

# JAI TEK: anonimato o autoría en la difusión del qanāt a Al-Andalus

Roberto Villamayor Fernández  
Marte Mujika Urteaga

La iniciativa *JAI TEK tecnología feliz* es una selección de arquitecturas concebidas al servicio de la comunidad (Mujika, Villamayor 2007). Esta comunicación forma parte de una serie de contribuciones a congresos, que pretenden destacar el valor de las técnicas tradicionales y anónimas. Las soluciones *felices* o *jai*, basadas en la sencillez y el ingenio, facilitan la apropiación por el colectivo de usuarios. La identificación de la comunidad con la arquitectura convierte a la tecnología en cultura.

Entre los ejemplos *JAI TEK* estudiados figura el *qanāt*, técnica hidráulica en la que se centra la Tesis Doctoral: «QANĀT. El peso del agua en la construcción de un paisaje», inscrita por Roberto Villamayor en el Departamento de Arquitectura de la UPV/EHU.

El *qanāt* consiste en una galería subterránea, que capta el nivel freático en una elevación, para abastecer de agua potable a una población situada en territorio estéril (figura 1).

Se trata de una técnica milenaria, originada en Persia, aunque utilizada en otros lugares con características climáticas y topográficas similares. Esta comunicación analiza la difusión del *qanāt* a Hispania y a al-Andalus. Varios tratados, de diferentes periodos históricos, describen su construcción. La conclusión valora la influencia de estos textos técnicos en la transmisión del *qanāt*.

## FUNCIONAMIENTO

El extenso desierto central de Irán, el núcleo original de Persia, está delimitado por dos cadenas montañosas, Alborz y Zagros, cuyas cuencas aluviales vierten a la altiplanicie. Los sistemas de abastecimiento de agua habituales son ineficaces en este entorno. En primer lugar, los escasos ríos obedecen a las estaciones meteorológicas. La irregularidad del caudal no permite superficies de cultivo estables. Asimismo, la profundidad del nivel freático en los asentamientos, junto a la salinidad del agua, impiden la utilización del pozo vertical. Por último, los manantiales naturales vierten agua salina. La nieve que retienen las montañas, tras fundirse, se filtra al subsuelo a través de los depósitos arenosos. Hasta su salida en la meseta, el agua erosiona el lecho de roca y se satura con residuos salinos. Cuando brota a la superficie, tras evaporarse, forma acumulaciones de sal denominadas *namar* y *kavir* (Beazley, Harverson 1982, 4).

Al comienzo de la cuenca, en cambio, el agua permanece limpia y se encuentra a poca profundidad (Cressey 1958, 28; Beaumont 1989, 13–17). El *qanāt*, al modo de un rebosadero, aprovecha el agua potable antes de que la sal esterilice la tierra. La conducción debe llegar hasta la planicie, ya que la regularidad del relieve permite mayor superficie de cultivo. La longitud del *qanāt* depende de la pendiente del terreno y de la cota del nivel freático (Beaumont 1971, 42–47). *Kirman* cuenta con los más largos, unos 70 Km, mientras que las captaciones más profundas, de unos 250 m, se encuentran en *Gonabad* (figura 2).

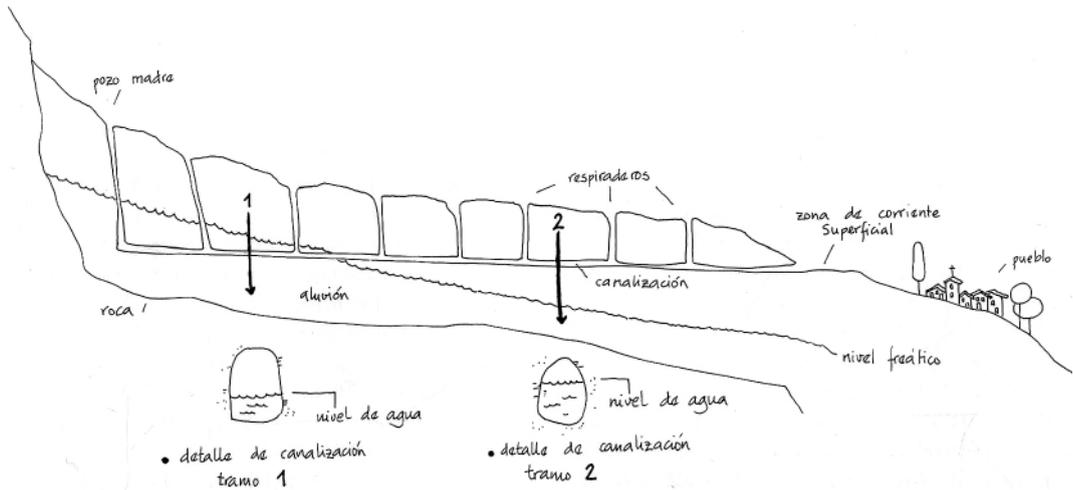


Figura 1  
Sección longitudinal tipo de un *qanāt*. (Argemí et al. 1995, 181).

## ORIGEN

Aunque no haya consenso sobre su lugar de invención, varios datos objetivos localizan en Persia su máximo desarrollo: número de instalaciones, mejor calidad de construcción y amplio vocabulario técnico (English 1968, 175). Asimismo, sólo el *qanāt* permite habitar el extenso desierto del altiplano (figura 3).

En el siglo II a.C., el historiador greco-romano Polibio proporciona la primera referencia documental conocida:

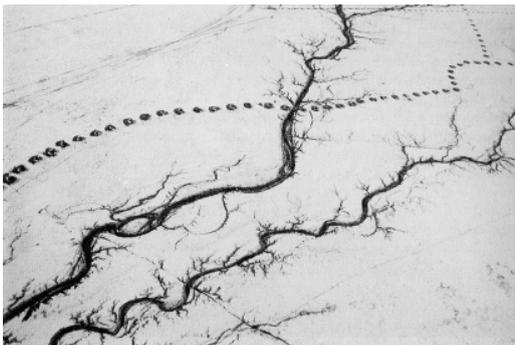


Figura 2  
Cruce entre ríos estacionales y *qanāt* en el altiplano persa. (Petruccioli [1985] 1990, 113).

