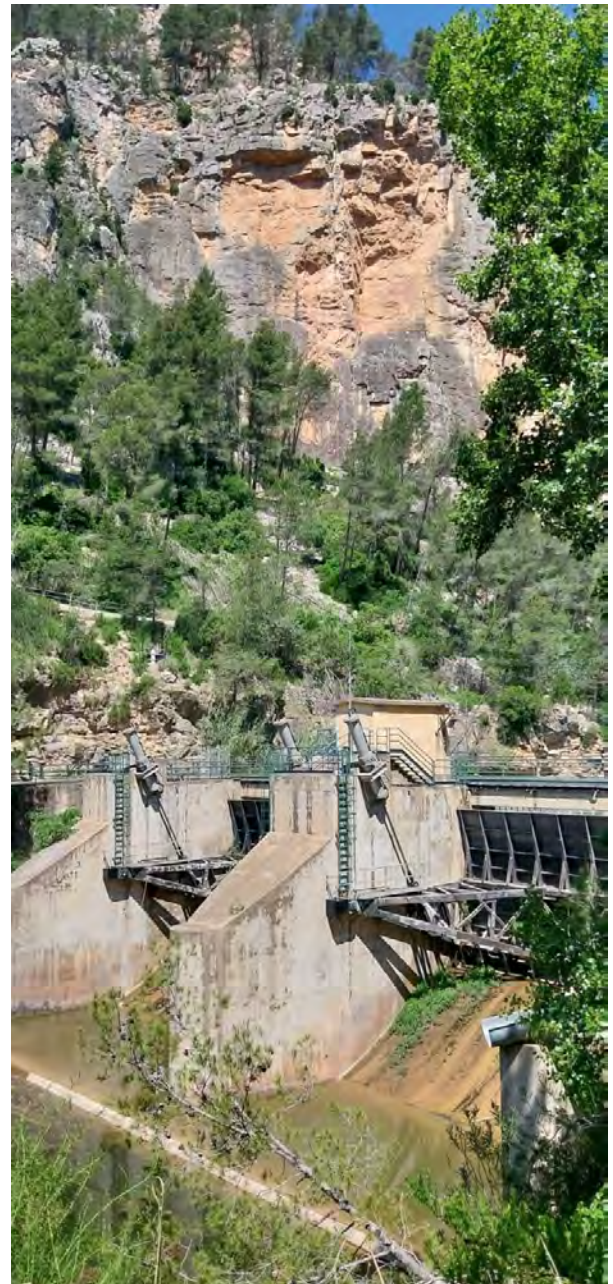




Figura 8: trazado de la canalización subterránea de agua que va desde la presa de Cirat situada en el río Mijares aguas arriba de Montanejos hasta la central hidroeléctrica de Cirat, en Cirat.

En un acuífero el agua no permanece estancada, sino que se mueve desde las denominadas **áreas de recarga** (zonas permeables situadas en los sectores más elevados del acuífero) hacia las **áreas de descarga** o sectores del acuífero donde se produce prioritariamente un drenaje o descarga de los recursos hídricos del mismo (Figura 9).

Estas descargas pueden producirse en tramos de ríos que ganan caudal, constituir manantiales y grandes surgencias o realizarse de forma subterránea hacia otros acuíferos o directamente al mar. Se sitúan, por tanto, en los sectores más bajos del acuífero.

Este tránsito es generalmente lento o muy lento, pudiendo durar miles de años en función de la distancia entre las áreas de recarga y descarga, de la profundidad que alcancen los flujos subterráneos y de las características hidrodinámicas del acuífero (terrenos más o menos permeables).

Figura 9: Periodos de tránsito de las aguas subterráneas (López Geta, J.A et al. 2009).



Como excepción se encuentran los acuíferos muy karstificados en los que las aguas subterráneas se canalizan por grandes fracturas y el flujo subterráneo puede ser muy rápido.

Pregunta: Si todo el caudal del río Mijares se deriva en la presa de Cirat quedando el cauce seco a los pies de este embalse, ¿cómo es posible que apenas unos cientos de metros aguas abajo vuelva a tener un importante caudal?

La respuesta está, precisamente, en la relación del río Mijares con el acuífero subyacente. Desde la presa de Cirat hasta la zona de recreo de Fuente de Los Baños (Fotos 13 y 14), el cauce **NO RECIBE APORTES EXTERIORES** de agua, por tanto, todo el caudal que lleva se debe a las **SALIDAS DE RECURSOS HÍDRICOS DEL ACUÍFERO AL RÍO**. Es decir, este tramo se comporta como un sector de descarga del acuífero. Podría decirse que constituye un gran manantial. De hecho, en todo este sector se pueden observar puntos en los que sale agua de la roca (pequeñas surgencias). De entre ellas, la más destacada es la conocida como Fuente de Los Baños, que por su importancia se incluye en esta excursión hidrogeológica con una parada específica.



Fotos 13 y 14: Zona de baño en el río Mijares en el paraje de Fuente de Los Baños de Montanejos.



Pese a que existen diferentes parámetros para establecer la relación río-acuífero, uno de los conceptos más simples y extendidos para realizar una clasificación sencilla es el que tiene en cuenta la transferencia de recursos hídricos, en uno u otro sentido, entre el acuífero y el cauce. Esta relación puede definirse como el mecanismo geohidrológico que permite el intercambio hídrico entre las aguas subterráneas y los cursos de agua superficial, y que se produce en los tramos de cauce que discurren sobre formaciones permeables o se encuentran próximos a ellas.

Es decir, cuando un río atraviesa formaciones permeables que constituyen acuíferos, se establece una relación entre las aguas superficiales que lleva el cauce y las subterráneas del acuífero de tal forma que o bien el río cede recursos al acuífero o el acuífero cede al río (Figura 10).

