

Málaga

COORDINA:



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Español

HIDROGEODÍA 2024

23 de marzo 2024

Sierra Almijara: “fábrica de agua, fábrica de luz”

EXCURSIÓN GRATUITA
Y GUIADA

PUNTO DE ENCUENTRO:

Avda. Andalucía, 12 (frente a la farmacia)
Canillas de Albaida

<https://maps.app.goo.gl/dfMAwvndmRzVi8ow7>

IMPRESCINDIBLE
RESERVA PREVIA
juanirm@uma.es

Excursión de 3 horas aprox.

Información detallada en:

<https://www.iah-ge.org/hidrogeodia-2024/>

Se ruega:
Respetar la hora asignada
Llevar agua, ropa y calzado adecuado
Compartir vehículos si es posible

Sierra Almijara y cabecera Río Turvillá. Fuente: Wikiloc



ORGANIZA:



COLABORAN:



22 de marzo de 2024 - Día Mundial del Agua
¿Hay agua subterránea cerca de ti?
Concurso del Agua Subterránea, 2024



III Concurso de Fotografía

hidrogeológica AIH- Hidrogeodía 2024



Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Español (AIH - GE)

[PARTICIPA]

EL HIDROGEODÍA

El **Hidrogeodía** es una jornada de divulgación de la **Hidrogeología** (rama de la Geología que estudia las **aguas subterráneas** y sus interacciones con el medio físico, biológico y con el ser humano), y de la profesión de **hidrogeólogo/a**, que se celebra cada año con motivo del **Día Mundial del Agua** (22 de marzo). Esta actividad es promovida por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE) y consiste en una **excursión gratuita** abierta a **todo tipo de público**, en compañía de monitores/as especializados/as, que explican a los asistentes los principales aspectos hidrogeológicos del itinerario.

En Málaga, el **Hidrogeodía 2024** se celebra en **Canillas de Albaída** (Fig. 1), una localidad con un patrimonio medioambiental y cultural notorio, situada en la Comarca de la Axarquía, a unos 50 km al ENE de la capital de la provincia. En concreto, la excursión del Hidrogeodía se centra en el extremo occidental de **Sierra Almijara**, en la cabecera del río Turvillá. Aquí se encuentra la **Fábrica de la Luz de Ntra. Sra. del Carmen**, una antigua central hidroeléctrica que aprovechaba el agua subterránea que brota en el lecho del río, y el desnivel del terreno, para la generación de electricidad. Sierra Almijara es uno de los acuíferos más relevantes de la región en cuanto a superficie de recarga (273 km² distribuidos entre las provincias de Málaga y Granada) y disponibilidad de recursos hídricos. No en vano, de sus aguas subterráneas se abastece la

