

# HIDROGEODÍA

## 2025

Málaga



COORDINA:

Asociación Internacional de Hidrogeólogos  
Grupo Español

(nueva fecha)  
**5 de abril 2025**

# Valle de Jorox -Alozaina-

## “Un legado surgido de la montaña”

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

EXCURSIÓN GRATUITA  
Y GUIADA

PUNTO DE ENCUENTRO:  
**Calle Calvario, 27,  
ALOZAINA**

IMPRESINDIBLE  
RESERVA PREVIA  
[juanjrm@uma.es](mailto:juanjrm@uma.es)

Excursión de 3 horas aprox.  
Información detallada en:  
<https://www.aih-ge.org/hidrogeodia-2025/>

ORGANIZA:



COLABORAN:



COLABORA

CON LA AIH-GE Y EL PROGRAMA 'APADRINA UNA ROCA'

PARA MEJORAR LA PROTECCION DEL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO

¿QUIERES COLABORAR?



## 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@**, que se celebra con motivo del **Día Mundial del Agua** (22 de marzo). La jornada consta de **actividades gratuitas**, guiadas por hidrogeólogos/as, abiertas a todo tipo de público, sin importar su conocimiento en la materia. La actividad es promovida por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE).

En Málaga, el **Hidrogeodía 2025** se celebra en **Alozaina** (Fig. 1), un municipio con un

patrimonio natural y cultural notorio, situado en la **Sierra de las Nieves**, a unos 40 km al O de Málaga. En concreto, la excursión del Hidrogeodía se centra en el **valle del río Jorox**, en el borde meridional de **Sierra Prieta**. La abundancia de agua en esta zona, procedente del manantial homónimo que da origen al río, permitió el asentamiento de distintas civilizaciones y la creación progresiva de una extensa red de acequias y albercas, en su mayoría en época andalusí, para el riego de los fértiles bancales que acogen numerosos huertos. El agua subterránea fue también utilizada como fuerza motriz de antiguos molinos harineros, algunos de ellos conservados en buen estado. Sierra Prieta, junto con la sierra de Alcaparaín, situada más al norte, forman uno de los acuíferos más relevantes de la región en cuanto a superficie (**44 km<sup>2</sup>**) y disponibilidad de recursos hídricos.