Así se distingue entre:

- * **Ríos ganadores o efluentes:** cuando **drenan recursos hídricos de un acuífero**, es decir, el río recibe parcial o totalmente sus recursos hídricos desde una o varias formaciones geológicas permeables sobre las que transita

- * **Ríos perdedores o influentes,** cuando ceden parcial o totalmente su caudal a favor de una o unas determinadas formaciones geológicas permeables y, en consecuencia, **recargan al acuífero**.

Por tanto, el tramo del río Mijares comprendido entre la presa de Cirat y Montanejos es un tramo de río GANADOR.

En general los ríos importantes siempre llevan agua y no procede únicamente del agua de escorrentía producida por la precipitación, sino que es el agua drenada por los acuíferos. Este hecho es esencial para que puedan mantener un caudal continuo, pese a que

llegan a secarse en los periodos acusados de sequía.

Para comprender este hecho el hidrogeólogo B.J. Ballesteros (IGME – Valencia) ha estimado que, si en la cuenca hidrográfica del río Júcar no hubiera acuíferos, es decir, **NO EXISTIERAN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**, en el caso que no lloviera durante 12 días, **EL CAUCE SE SECARÍA** ya que transcurrido ese tiempo la última gota de agua superficial de la cuenca llegaría al mar.

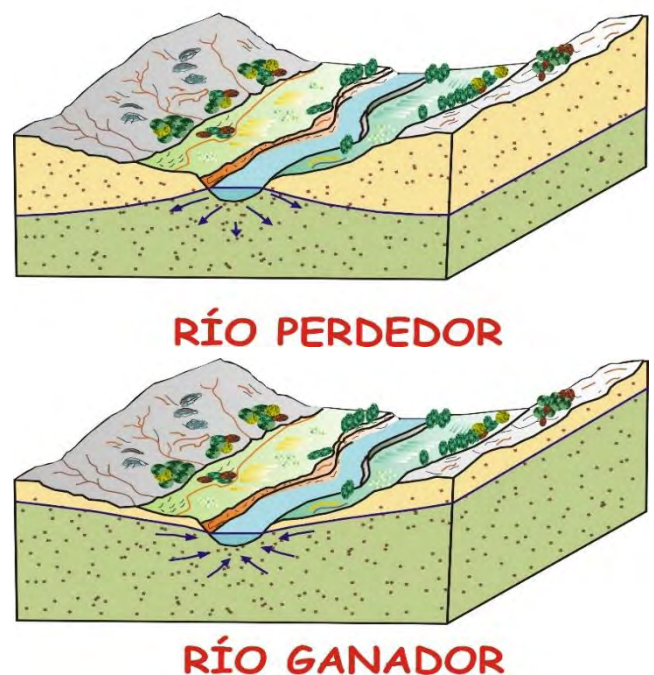


Figura 10: Relación río-acuífero (río ganador y río perdedor)

Así, un acuífero actúa como un medio transmisor de recursos hídricos desde las áreas de recarga a las de descarga.

El proceso se inicia con el agua infiltrada, de forma natural o artificial, en las denominadas **áreas de recarga preferencial o preferente** que son aquellas zonas naturales en las que este proceso se produce de manera más significativa. Pueden ser determinados tramos de cauce perdedores o áreas muy permeables en las que el porcentaje de precipitación que termina por infiltrarse es elevado.

Y tras recorrer parte o la totalidad del acuífero el agua vuelve a la superficie en las **zonas de descarga**, que son aquellos sectores del acuífero en los que se produce prioritariamente un drenaje o descarga de los recursos hídricos del mismo, ya sea de forma natural a través de manantiales o tramos de río ganador o antrópica (provocada por el ser humano), por el bombeo mediante pozos, sondeos, galerías, etc.

Dicho lo anterior, el concepto de **manantial** es más fácil de comprender. Un manantial es el lugar, el punto donde las aguas subterráneas del acuífero emergen a la superficie. Es decir, donde el nivel del agua subterránea o **nivel freático** corta a la superficie del terreno.

El nivel freático es el nivel (superficie) a partir del cual el acuífero se encuentra saturado de agua. Por encima de este nivel el acuífero está seco y es donde el agua superficial transita al infiltrarse hasta la zona saturada. El ejemplo típico para entender este concepto es el de una playa junto al mar. Al hacer un agujero próximo a la orilla hay un espacio entre la superficie y el momento en el que la arena está totalmente empapada. Ese espacio es el que ha de recorrer el agua que se infiltre hasta alcanzar el nivel piezométrico, por encima del mismo la arena está seca y por debajo saturada.

Un esquema clásico de un manantial se observa en la figura 11, donde se representa el punto en el que el nivel piezométrico del acuífero corta la superficie generando un manantial debido a que el flujo subterráneo se corta por el contacto con materiales impermeables que hacen de barrera al mismo.