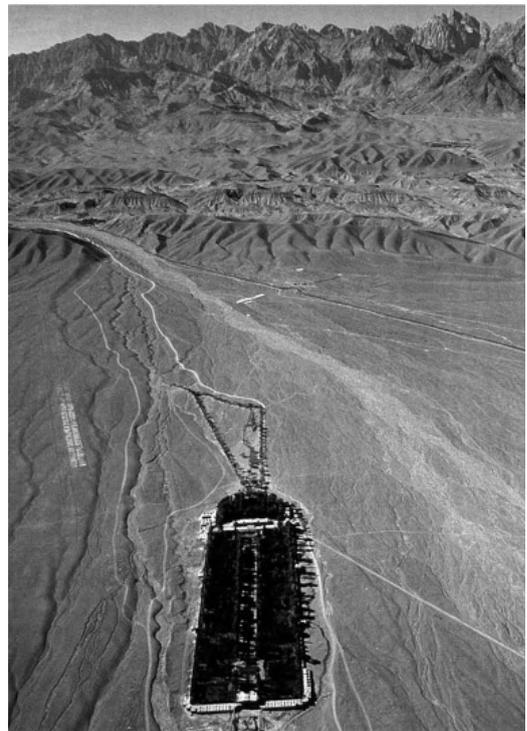


Figura 3  
Jardín persa *Bagh-e Shahzadeh* en Mahan. (Khansari, Moghtader y Yavari 2004, 16).

En tal región no ha aflorado nunca agua a la superficie, pero, incluso en la parte desértica, hay muchos canales subterráneos con sus pozos... en los tiempos en que los persas dominaban Asia, a los que condujeran el agua desde una fuente hasta un sitio de secano les concedían disfrutar del cultivo durante cinco generaciones (Polibio 1981, 187).

## REPLANTEO

El constructor tradicional del *qanāt*, denominado *muhandis* o *muqannī*, está ejercitado en *Handasa* (Fahd 1971, 277, n. 2; Mazaheri 1973, 2, n. 2). Este término está compuesto por dos palabras persas: *āb* o agua; junto a *endāz* o nivelar.

El diseño comienza con la localización del acuífero: bajo torrentes estacionales; donde abundan determinadas plantas; o bien donde, por la mañana, se observa neblina, rocío o vegetación húmeda (Smith 1953, 98–99; Cressey 1958, 30; Wulff 1966, 251–252; English 1968, 171–173; Goblot 1979, 30–33). El *muqannī* experto, tras localizar el lugar propicio, indica dónde perforar un pozo de ensayo. Los *muqannīs* topógrafos excavan un orificio hasta alcanzar el nivel freático. Durante varios días de observación se comprueba que el caudal sea suficiente y estable, para que el pozo de ensayo se convierta en el *pozo madre*. La posición de la salida depende de la profundidad del nivel freático. Para situarla, el *muqannī* experto marca la cota del agua, con un nudo en una cuerda. Esta dimensión se utiliza para determinar la trayectoria.

Para calcular el desnivel se colocan dos pértigas aplomadas, separadas unos 30 o 50 m, distancia correspondiente con los futuros pozos. A modo de nivel, entre ambas varas se tensa una soga humedecida en su centro, de donde no caen gotas cuando se encuentra horizontal. Las sucesivas diferencias de cota se añaden por orden a la cuerda de medición, desde el extremo opuesto a la profundidad del nivel freático. Una vez alcanzada esa medida se conoce la cota de salida.

Cuando el desnivel es excesivo, la velocidad de circulación del agua puede afectar a la estabilidad de la galería. Para que la pendiente se mantenga regular, la cuerda de medición se divide entre el número de pozos totales. El desnivel habitual se sitúa entre 1/1.000 y 1/1.500.

Para finalizar, los *muqannī* topógrafos excavan los pozos de replanteo, con la profundidad a respetar. La separación, unos 300 m, coincide con los intervalos entre 6 o 10 pozos.

## CONSTRUCCIÓN

La cuerda de medición, con la cota de cada pozo, se entrega a un equipo de *muqannī* excavadores (Smith 1953, 98–99; Cressey 1958, 30, 36; Wulff 1966, pp. 252–254; English 1968, 174; Goblot 1979, 33–35; Safi-Nežād 1992, pp. 59–61) (figura 4).

El responsable bajo tierra establece la dirección y la pendiente de la galería. Las herramientas consisten en un pico afilado, junto con una pala corta. Para mantener la trayectoria bajo tierra, basta con dos lámparas de aceite alineadas, tras el frente de trabajo. La perforación se inicia desde la futura salida del agua. A medida que se prolonga la excavación, un ayudante utiliza una pala para rellenar un saco de cuero con unos 25 kg de residuos. Otro compañero arrastra el saco hasta la vertical del pozo, para suspenderlo de un cabestrante en superficie. Esta grúa transportable está formada por dos cruces de madera, unidas por un eje de giro en su intersección y por asideros en los extremos. La barra central se apoya sobre dos horquillas de madera, clavadas al suelo. Para subir o bajar las cargas, se empujan los asideros con un pie y ambas manos. El *muqannī* responsable de superficie remonta el saco, mientras que su ayudante protege el pozo con un anillo de piedras.