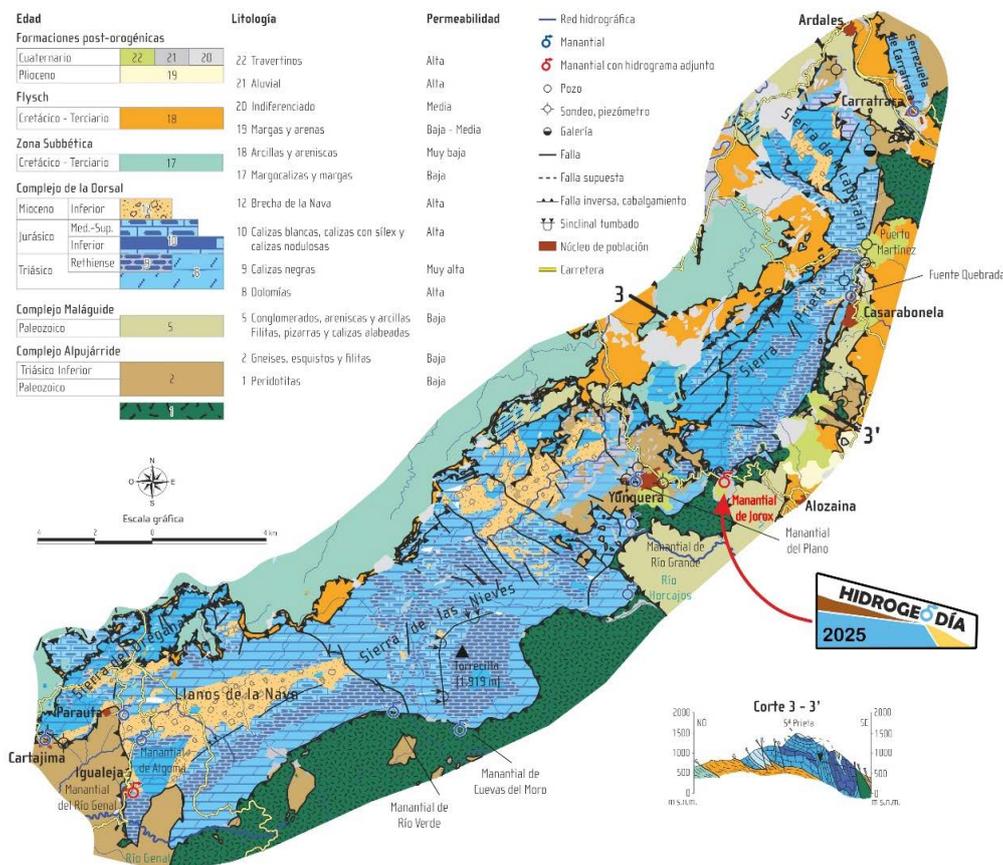


Figura 1: Esquema geológico - hidrogeológico de la Sierra de las Nieves-Prieta-Alcaparaín. Tomado de Liñán Baena (2007)



## 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, grietas o huecos presentes en las rocas (Fig. 3).

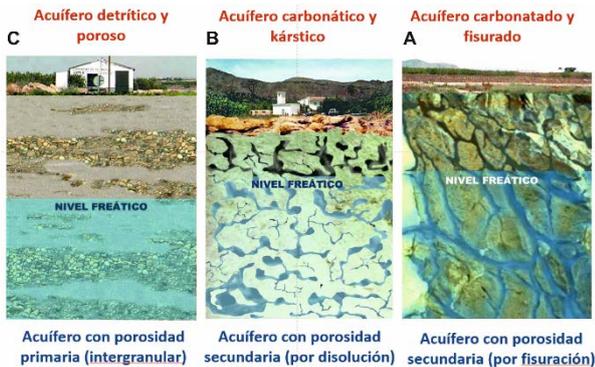


Figura 3: Tipos de porosidad en materiales acuíferos: por fisuras (A), por fracturas ensanchadas (B) e intergranular (C)

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**). En rocas como los carbonatos de Sierra Prieta o de la Sierra de las Nieves, 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. 3A). La disolución por el agua que sufren estas rocas por su naturaleza calcárea (**karstificación**) ensanchan

progresivamente las fracturas hasta dar lugar a conductos y cuevas (Fig. 3B). En este contexto se forman los **acuíferos carbonáticos** como el asociado al manantial de Jorox.

En cambio, cuando se trata de materiales sueltos, no consolidados, como los que aparecen en lechos fluviales o en los depósitos de ladera (Fig. 3C), el agua ocupa los huecos que quedan entre los granos y fluye a través de estos. Este tipo de sedimentos constituyen los llamados acuíferos detríticos, como el existente en el tramo bajo del río Grande o en el propio valle del río Guadalhorce.

Por otro lado, la existencia de materiales de **baja permeabilidad** (esquistos, peridotitas) es clave para definir los límites y la geometría de los acuíferos. No obstante, la fracturación y la meteorización pueden favorecer la permeabilidad en estas rocas y, por tanto, la presencia de flujo subterráneo y también de manantiales, como ocurre en las **peridotitas**.

El agua drenada por algunos de los manantiales asociados a las peridotitas puede presentar características hidroquímicas particulares, como es el caso del **balneario de Tolox**, con temperaturas elevadas, pH por encima de 10, presencia de gases (metano, hidrógeno). El agua caliente que emerge en estos balnearios puede tener propiedades curativas y relajantes, lo que los convierte en destinos populares para el turismo de salud y bienestar. Además, los balnearios en zona rurales son un punto de actividad económica que fomenta y enriquece la vida en estas zonas no urbanas.

## ¿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 Prieta, 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. 4).

