

LA INGENIERÍA Y LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO EN AL-ANDALUS

J. Roldán Cañas y M.F. Moreno Pérez

Departamento de Agronomía,
Área de Ingeniería Hidráulica - Universidad de Córdoba
Campus Universitario de Rabanales, Colonia de San José
Bloque 4, 2 derecha, 14071 Córdoba
jroldan@uco.es

Resumen: Muchas de las tecnologías introducidas por los árabes en al-Andalus tienen origen romano o principalmente oriental, siendo estas utilizadas para mejorar el manejo y aplicación del riego, y para llevar el agua a las ciudades. Sin embargo, los árabes comienzan una etapa próspera respecto de la agricultura, desde el siglo ocho. La práctica del riego fue mejorada y extendida en todo el territorio islámico incluyendo al-Andalus. Entonces, la civilización islámica desarrolla y mejora las técnicas conocidas desde la antigüedad.

Las mejoras fueron basadas en la necesidad de una correcta distribución del agua y de su mejor aprovechamiento, y con el imperativo de evitar conflictos relacionados con esta. Algunas de las reglas comunes son: distribución de agua proporcionalmente a la cantidad de tierra poseída; responsabilidad individual de los regantes en aspectos tales como mantenimiento del canal, aceptación de los turnos de riego y compensación de los posibles daños provocados a los vecinos; y carácter autónomo de los regadíos de modo que la justicia sea realizada internamente por sus propias instituciones de autogobierno, aunque dependiendo jurisdiccionalmente del juez o cadí general.

En conclusión, los árabes realizaron una expansión de las técnicas agrícolas orientales incluyendo al regadío, hacia el oeste del Mediterráneo. Finalmente, al-Andalus se convierte en un nuevo foco de difusión con vuelta al norte de África y, posteriormente, hacia América. Su civilización, quizás poco innovadora, preservó, perfeccionó e intensificó, en cambio, tecnologías que, de otro modo, no habrían llegado al mundo occidental y que, en algunos casos, habían desaparecido durante los siglos anteriores.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería y la gestión del agua en al-Andalus se circunscribe en gran medida a la tecnología hidráulica ligada a los sistemas de riego, entendiendo como tales, además del riego propiamente dicho, los sistemas de captación y distribución de agua, los ordenamientos jurídicos para el reparto del agua y cualesquiera otros aspectos ligados a la aplicación del agua en la agricultura, sin olvidar la importancia que tuvo la gestión del agua en las ciudades (baños, aljibes, suministro y saneamiento). De acuerdo con lo que señala Glick (1996), la historia de la tecnología es la historia de las ideas técnicas ya se lleven éstas a cabo a través de objetos físicos o por medio de mecanismos sociales e institucionales.

Al igual que ocurre en otros campos de la ciencia, los historiadores del regadío se hayan divididos entre los partidarios de la cultura islámica como la gran responsable de la tradición del regadío en España y entre los que rechazan

cualquier influencia musulmana en este campo. Además, en algunos casos, se ha considerado el regadío cristiano como una herencia directa de los romanos, sin duda, por otro lado, responsables de la ejecución de grandes obras hidráulicas. Glick y Kirchner (2000) creen que, aunque seguramente se reciclaron algunos elementos básicos de los sistemas de regadío romanos, las diferentes bases de la distribución social del agua entre ambas culturas hacen que la influencia de la romana en la medieval sea irrelevante. Además, la disminución de la población y el receso económico durante los siglos V y VI hacen muy difícil la continuidad entre ambas épocas, aún estando perfectamente documentado que los romanos regaron las huertas de Valencia y Orihuela, entre otras.

Sin embargo, y como también acontece en otros campos del saber, el conocimiento recibido en nuestros días es el acumulado a lo largo de los años, resultado de la superposición de lo aportado desde los pueblos indígenas hasta el momento presente. Como demuestran Gilman y Thorne

(1985), y ha sido posteriormente comprobado por Giraldez *et al.* (1988), en el sureste español se practicaba el riego por boqueras aprovechando las riadas ocasionales en las ramblas desde la cultura del Algar y los Millares. En consecuencia, el regadío tal y como lo encontramos al final de la Edad Media no puede ser atribuido a una única cultura ni nace por generación espontánea a partir de la existencia de una cualquiera de ellas. En este sentido, los trabajos de Barceló (1989) insisten en la necesidad de conocer la aportación de las sociedades indígenas tanto en el norte de África como en Hispania donde las condiciones climáticas habrían exigido, previamente a la llegada de las diferentes colonizaciones, el desarrollo de diversas técnicas hidráulicas como modo de adaptación al medio.

No obstante lo anterior, y como muy acertadamente señala Glick (1988), los árabes iniciaron una etapa de florecimiento de la agricultura a partir del siglo octavo que condujo a una mejora y ampliación de la práctica del riego en todo el mundo islámico incluyendo al-Andalus. Trillo (2002) muestra que con esta cultura se llega a una agricultura en la que el agua es el elemento esencial hasta el punto de cambiar el calendario agrícola que, con el riego, se hace más continuo. La civilización islámica, pues, adquiere un carácter de síntesis tecnológica que desarrolla y perfecciona los conocimientos técnicos de la antigüedad.

Hay algunos indicios que confirman lo expresado anteriormente. Así, por ejemplo, la terminología hidráulica del regadío fue sustituida por arabismos (*acequia*, derivada del árabe *sāqiya*, reemplaza a la palabra latina *canalis*); se adoptaron de forma generalizada mecanismos hidráulicos introducidos por los árabes, como la *noria*; se desarrolló una mayor agricultura de regadío, extensas huertas, alrededor de las grandes ciudades con gran influencia árabe (Valencia, Murcia, Toledo, etc.); se introdujeron cultivos, muchos con nombres árabes, necesitados de regadío para poder crecer adecuadamente en nuestras condiciones climáticas (altramuz, naranja, alfalfa, algodón, etc.); y, aún hoy, se conservan topónimos en zonas de regadío medieval que demuestran un claro pasado islámico: *huerta de los moros* (Glick, 1988).