En fase de construcción, esta perforación permite: comprobar la trayectoria y la nivelación de la galería; extraer residuos; acceder a los trabajadores y sus herramientas; además de ventilar, cuando se excava la galería. Durante el funcionamiento, los pozos permi-

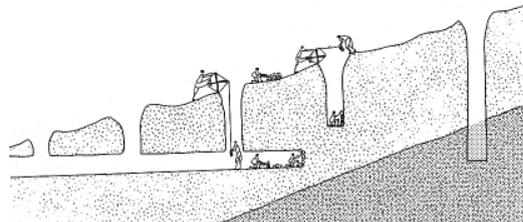


Figura 4  
Proceso constructivo del *qanāt*. (Safi-Nežād 1992, 59).

ten oxigenar el agua, así como la entrada de los *muqannīs* de mantenimiento.

En terreno favorable la galería mide 1 x 1'5 m. En terreno disgregable se colocan soportes para evitar colapsos, denominados *kaval*. Consiste en un cerco acoplable de arcilla cocida, cuya forma ovalada y reducida dimensión garantizan la estabilidad (figura 5).

El peligro aumenta cuando la excavación se aproxima al *pozo madre*, ya que el agua acumulada podría arrastrar o ahogar al *muqannī*. La conexión se realiza sólo tras vaciar el *pozo madre*.

De forma tradicional, la transmisión del conocimiento técnico es oral, entre las sucesivas generaciones de una familia. Gracias a este sistema de formación, ciertas poblaciones cuentan con comunidades de *muqannīs*, lo que permite crear equipos de trabajo con rapidez.

A pesar de la complejidad y la peligrosidad de este trabajo, las herramientas son sencillas y eficaces. El ingenio y el esfuerzo físico evitan la actual dependencia de la tecnología sofisticada.

## DIFUSIÓN

Desde el milenio I a.C., hasta la conquista árabe en 651 d.C., los sucesivos estados persas: aqueménida, parto y sasánida, abarcan extensas áreas, en gran par-

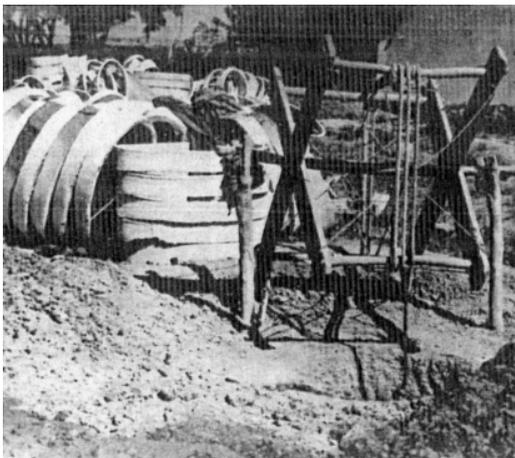


Figura 5  
Soporte o *kaval* para estabilizar la galería, junto a un cabestrante. (Safī-Nežād 1992, 77).

te deshabitadas (Cressey 1958, 38–44; English 1968, 175–178). De forma intencionada, las autoridades impulsan la utilización del *qanāt*. El agua permite transformar el desierto en cultivos, de modo que los propios colonos garanticen la protección del territorio.

La civilización romana descubre esta técnica en las provincias conquistadas en Oriente. El *qanāt*, además de aprovechar el agua del subsuelo, permite acortar los trayectos a través de las elevaciones. En Hispania, varias traídas de agua o *aquae ductus* incluyen galerías subterráneas, denominadas *cuniculus* en latín.

En una tercera fase, el *qanāt* se propaga a lo largo del área cultural islámica, de Persia a al-Andalus. Los modestos agricultores se sirven de este sistema, junto con otras técnicas hidráulicas sencillas, para convertir entornos estériles en un conjunto de pequeños paraísos terrenales.

En la Península Ibérica, siglos después de la llegada de *cuniculus* y *qanāts*, varios pueblos y ciudades mantienen vestigios de instalaciones; algunas, aún en uso (Hermosilla 2008). La traslación del agua por gravedad determina la cota de implantación del espacio habitado, pero además guía su crecimiento. Desde mediados del siglo XIX, la concepción hidráulica del urbanismo concluye con la generalización del suministro urbano por presión. Esta última técnica suministra un volumen de agua, sin limitaciones topográficas, que facilita el crecimiento mediante los ensanches. Sin embargo, el aparente caudal inagotable induce a la expansión ilimitada que caracteriza la ciudad actual.

Las diferentes denominaciones de esta técnica manifiestan su largo proceso de difusión: *Qanāt*, nombre actual en Irán, proviene del idioma árabe; *Karez*, término original persa, aún se mantiene en Irak, Afganistán, Pakistán, Azerbaiyán y Turkmenistán; en la península Arábiga se utilizan *ayn*, *falaj* o *aflaj*; en el Norte de África, *foggara* o *khattara* (Cressey 1958, 27; Oliver Asín [1959] 1991, 82–89; English 1968, 176–177). En la Península Ibérica, los periodos musulmán o cristiano cuentan con numerosos vocablos análogos: *mayrà*, *almatrice*, *galería*, *lumbre*, *caño*, *mina*, *raudal*, *canalizo*, *tajea*, *viaje de agua...* (Oliver Asín [1959] 1991, 200–201, n. 1, 370–373; Gil Meseguer, Gómez Espín 1993, 125–145; Díez Bedmar 1999; Bertrand, Sánchez Viciano 2009, 151–178; Soriano 2006, 58–67; Hermosilla 2008)

## CUNICULUS

La provincia romana situada en la Península Ibérica se denomina *Hispania*. Los avances tecnológicos ensayados en la metrópoli, transforman los poblados rurales en *urbis* (Fernández Casado 1983, 309). El *aquae ductus* representa las virtudes del urbanismo que se ofrece a la población autóctona. El carácter político del suministro hidráulico público se simboliza en el *arcuationes*: un tramo elevado sobre arcos, que permite superar valles.