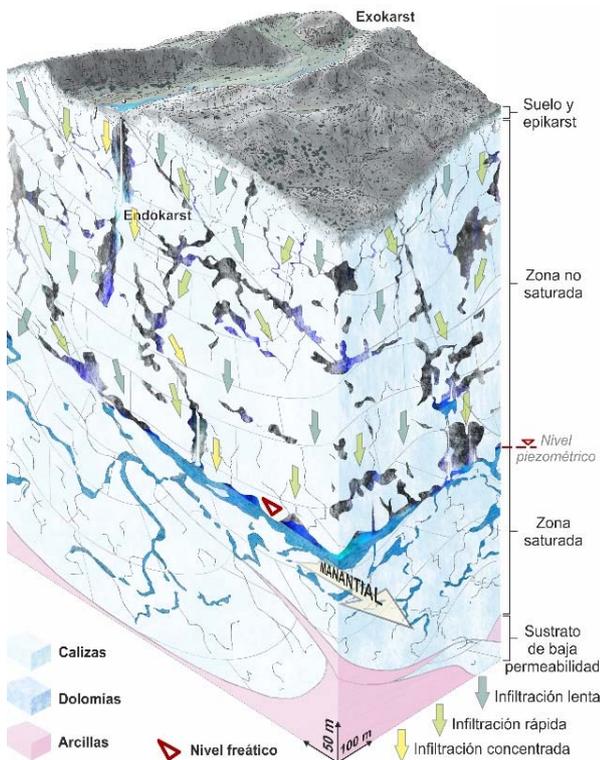


Figura 4: Representación esquemática del interior de un acuífero carbonático-kárstico-

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. 4). En ella, el agua subterránea discurre por huecos parcialmente ocupados por aire. El flujo subterráneo puede producirse de forma lenta, por la red de fisuras, o de manera rápida, por conductos de tamaño diverso. 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. 4). La superficie que separa la zona no saturada de la zona saturada se denomina **nivel freático**.

En el caso de Sierra Prieta, el flujo subterráneo puede llegar a ocurrir de manera rápida, porque los carbonatos que forman el acuífero están muy karstificados.

Finalmente, el agua que ha circulado por el interior del acuífero vuelve a la superficie de forma natural por fuentes o manantiales, como el de Jorox, punto principal de descarga de Sierra Prieta, o de manera artificial mediante bombeo en sondeos. Por lo general, los manantiales se encuentran en posiciones topográficas bajas, tales como laderas o el fondo de los valles, aunque a veces se localizan en el cauce de los ríos, lagos e incluso bajo el mar, casi siempre asociados al contacto –estratigráfico o tectónico- entre formaciones geológicas con un marcado contraste de permeabilidad. Son, por tanto, lugares de surgencia y drenaje natural del agua infiltrada y almacenada en el acuífero.

## Manantiales kársticos

En general, el caudal de los manantiales suele variar bastante, desde pocos litros por segundo a varias decenas de miles de litros por segundo, sobre todo después de periodos de lluvias. Pero no todos responden de igual modo ante estas, depende del tiempo empleado por el agua en recorrer la distancia que separa la zona de infiltración y el punto de descarga. La surgencia de Jorox muestra rápidos y significativos aumentos de caudal en respuesta a las lluvias, acompañados de disminuciones de la temperatura y de la

mineralización del agua subterránea. A partir de este comportamiento se deduce la existencia de conductos y cavidades que permiten un movimiento rápido del agua subterránea en el interior del acuífero (Fig. 5).

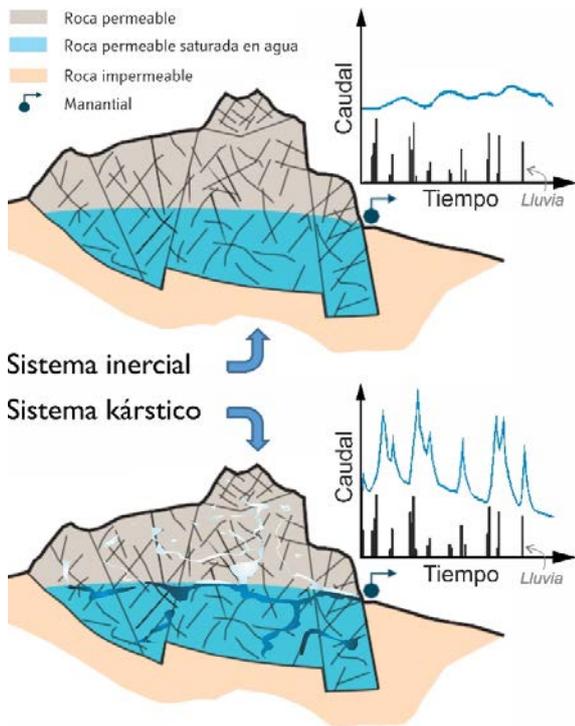


Figura 5: Representación esquemática de los tipos de acuíferos kársticos. Modificado de Castillo Martín (2008)

A lo largo de la historia, los **manantiales kársticos** han sido determinantes a la hora de establecer asentamientos humanos y son numerosos los pueblos y ciudades que se abastecen de sus aguas, generalmente de excelente calidad. Además de por sus recursos, los manantiales kársticos despiertan una enorme curiosidad, ya que normalmente se ubican en lugares de gran belleza y su descarga suele ser espectacular, capaces de originar ríos. Se trata de puntos singulares muchas veces asociados a parajes de gran valor natural, paisajístico, faunístico, botánico etc., como el valle del río Jorox, y por ello forman parte de nuestro patrimonio hidrogeológico. Muchos de ellos se han secado y otros corren el riesgo de verse afectados,

por lo que la sociedad debe tratar de protegerlos y conservarlos, de forma que se pueda seguir disfrutando de ellos.