Este mismo autor señala la existencia de modelos institucionales de naturaleza local que se repiten en todos los lugares donde se ha practicado la agricultura de regadío, desde el código de Hammurabi (siglos XVIII-XVII a.c.) hasta el regadío medieval valenciano. Estas disposicio-

nes se basaban en la necesidad de una justa distribución de aguas y en el imperativo de evitar conflictos. Algunos de estos principios comunes son: reparto de agua proporcional a la cantidad de tierra que se trabaja; responsabilidad individual hacia la comunidad de regantes en aspectos tales como mantenimiento de acequias, sometimiento a los turnos y resarcimiento por los daños causados a los vecinos; y carácter autónomo de los regadíos de modo que la justicia sea realizada internamente por sus propias instituciones de autogobierno, aunque dependiendo jurisdiccionalmente del juez o cadí general.

Sin que suponga menoscabo de lo anterior, otros autores como, por ejemplo, Box Amorós (1992), citan estudios que demuestran que en el regadío valenciano algunos sistemas de distribución de agua a gran escala ya existían en época romana. La toponimia de ciertas zonas regables (vega de Lorca, por ejemplo) prueba en este caso que las acequias de nombre árabe se corresponden con ampliaciones de regadíos ya existentes. Otro aspecto curioso, que ha suscitado parte de la polémica anterior, se encuentra en el hecho de que existen muy pocas referencias árabes escritas sobre el regadío y sobre la construcción de acequias para el riego, con excepciones como lo descrito en su obra por el geógrafo al-Idrīsī a finales del siglo XII (Carrasco, 1996). Martí (1989) apunta a problemas de competencias profesionales como una posible explicación de estas ausencias. Así, la realización de grandes obras de ingeniería hidráulica no corresponde a los agrónomos andalusíes sino más bien a geométricos y astrónomos.

En general, y al no existir suficiente documentación, los regadíos islámicos se han estudiado principalmente, en lo referente a aspectos técnicos e institucionales, a partir de documentos cristianos posteriores o mediante estudios arqueológicos. Sobre la distribución social del agua hay que recurrir a hipótesis basadas en registros de tierras, investigaciones arqueológicas, topónimos, litigios, ordenanzas de comunidades de regantes, distribución geográfica de los términos usados en el regadío y en las escasas fuentes árabes (Glick, 1996).

En conclusión, los árabes, al igual que sucedió con la filosofía y los avances científicos del mundo griego, realizaron una expansión de las técnicas agrícolas orientales de origen nabateo y mesopotámico, incluyendo al regadío, hacia el oeste del Mediterráneo. Finalmente, al-Andalus se convierte en un nuevo foco de difusión con vuelta al Magreb y, posteriormente, hacia América.

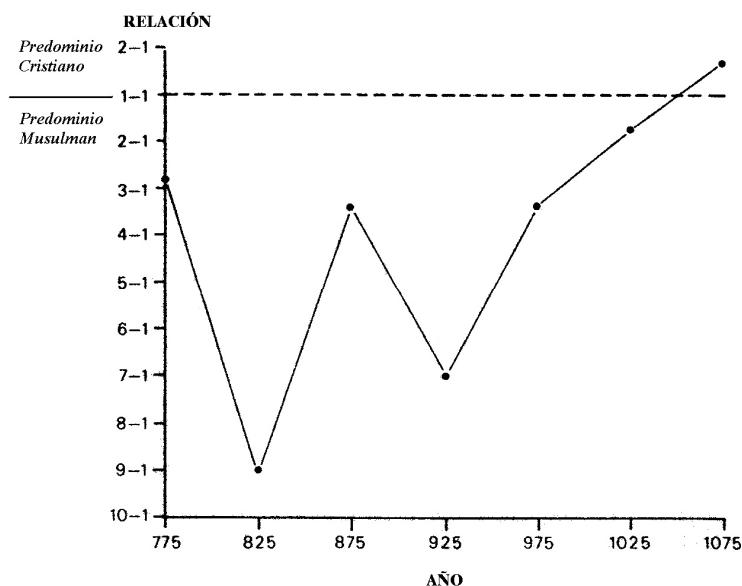


Figura 1. Relación entre científicos musulmanes y cristianos. (Fuente: Glick, 1979)

ca. Su civilización, quizás poco innovadora, preservó, perfeccionó e intensificó, en cambio, tecnologías que, de otro modo, no habrían llegado al mundo occidental y que, en algunos casos, habían desaparecido durante los siglos anteriores. Una prueba de lo anterior se muestra en la Figura 1, donde aparece la relación entre científicos musulmanes y cristianos entre los años 775 y 1075 de nuestra era, que llegó a ser hasta de 9 a 1 y que no alcanza la paridad, tanto en número como en calidad de la investigación, hasta la segunda mitad del siglo XI. La deriva en el balance a favor del occidente se explica por la demanda de traductores en este último siglo.

EXTENSIÓN DEL REGADÍO ISLÁMICO. EXPANSIÓN HACIA AMÉRICA

De igual modo que acontece con el origen del riego ya comentado en el apartado anterior, la extensión del regadío islámico así como los elementos que sobreviven tras la conquista cristiana son objeto de controversia entre las diferentes corrientes de historiadores.

Siguiendo el esquema de al-Mudayna (1991), es más apropiado analizar el alcance de estos riegos por cuencas hidrográficas o por zonas geográficas.