Fotos 15 y 16: Detalle de la fuente de Los Baños drenando agua y seca

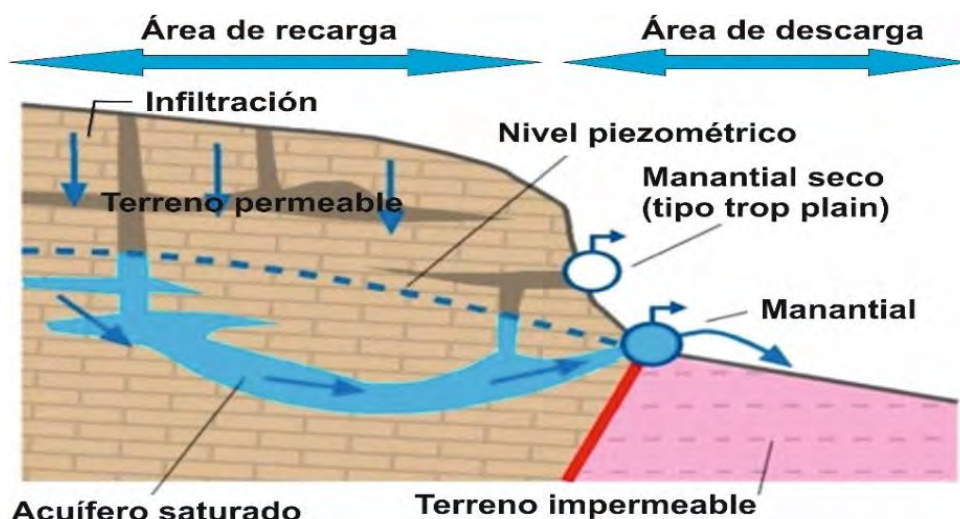


Figura 11: Contacto entre materiales permeables (acuífero) e impermeables (puntos de descarga de acuíferos = manantiales).

PARADA 5: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y DATOS HIDROGEOLÓGICOS

Antiguamente, los seres humanos se abastecían directamente de los ríos, lagos y manantiales de agua dulce. Luego descubrieron que en algunas zonas excavando agujeros o pozos de escasa profundidad o pequeñas galerías se llegaba hasta el nivel del agua subterránea o **nivel freático**.

Mucho más recientemente, la tecnología ha permitido la construcción de **sondeos** de centenas de metros en los que se instalan bombas capaces de elevar el agua desde gran profundidad.

Actualmente es esencial conocer las características (físicas, químicas y bacteriológicas) de las aguas que sirven tanto para el abastecimiento urbano, como para la agricultura o la industria. Para ello se toman muestras que son analizadas.

La **toma de muestras de agua** (Foto 17) consiste en recoger un volumen determinado de agua procedente de un manantial, río, surgencia, pozo, sondeo, etc., introducirla en recipientes apropiados (botellas de muestreo) y enviarla, siguiendo un estricto protocolo de seguridad anticontaminación, a un laboratorio especializado para su análisis.

En el momento de la “toma”, es habitual medir “in situ” algunos parámetros como la **temperatura**, el **pH** o la **conductividad eléctrica (C.E.)** (Foto 18).

El **pH** nos indica la acidez o alcalinidad del agua, es decir, la concentración de iones de hidrógeno. La sigla (pH) significa potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones, varía entre 0 y 14 unidades de pH, de tal forma que 7 se considera un pH neutro. Las disoluciones por debajo de 7 se consideran ácidas y por

encima básicas o alcalinas. El agua natural se pone como ejemplo de solución neutra, porque normalmente tiene un valor cercano a 7 (6 – 8,5 unidades de pH).

La **conductividad eléctrica (C.E.)** es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Un agua muy pura tiene una conductividad eléctrica muy baja, mientras que aguas muy salinas (salmueras) tienen un valor elevado en este parámetro.

Por tanto, la C.E. permite tener una idea de la salinidad del agua.

TIPO DE AGUA	Temperatura (°C)
Aguas frías	< 20 °C
Aguas hipotermas	20 °C - 35 °C
Aguas termales	>35 °C

TIPO DE AGUA	C.E. (µS/cm)	Salinidad (g/l)
Agua de lluvia	5 - 50 µS/cm	0,0001 - 0,001 g/l
Agua potable	< 2500 µS/cm	< 2,3 g/l
Agua salobre	2500 - 20000 µS/cm	2,3 - 18,5 g/l
Agua de mar	45000 - 55000 µS/cm	42 - 51 g/l
Salmuera	> 1000000 µS/cm	> 90 g/l

Tablas I y II: Tipos de aguas en función de su temperatura de emergencia y su salinidad

En las Tablas I y 2 se establecen unos datos de referencia a la hora de estimar el contenido en sales y el carácter termal del agua:

- En cuanto a la temperatura, las aguas subterráneas pueden llegar a alcanzar los 150°C. No obstante, son mucho más frecuentes las denominadas aguas frías, cuya temperatura no supera los 20°C.
- Respecto a la salinidad, en el medio natural encontramos aguas muy puras con escaso contenido en sales y baja C.E. (agua precipitada – lluvia, nieve...) o salmueras con concentraciones elevadísimas en sales y, consiguientemente, C.E. muy altas.



Foto 17 (imagen superior): Toma de una muestra de agua subterránea en un piezómetro mediante tomamuestras.

Foto 18 (imagen inferior): Toma de muestra de agua en L'Albufera de Valencia (embarcadero de la "Gola de Pujol") y medida de parámetros "in situ" (temperatura, pH y C.E.).



Foto 19: Medida del nivel piezométrico mediante sonda.

La medida del nivel piezométrico o freático (Foto 19) se realiza mediante un dispositivo denominado **sonda piezométrica o hidronivel** (Foto 20), que consiste en una cinta métrica acondicionada sobre un soporte en forma de carrete y que cuenta en su extremo con un sensor. Dicho sensor se introduce por la boca del sondeo, pozo o piezómetro (perforación destinada a la medida del nivel piezométrico) hasta alcanzar el nivel del agua. En este momento el agua actúa como interruptor (cierra un circuito) y ocasiona que en superficie se emita una señal acústica y/o luminosa que indica que se ha llegado al nivel del agua.

Introduciendo y extrayendo varias veces el sensor del agua se fija exactamente, gracias a la cinta graduada, la profundidad a la que se sitúa el nivel respecto de la boca del sondeo.