## Recursos versus reservas

Cuando un acuífero funciona en régimen natural, el volumen de agua que entra en él es igual al de sus salidas. 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 (Fig. 5). Este volumen renovable de agua constituye los llamados recursos hídricos del acuífero (Fig. 6), variables cada año en función de las precipitaciones.

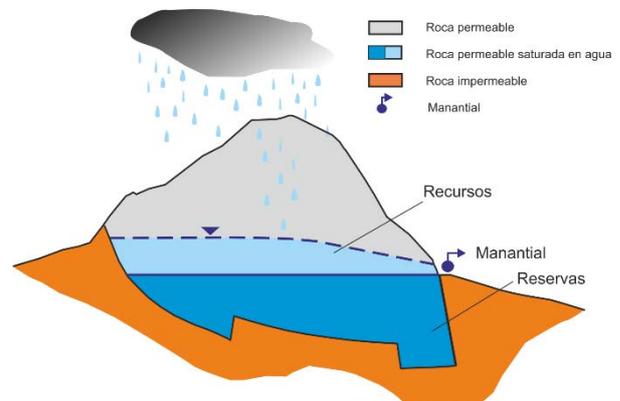


Figura 6: Esquema conceptual de un acuífero con recursos renovados anualmente, drenados por el manantial, y reservas subterráneas contenidas por debajo de la cota de surgencia. Modificado de Castillo Martín (2008)

En cambio, el agua subterránea almacenada en el acuífero por debajo de la cota de los manantiales se denomina reservas (Fig. 6). 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 bombeos.

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

## Un paisaje en continua evolución

El relieve actual de la Sierra de las Nieves-Prieta-Alcaparaín es el resultado de los efectos combinados de varios **procesos geomorfológicos** que han modelado la superficie del terreno 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 producida por ríos y arroyos. También de los desprendimientos y deslizamientos provocados por la gravedad y por los efectos de la acción del hielo y deshielo en las partes más elevadas de las sierras.

Son visibles también los efectos de la **meteorización** superficial (y subterránea) sobre rocas solubles como calizas, dolomías, y mármoles, proceso denominado **“karstificación”**: el agua de lluvia ataca químicamente a los minerales más solubles y produce la disolución de la roca. El resultado de este proceso es el **modelado kárstico**, muy común en la provincia de Málaga. Las formas de disolución pueden ser exokársticas y endokársticas. Las primeras son las que se generan en superficie, mientras las segundas resultan de procesos de disolución en el interior del acuífero. Como formas exokársticas más características encontramos los campos de lapiaz, dolinas, sumideros y poljes (Fig. 7). Las formas endokársticas corresponden esencialmente al desarrollo, en mayor o menor medida, de simas y cuevas.

En la Sierra de las Nieves hay magníficos ejemplos de modelado kárstico (tanto endo- como exokárstico) desarrollado en los carbonatos. Es llamativo el paisaje kárstico que puede apreciarse en los Llanos de la Nava o

en el Puerto de los Pilonos (Fig. 1), parajes de gran singularidad geológica y geomorfológica donde existe un elevado número de dolinas, campos de lapiaz, sumideros, cuevas y simas. Algunas de estas son “supercuevas”, muy profundas y con gran desarrollo espeleológico, como la sima GEMS-sima de la Luz (-1098 m, 20,5 km de desarrollo) o la sima del Aire (-720 m, 15,5 km de desarrollo).