Comenzando de norte a sur, en el Ebro no hay dudas de que los árabes aportaron una mejora en los sistemas de distribución de aguas y en la organización de los campos regados. La mayoría de las acequias de origen musulmán se han encontrado en el triángulo Alfaro-Tarazona-

Zaragoza, esto es, margen derecha del Ebro a partir de Tudela. Las acequias más importantes son las de Canet (río Alhama), Irues (sierra de Moncayo), Furón Mayor (río Jalón) y cuatro más en la zona de Zaragoza (Almozara, Almudafar, Gales y Urdán) tomando agua del propio Ebro y del Gállego. Continuando en Aragón, Box Amorós (1992) cita la acequia de Guadalaviar que regaba la vega próxima a Teruel.

En las Baleares, el regadío se desarrolló fundamentalmente en época islámica creando unos paisajes agrarios que han llegado hasta nosotros. A destacar los numerosos qanats, o captaciones de aguas subterráneas que se comentarán en el apartado 3, y el sistema de bancales regados. En concreto, Mallorca es la región de al-Andalus con mayor número de qanats conocidos situados en los valles transversales de la sierra de Tramontana y la sierra de Levante y el Puig de Randa. Los qanats fueron introducidos en el siglo X y la mayoría forman parte de conjuntos abancalados. En el caso de riegos por inundación, las terrazas son totalmente horizontales mientras que si el riego es por canalización, la terraza tiene tanto una inclinación longitudinal, en la dirección de la acequia, como transversal para que el agua alcance toda la extensión de la terraza. En Ibiza existe un sistema de riego que parece ser único, las feixes.

En Valencia, el geógrafo al-Idrīsī nos ha dejado testimonio de algunas estructuras de regadío y, en cualquier caso, parece que las ocho acequias que constituyen la red definitiva de cana-

les de la huerta existen al final de la dominación musulmana. Aunque los riegos valencianos tienen un origen romano, no hay duda que los árabes contribuyeron a su gran crecimiento. Giner Boira (1997) mantiene que los pobladores del levante español no eran árabes (procedentes de lo que hoy denominamos Arabia Saudí), que no conocían el regadío pues sus tierras no se regaban, sino sirios, libaneses y egipcios con cinco mil años de tradición de agricultura regada. Asimismo mantiene que el actual Tribunal de las Aguas fue creado hacia el año 960. Notables ejemplos de áreas regadas valencianas son la huerta de Valencia y los regadíos de Alicante y Elche.

En Murcia la zona regada se sitúa en las cuencas media y baja del Segura destacando el entorno de Murcia capital y Orihuela (perteneciente a la Comunidad Valenciana pero situada en la cuenca baja del Segura) así como el Campo de Lorca regado este último por el Guadalentín. En la huerta de Murcia destacan las norias, ruedas que elevaban el agua mediante cangilones movidos por la corriente de agua. Las más conocidas son las de Alcantarilla y la Ñora. La distribución del agua en época musulmana se basaba en el reparto proporcional del volumen extraído del río en la presa de la Contraparada (la parada murciana, equivalente a la rafa valenciana, es un obstáculo artificial colocado en un curso de agua para elevar su nivel y derivarla posteriormente). De esta presa se derivaban dos acequias, la de Alquibla en la margen derecha y la de Aljufia en el ala izquierda.

El regadío en Andalucía Oriental o Reino de Granada es muy diferente al del levante español dada la orografía y el régimen pluviométrico de la zona. Aquí, fundamentalmente, se aprovecharon hoyas interiores de ríos y zonas de sierra mediante terrazas regadas. Lo más destacado es el ingenio desarrollado para captar agua en esta región (Alpujarras granadinas y almerienses) de gran escasez hídrica. En el caso de corrientes superficiales, la toma de agua tanto en corrientes permanentes como en cursos efímeros se hace por sangrado mediante diques de derivación denominados azudes o boqueras. En el caso de aguas subterráneas, el uso del qanat estuvo muy generalizado destacando el de Senés en Almería con varios centenares de metros. El pequeño tamaño y su gran dispersión impiden destacar algunas zonas regadas.

En el valle del Guadalquivir no hay referencias a grandes espacios de regadío sino más bien a zonas de huertas en entornos urbanos y a almu-

nias, o fincas de recreo de los notables, destacando las de Jaén, Córdoba (la Arruzafa) y Sevilla (la Buhayra). También hay constancia de regadíos en ambas orillas a lo largo del Guadalquivir desde donde el agua se derivaba mediante norias (como la de la Albolafia en Córdoba) y presas. A título sentimental, y por contraste con la situación actual, cabe señalar la referencia a los regadíos del río Marbella en los alrededores de Baena (Córdoba) que hace el viajero árabe al-*imyārī*: "(Baena) está rodeada de numerosos jardines, viñedos y olivares, su suelo es fértil y bien regado por aguas corrientes, emplazada a orillas de un importante río llamado el Marbella que viene del sur y mueve numerosos molinos" (Cherif Jah y López Gómez, 1994).

Por último, y fuera de los ámbitos geográficos ya citados, hay que mencionar las vegas de Toledo (Huerta del Rey) y de Talavera en la cuenca del Tajo. El encajonamiento de este río a su paso por Toledo dio lugar al desarrollo de unos sistemas de elevación de agua que han sobrevivido durante muchos siglos.