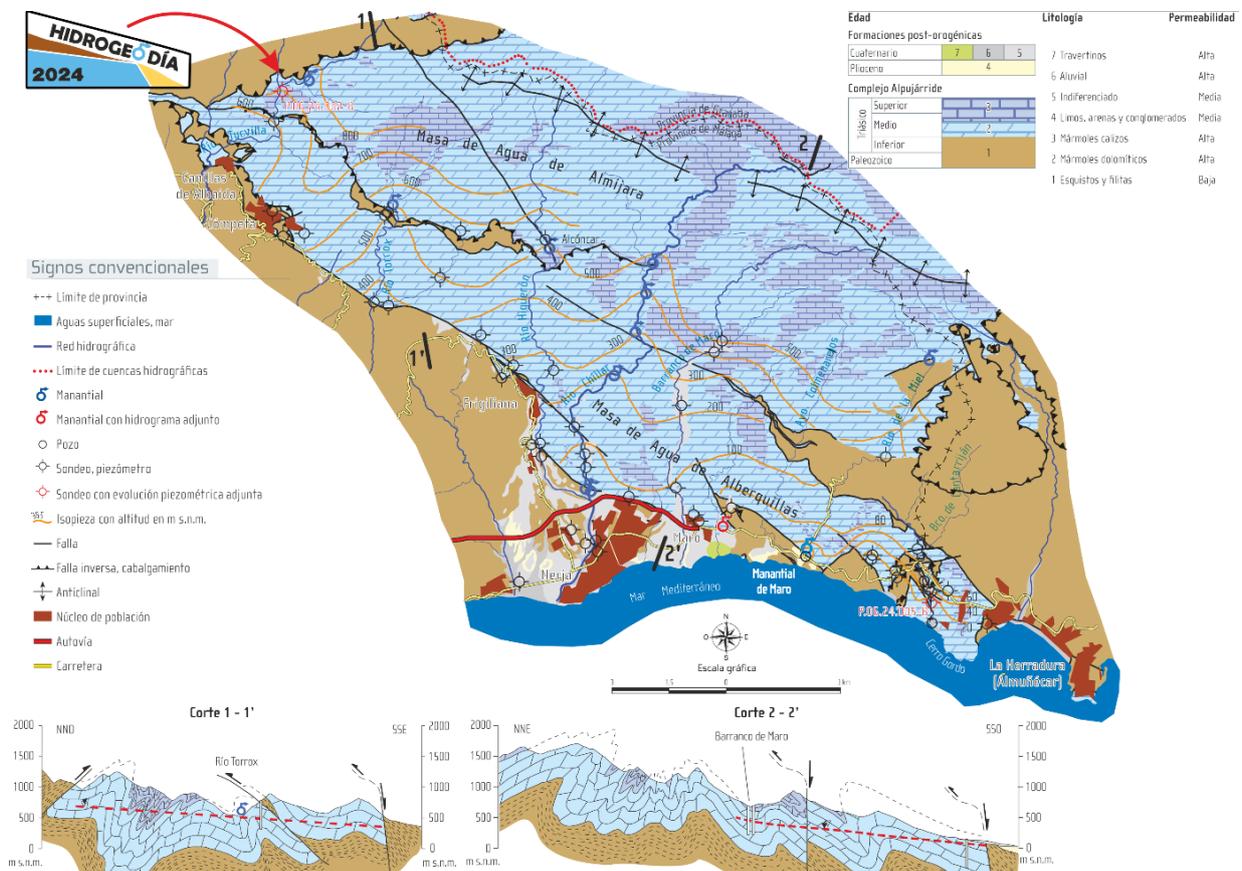


Figura 1: Esquema geológico - hidrogeológico de Sierra Almijara y áreas próximas. Tomado de Pérez y Andreo (2007)

población de **Canillas de Albaida**, así como la de otros municipios de la Axarquía, como Cómputa, Árchez, Arenas, Sayalonga, Torrox, Frigiliana y Nerja. Hasta época reciente, los abastecimientos se cubrían con el agua procedente de fuentes, galerías o derivaciones en los cauces, por medio de acequias, aprovechando el desnivel del terreno. Esta situación ha ido cambiando paulatinamente hacia una mayor explotación mediante sondeos para completar o satisfacer totalmente las necesidades hídricas.

¿Qué vamos a ver?!

Los aspectos más relevantes que se tratarán en el **Hidrogeodía Málaga 2024** son:

1. Contextos geológico y geomorfológico del entorno de Canillas de Albaida
2. Consideraciones sobre el acuífero carbonático de Sierra Almirajara y las rocas circundantes
3. El origen del agua de los ríos axárquicos
4. ¿Qué son los “recursos” y las “reservas” de agua subterránea?
5. El uso del agua subterránea a lo largo del tiempo
6. Las “fábricas de luz” y el patrimonio hidráulico asociado a las aguas subterráneas
7. Consideraciones sobre el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la Axarquía.

Contexto geológico y tipos de rocas

Sierra Almirajara es un relieve montañoso con elevadas pendientes y bruscas variaciones de altitud, desde 0 m s.n.m., en la costa (Paraje

Natural de Cerro Gordo), hasta 1.831 m s.n.m., en pocos kilómetros de distancia (Fig. 1). Tanto Sierra Almirajara como la vecina Sierra Tejada están formadas por rocas de naturaleza carbonatada, **mármoles dolomíticos** y **calizos** de edad Triásico (entre 230 y 200 millones de años –Ma-), con 700 – 800 m de espesor. Estas rocas descansan sobre **filitas** y **esquistos (metapelitas)** de edad Paleozoico a Triásico Inferior (entre 350 y 230 Ma), las cuales aparecen fundamentalmente al S y O del borde occidental de Sierra Almirajara, en la ladera meridional de Sierra Tejada, y también en afloramientos estrechos y alargados en el interior de Sierra Almirajara (Fig. 1). Localmente se pueden observar acumulaciones de fragmentos sueltos de rocas (**canchales**) en la base de las laderas, y **gravas, arenas y limos** asociados a los cauces. Ambos conjuntos de sedimentos son de edad Cuaternario (entre 2,6 Ma - actualidad).

Los mármoles son las rocas que forman el acuífero de Sierra Almirajara (Fig. 1), mientras que las metapelitas definen la base y los límites del mismo.

Propiedades acuíferas de las rocas

Un material geológico tiene propiedades **acuíferas** si es **poroso** (tiene capacidad de almacenar agua) y **permeable** (si deja pasar el fluido con facilidad). Es frecuente imaginar un acuífero como un “embalse” de agua subterránea estático. Sin embargo, esta idea no se corresponde con la realidad, pues el agua subterránea de los acuíferos circula a través de los poros, fisuras o grietas presentes en las rocas (Fig. 2).

La **porosidad**, es decir, la proporción de huecos que hay en una formación rocosa

respecto al volumen total de la misma, condiciona la cantidad de agua que puede almacenar un acuífero. Además, el agua subterránea sólo puede moverse a través de los huecos que están conectados entre sí (**porosidad eficaz**). Cuando se trata de rocas duras, como los mármoles de Sierra Almirajara o de Sierra Tejeda, su porosidad original es baja o muy baja. Sin embargo, estos materiales pueden llegar a tener propiedades acuíferas muy notables debido a la red de fisuras o fracturas interconectadas entre sí que existe en su interior (Fig. 2A). Además, la disolución por el agua –**karstificación**– que sufren estas rocas por su naturaleza calcárea ensanchan progresivamente las fracturas hasta dar lugar a conductos y cuevas (Fig. 2B). En este contexto se forman los **acuíferos carbonáticos**.