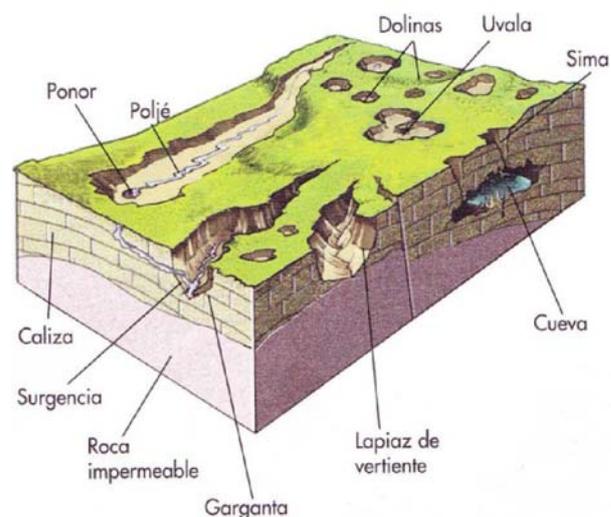


Figura 7: Bloque diagrama de un macizo kárstico con las formas de disolución exokársticas y endokársticas más características

En un paisaje kárstico no sólo se generan formas de disolución, también se originan formas de depósito como consecuencia de la precipitación de los minerales previamente disueltos por el agua, fundamentalmente carbonato cálcico o calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Entre las formas de depósito exokársticas más comunes se encuentran las **tobas** y los **travertinos**, cuyo equivalente endokárstico serían los espeleotemas formados en las cuevas (estalactitas y estalagmitas, entre otros).

Los edificios travertínicos, como **“la mesa”** de Jorox, y otros localizados en la ladera SE de Sierra Prieta (Fig. 8), están asociados a corrientes de agua y a las salidas de agua subterránea a través de manantiales que se han mantenido estables (a la misma cota)

durante un periodo de tiempo significativo a escala geológica (de miles a centenares de miles de años). Cuando una surgencia cambia de posición geográfica, porque aparece otro punto de desagüe del acuífero a cota inferior (que es lo habitual por la erosión), cesa la precipitación de calcita en ese lugar y comenzaría la formación de otro edificio travertínico en el entorno del nuevo manantial, al mismo tiempo que el edificio previo comenzaría a erosionarse. Así pues, un afloramiento de travertinos adyacente a un macizo carbonático representa un paleonivel freático del mismo. A menudo, los travertinos se presentan escalonados, a diferente cota, en los bordes de los macizos carbonáticos, de forma que los afloramientos progresivamente más bajos suelen ser cada vez más recientes. Ello demuestra el interés de estos depósitos para conocer la **evolución geomorfológica** e hidrogeológica reciente.

Por lo general, los travertinos son lugares de interés geológico muy singulares y de gran belleza, al tiempo que muy frágiles y vulnerables, por lo que también deben ser protegidos y conservados.

drenaje de las aguas subterráneas (posición de los manantiales) y la velocidad a la que se encaja –erosiona- la red de drenaje (río y arroyos) en el relieve.

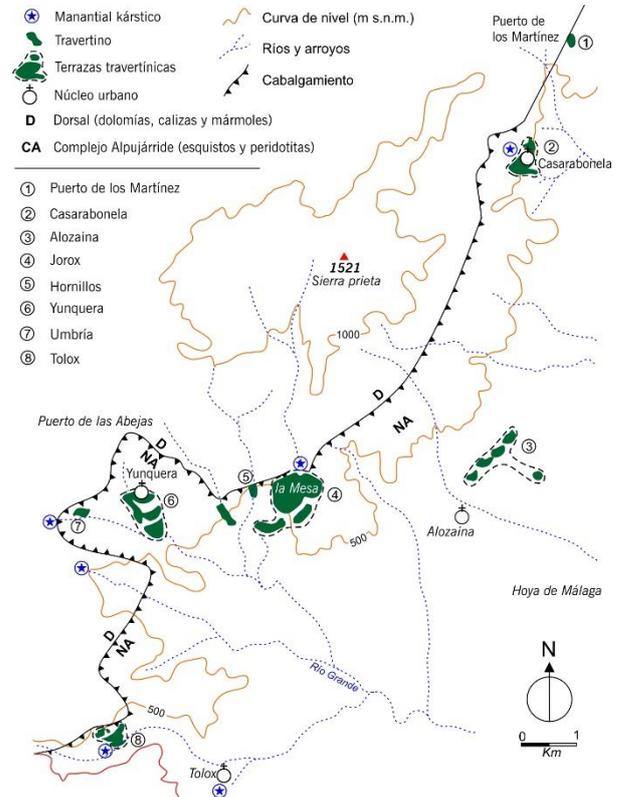


Figura 8: Esquema cartográfico con la ubicación de los afloramientos de travertinos en el borde SE de Sierra Prieta. Modificado de Delannoy et al. (1993)