El primer *cuniculus* documentado resuelve la captación del *aquae ductus* inicial de Mérida. Moreno de Vargas lo describe en 1663 (figura 6):

...debajo de tierra tiene 140 arcas...en los cuales el agua se va recogiendo como en esponjas, tomándola de los manantiales profundos que por allí hay...la encañadura o acueducto que viene por debajo de tierra es de tan ancho y alto que puede muy bien ir por él una persona en pie... (Fernández Casado 1972, 126)

Sin embargo, los *aquae ductus* también utilizan otros sistemas de captación, como presas o azudes. Además, la finalidad representativa antes aludida, al elevar el costo, reduce el número de traídas construidas. Ambas razones podrían explicar los escasos hallazgos arqueológicos de *cuniculus*.

## VITRUBIO

A finales del siglo I a. C., el arquitecto romano redacta el tratado «De Architectura». El octavo de los

diez libros se dedica al abastecimiento de agua urbana (Vitrubio [1787] 2001, 188–208). En cuanto a la localización de acuíferos subterráneos, el capítulo I propone analizar la vegetación, la configuración del terreno y la humedad retenida. Para replantear el trazado, el capítulo sexto indica tres sistemas de nivelación: «Execútase ésta con las dioptras, con niveles de agua, ó con el corobate».

El capítulo I señala que el *cuniculus* de captación recoge el agua almacenada por el subsuelo: «...encontrando el manantial, se cavarán otros muchos [pozos] en el contorno, encaminado sus minas á un receptáculo común». Asimismo, el *cuniculus* permite acortar los tramos de conducción en topografías irregulares, como refiere el capítulo VII: «Si entre la ciudad y los manantiales mediasen colinas, se minarán...Los pozos se abrirán dos actos distantes entre sí». En la nota 4, Ortíz y Sanz, traductor de la edición de 1787, precisa el uso de los orificios: «...no solo servian de respiraderos, sino para sacar la inmundicia al tiempo de limpiar los aqüeductos». Esta aclaración procede del *viaje de agua*, una técnica de suministro análoga al *qanāt*, que permite el abastecimiento de Madrid entre los siglos IX y XIX (Oliver Asín [1959] 1991; Pinto Crespo 2010) (figura 7).

En cuanto a la galería, se construye según las características del terreno:

...si el suelo fuere de tova ó peña, se abrirá en ella el canal; pero si fuere de tierra ó arena, se hará aqüeducto de estructura con bóveda dentro de la cava, y así se conducirá (Vitrubio [1787] 2001, 205).

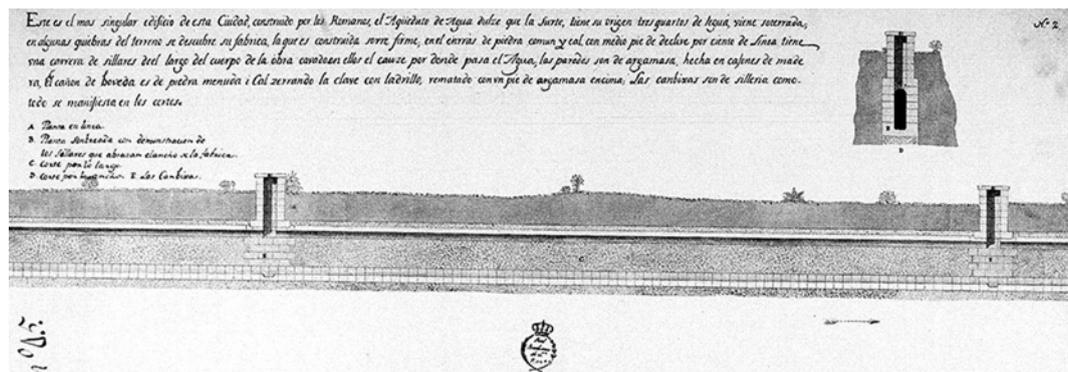


Figura 6

*Cuniculus* de captación del *aquae ductus* inicial de Mérida. Acuarela de Fernando Rodríguez, 1794–1797. (González Tascón, Velázquez 2004, 108).

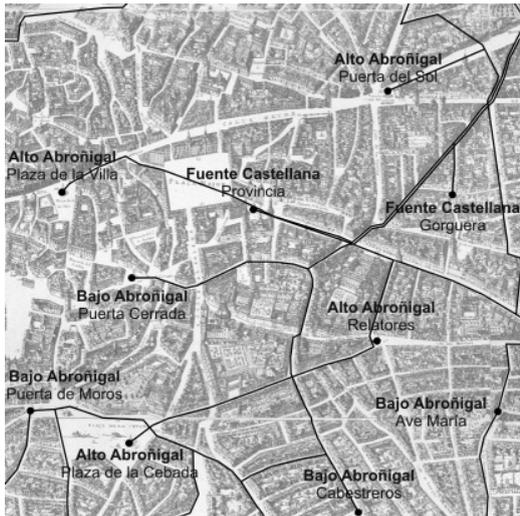


Figura 7  
Viajes de agua (*qanāts*) y fuentes de Madrid, siglo XVII.  
(Villamayor Fernández 2017).

Vitrubio recopila buena parte del conocimiento hidráulico romano, aunque no figuren sistemas y detalles localizados en hallazgos arqueológicos. Se entiende que este capítulo resulta más útil para arquitectos e investigadores posteriores.

#### TRATADOS PERSAS

Ibn Jaldun, historiador arabo-tunecino, reconoce la asimilación musulmana de la sabiduría vernácula: «Este pueblo [el árabe], al subyugar a los persas, tomó de ellos las artes y la arquitectura» (Ibn Jaldun [1378–1382] 1977, 634). La apropiación se manifiesta en edificios y jardines, así como en los textos técnicos.