La transmisión de tecnología hídrica de origen árabe al Nuevo Mundo a través de los conquistadores españoles es difícil de establecer por cuanto la unidad cultural que representaba el Islam en el siglo VIII se ha perdido a finales del siglo XV. Sin embargo, hay una estrecha relación entre determinados aspectos que caracterizan el uso agrícola del agua en América y en al-Andalus: los derechos de adquisición de su uso se vinculan a la tierra; el reparto del agua se hace mediante un tiempo concreto de riego o a través de los derechos de uso de determinados caudales; y los sistemas de riego propiamente dichos siguen pautas totalmente árabes. Del Río Moreno (2002) describe el sistema implantado por Cortés en México para el cultivo de la caña de azúcar: el agua pasaba de la zanja principal a las regaderas (zanjas secundarias) o *apantles* y de ahí a las zanjas de alimentación (*tenapantles* o *contrapantles*) a intervalos de doce surcos. Cada grupo de doce surcos constituía una *tendida* y un hombre tenía la tarea de regular el flujo de tres tendidas.

La historiografía del agua es escasa en el vasto imperio español en América. Según Meyer (1996) la razón hay que buscarla en que los asentamientos indios más importantes se localizaban en zonas con abundancia de agua precisamente por la disponibilidad de la misma. Los españoles fueron atraídos en primer lugar hacia estas zonas no solo por el agua sino especialmente por el tipo de culturas allí establecidas: las altiplanicies

de los Andes en América del Sur y el valle central de México. Posteriormente, hacia la segunda mitad del siglo XVI, los españoles se mueven hacia áreas donde el agua escasea alcanzando el territorio situado al norte de Nueva España: Sonora, Arizona, Alta y Baja California, Chihuahua, Nuevo México, Coahuila, Nuevo León y Texas. Es a estas zonas áridas o semiáridas, en las que la existencia de agua marca la frontera entre la desolación y la abundancia, hacia donde se traslada la tecnología hídrica, fundamentalmente aplicada al regadío, entonces existente en la península Ibérica. El agua jugó un papel muy importante en la conquista convirtiéndose en una fuente de riqueza privada, de capital, de renta y de poder humano, a la vez que cambiaba las necesidades, los usos y los sistemas de valores y aumentaba las polémicas y las disputas por su posesión (Meyer, 1996).

CAPTACIÓN, DERIVACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA

Los árabes juegan también en este caso un amplio papel de difusores de unas tecnologías a veces ya conocidas por los hispanoromanos pero que fundamentalmente derivan de las grandes civilizaciones orientales. Este es el caso, por ejemplo, de las norias que San Isidoro cita ya en sus *Etimologías* aunque con seguridad tienen su origen en el Mediterráneo oriental. Según cita Pavón (1990), Filón de Bizancio (300-200 años A. C.) ya habla de aparatos para sacar agua en su libro *Pneumática* y Vitrubio describe cuatro tipos diferentes de aparatos elevadores en su libro *Arquitectura* aunque ninguno de ellos se refiere

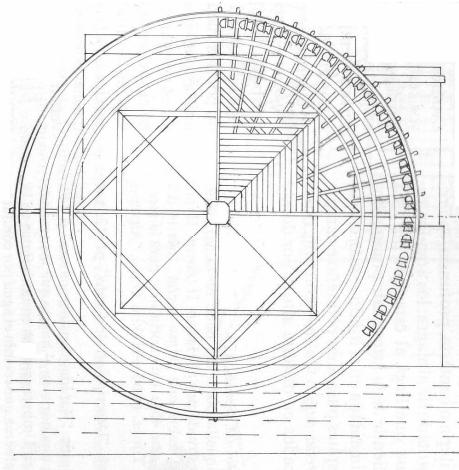
a las ruedas movidas por tracción animal.

El término *noria* proviene del árabe *nā'ūra* y se refiere a todos los artilugios para la elevación de agua compuestos de ruedas. Se distingue entre las *norias de corriente* (*noria fluvial* o *noria de vuelo*), ruedas verticales sin engranajes situadas en ríos o canales accionadas por el agua también llamadas en algunas zonas *aceñas*, y *norias de sangre* (*norias de tiro* o *sāniya*), accionadas por tracción animal que se utilizan para elevar aguas captadas a través de pozos de hasta 10 m de profundidad. Según Córdoba *et al.* (2004), el nombre castellano, noria, no ha derivado del término árabe con que fueron conocidas en al-Andalus, *sāniya*, sino con el que fueron llamadas las norias fluviales, *naura*, y que se empleó en la España cristiana indistintamente. De *sāniya* se deriva la palabra *aceña* usada para denominar a los molinos de rueda hidráulica vertical durante la Baja Edad Media.

El nombre árabe *naura* parece derivar del verbo *na'ar* que significa gruñir o gemir y que hacía alusión al característico chirrido emitido por las mismas (Pavón, 1990; Córdoba, 2004). Así, por ejemplo, las norias de tiro de Palma del Río (Córdoba) han sido conocidas con el nombre de *chirriones*. Según diversos autores, como Caro Baroja y Torres Balbás, la famosa noria de la Albolafia de Córdoba, que viene a significar de la *buena suerte* o de la *buena salud*, (ver Figura 2) fue desmontada en junio de 1492 a causa de su continuo chirrido que molestaba a la reina Isabel la Católica que por aquel entonces se encontraba enferma en el Alcázar de los Reyes Cristianos de Córdoba (Córdoba *et al.* 2004).



a)



b)

Figura 2. Noria de la Albolafia de Córdoba. a) del sello de la ciudad, siglo XIV según interpretación de J. Caro Baroja. b) restitución según B. Pavón

Las norias de sangre tienen una mayor complejidad que las de corriente pues requieren conocer la transmisión de fuerzas a través de engranajes y de ahí que Caro Baroja (1983) las considere la verdadera invención de los árabes. Glick (1979) señala que la noria andalusí no está relacionada con la típica noria bereber del norte de África. Más bien tanto la propia noria como los cangilones están inspirados en el modelo siro. A su vez, los andalusíes introdujeron este tipo de noria en Marruecos así como en las tierras cristianas a través de la migración de los agricultores mozárabes. Tal y como reflejó Losada (2004), los árabes aprovecharon las norias para ampliar el espacio hidráulico dominado por las corrientes (fluviales o acequias) en las que se sitúan.