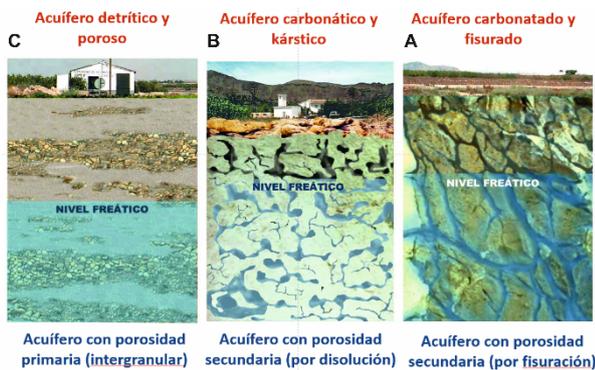


Figura 2: Tipos de porosidad en materiales acuíferos: por fisuras (A), por grietas o fracturas ensanchadas (B) e intergranular (C)

En cambio, el agua ocupa y fluye a través de huecos que quedan entre los granos en los materiales sueltos, como los que aparecen en los lechos fluviales (Fig. 2C). Estos sedimentos constituyen los llamados **acuíferos detríticos**, como los existentes en los valles bajos de los ríos Vélez o Guadalhorce.

Por otro lado, la existencia de rocas de **baja permeabilidad** (filitas, esquistos), con escaso interés acuífero, es clave para definir los **límites** y la **geometría** de los acuíferos.

El paisaje serrano de la Axarquía

El relieve actual de las sierras Tejeda y Almirajara es fruto de los efectos combinados de varios **procesos geomorfológicos** que han modelado la superficie rocosa a lo largo del tiempo. Las crestas agudas y valles profundos, típicos de estas sierras, son producto de la elevación del terreno por la **tectónica**, de **cambios en el nivel del mar** y, sobre todo, de la **erosión del agua** ligada a ríos y arroyos. El modelado se completa con desprendimientos y deslizamientos provocados por la **gravidad** y por los efectos de la **acción del hielo y deshielo** en las partes más elevadas de las sierras.

En este sentido, la intensa fracturación de las rocas ha favorecido, en gran medida, la erosión de la superficie de los mármoles y, en consecuencia, la configuración actual del relieve. A modo de ejemplo, se puede mencionar el caso extremo de mármoles tan **tritutados** y **fracturados** que la erosión fluvial resultante recuerda a la que se produce en materiales detríticos arenosos.

Por otro lado, los efectos de la **meteorización superficial** sobre terrenos constituidos por rocas solubles como calizas, dolomías, mármoles, yesos y otras sales dan como resultado formas muy peculiares. El principal responsable de este proceso, denominado karstificación, es el agua de lluvia, que ataca químicamente a los minerales más solubles y produce la disolución de la roca.

El resultado de la karstificación es el **modelado kárstico**, muy común en la provincia de Málaga. Sin embargo, los mármoles dolomíticos y calizos de Sierra Almirajara están muy fisurados pero poco

karstificados, tanto en superficie como en profundidad, por lo que las formas del paisaje kárstico no son muy numerosas.

¿Cómo funcionan los acuíferos carbonáticos?

La red de fracturas y la naturaleza soluble de las rocas calcáreas confiere a los acuíferos carbonáticos, como el de Sierra Almirajara, cierta complejidad. El **agua de lluvia**, principal fuente de alimentación del acuífero, se **infiltra de forma difusa** a través del suelo y los afloramientos rocosos desnudos. Puntualmente también lo hace de forma **concentrada**, a través de orificios de la superficie (sumideros kársticos) por los que el agua de escorrentía entra directa y rápidamente en el acuífero (Fig. 3).

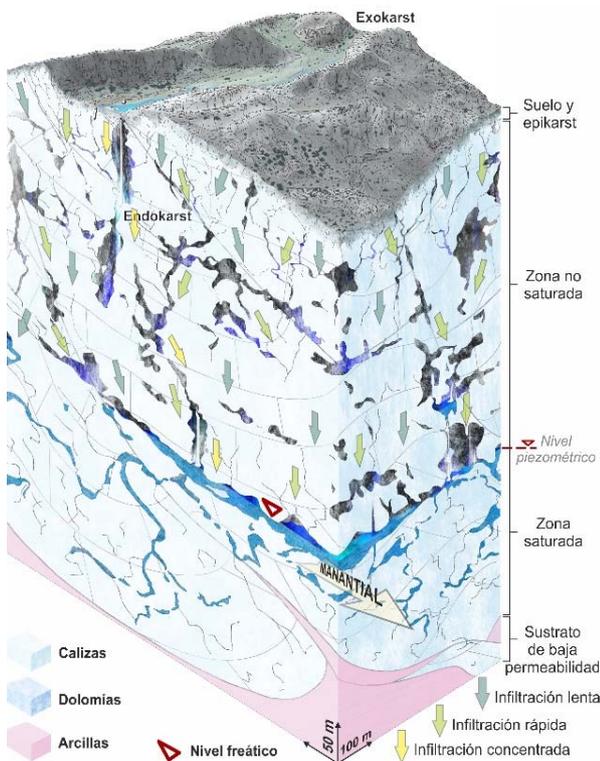


Figura 3: Representación esquemática del interior de un acuífero carbonático-kárstico-

Una vez infiltrada, el agua continúa su flujo descendente a través de la parte más superficial y permeable del acuífero, llamada **zona no saturada** (Fig. 3). En ella, el agua subterránea discurre por los huecos rellenos de agua y aire. Además, el flujo subterráneo puede producirse de forma lenta, por pequeñas fisuras, o de manera rápida, por conductos de tamaño diverso. Por debajo de la zona no saturada se encuentra la **zona saturada**, donde huecos, fracturas y conductos están totalmente llenos de agua. Aquí, el agua subterránea sigue moviéndose, aunque de manera más lenta (Fig. 3). La superficie que separa la zona no saturada de la zona saturada se denomina **nivel freático**.