En 903, el arabo-irakí Ibn Waḥṣiyya, redacta el primer Tratado Hidráulico conocido: «Agricultura Nabatea», basado en manuscritos locales (Fahd 1971, 277–326). Los textos, datados entre los siglos III y IV d.C., proceden de una comunidad agrícola cercana a Babilonia, entonces bajo dominio sasánida. Ibn Waḥṣiyya recopila los conocimientos hidráulicos, con la intención de difundirlos y perfeccionarlos. Sin embargo, el Tratado tiene carencias e imprecisiones, como demuestra la enigmática referencia al *qanāt*:

Para conducir el agua de las montañas o de las mesetas a una planicie hay que hacer canalizaciones subterráneas [desde el manantial] hasta el lugar donde se desea que aparezca. Las canalizaciones se hacen de la siguiente manera: el geómetra [muhandis] utiliza una larga cuerda que tiende recta sobre la tierra, después otra que tiende paralela a la primera. Después marca el suelo siguiendo estas dos líneas; la anchura del espacio que las separa es la del túnel que se desea excavar (Fahd 1971, 299–300).

Un siglo después, en 1017, el matemático arabo-persa al-Karagi escribe el primer tratado monográfico conocido sobre el *qanāt*: «La explotación de las aguas subterráneas» (al-Karagi [1017] 1973, 51–126). En el prefacio, declara su intención:

...y me dispuse...a componer este tratado...después de haberme dado cuenta de que las pocas obras de los Antiguos no responden en este momento a la finalidad propuesta y están muy lejos de abarcar todo el tema (al-Karagi [1017] 1973, 52).

El calificativo *antiguo* se corresponde con prácticas de *muqannīs* sasánidas, que en ocasiones pretenden corregir. El Tratado incluye parte de las tareas necesarias, aunque no todas: localización de acuíferos; calidad y purificación del agua; caños y uniones; acequias; dimensiones, trazado y pendiente de la galería; finaliza con el mantenimiento.

Los capítulos XXI a XXIV refieren seis niveles, más sofisticados que el persa antes descrito. Al-Karagi comienza con la descripción de tres instrumentos sasánidas, que funcionan por gravedad. El segundo dispone una plancha triangular de cobre o madera, sobre la que:

...se trazará la altura del triángulo, y donde la altura alcanza la base, se hará un pequeño orificio, donde se fijará un pequeño péndulo unido a un plomo (al-Karagi [1017] 1973, 89) (figura 8).

El matemático añade otros tres niveles de su invención, junto con sus demostraciones trigonométricas. La base sexagesimal, que pauta la medición, permite fracciones enteras, a diferencia de la decimal.

La extensión de esta parte, casi la mitad del Tratado, demuestra que el principal interés se encuentra en la precisión. Sin embargo, los sistemas de replanteo y construcción antes citados prescinden, tanto de las correcciones, como de los niveles propuestos. El fra-

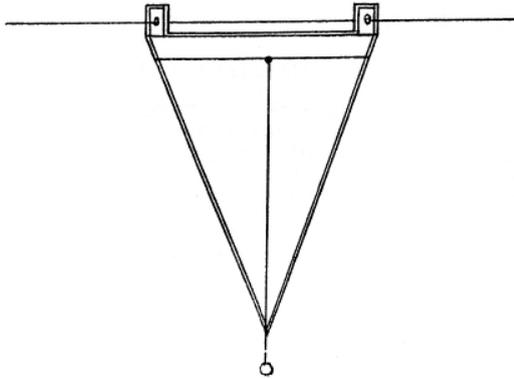


Figura 8  
Segundo nivel sasánida representado por al-Karagi. (Al-Karagi, [1017] 1973, 89).

caso de al-Karagi confirma que el aprendizaje no es teórico, sino que se adquiere de forma oral y por experiencia directa. En realidad, pocos *muqannīs* saben leer y menos aún en árabe, la lengua culta (Goblot 1979, 77). De hecho, la redacción en este idioma limita la difusión a la élite científica.

#### AL-ANDALUS

El periodo andalusí de la Península Ibérica se beneficia de los conocimientos hidráulicos importados por los musulmanes. La carencia de agua, endémica entre las tribus árabes, contrasta con la potencial fertilidad del territorio que encuentran. La domesticación de la naturaleza transforma el entorno agreste en paisaje productivo. La aplicación intensiva de la tecnología hidráulica facilita una producción extraordinaria, como señala un visir de Granada:

Sus contornos no están desnudos de viñas y huertas, sino más bien al contrario, abundan en extremo. Y en cuanto a lo que hay en el interior de su recinto, es de gran importancia y valor de modo que hace empujarse el corazón de los enemigos del reino, a causa de su alto rendimiento, pues se recogen en un solo año mil monedas de oro, llenando las tiendas de su verdura fresca, sus excelentes frutas y sus frutos escogidos... (Rubiera Mata 1988, 141)

En consecuencia, las autoridades promueven la agricultura, por su beneficio económico y político:

...es preciso que el rey ordene a sus visires y a los personajes poderosos de su capital que tengan explotaciones agrícolas personales...pues así aumentarán fortunas; el pueblo tendrá mayores facilidades para aprovisionarse y no pasar hambre... (Ibn 'Abdún 1948, 42–43)

La construcción de espacios hidráulicos, aptos para el cultivo, deriva de la importación desde Oriente de especies vegetales, junto con las técnicas de irrigación precisas para su aclimatación (Bolens 1972, 69–71; Martí 1989, 424–427; Fahd 1996, 47–49).

#### PEQUEÑA HIDRÁULICA

Gracias al riego, las huertas productivas colonizan territorios antes estériles. El caudal disponible, además de la derivación de cursos superficiales, también depende del agua retenida bajo el nivel freático. Las operaciones de localización, extracción, conducción y elevación integran una pequeña hidráulica formada por: *qanāts*, pozos, norias de sangre, acequias, albercas... (Bolens 1994, 177–182) (figura 9).