En este sentido, la distribución geográfica de las norias en al-Andalus puede dar una idea del desarrollo agrícola en zonas rurales. Sin embargo, los Libros de Repartimiento (registros de las concesiones a los pobladores cristianos de propiedades anteriormente en poder de los musulmanes) no proporcionan buena información ya que las citan escasamente quizás por su gran abundancia. La única fuente existente, ya del siglo XX, la proporciona el Ministerio de Fomento que en 1918 hace un inventario de las mismas aunque se desconoce el procedimiento seguido para su conteo, si se incluyen todas o solo las tradicionales y si la metodología varió de provincia a provincia (Glick, 1996). La Tabla 1 muestra la distribución de las norias entre las 15 provincias con mayor número.

1.	Ciudad Real	21.006
2.	Castellón	4.083
3.	Baleares	3.540
4.	Toledo	2.750
5.	Valencia	2.000*
6.	Zamora	1.552
7.	Madrid	1.432
8.	Cáceres	1.010
9.	Valladolid	842
10.	Almería	668
11.	Córdoba	647
12.	Alicante	566
13.	Gerona	505
14.	Murcia	503
15.	Jaén	542

* Estimador del encuestados

Fuente: Ministerio de Fomento, Medios que se utilizan para suministrar el riego, 2 vols., Madrid, 1918

Tabla 1. Distribución de norias por provincias en 1918

Otro procedimiento de captación de recursos hídricos es la presa de derivación o azud que, construida transversalmente en un río permite acumular agua, elevar su nivel y derivarla a una acequia o canal de distribución usada principalmente para riego. Como ya se ha mencionado, en el sureste árido español eran frecuentes los diques temporales o boqueras en corrientes efímeras aunque desde épocas anteriores a la islámica. El término árabe azud ha tenido más connotación de derivación de agua antes que de acumulación y retención para lo que es más apropiado el vocablo de presa.

Entre las técnicas de captación de aguas subterráneas destaca el qanat: galería de escasa pendiente que drena el agua de un acuífero hacia el exterior sin que sean necesarios mecanismos de elevación (ver Figura 3). Goblot (1979) define los qanats como una técnica de carácter minero, no de regadío, que consiste en explotar capas de aguas subterráneas (acuíferos) por medio de galerías drenantes, ya que las minas existían mucho antes de la aparición de los primeros qanats. La galería está conectada con la atmósfera a través de unos pozos o lumbreras, separados entre 5 y 20 m, que sirven para airear la captación y para extraer los materiales derivados de la construcción de la galería. Alrededor de los pozos se construye un reborde para mantenerlos limpios. El primer pozo o pozo madre se utiliza para localizar el acuífero y, posteriormente, la galería se construye desde su punto de salida hasta el pozo madre (Argemí *et al.*, 1995). Esto último lo distingue del término mina que aunque también se trata de una galería que toma agua de un acuífero, se excava al revés y no suele tener pozos de ventilación.

Las condiciones físicas que condicionan la implantación de qanats pueden ser agrupadas en tres clases: climáticas, hidrogeológicas y topográficas. Teniendo en cuenta las dificultades de los trabajos para su construcción, los qanats aparecen allá donde los recursos hídricos superficiales son precarios, esto es, en un clima árido. No obstante, deben existir importantes reservas subterráneas de agua tanto freáticas como mas profundas, estas últimas jugando un papel primordial. Además, el sistema debe resultar sostenible por lo que estas masas de agua tienen que ser alimentadas regularmente y de manera suficiente. Se necesita, pues, un relieve suficientemente elevado para provocar la precipitación de las masas nubosas. Por otro lado, se requiere una cierta pendiente, no muy elevada, en la galería (entre el 1 y el 2‰). Como conclusión, las zonas

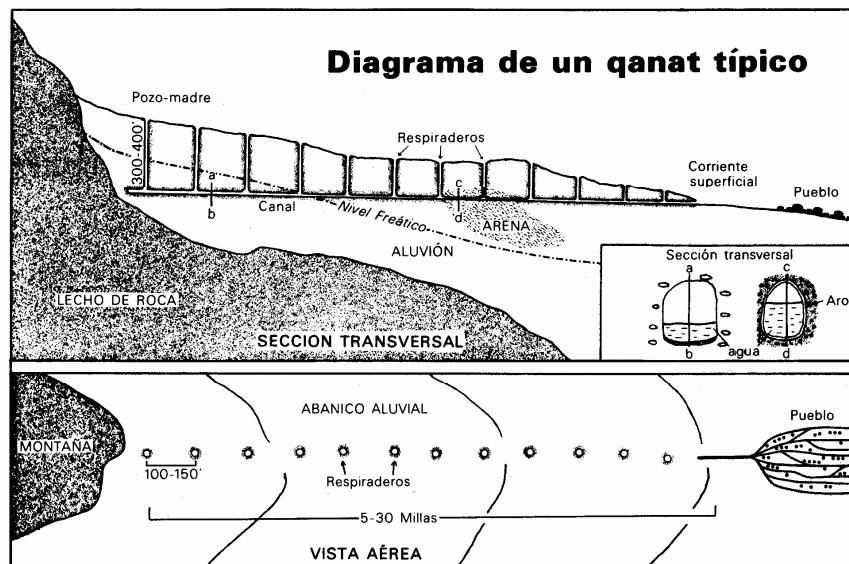


Figura 3. Diagrama de un qanat típico (Fuente: Glick, 1988)

mas favorables para la instalación de qanats son los piedemontes situados delante de las líneas montañosas y formados por materiales permeables. La meseta iraní reúne particularmente todas estas condiciones. Dentro de ellos, los conos de deyección son los lugares más idóneos para su localización.