En la vertiente SE de Sierra Prieta se observan hasta 7 **terrazas travertínicas** situadas entre 380 y 650 m s.n.m. (Fig. 8), relacionadas en su mayoría con manantiales (antiguos y actuales) encargados del drenaje de los acuíferos carbonáticos. Destacan los travertinos de Jorox (Figs. 8 y 9), que aparecen escalonados en el paisaje según varios niveles (hasta 4), con una diferencia de hasta 200 m de altura entre el inferior, asociado al río, y el superior (a 565 m s.n.m.) que da lugar a “la mesa”. El depósito de los travertinos de Jorox ha sido datado con técnicas de  $^{14}\text{C}$  en más de 350.000 años (posiblemente 1,5 Ma) para los afloramientos superiores (cotas entre 565 y

## Travertinos y paleo-hidrogeología

Se puede estimar el inicio y el final de formación de un travertino (su “edad”) con cierta precisión, mediante **métodos geocronológicos** como el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ) o el U/Th. Por tanto, estas rocas permiten a los investigadores reconstruir los cambios del relieve y conocer y datar los procesos que han determinado la evolución del paisaje, entre ellos los cambios paleo-hidrogeológicos (estudio de las características hidrogeológicas de un área en el pasado reciente). Entre otros aspectos, es posible deducir cambios en el

480 m s.n.m.) y entre 116.000 - 9.600 años para los travertinos inferiores más próximos al río (entre 415 y 380 m s.n.m.). En cuanto a su génesis, están asociados a la surgencia de Jorox, que hoy día se encuentra a 530 m s.n.m.

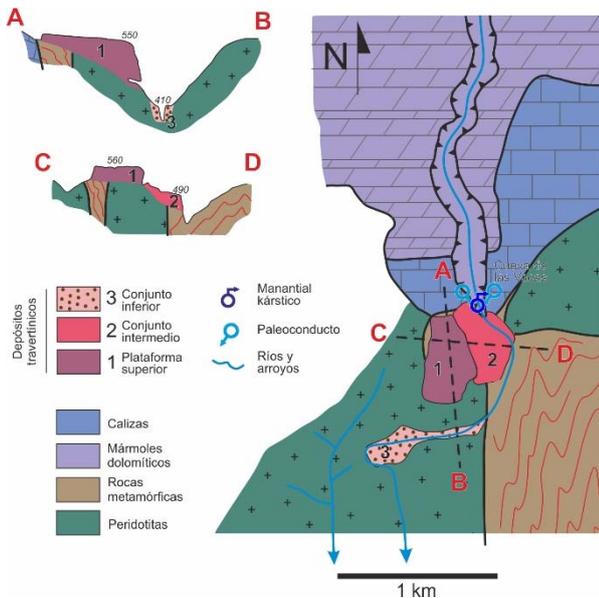


Figura 9: Esquema cartográfico y perfiles de las terrazas travertínicas asociadas al manantial de Jorox. Modificado de Delannoy et al. (1993)

Por tanto, los travertinos, como el de Jorox, permiten deducir la alternancia de etapas de erosión y encajamiento de la red fluvial con otras más estables en las que se depositaron los travertinos. En Sierra Prieta, la fase de encajamiento más significativa ocurrió hace 1,5 Ma y provocó el descenso de la cota de surgencia (nivel freático) del manantial de Jorox y de la red asociada de drenaje kárstico en el interior del macizo hasta una posición similar a la actual.

Además de los travertinos, encontramos pruebas de este descenso del nivel de drenaje subterráneo en la **cueva “del Tajo”** o “de las Vacas” (Fig. 9), cuya entrada está situada a 553 m s.n.m., y en la cueva del Algarrobo, situada justo enfrente aunque parcialmente oculta por la vegetación. Se trata de un

conducto kárstico que en el pasado alimentaba al manantial cuando este se encontraba a cota superior. Hoy día el conducto ha quedado colgado -“seco”- respecto al manantial. Esta cueva ha sido ocupada por el ser humano desde la prehistoria, como atestiguan los restos de industria lítica, elementos de adorno personal y grabados, hallados en su interior.