En el caso de Sierra Almirajara, el flujo subterráneo es **lento y difuso**, porque los mármoles triásicos que forman el acuífero están muy fisurados y poco karstificados.

Finalmente, el agua que ha circulado por el interior del acuífero emerge de nuevo en la superficie por **fuentes, surgencias o manantiales**, en el lecho de los **cauces**, o de manera artificial mediante bombeo en **sondeos y pozos**. Los manantiales aparecen en puntos donde el nivel freático del acuífero intersecta la superficie topográfica. Son, por tanto, lugares de surgencia y drenaje natural puntual del agua subterránea infiltrada y almacenada en el acuífero.

Aunque existen manantiales relevantes en Sierra Almirajara, como el de Maro (Fig. 1), o las surgencias del río Chillar, la mayor parte de la descarga natural del acuífero tiene lugar de **manera difusa**, hacia los cauces que discurren de N a S por la ladera meridional de la sierra: ríos Turvilla, Torrox, Higuero y Chillar (Fig. 1). Los cauces que reciben aportes de agua subterránea del acuífero, en un tramo más o menos definido, se denominan “**ríos**

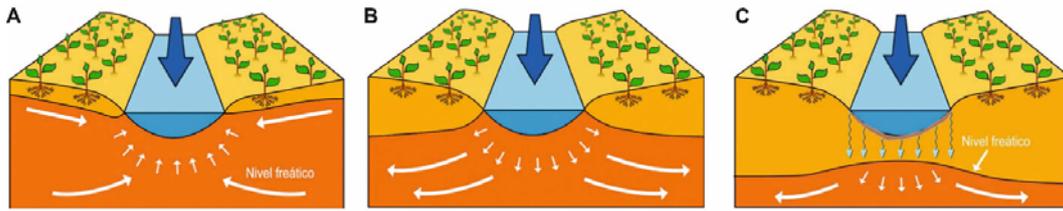


Figura 4: Representación esquemática de tres situaciones que relacionan las aguas subterráneas y los ríos: a) cauce ganador, b) y c) cauces perdedores

ganadores” (Fig. 4A). Se distinguen fácilmente porque su caudal aumenta paulatinamente a medida que nos movemos río abajo. En contraposición, los cauces que pierden caudal de agua por infiltración de esta en el lecho se denominan **“ríos perdedores”** (Fig. 4 B y C).

Los ríos de la ladera meridional de Sierra Almirajara son ganadores en mayor o menor medida y en buena parte de su recorrido

sobre los afloramientos carbonatados (Fig. 5). Esto se debe al encajamiento de la red fluvial, que intersecta al nivel freático del acuífero, y favorece la descarga más o menos difusa hacia los cauces. Los ríos se convierten así en **ejes de drenaje** preferenciales de las aguas subterráneas, lo que permite la presencia de caudal todo el año, incluso en verano y en periodos de sequía como el actual. La longitud del tramo ganador de cada uno de los ríos de Sierra Almirajara estará condicionada por el

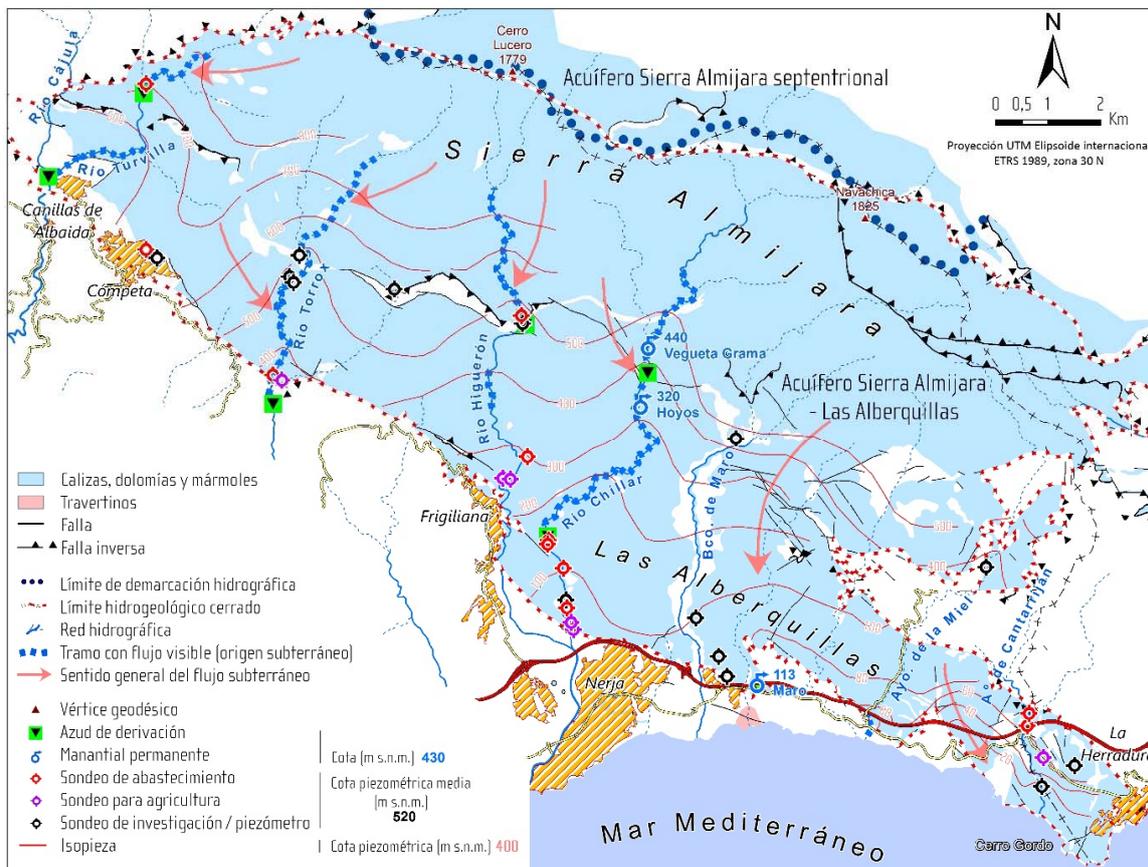


Figura 5: Esquema hidrogeológico de Sierra Almirajara, con indicación de los tramos de ríos ganadores