Según Goblot (1979), la primera referencia escrita a los qanats se encuentra en las crónicas de la octava campaña del rey asirio Sargón II (722-705 a.c.), en el 714 a.c., contra el reino de Urartu localizado al noroeste del actual Irán, cerca de la frontera con Turquía. Posteriormente, se difundirán hacia el sur y hacia el oeste, en la meseta iraní, bajo la influencia de los Medos y de los Persas.

Los qanats españoles o *viajes de agua* son el resultado de la influencia árabe-persa sobre la península Ibérica. El caso mas significativo es el de Madrid que debe su ubicación y fundación como una fortaleza en el año 871 a la red de qanats establecida por iraníes incluidos entre las compañías omeyas. Posteriormente, y debido a la calidad y abundancia de este agua, fue elegida por Felipe II en 1561 como capital del reino en lugar de Toledo. López-Camacho *et al.* (2005), en un trabajo muy interesante en el que se describe el qanat de la Fuente Grande de Ocaña, señalan que Madrid se abasteció por este medio durante diez siglos, entre el IX y el XIX, habiéndose inventariado 124 km de galerías, 70 de captaciones y 54 de conducciones.

El uso de aljibes, palabra derivada de la ára-

be *al-yubb* (Pavón, 1990), resulta fundamental como sistema de aprovisionamiento de las aguas traídas a la ciudad mediante qanats. Asimismo, en casas y mezquitas los aljibes recibían el agua que bajaba de los tejados mediante atanores o conductos de metal o barros cocido embebidos en los muros.

En el patio de la Mezquita de Córdoba existe un aljibe que recibía el agua de lluvia del propio pavimento del patio y de los tejados constituidos por canaletas diseñadas para evacuar rápidamente, y sin que se formen balsas de retención, el caudal de escorrentía generado (Roldán *et al.*, 2005).

Fuera de la meseta iraní, y por su proximidad, cabe citar la hoya de Marrakech, situada en el piedemonte del Alto Atlas, donde se concentran unos 800 qanats de entre 800 m y 2,5 km de longitud que constituyen una red de mas de 900 km. Con ella se suministra agua a la ciudad y se riegan entre 15.000 y 20.000 ha.

La conducción y distribución de agua a los campos de cultivo para regar se hace a través de las redes de acequias. Las técnicas de trazado de acequias y de reparto de agua hacia otras conducciones o hacia el campo de riego se han mantenido tal cual hasta fecha muy reciente. Así, la superficie regada es la dominada por la acequia que, para mantener una pendiente adecuada a su doble función de conducción y derivación, sigue un trazado que es difícil modificar. El espacio hidráulico así configurado queda delimitado por dos líneas, superior e inferior, cuya situación

está marcada por la gravedad. Así la superior es la propia acequia o canal principal por encima de la cual el agua no puede distribuirse debido la pendiente del terreno, en tanto que la inferior la constituye el propio curso del agua situado en le fondo del valle. El nacimiento de la acequia se produce desde un azud como se menciona en el apartado 3 (ver Figura 4). El paso de la acequia principal hacia otras acequias o hacia los campos de riego se hace frecuentemente a través de partidores que utilizan desde compuertas de madera hasta la propia tierra para contener el agua.

También eran importantes los sistemas de avenamiento o drenaje de aguas sobrantes que sanean los terrenos pues impiden su encharcamiento. Este exceso de agua era, en ocasiones, reutilizada de nuevo en el riego. La red de desagües estaba formada por los siguientes elementos: escorredores, que reciben el agua de uno o dos regantes; azarbetas, cuando la recogen de tres o más regantes o de los escorredores; y azarbes que la reciben de los escorredores o de las azarbetas (al-Mudayna, 1991).

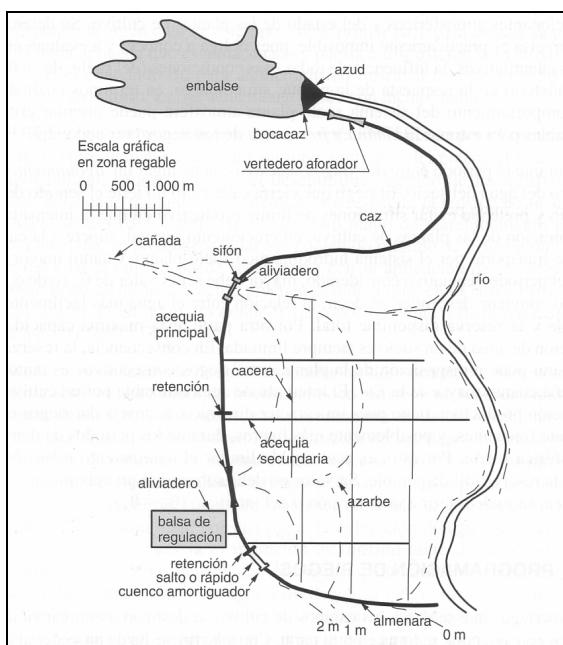


Figura 4. Estructura de un sistema de riego tradicional (Losada, 2005)

Argemí et al. (1995) exponen que para la construcción de las acequias se empleaba una base de piedras unidas con mortero con una cobertura impermeabilizante hecha de cal hidráulica con fragmentos de material cerámico cocido para evitar pérdidas de agua por filtración.