## Hidráulica y uso tradicional del agua en el valle de Jorox

Los desniveles y las terrazas naturales presentes en el valle del río Jorox han sido aprovechados desde antiguo para el cultivo en bancales de huertos y frutales; una rica agricultura de irrigación, abastecida por una serie de canales cuyas acometidas principales se realizan en las proximidades del manantial, para luego dividirse y subdividirse en un entramado de acequias y brazales secundarios. Esta **red de acequias** y albercas de origen árabe puede agruparse en varios sistemas formados por un canal principal y acequias secundarias. Entre los sistemas más significativos destacan “la acequia de Los Molinos”, el sistema del Nacimiento, el sistema de la “acequia del Moro”, y el sistema de la “acequia de la Nana”. Otros sistemas de irrigación secundarios presentes en la zona toman el agua de galerías o *qanāt* excavados en la ladera de los travertinos, almacenándose el agua después en albercas desde las cuales se distribuye a los bancales cercanos. Este es el caso del sistema del “*qanāt* del Portezuelo” y del sistema de las “Cuevas de Jorox”.

Sin embargo, los principales elementos del patrimonio hidráulico del valle de Jorox son los **molinos harineros** presentes en la zona. El caudal constante de agua durante todo el año procedente del manantial y los desniveles existentes convertían este lugar en idóneo

para la construcción progresiva de este tipo de edificaciones, que aprovechaban los saltos de agua y la fuerza hidráulica generada para mover las piedras con las que moler el cereal.

Los primeros registros que documentan la existencia de molinos en la zona datan del siglo XV. En total coexistieron **nueve molinos** harineros en Jorox (molino de la Riada, Pasada, Planchero, Tenorio, Antonio Rey, Don Bartolo, Antonio Sánchez,...). Todos estaban instalados en la acequia de Los Molinos, de forma que el caudal de agua pasaba de uno a otro mediante acequias en sentido descendente, reutilizándose una y otra vez. Los últimos molinos que molieron en Jorox se pararon en los años sesenta del siglo XX por lo que actualmente ninguno de ellos mantiene su función original. Afortunadamente se conservan los edificios de seis de ellos en muy buen estado y con nuevos usos que son testigos de aquellos tiempos.

## **Gestión sostenible del agua (superficial y subterránea)**

Las aguas subterráneas de la Sierra de las Nieves-Prieta-Alcaparaín son de buena calidad química y se utilizan para el abastecimiento urbano y para regadío, como ocurre en Jorox. En el municipio de Casarabonela hay varias empresas que se dedican al embotellado y comercialización del agua mineral. Sin embargo, la mayor parte de los recursos de agua subterránea de Sierra Prieta y de la vecina Sierra de las Nieves fluye hacia cauces superficiales, cuyo nacimiento son los propios manantiales. Estas aportaciones, junto con las escorrentías superficiales, se destinan a garantizar el suministro de agua a buena parte de los núcleos urbanos situados en los tramos medio y bajo de los ríos Grande y

Guadalhorce, pero también para cubrir la demanda de agua para regadío de esas zonas.

La gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Guadalhorce incluye, por tanto, el uso conjunto de aguas superficiales (reguladas mediante embalses) y de aguas subterráneas (drenaje natural y/o explotación mediante sondeos), lo que requiere de un correcto estudio de los acuíferos y uso de los sus recursos.

En caso de explotación intensiva, desordenada y abusiva de las reservas de agua subterránea (sobreeplotación), se producen descensos en el nivel piezométrico, lo que llevará aparejado el agotamiento completo de los manantiales. Una circunstancia que suele ir acompañada de una lógica contestación social, sobre todo si los manantiales sustentan sistemas tradicionales de irrigación o espacios protegidos desde el punto de vista medioambiental o cultural.

## **Consideraciones sobre el HIDROGEODÍA 2025**

La excursión del **Hidrogeodía Málaga 2025** tiene lugar en un espacio natural, 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 2025**”, en especial al **Exmo. Ayuntamiento de Alosaina** por la ayuda ofrecida en la organización de la misma.

ORGANIZA:



COLABORAN:



## Para saber más....

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

**Delannoy, J.J., Guendon, J.L., Quinif, Y. y Roiron, P. (1993):** *Formaciones travertínicas del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda (Málaga)*. Cuadernos de Geografía, 54: 189 – 222. ISBN: 84-604-6079-7.

**Liñán Baena, C. (2003):** *Hidrogeología de acuíferos carbonatados en la Unidad Yunquera – Nieves (Málaga)*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 317 pp.