grado de encajamiento del cauce en el macizo rocoso y por la cota mínima de contacto entre los mármoles y las metapelitas que limitan por el SO al acuífero (Fig. 5): 518 m s.n.m. en el río Turvilla, 323 m s.n.m. (Torrox), 150 m s.n.m. (Higuerón), 80 m s.n.m. (Chillar) y 25 m s.n.m. (arroyo de la Miel).

Recursos vs reservas

Cuando un acuífero funciona en **régimen natural**, el volumen de agua que entra en él es igual al de sus salidas (Fig. 6A). Tan solo existe un cierto desfase temporal, debido a la mayor o menor capacidad de **regulación natural** que ejerce el acuífero, deducida a partir de las variaciones de caudal en los manantiales y ríos. Este **volumen renovable** de agua constituye los **recursos hídricos** del acuífero (Fig. 7), que es **variable** cada año en función de las precipitaciones.

En cambio, el agua subterránea almacenada en el acuífero por debajo de la cota de manantiales y cauces ganadores se denomina **reservas**. Se trata de un **volumen estático** determinado por la geometría del acuífero y las características hidráulicas de las rocas, accesible tan solo mediante sondeos y bombes (Fig. 7).

Recursos y reservas constituyen el volumen total de agua subterránea de un acuífero.

Uso tradicional e “industrial” del agua subterránea

La abundancia de agua en Sierra Almirajara y en el resto de macizos de la Axarquía motivó desde antaño un aprovechamiento de los

recursos hídricos para diversos fines. Muestra de ello es la red de acequias presentes en el municipio de Canillas de Albaida, encargadas de la distribución del agua para el riego de las parcelas circundantes al pueblo. Precisamente, Canillas o *cannula* en latín significa canalización del agua, lugar por donde transita y se reparte el agua, lo que demuestra la importancia de estas infraestructuras en la historia del municipio.

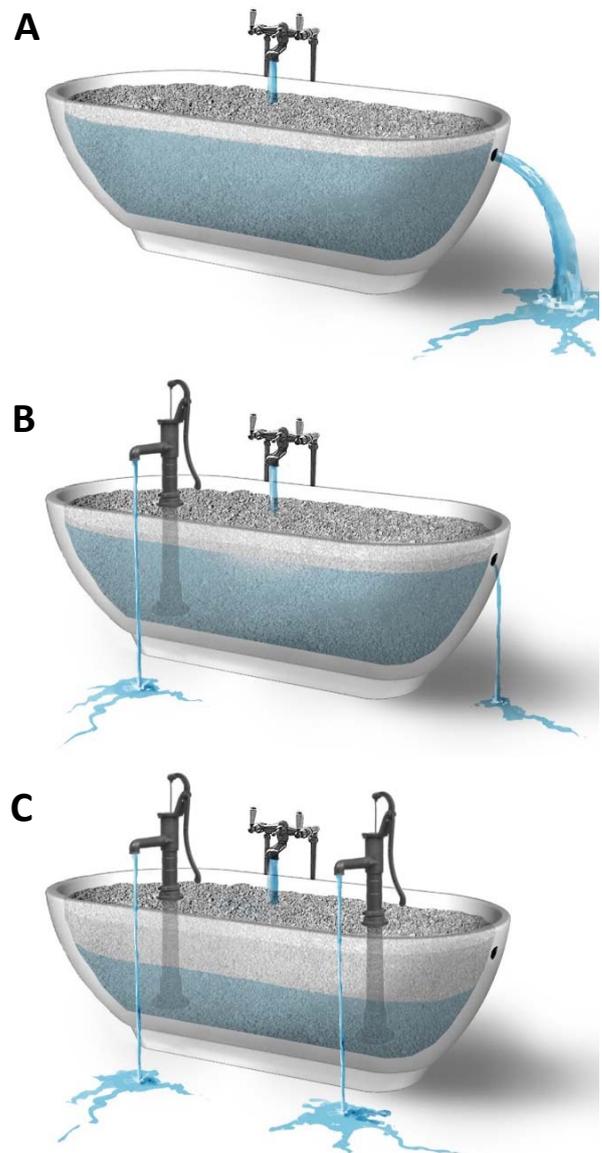


Figura 6: Esquema conceptual de gestión de un acuífero, bajo tres situaciones de explotación: funcionamiento en régimen natural (A). Explotación (B). Sobreexplotación (C). Imágenes cedidas por Sergio Martos Rosillo y Rocío Spin