La red de distribución de agua para riego está formada por acequias primarias y secundarias o hijuelas. De ellas se alimentan otros canales que conducen el agua hasta los campos de riego. Entre ellos cabe distinguir los brazales, cuando reparten el agua entre varios propietarios tomando el agua o de la acequia principal o de la hijuela, y las regaderas, que llevan el agua a un solo regante partiendo de un brazal.

TECNOLOGÍA DEL RIEGO

El reparto de agua entre los regantes seguía reglas de proporcionalidad: cada regante recibía el agua en proporción a la cantidad de tierra que poseía (Glick, 1988). No obstante, el total de agua repartido no era una cantidad fija por unidad de superficie sino que variaba en proporción al caudal del río. De igual modo, se repartía dicho caudal entre las diferentes acequias principales que se nutren de él. Si la cantidad disponible de agua era muy escasa, el regante no podía regar a voluntad sino siguiendo un *turno* (*tanda* o *dula*) pre establecido. El sistema proporcional garantizaba un reparto de agua equitativo sin necesidad de medidas de tiempo ni de orificios de reparto. La unidad de medida abstracta se denominaba *fila* (*hila* o *hilo* de agua) que representaba una parte de la cantidad total de agua en un río, fuente o acequia (Glick, 1988). Este concepto con diferente cuantificación sigue aún usándose en nuestras zonas tradicionales de riego por gravedad (Roldán et al. 1997).

En definitiva, en las instituciones de riego de al-Andalus se encuentran dos tipos de reparto de agua: el modelo sirio, característico de huertas con grandes canales derivados de los ríos, que se aplica cuando el agua es relativamente abundante (agua adscrita a la tierra) y el modelo yemení, característico de oasis, donde el agua se distribuye por tiempos y no está adscrita a la tierra (Glick y Kirchner, 2000).

En general, la fila es un número que indica la proporción del caudal total que puede tomar una acequia; si nos encontramos en época de abundancia de agua dicha cifra va de acuerdo a la capacidad de la acequia; si en época de escasez de acuerdo a un número de horas equivalente y proporcionado. Según Glick (1988), los valores tradicionales de filas de agua están expresados en múltiplos de doce y, normalmente, una fila es el equivalente a una hora de agua. La unidad de medida del agua basada en horas es muy habitual en el Oriente: Irak, Yemen, Siria, etc., donde la medida tipo es el *qīrāt* que, aunque varía de unos lugares a otros y entre acequias,

tiene la connotación básica de 1/24 parte y suele equivaler a una hora de riego.

Argemí *et al.* (1995) señalan algunas medidas y proporciones usadas en época andalusí cuyas equivalencias son, en cualquier caso, difíciles de establecer. Así tenemos la *abba* que corresponde a 24 horas de agua o al tiempo necesario para volver llenar una alberca desde las 6 de la tarde a las 6 de la mañana más las doce horas que se emplean en vaciarla; el *azumbre* que equivale a 3 horas de agua; y la *arroba* proporción que se refiere a un cuarto del día de riego o, en el caso de distribución del agua, a una medida que oscila entre las tres o cuatro horas. Estos autores discuten el origen sirio de la huerta de Valencia, que establecen tanto Glick (1988) como Giner Boira (1997) por el paralelismo entre la fila valenciana con las medidas de agua usadas en Damasco, inclinándose más por su origen bereber.

Entre los dispositivos para medir el agua se encuentra el agujero o módulo partidor practicado en una piedra que según sus dimensiones dejaba pasar un número fijado de hilas de agua quedando el resto para los regantes situados aguas arriba del mismo. La repartición proporcional del agua desde una acequia a otras dos se hace con un partidor que divide el flujo entrante en dos corrientes salientes exactamente iguales. Por esta razón, los partidores debían ser muy cuidados y exactamente diseñados, nivelados, medidos y construidos. Para medir el tiempo se usaron *clepsidras*, o relojes de agua, de origen egipcio aunque la palabra proviene del griego y significa *robar agua*. En efecto, su primera sílaba coincide con la de la palabra *cleptomanía* (McNown, 1976). Este dispositivo consistía en un recipiente con una escala horaria que desaguaba por un orificio situado cerca de su base. Para conseguir que la caída en el nivel del agua fuera lineal, el área de la sección transversal de las antiguas Clepsidras era menor en la parte inferior que en la superior. Así, la disminución en el área de la superficie del agua al bajar la altura tiende a compensar la reducción en la velocidad del flujo de salida y, si el área de dicha sección transversal es directamente proporcional a esa velocidad de salida, la velocidad de caída del agua en la vasija será constante. El tiempo también se medía mediante la observación de una determinada longitud de sombra que se correspondía con el tiempo transcurrido desde la salida del sol (Cherif Jah y López Gómez, 1994). Así, el tiempo que mediaba entre el amanecer y el instante en que la sombra de un regante alcanzaba una longitud de ocho pies de largo equivalía a dos horas.

El sistema de reparto de agua se fue haciendo cada vez más complejo con el paso de los siglos y en algunas zonas de huerta como Lorca se llegaron a establecer auténticas lonjas de subasta del agua de riego. Cada porción de agua se subastaba y se adjudicaba al mejor postor. Posteriormente, diferentes propietarios reunían las hilas conseguidas por cada uno de ellos para poder regar con mayor caudal. Así, si un regante con dos filas se aliaba con otros dos que tenían una, podía regar con el caudal de las cuatro filas por la mitad de tiempo que si lo hiciera solo y los otros por la cuarta parte.

En el reino de Granada el agua se repartía entre los regantes mediante tandas o turnos. Cada tanda consistía en un tiempo durante el que se aplicaba un determinado módulo a un campo. Transcurrido ese tiempo, el turno pasaba al siguiente campo que, dada la particularidad de los regadíos granadinos (ver apartado 2), se encontraba en un nivel inferior.