**Liñán Baena, C. (2007):** *Sierra de la Nieves-Prieta (M.A.S. 060.046)*. En: Durán, J.J. (Coord. general), *Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga*, tomo 2, 47-52.

Instituto Geológico y Minero de España; Diputación de Málaga, Madrid. 220 pp.

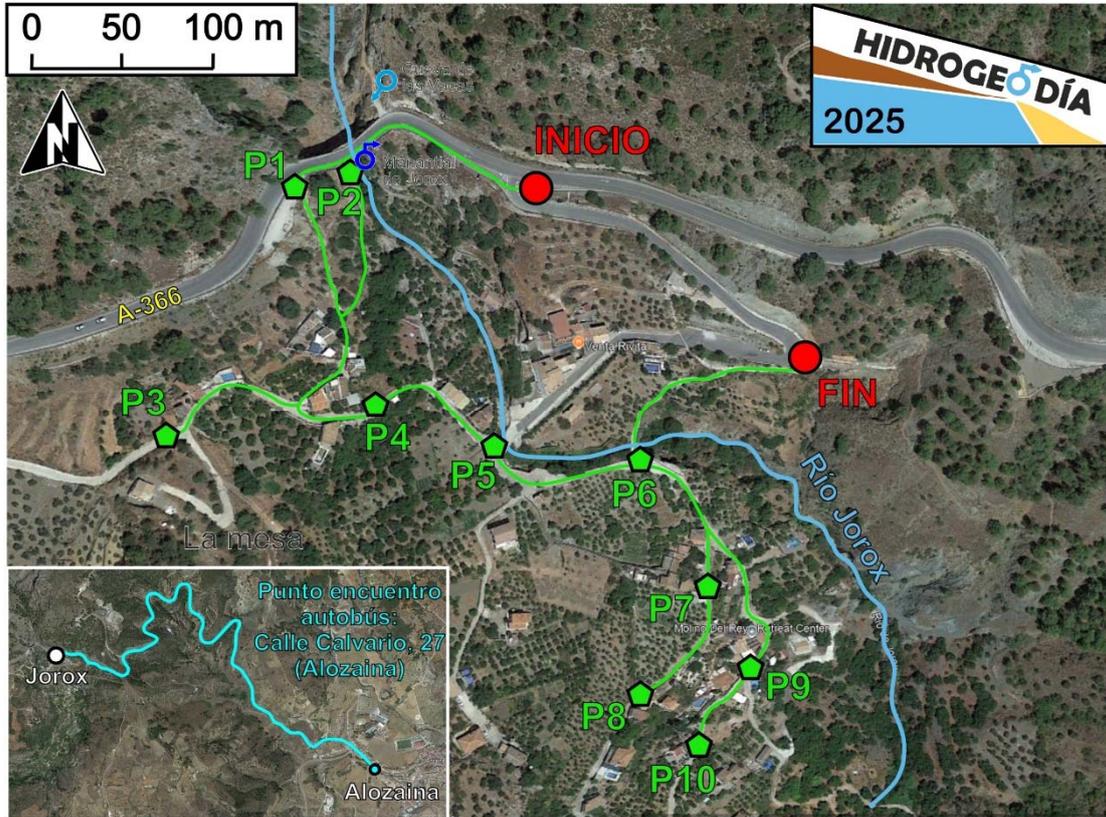
**Marqués, I. y Ruiz, A. (1975):** *El Solutrense de la Cueva del Tajo del Jorox*. Alosaina (Málaga). C.P.Gr., 1, 47-57.

**Ordoñez Frías, A. (2013):** *Hidráulica y poblamiento andalusí en el valle de Jorox. Una aproximación desde la metodología arqueológica*. *Takurunna* 3, 91-126. ISSN: 2253-6191.

## Los monitores del Hidrogeodía 2025

Juan Antonio Barberá Fornell  
Beatriz de la Torre Martínez  
Antonio Fermín Castro  
Charo García Cuadra  
José Manuel Gil Márquez  
Cristina Liñán Baena  
Ana Isabel Marín Guerrero  
Pedro Marín Troya  
José Francisco Martín Rodríguez  
Matías Mudarra Martínez  
Adrián Palomino Gómez  
Juan José Rovira Medina  
Damián Sánchez García  
Iñaki Vadillo Pérez

**Itinerario HIDROGEODÍA Málaga 2025**



**Notas**