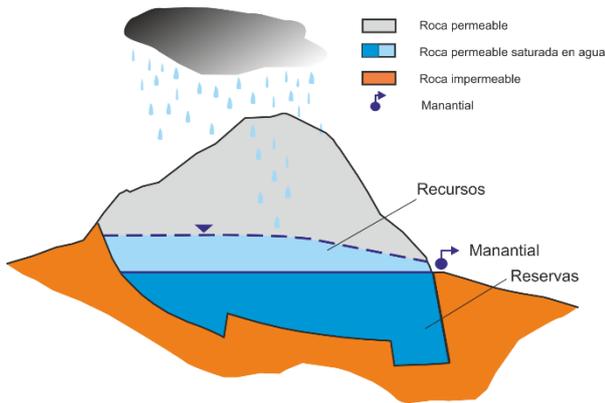


Figura 7: Esquema conceptual de un acuífero con recursos renovados anualmente, drenados por el manantial, y reservas subterráneas contenidas por debajo de la cota de surgencia. Tomado del Proyecto Conoce tus Fuentes

De entre todas las acequias que discurren por Canillas de Albaida, destaca la **Acequia Real**, que toma sus aguas del río Turvilla, en las inmediaciones de la Fábrica de la Luz (Fig. 8). El adjetivo “Real” hace alusión a las 15 alquerías, incluidas Canillas de Albaida y Cómpea, que tras la conquista castellana fueron villas de Realengo.

Sin embargo, los mejores ejemplos de patrimonio hidráulico lo encontramos en las pequeñas centrales hidroeléctricas, conocidas como “**fábricas de luz**”, que proliferaron a comienzos del siglo XX junto a algunos ríos en distintas zonas montañosas de Andalucía. El objetivo era el de introducir la electricidad en las poblaciones cercanas. Estas instalaciones (de entre 50 y 80 Kw) estaban compuestas por un **azud de derivación** y el respectivo **canal** asociado a la central hidroeléctrica. En muchas ocasiones, se aprovechaba una instalación preexistente (un molino, un aserradero, un batán, etc.) como espacio para la central.

La **Fábrica de la Luz** de Canillas de Albaida se inauguró en 1915, en la parte baja del pueblo, y estuvo en funcionamiento durante 5 años. Tras la Guerra Civil las instalaciones se trasladaron a su emplazamiento definitivo, en la cabecera del río Turvilla (Figs. 8 y 9), a un edificio utilizado previamente como aserradero. El edificio principal, de planta

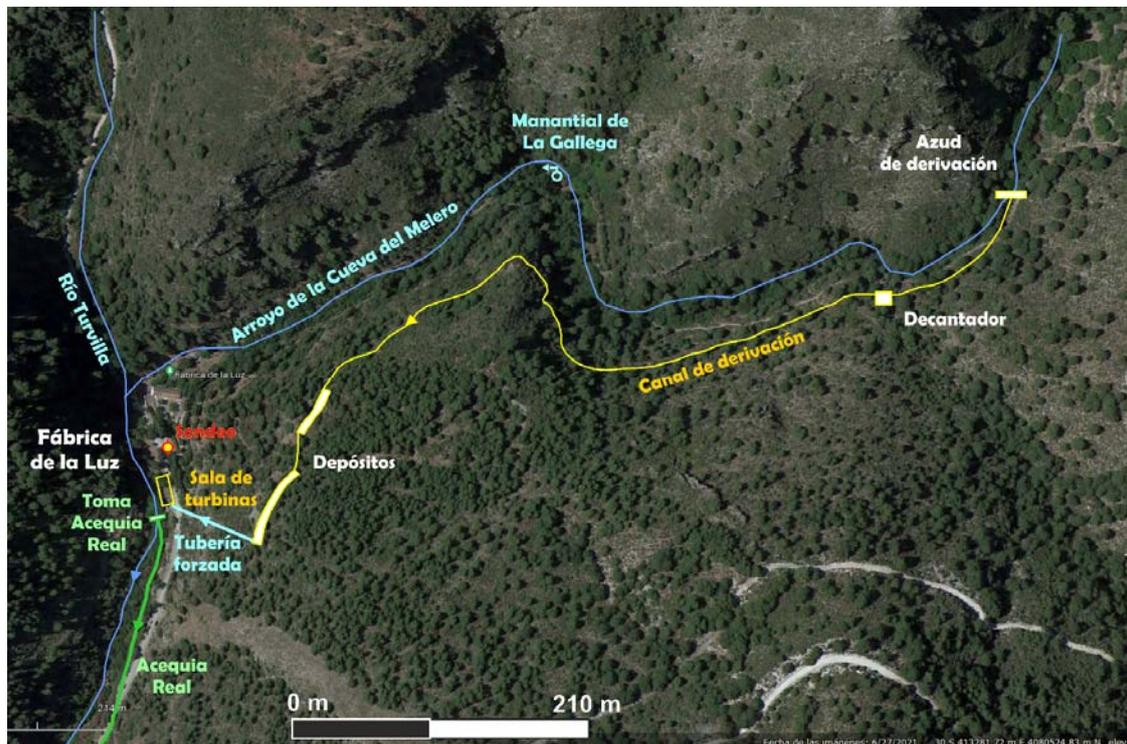


Figura 8: Entorno de la Fábrica de la Luz. Se representan las infraestructuras hidráulicas presentes en la zona. Google Earth

rectangular y paralelo al cauce del río, acogía las **turbinas**. En la parte posterior del edificio se encontraba la entrada de la tubería que suministraba agua a las turbinas desde un depósito situado a cota 767 m s.n.m. El **salto de agua** –desnivel- era del orden de 70 m. El agua llegaba hasta varios depósitos a través de un canal de 1.100 m de longitud, cuyo origen estaba en un azud de derivación construido en el arroyo de la Cueva del Melero (Fig. 8), afluente del río Turbilla. La Fábrica de la Luz cesó su actividad en 1966.