La comunidad se encarga del diseño y de la construcción del área irrigada, además de su mantenimiento y gestión (Barceló 1995b, 240). Los agricultores recopilan y aplican las técnicas asociadas: instrumentos de nivelación, obtención de agua, bancales, aclimatación de especies, aperos de labranza... (Barceló 1995a, 30; Martí 1989, 433–434). Como condición necesaria, estos sistemas deben ser fáciles de manipular, construir y reparar, en concordancia con la dimensión modesta de sus cultivos.

De entre los métodos de abastecimiento, destaca el *qanāt* por su interés técnico. Dos documentos testi-



Figura 9  
Característica alineación de los pozos de un *qanāt* en Sierra Nevada, 1554. (Hoefnagel 1996).

monian su temprana implantación: en 753–754, al suroeste de Córdoba (Barceló 1983, 8–9); así como en Alanje (Badajoz), en 873–874 (Samsó 1980, 495–496). Otras investigaciones demuestran la extensa aplicación del *qanāt*, tanto durante el periodo andalusí, como en los reinos cristianos posteriores: Madrid (Oliver Asín [1959] 1991); Mallorca (Barceló et al. 1986); Murcia (Gil Meseguer, Gómez Espín 1993, 125–145); Jaén (Díez Bedmar 1999); Guadix y Baza (Bertrand, Sánchez Viciana 2009, 151–178); Pamplona (Mujika, Villamayor 2008; Villamayor 2011)... (figura 10)

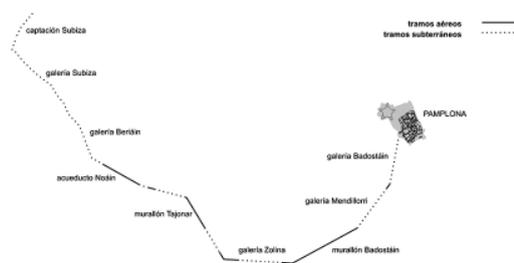


Figura 10  
Principales tramos subterráneos y aéreos del *qanāt* de Pamplona, 1782–1800. (Villamayor Fernández 2017)

## AGRONOMÍA

Entre los siglos XI y XIV, los agrónomos andalusíes publican gran número de tratados de agronomía: Al-Zahrāwī, ¿1009? (Fahd 1996, 47); Ibn Wāfid, 1068 (Millás Vallicrosa 1943, 281–332); Ibn Ḥayyāy, 1074 (Carabaza Bravo 2006, 73–94); Abū l-Jayr, s. XI (Abū l-Jayr 1991); Ibn Baṣṣāl, ¿1074–1085? (Millás Vallicrosa 1948, 347–430); al-Ṭignarī, 1107–1110 (al-Ṭignarī 2006); al-ʿAwwām, XIII (al-ʿAwwām 1802); Ibn Luyūn, 1348 (Ibn Luyūn 1988). La erudición de los textos se manifiesta en las referencias bibliográficas, tanto de autores clásicos, como de la «Agricultura Nabatea» (Fahd 1996, 47–50).

Los agrónomos completan su formación mediante el cultivo de huertos cedidos por mecenas ilustres en: Córdoba, Toledo, Almería o Sevilla. Como los parques botánicos actuales, estos vergeles reúnen espíritu científico y placer sensorial. Ben Said menciona una costumbre saludable:

...los jardines de recreo y uso público en que los habitantes de Córdoba pasaban sus horas de ocio o que por ellos eran visitados en busca de descanso y placer (Sánchez-Albornoz 1973, T.1, 441).

Esta agronomía intensa y minuciosa no persigue una producción creciente, sino sostenida, acorde con los criterios ecológicos actuales. Los cálculos incluidos en los tratados se refieren a criterios técnicos, no al beneficio económico. La clasificación racional de especies y procedimientos, junto al conocimiento empírico de los agrónomos, expresan el carácter didáctico de los Tratados. La continuidad de los cultivos, sin agotamiento del suelo, demuestra que la simbiosis entre habitante y entorno es posible (Bolens 1994, 237–239).

## CONCLUSIÓN

La implantación del *qanāt* en al-Andalus sigue dos procesos: el teórico y el práctico.

En primer lugar, los tratados andalusíes de al-ʿAwwām e Ibn Luyūn aluden a un nivel que funciona por gravedad:

Éste consiste en un triángulo de madera que en su parte media tiene un trazo por donde corre un hilo que lleva en su extremo un peso.

Si el hilo del peso coincide con ese trazo inferior del *murṣīqal*, y con el extremo del mismo que apunta al suelo, la tierra comprendida entre los dos palos está nivelada (Ibn Luyūn 1988, 204–205).

Este instrumento, el *murṣīqal*, es similar al segundo nivel sasánida descrito por al-Karagi. Esta coincidencia deriva de la consulta directa del «Tratado de las Aguas Subterráneas», redactado en árabe y dirigido a la élite científica islámica (Goblot 1979, 32, n. 14). Los agrónomos adquieren su conocimiento teórico, no sólo de la práctica y la observación, sino también de la consulta de al-Karagi (figura 11).