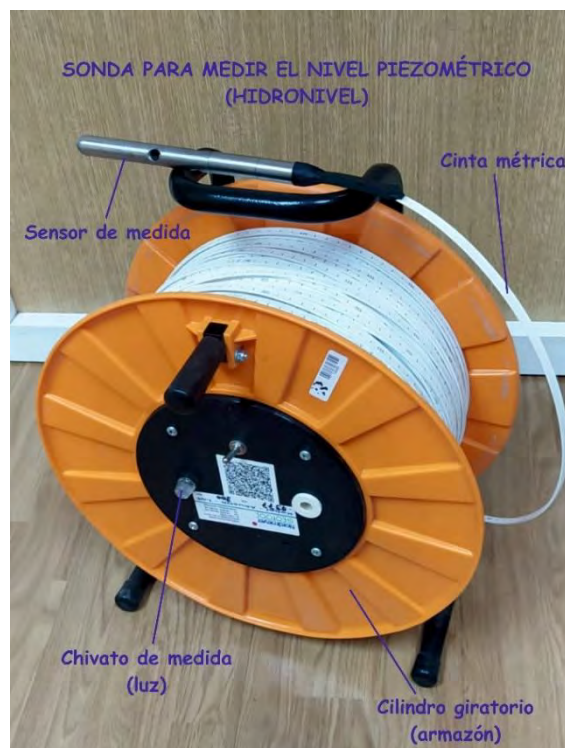


Foto 20: Sonda para medir el nivel piezométrico.

Otra de las medidas que tienen gran interés en hidrogeología es la del caudal de los ríos en diferentes tramos.

Saber cómo varía el caudal de agua que lleva un cauce a lo largo de su trayecto es esencial para determinar en qué tramos el río pierde o gana caudal y establecer así la relación del mismo con los acuíferos que atraviesa.

Aunque hay secciones fijas de aforo establecidas por las confederaciones hidrográficas, para determinados estudios es necesario poder medir el caudal en puntos distintos, para lo que se utilizan aparatos portátiles (aforadores) que sirven para tal fin.

Fotos 21 y 22: Medidor de caudales en cauces abiertos ADCP.



El ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) es un perfilador acústico que mediante el efecto Doppler permite medir la velocidad del agua, la profundidad y el caudal con gran exactitud en una amplia gama de entornos (arroyos, ríos y canales) mediante el uso de ondas acústicas (Fotos 21 y 22).

El ADCP emite pulsos acústicos al agua a través de sus transductores. Estos pulsos emitidos en a través de 5 haces, rebotan en las partículas en suspensión (sedimentos, burbujas, plancton) que se mueven junto con el agua. Ese cambio de frecuencia (Doppler) es proporcional a la velocidad del agua en la dirección del haz.

Otro tipo de aforador es el magnético-inductivo “OTT MF pro” que requiere que el/la operario/a que lo utiliza deba ir realizando diversas medidas a lo largo del transecto de cauce seleccionado, bien desde alguna plataforma o puente sobre el río o introduciéndose físicamente en el agua. Este aparato mide la altura de la lámina de agua y la velocidad del flujo en diferentes puntos. El sistema consta de un sensor ligero y compacto acompañado de un robusto mando portátil con pantalla, en la que se indican los pasos a seguir para la obtención de los datos, que quedan registrados automáticamente (Fotos 23, 24 y 25).



Fotos 23-25: Medidor de caudales OTT MF pro.

PARADA 6: IMPORTANCIA Y USO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La parada 6 se realiza en la **Fuente de Los Baños** (Foto 26) y se centra en explicar la función del/a hidrogeólogo@ y la importancia de las aguas subterráneas.

La labor esencial del/a hidrogeólogo@ es el estudio de las aguas subterráneas. Estas, son unas grandes desconocidas para el público en general y, por ende, es desconocida su enorme importancia.

Del total de agua existente en la tierra, tan solo un 2,5% es agua dulce, el resto ocupa los océanos y mares salados.

las grandes cordilleras, es decir, es un agua que no podemos usar ya que no se encuentra cerca de las áreas en las que vivimos. Queda así algo más de un 30% de agua dulce utilizable de la que únicamente un 0,4% se encuentra en los ríos, lagos y la atmósfera (Figuras 12 y 13).

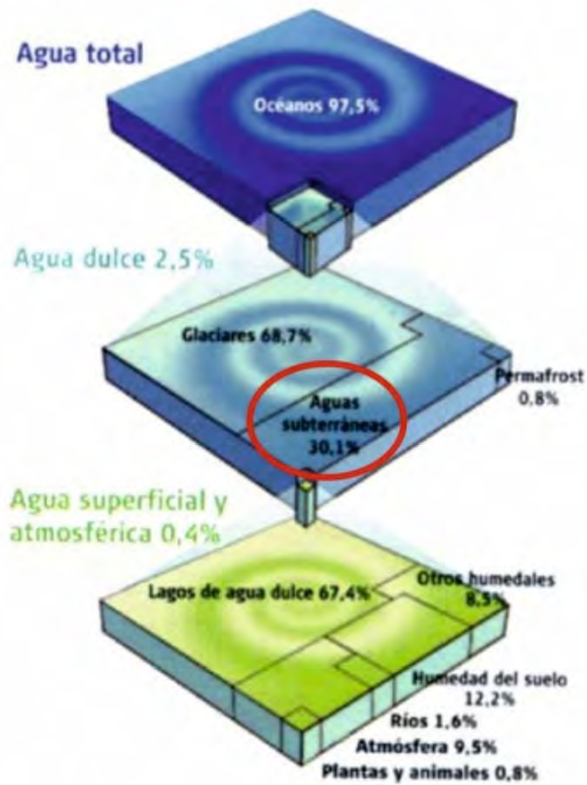
Por tanto, ¿qué proporción de agua dulce queda? y ¿dónde se encuentra esa agua?