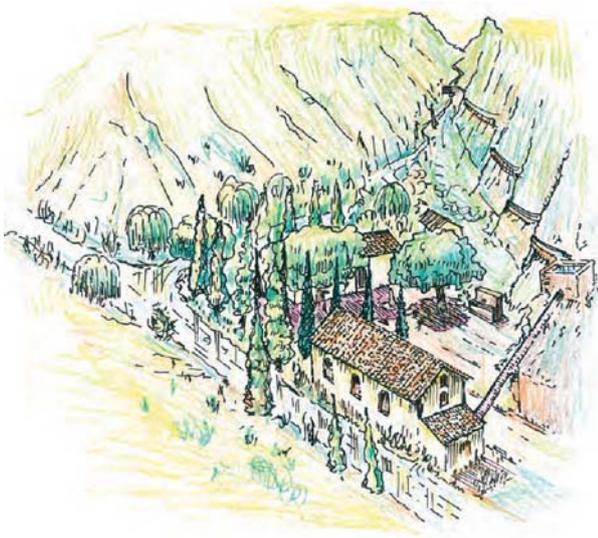


Figura 9: Vista general de la Fábrica de la Luz. Dibujo de Antonio Salguero. Tomado de Santiago Ramos, A. y Guzmán Valdivia, A. (2007)

Otras “fábricas de luz”, con sus respectivos azudes de derivación y canales asociados existieron en los valles de los ríos Chillar (hasta 3), Torrox, Higuero, por citar algunas. Hoy en día constituyen ejemplos de un patrimonio industrial muy valioso, digno de preservar, que no hubiera podido existir sin los recursos subterráneos de los acuíferos que alimentan a los ríos de la Axarquía.

Además de recursos, en el acuífero de Sierra Almijara hay reservas de agua almacenadas por debajo de la cota de los cauces, que deben ser abundantes dado el espesor que alcanzan los mármols (geometría del acuífero) y las características hidráulicas favorables al almacenamiento. Parte de estas reservas son **explotadas**, junto con los recursos, mediante sondeos situados en el borde meridional del acuífero de Sierra Almijara, en los valles de los ríos Turvill, Torrox, Higuero, Chillar y en el barranco de Cantarriján (Fig. 5), donde el nivel freático se alcanza a menor profundidad. Uno de estos sondeos está situado en las inmediaciones de la Fábrica de la Luz (Fig. 8). Tiene 200 m de profundidad y el agua extraída se utiliza para el abastecimiento de Canillas de Albaida, además de al municipio de Arenas.

La concentración de puntos de extracción de aguas subterráneas en algunos sectores de Sierra Almijara (Fig. 5) provoca **efectos indeseados** en el acuífero, como **descensos piezométricos** localmente importantes, que afectan al rendimiento de los sondeos y aumentan el gasto en energía, así como riesgo de intrusión marina (sector de Cantarriján-Cerro Gordo, Fig. 5).

En caso de explotación intensiva, desordenada y abusiva de las reservas de agua subterránea (**sobreexplotación**), los citados descensos llevarán aparejado el agotamiento completo de los manantiales (Fig. 6C), como los que antiguamente existían en el cauce bajo del Chillar (Fig. 5), una circunstancia que suele ir acompañada de una lógica contestación social, sobre todo si los manantiales sustentan espacios protegidos –como es el caso- desde el punto de vista medioambiental o cultural.

Es fundamental tener muy presente que la sobreexplotación de un acuífero implica la **anulación del caudal** de base de los ríos, con el consiguiente impacto ambiental y

afección a los usos tradicionales del agua como el riego de las huertas a través de la red ancestral de acequias.

En otras ocasiones, la sobreexplotación de los recursos y reservas subterráneas de los acuíferos genera problemas de **subsistencia** del terreno o **pérdida de calidad** del agua (aumento de la salinidad, arrastre de finos - turbidez-), que se suman a los asociados a la disminución de cantidad.

En definitiva, es recomendable la aplicación de **medidas de gestión** que ayuden a prevenir situaciones de explotación intensiva de los acuíferos. Es más, dada su importancia estratégica como reservorio de agua en la comarca de la Axarquía, el agua subterránea del acuífero de Sierra Almirajara debería protegerse y reservarse exclusivamente para abastecimiento urbano, siempre que no se produzca un crecimiento urbanístico excesivo, y para el mantenimiento de los caudales de los ríos de los que depende el sostenimiento de los ecosistemas de la región.

Consideraciones sobre el HIDROGEODÍA 2024

La excursión del **Hidrogeodía Málaga 2024** tiene lugar en un espacio natural protegido, por un itinerario definido. Se ruega no arrojar residuos a lo largo del recorrido. Se recomienda el uso de ropa y calzado adecuados, gorra, agua, comida y protección solar. Asimismo, la organización se reserva el derecho a suspender la actividad si las condiciones climáticas imposibilitan el normal desarrollo de la misma.

Las personas asistentes asumen voluntariamente los posibles riesgos de la actividad y, en consecuencia, eximen a la

organización de cualquier daño o perjuicio que puedan sufrir en el desarrollo de la misma.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a las instituciones que han apoyado y/o colaborado con la actividad “**Hidrogeodía Málaga 2024**”, en especial al **Exmo. Ayuntamiento de Canillas de Albaida** por la ayuda ofrecida en la organización de la misma.