En segundo lugar, el *qanāt* no figura en los tratados andalusíes citados, pese a que su implantación sea significativa. Los agrónomos consultan la «Agricultura Nabatea», pero se limitan a extraer las técnicas hidráulicas adecuadas para los agricultores (Fahd 1996, 47–50; Martí 1986, 58–59). La documentación referida al constructor del *qanāt*, el *muhandis*, sólo cuenta con dos referencias: el cordobés Ibn al-Samḥ

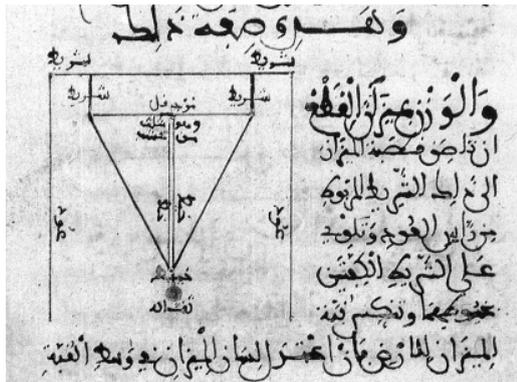


Figura 11  
El *murīyāqal*, primero de los cuatro niveles descritos por Ibn Luyūn. (Ibn Luyūn 1988, 33).

explica el funcionamiento del astrolabio (Ibn al-Samh 1986, 102, 152–153); según el historiador al-Idrīsī, el andalusí Ibn Yūnus diseña el suministro de Marrakech (Oliver Asín [1959] 1991, 87; Barceló 1983, 3). Por desgracia, estos textos tampoco describen la construcción. Ahora bien, los Tratados Agronómicos se redactan entre los siglos XI y XIV, mientras que los primeros *qanāts* se documentan en los siglos VIII y IX. Por tanto, la transmisión de esta técnica se produce de forma anónima, mediante su construcción por los propios *muhandīs*.

En consecuencia, la difusión del *qanāt* a al-Andalus sigue dos vías diferentes. La teórica, relacionada con la élite intelectual, se produce a través del Tratado de al-Karagi, del que sólo consta un nivel. El empírico concierne al *muhandīs*, cuya sabiduría hidráulica, transmitida de forma oral y práctica, proviene de la prolongada experiencia comunitaria.

#### LISTA DE REFERENCIAS

- Abū l'Jayr Al Isbili. 1991. *Kitāb al-Filāhā*. trad. Julia María Carabaza Bravo. Madrid: Agencia Española de Cooperación Internacional.
- al-Karagi, Mohammad. [1017] 1973. *La civilisation des eaux cachées. Traité de l'exploitation des eaux souterraines (composé en 1017)*. trad. y com. Aly Mazaheri. Nice: Université de Nice.
- al-Ṭignarī, Muhammad b. Malik. 2006. *Kitab zuhrat al-bustan wa-nuzhat al-adhan: Esplendor del jardín y recreo de las mentes*. ed. Expiración García Sánchez. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Argemí Relat, Mercè et al. 1995, 181. «Glosario de términos hidráulicos». En *El agua en la agricultura de Al-Andalus*: 163–185. Barcelona: Lunweg.
- Barceló, Miquel. 1995a. «De la Congruencia y la Homogeneidad de los espacios hidráulicos en Al-Andalus». En *El agua en la agricultura de Al-Andalus*: 25–39. Barcelona: Lunweg.
- Barceló, Miquel. 1983. «*Qanāt(s)* a al-Andalus». En *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 2, 3–22. Barcelona: UAB.
- Barceló, Miquel. 1995-b. «Saber lo que es un espacio hidráulico y lo que no es o al-Andalus y los feudales». En *El agua. Mitos, ritos y realidades*: 240–254. Granada: Anthropos.
- Barceló, Miquel et al. 1986. *Les aigües cercades. Els qanāt(s) de l'illa de Mallorca*. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Balearics.
- Beaumont, Peter. 1971. «Qanats systems in Iran». En *Bulletin of International Association of Scientific Hydrology*, XVI, 1: 39–50.
- Beaumont, Peter. 1989. «The qanat: a means of water provision from groundwater sources». En *Qanat, kariz and khattara: traditional water systems in the Middle East and North Africa*: 13–31. London: Middle East Center; Cambridge: Middle East and African Studies Press.
- Beazley, Elisabeth; Michael Harverson. 1982. *Living with the desert. Working buildings of the Iranian plateau*. Teddington House, Warminster, Wilts, England: Aris & Phillips Ltd.
- Bertrand, Maryelle; José R. Sánchez Viciana. 2009. «Canalizo y tajeas, dos sistemas de captación de agua mediante galerías subterráneas en las altiplanicies granadinas. Andalucía Oriental». En *Arqueología y Territorio Medieval*, 16: 151–178. Jaén: Universidad de Jaén.
- Bolens, Lucie. 1994. *Agrónomos andaluces de la Edad Media*. Granada: Instituto de Estudios Almerienses.
- Bolens, Lucie. 1972. «L'eau et l'irrigation d'après les traités d'agronomie andalous au moyen-âge (XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles)». En *L'aménagement des eaux. Options Méditerranéennes*, 16: 65–77. Paris: CIHEAM.
- Carabaza Bravo, Julia María. 2006. «Fuentes escritas y orales del tratado agrícola de Ibn Ḥaṣṣāyā». En *El saber en al-Andalus. Textos y estudios* 4: 73–94. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Cressey, Georges B. 1958. «Qanats, karez, and foggaras». En *Geographical Review*, 48 (1): 27–44. American Geographical Society.
- Díez Bedmar, M<sup>a</sup> del Consuelo. 1999. *El raudal de la Magdalena y el crecimiento urbano de Jaén*. Jaén: Ayuntamiento de Jaén.
- English, Paul Ward. 1968. «The origin and spread of qanats in the old world». En *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112 (3): 170–181.
- Fahd, Toufic. 1996. «L'agriculture nabatéenne en Andalousie». En *Ciencias de la naturaleza en al-Andalus. Textos y estudios* 4: 41–52. Granada: CSIC.