Efectivamente, el **30% del agua dulce del planeta es AGUA SUBTERRÁNEA** que, además, prácticamente en su totalidad podemos utilizar.

Foto 26: Fuente de Los Baños



De este 2,5%, casi un 69% se encuentra en forma de hielo en los glaciares de los casquetes polares y en los de las cumbres de



Shiklomanov y Rodda (2003). "World Water Resources at the Beginning of the 21st Century".
Distribución global del agua en el mundo.
Volumen total de agua: 35,2 millones de km³

AGUA DULCE EN LA TIERRA

(Shiklomanov - 1997)



AGUA CONGELADA = 68,7 %:
Glaciares polares
y glaciares de montaña

PERMAFROST = 0,85
Agua congelada en los
suelos de zonas árticas

AGUA SUBTERRÁNEA = 30,1 %:
Agua de los acuíferos

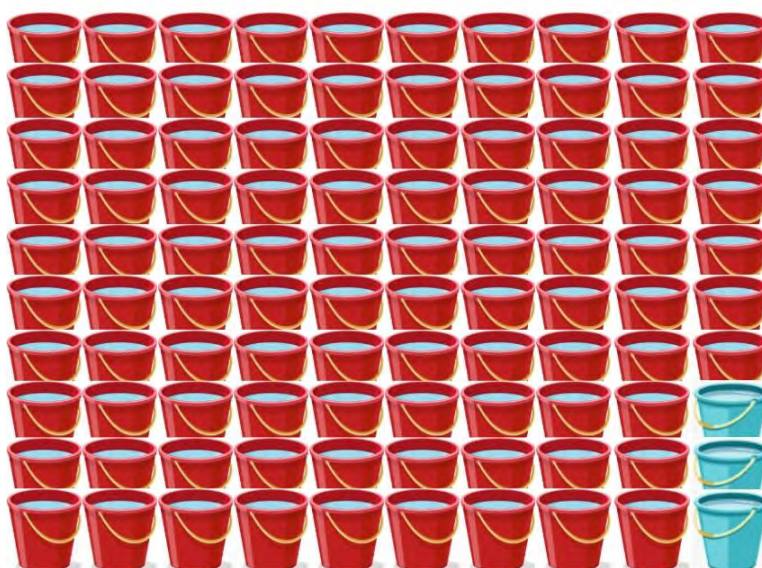
AGUA EN LAGOS = 0,26 %

AGUA DE RÍOS = 0,006 %

AGUA EN LA BIOMASA = 0,003 %
Plantas y animales

AGUA EN LA ATMÓSFERA = 0,04 %

AGUA TOTAL EN LA TIERRA



AGUA SALADA **AGUA DULCE**



AGUA SUBTERRÁNEA — (agua ÚTIL)



AGUA EN RÍOS Y LAGOS



GLACIARES
(agua NO utilizable)

Figuras 12 y 13: La importancia de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas constituyen un importante recurso ya que de ellas dependen tanto infinidad de ecosistemas y las especies que los habitan como el abastecimiento a muchas poblaciones y a múltiples sectores económicos. Por tanto, es imprescindible **gestionar convenientemente las aguas subterráneas**. Para ello, es necesario conocer lo más ajustadamente posible el volumen de recursos con los que se cuenta en el acuífero, es decir, su **balance hídrico** (Figura 14), así como **la calidad** de las distintas aguas presentes.

El balance hídrico en sí, es la relación existente entre los recursos hídricos que entran o recargan el sistema y los que salen del mismo. En este cómputo hay que tener en cuenta tanto las aguas subterráneas como las superficiales, pues como hemos visto están estrechamente relacionadas.

Si tomamos como ejemplo un acuífero costero, conectado con otro u otros acuíferos y con el mar y en el que en superficie además de ríos y lagunas hay zonas urbanas y de regadío, para estimar su balance hídrico se deben considerar tanto aquellos factores (naturales o antrópicos) que suponen una entrada de recursos hídricos al sistema

(acuífero) como los que suponen salidas del mismo.

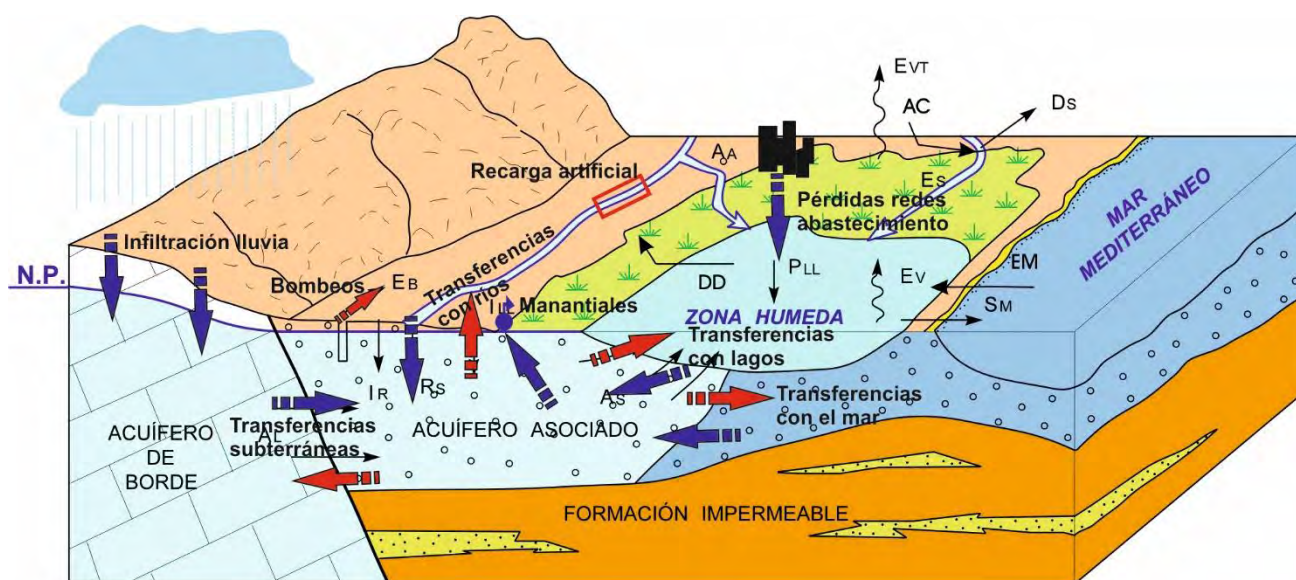
Entre los aportes o entradas de agua al acuífero se deben valorar:

- Infiltración del agua de lluvia
- Infiltración por retornos de riego
- Infiltración desde cauces, lagos o acequias
- Pérdidas en las redes de suministro o alcantarillado
- Transferencias subterráneas procedentes de otros acuíferos o del mar (intrusión marina)
- Recargas artificiales

Por su parte, en las salidas hay que considerar:

- Salidas del acuífero a ríos, lagos o manantiales
- Transferencias subterráneas hacia otros acuíferos
- Salidas al mar
- Salidas por bombeos (sondeos, pozos, galerías, ...)

Figura 14: Parámetros a tener en cuenta a la hora de estimar el balance hídrico de un acuífero costero con un humedal (modificado de Ballesteros Navarro, B.J. 2003).



El agua dulce, que es esencial para la vida, se utiliza principalmente para la agricultura y en mucha menor medida para la industria y el abastecimiento urbano (Figura 15).

Para tener más conciencia de la importancia del agua dulce y, consecuentemente, del agua subterránea, vamos a poner algunos ejemplos del consumo que hacemos de la misma.

En el caso de la agricultura se establecen unas dotaciones por cultivo. En la cuenca hidrográfica del Júcar la dotación media neta para el arroz es de unos 9.500 m³/ha/año (Figura 16), lo que supone más del doble de la dotación correspondiente a los cítricos (4.000 m³/ha/año).

Un ejemplo significativo de la importancia de las aguas subterráneas es el abastecimiento urbano de la provincia de Castelló, donde prácticamente el 100 % de la población consume aguas subterráneas de diferentes acuíferos gracia a pozos o sondeos de explotación.

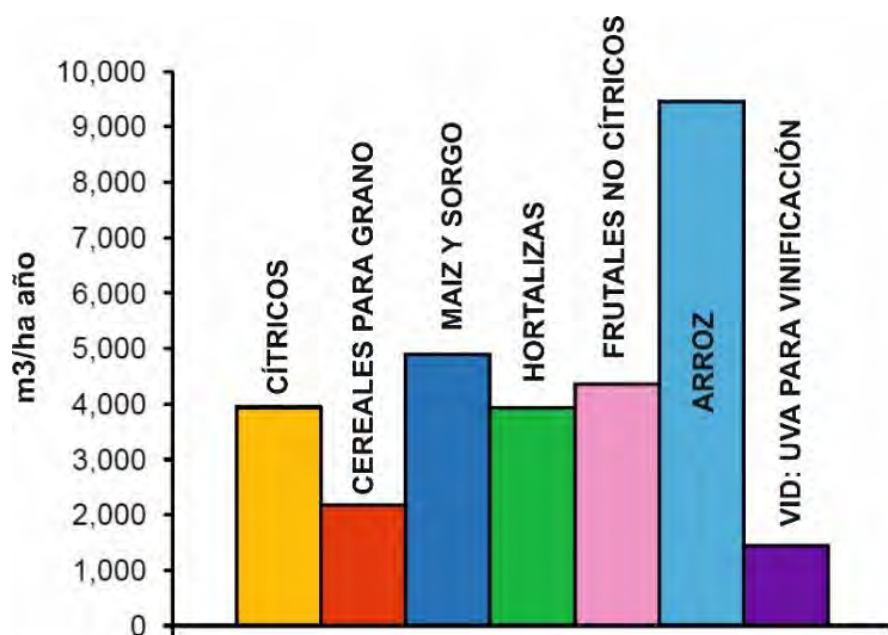
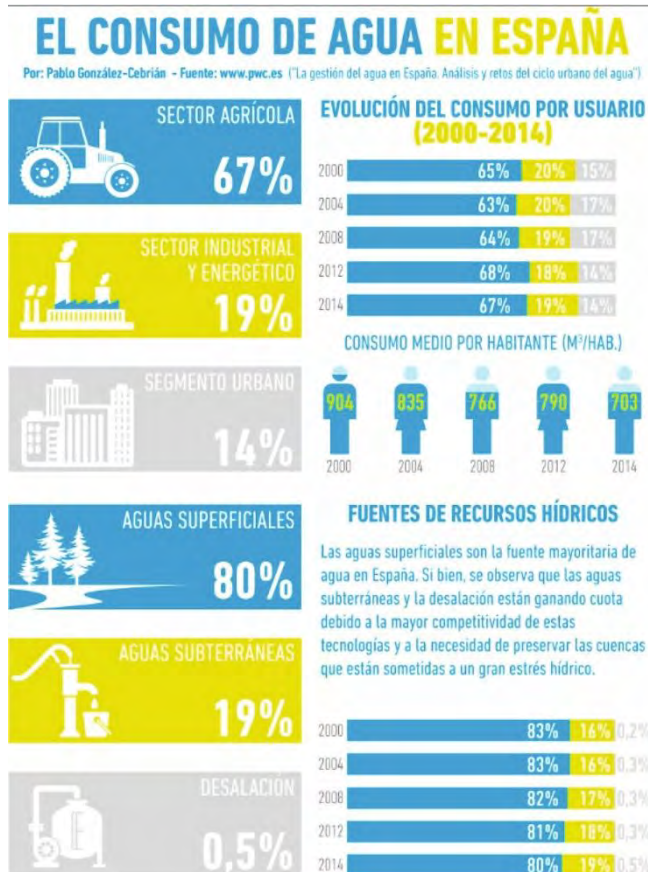