ORGANIZA:



COLABORAN:



Para saber más....

Andreo, B. y Carrasco, F. (1996): Estudio hidrogeológico del entorno de la Cueva de Nerja. En: *Geología de la Cueva de Nerja*, tomo 3, pp. 163 – 187. ISBN: 84-604-6079-7.

Benavente, J. y Almécija, C. (1993): Estudio geomorfológico del entorno de la Cueva de Nerja. En: *Geología de la Cueva de Nerja. Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 3: pp. 117-158. Patronato de la Cueva de Nerja.

Castillo Martín, A. (Coord.) (2008): *Manantiales de Andalucía*. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla, 416 pp.

Fernández del Río, G., Castillo, E., Delgado, J. y Villalobos, M. (1992): Evaluación de recursos hídricos de las sierras Tejeda y Almijara (Málaga y Granada). En: *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XV: pp. 241-256.

Pérez-Ramos, I. y Andreo, B. (2007): Sierra Almijara (M.A.S. 060.024)-Alberquillas (M.A.S. 060.063). En: Durán, J.J. (Coord. general), *Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga*, tomo 2, 143-148. Instituto Geológico y Minero de España; Diputación de Málaga, Madrid. 220 pp.

Sanz de Galdeano, C. y López-Garrido, A.C. (2003): Revisión de las unidades alpujarrides de las sierras de Tejeda, Almijara y Guájares (sector central de la Zona Interna Bética, provincias de Granada y Málaga). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 16(3-4): 135-149.

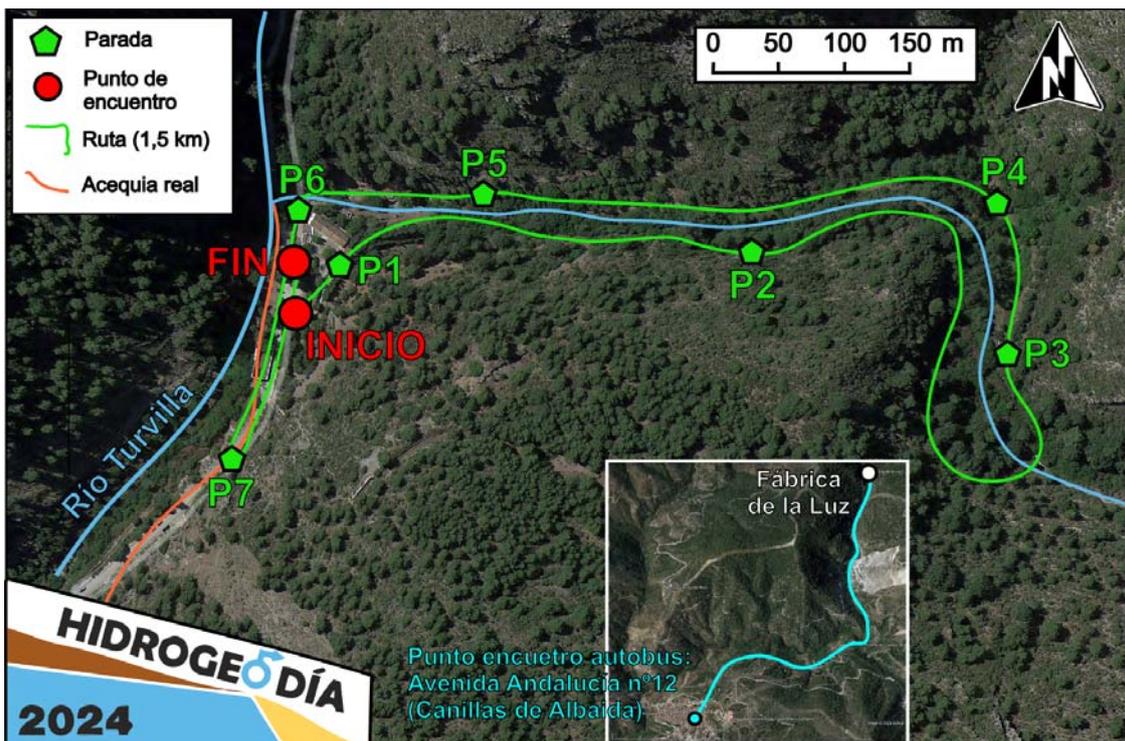
Santiago Ramos, A. y Guzmán Valdivia, A. (2007): Axarquía. *Patrimonio Industrial*, Málaga, 2007.

SGOP (1991): Estudio hidrogeológico de las Sierras Tejeda, Almijara y Guájares (Málaga y Granada). Servicio Geológico de Obras Públicas. Informe inédito. 245 pp.

Los monitores del Hidrogeodía 2024

José María Ávila Marín
 Juan Antonio Barberá Fornell
 Javier Buera Cuerva
 Beatriz de la Torre Martínez
 Antonio Fermín Castro
 Charo García Cuadra
 José Manuel Gil Márquez
 Marta Llamas Dios
 Ana Isabel Marín Guerrero
 Pedro Marín Troya
 José Francisco Martín Rodríguez
 Alejandro Millán Madrid
 Matías Mudarra Martínez
 Adrián Palomino Gómez
 Juan José Rovira Medina
 Damián Sánchez García

Itinerario HIDROGEODÍA Málaga 2024





Notas