- Fahd, Toufic. 1971. «Un traité des eaux dans *al-Filāha n-nabaṭiyya* (Hydrogéologie, Hydraulique Agricole, Hydrologie)». En *Atti del convegno internazionale sul tema: La Persia nel medioevo: 277–326*. Roma: Accademia nazionale dei lincei.
- Fernández Casado, Carlos. 1972. *Acueductos romanos en España*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja.
- Fernández Casado, Carlos. 1983. *Ingeniería hidráulica romana*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gil Meseguer, Encarnación; José M<sup>o</sup> Gómez Espín. 1993. «Galerías con lumbreras en el Sureste de España». En *Papeles de Geografía*, (19): 125–145. Murcia: Universidad de Murcia.
- Goblot, Henri. 1979. *Les qanats. Une technique d'acquisition de l'eau*. Mouton, École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- González Tascón, Ignacio; Isabel Velázquez. 2004. *Ingeniería romana en Hispania: historia y técnicas constructivas*. Madrid, Fundación Juanelo Turriano.
- Hermosilla Pla, Jorge. 2008. *Las galerías drenantes en España. Análisis y selección de qanat(s)*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Hoefnagel, Georg. 1996. *Illustriorum Hispaniae urbium tabulae, Theatrum Hispaniae urbes, Civitates orbis terrarum*. edit. Georg Braun y Frans Hogenberg. Barcelona: Ebrisa.
- Ibn 'Abdún, Muhammad b. Ahmad. 1948. *Sevilla a comienzos del siglo XII: el Tratado de Ibn 'Abdún*. eds. Emilio García Gómez, E. Lévi-Provençal. Madrid: Impreso Moneda y Crédito.
- Ibn al-'Awwam, Yahyá b. Muhammad. 1802. *Kitab al-Filaha, Libro de Agricultura*. trad. y not. Josef Antonio Banqueri, Madrid: Imprenta Real.
- Ibn al-Samḥ. 1986. *El kitab al-'amal bi-l-asturlāb, (llibre de l'ús de l'astrolab d'Ibn al-Samḥ)*. est. y trad. Mercè Viladrich i Grau. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- Ibn Jaldún. [1378–1382] 1977. *Introducción a la Historia Universal (Al-Muqddimah)*. Estudio preliminar Elías Trabulse. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ibn Luyūn. 1988. *Tratado de agricultura*. ed. y trad. Joaquín Eguaras Ibáñez. Granada: Patronato de la Alhambra.
- Khansari, Mehdi; M. Reza Moghtader; Minouch Yavari. 2004. *The Persian Garden: Echoes of Paradise*. Washington D.C.: Mage Publishers
- Martí, Ramón. 1986. «La tradició oriental de la irrigació a al-Andalus: les tècniques de construcció dels qanāt(s) de Mayurqa». En *Les aigües cercades. Els qanāt(s) de l'illa de Mallorca*: 53–69. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Balearics.
- Martí, Ramón. 1989. «Oriente y Occidente en las tradiciones hidráulicas medievales». En *El agua en zonas áridas, arqueología e historia: actas del I Coloquio de Historia y Medio Físico*: 421–440. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.
- Mazaheri, Aly. 1973. «Première partie». En *La civilisation des eaux cachées. Traité de l'exploitation des eaux souterraines (composé en 1017)*: 3–50; 127–183. Nice: Université de Nice.
- Millás Vallicrosa, José María. 1948. «La traducción castellana del *Tratado de Agricultura* de Ibn Baṣṣāl». En *Al-Andalus*, XIII-2: 347–430. Madrid: CSIC.
- Millás Vallicrosa, José María. 281–332. «La traducción castellana del *Tratado de Agricultura* de Ibn Wāfīd: 281–332». En *Al-Andalus*, VIII-2, Madrid: CSIC.
- Mujika, Marte; Roberto Villamayor. 2007. *JAI TEK tecnología feliz*. Donostia-San Sebastián: EHU-UPV.
- Mujika Urteaga, Marte; Roberto Villamayor Fernández. 2008. *Un viaje de agua de Subiza a Pamplona*. Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU.
- Oliver Asín, Jaime. [1959] 1991. *Historia del nombre «Madrid»*. Madrid: Agencia Española de Cooperación Internacional.
- Petrucchioli, Attilio. [1985] 1990. *Dar al-Islam*. Liège, Bruxelles: Mardaga.
- Pinto Crespo, Virgilio. 2010. *Los viajes de agua de Madrid, durante el Antiguo Régimen*. Madrid: Fundación Canal.
- Polibio, *Historias*. 1981. Madrid: Gredos.
- Rubiera Mata, María Jesús. 1988. *La arquitectura en la literatura árabe: datos para una estética del placer*, Madrid: Hiparion.
- Safi-Nežād, Javād. 1992. «De la Pierre à l'eau. Nouvelles observations sur les qanāt d'Iran». En *Les eaux cachées. Études géographiques sur les galeries drainantes souterraines*: 57–78. Paris: Département de Géographie, Université Paris-Sorbonne.
- Samsó Moya, Julio. 1980. Reseña: Goblot (Henri), «Les Qanats. Une technique d'acquisition de l'eau: 494–497». En *Al-Qantara*, n<sup>o</sup> 1-2.
- Sánchez-Albornoz, Claudio. 1973. *La España musulmana*, T. I. Madrid: Espasa-Calpe.
- Smith, Anthony. 1953. *Blind White Fish in Persia*. New York: E. P. Dutton & CO.
- Soriano Alfaro, Vicent. 2006. *Arquitectura de tierra en el sur de Marruecos. El oasis de Skoura*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.
- Villamayor Fernández, Roberto. 2011. *Gravedad o Presión. Proyecto de conducción de agua y fuentes de Pamplona*. Gobierno de Navarra.
- Vitrubio, Marco Vitrubio Polión. [1787] 2001. *Los Diez Libros de Arquitectura*. trad. y com. Joseph Ortíz y Sanz. (facs. Madrid: Akal).
- Wulff, Hans E. 1966. *The Traditional Crafts of Persia. Their Development, Technology, and Influence on Eastern and Western Civilisations*. Cambridge, Massachusetts, and London: Massachusetts Institute of Technology.