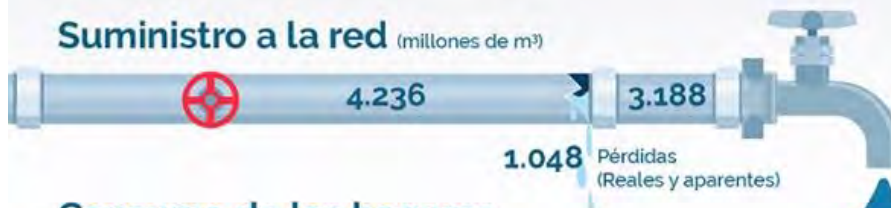
Figura 15: Consumos de agua por sectores

Figura 16: Dotación neta promedio en la cuenca del Júcar para los cultivos más representativos (Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Ciclo de planificación hidrológica 2015 – 2021)



Suministro y saneamiento del agua en España

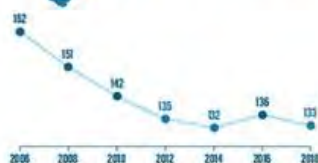
Suministro a la red (millones de m³)



Consumo de los hogares (litros/habitantes/día)

(litros/habitantes/día)

menos de 120 120 - 135 más de 135



consumos municipales

sectores económicos

9%

19,8%

hogares

71,2%

Coste unitario total

(€/metro cúbico)

(2% menos que en 2016)

1,91

Depuración de las aguas residuales

(millones de m³)

Reutilizada 560

Las aguas residuales tratadas pueden ser reutilizadas en agricultura, industria, riego de jardines y zonas deportivas de ocio, limpieza de alcantarillado y baldeo de calles, etc.

Tratada 4.995

Aguas residuales de la red de alcantarillado
Aguas pluviales (escorrentía urbana)



Instituto
Nacional de
Estadística

Fuente: Estadística sobre el suministro y saneamiento del agua. INE - España
Noviembre 2020.



ayuntamiento.es

Figura 17:

Consumos de agua en los hogares, costes y tratamientos.

Nutritionele informatie (mg/l) : Analyse / Typical Analysis (mg/l) :	
Ca ²⁺	104 mg/l
Mg ²⁺	3,7 mg/l
Na ⁺	3,7 mg/l
K ⁺	1,8 mg/l
HCO ₃ ⁻	280 mg/l
SO ₄ ²⁻	52 mg/l
NO ₃ ⁻	<2 mg/l
Cl ⁻	4 mg/l
Droogrest bij / Extrait sec à / Dry extract at 180°C	274 mg/l
pH : 7,3	

BEZOYA	
AGUA MINERAL NATURAL	
Composición Química (mg/l):	
Residuo seco a 180°C.....	28
Bicarbonatos.....	7
Cloruros.....	0,87
Calcio.....	2,73
Magnesio.....	0,39
Sodio.....	2,55
Silice.....	11,0
C.N.T.A. (Diciembre 2013)	

Composición química en mg/L:	
Bicarbonatos:	297,2
Sulfatos:	43,9
Cloruros:	35,8
Calcio:	88,7
Magnesio:	23,4
Sodio:	18,6
Silice:	7,1
Análisis realizado por el Laboratorio Dr. Oliver Rodés. Declarada Mineral Natural 28/07/1994.	
Envases	
ATENCIÓN AL CLIENTE 902 453 453 / www.dia.es	

Analítica (mg/L): Lab. Dr. Oliver Rodés - marzo 2011			
Residuo seco a 180°C	135	Calcio	5.8
Bicarbonato	56.9	Magnesio	4.3
Sulfato	4.9	Potasio	8.5
Cloruro	17.2	Sodio	20.3
Fluoruro	0.3	Silíce	34.3
Conductividad a 20°C: 175 microS.cm ⁻¹			

En cuanto a la calidad del agua que debe tener un agua de consumo humano, ésta se establece por Ley.

Recientemente ha entrado en vigor el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro, que sustituye al anterior R.D. 140/2003.

Es decir, las aguas que llegan a nuestras casas, procedentes de embalses, ríos, manantiales o sondeos, deben cumplir esta normativa, así como todas las aguas embotelladas o empleadas en la industria alimentaria.

Foto 27: Ejemplos de etiquetas con los principales parámetros químicos de varias aguas embotelladas.

Si nos fijamos en el etiquetado de las botellas de agua a la venta, comprobaremos que cumplen esta normativa y que todos los parámetros químicos que se indican se encuentran por debajo de los límites de potabilidad. En el etiquetado de estos envases se muestran, además, otros datos importantes, como el lugar (localización) del manantial, empresa embotelladora o laboratorio que realiza el análisis (Foto 27).

AGRADECIMIENTOS

Con estas líneas queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por la ayuda prestada para llevar a cabo el HIDROGEODÍA 2026 al **Excelentísimo Ayuntamiento de Montanejos**, así como a la empresa **FACSA (Fomento Agrícola Castellonense)**.

Igualmente queremos recordar de nuevo las labores de investigación que desde organismos como el **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, la **Universitat Jaume I (UJI)** de Castelló, **Universitat de València (UV)** o entidades privadas como **FACSA** se vienen realizando en esta zona desde hace años y enfatizar en la importancia de esta labor y el beneficio social que suponen este tipo de estudios.

LO/AS MONITORE/AS DEL HIDROGEODÍA CASTELLÓ 2024

Jose Antonio Domínguez Sánchez
(Hidrogeólogo - IGME)

Arianna Renau Pruñonosa
(Hidrogeóloga – UV-UJI)

Belén Sánchez-Rubio Ruiz (Hidrogeóloga - FACSA)

Eduardo Ruiz-Dorizzi Ordóñez
(Hidrogeólogo)

José Oriol Navarro Odriozola
(Hidrogeólogo)



ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES

- Decreto 132/2021, de 1 de octubre, del Consell.
- López Geta, J.A; Fornés Azcoiti, J.M.; Ramos González, G. y Villarroya Gil, F. (2009): Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo (IGME - Instituto Geológico y Minero de España)
- Morales García, R; Domínguez Sánchez, J.A.; Durán Valsero, J.J.; Vega Martín, L; Rodríguez Hernández, L.; Hernández Bravo, J.A.; Fernández Mejuto, M. (2016) Génesis de los enclaves kársticos de mayor interés patrimonial de Alicante. Una aproximación para su geoconservación y aprovechamiento sostenible. CUEVATUR 2016. VI CONGRESO ESPAÑOL SOBRE CUEVAS TURÍSTICAS “El karst y el Hombre: Las Cuevas como Patrimonio Mundial”. Nerja, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 2016.
- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- Romero Pavía, P. El abastecimiento de Castellón (ITGE).

PÁGINAS WEB

[Google Earth Pro](#)

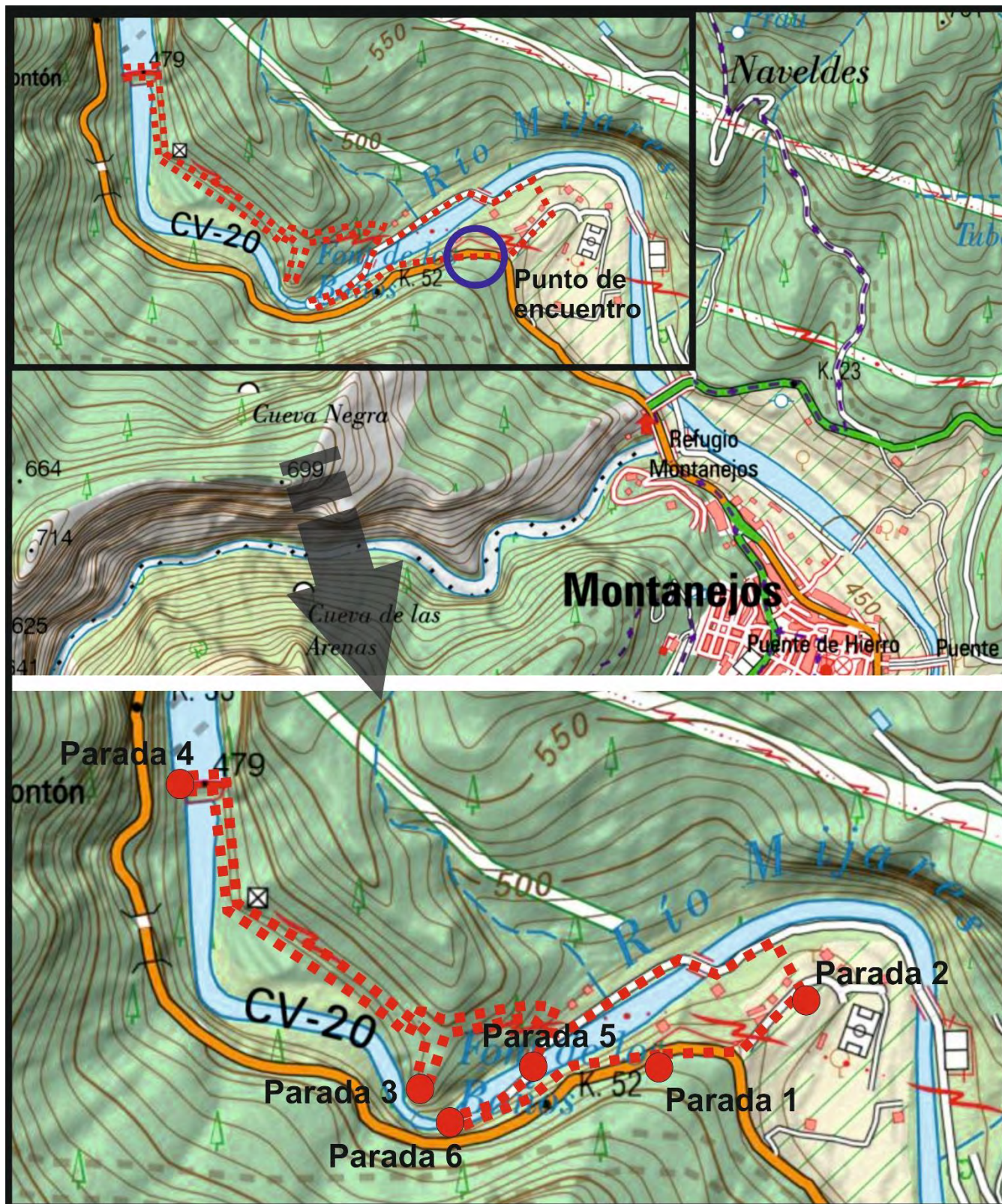
<http://www.aih-ge.org/index.php/hidrogeodia-2020/>

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596>

<http://info.igme.es/visorweb/>

[Visor Cartogràfic de la Generalitat \(gva.es\)](#)

RECORRIDO DEL HIDROGEODÍA CASTELLÓ 2023



HIDROGE♂DÍA
2026 Castelló