En general, los procedimientos mediante los cuales se distribuía el agua a los regantes eran de dos tipos según sus valores sociales y sus prioridades económicas: distribución muy eficiente del agua o distribución que asegurar equidad y justicia en el reparto (Glick, 1996). Cuando el agua escasea la equidad pierde eficiencia.

Ibn al-Awam (siglo XII), basándose en el texto de Agricultura Nabatea escrito por Ibn Wahsiya en el siglo IX, dedica apartados específicos de su libro a las señales para saber si el agua está lejos o cerca de la superficie terrestre y a la forma de abrir los pozos. En el primer caso, las especies de plantas existentes orientan sobre la presencia del agua en la proximidad de la superficie: cipreses, zarzas y espinos pequeños, entre otras muchas. También el color, sabor y olor de la superficie son buenos indicadores ya que cuando el agua está cerca aparece cierta jugosidad que se percibe al tacto y a la vista a manera de sudor o rocío. Al hablar de los pozos, incluye comentarios sobre su forma (árabigo o persiano), tamaño (para incluir a la noria), posición (en lo más alto del huerto para dominar todo el espacio hidráulico) y época para su perforación (entre agosto y octubre).

Las aguas para el riego eran clasificadas en cuatro tipos según su procedencia: aguas de lluvia, de río, de fuentes y de pozos. Se consideraba que la mejor agua es la de lluvia y se recomendaba, por tanto, para el riego de hortalizas y, en general, para las plantas más delicadas o débiles. El agua de los ríos también es buena porque es agua corriente y la de fuentes y pozos, más

densas, se preferían para el riego de plantas con raíces comestibles. Ibn al-Awam añade que las aguas salobres y amargas son buenas para regar algunas hortalizas como la verdolaga, espinaca y lechuga. En cambio, no recomienda el agua salada para el riego de ninguna planta.

La práctica de los riegos consideraba que los frutales deben regarse frecuentemente salvo en épocas de brotación de yemas o floración a excepción del olivo. También hay que regar las plantas cuyas raíces quedan al descubierto. En cambio, a las plantas débiles no hay que darle mucho riego. El agua estancada por un tiempo se estima que es perjudicial para los árboles que no son frutales (Cherif Jah y López Gómez, 1994). Ibn al-Awam da también recomendaciones sobre el riego de los árboles frutales entre las que cabe destacar prácticas de riego localizado (alcorques), riego nocturno y frecuente (cuatro horas al día desde la última hora del día hasta la media noche), fertirriego (incorporando el estiércol al agua), riego en subsaturación (proponiendo que se excavase la tierra de alrededor, se pisase blandamente y se le incorpore estiércol para que el agua no llegue a todos los sitios y haya ventilación). Por último, da sugerencias sobre la época en que se deben regar los frutales, incluyendo al olivo (planta que tradicionalmente ha sido considerada de secano). Sin embargo, concluye que, aunque el riego es útil para el olivo, su falta tampoco le daña.

Los métodos de riego utilizados en época andalusí son: por inmersión o a manta, para el que la parcela se disponía en tablares; y a través de regueras, usando surcos y caballones (García Sánchez, 1996). Describe esta misma autora una forma de trazar los caballones, atribuida a los sicilianos, de modo que entre cada dos caballones exista una reguera que también se comunica con las demás regueras y con la acequia principal, del mismo modo que lo hacen los tablares con dicha acequia. El campo a regar se componía de un conjunto de bancales, separados por balates y con tablas de riego divididas en eras y canteros o con alcorques al pie de árboles frutales (Losalda, 2004). En el caso de que el gasto alumbrado fuera insuficiente para su aplicación directa en el riego, se hacía necesaria la existencia de una alberca donde el agua se acumulaba durante un periodo de tiempo. En zonas montañosas, como las Alpujarras, la existencia de múltiples manantiales con escaso caudal obliga a construir balsas de regulación o albercas como paso previo a la distribución del agua en la zona a regar. En este caso, las albercas funcionan independientemente

y abastecen superficies de terrenos relativamente pequeñas (Bazzana, 1994).

Un aspecto considerado fundamental era la nivelación de los tablares de modo que no hubiera diferencia de cotas entre la parte superior e inferior pues, de otra suerte, el agua se llevaría de una a otra las semillas y el estiércol. El astrolabio incluía en su reverso una alidada que se usaba como instrumento topográfico en las tareas de nivelación de tierras.

Como ya se ha mencionado en el apartado segundo, en la isla de Ibiza se ha encontrado un sistema de riego denominado *feixes* que resulta bastante peculiar (al-Mudayna, 1991). En una zona costera de escasa pendiente se encuentra un área sedimentaria encharcada en la que los musulmanes excavaron una red de canales tanto perpendiculares como paralelos a la costa. La tierra de la excavación se situaba en las cuadrículas de cultivo (las *feixes*) lo que provocaba la elevación de ese suelo medio metro sobre el nivel del agua en los canales. El riego es del tipo subsuperficial, produciéndose una filtración desde las acequias hacia el subsuelo de las *feixes* en una distancia de varios metros. Para favorecer esta filtración, cada *feixa* debía ser atravesada por *fibles* o pasos subterráneos, una perpendicular a la costa (longitudinal) y varias paralelas a la misma aunque en la realidad el número de estas últimas es muy limitado pues su construcción era muy costosa. La *fibla* longitudinal tenía una compuerta en su extremo para controlar el caudal: en verano se cerraba para mantener el nivel del agua y en invierno se abría para evacuar las aguas sobrantes (Foster, 1952).

ADMINISTRACIÓN DEL AGUA EN EL REGADÍO

Existen escasas referencias a la administración oficial del agua en al-Andalus. Sin embargo, una muestra de la importancia que tiene el regadío se deriva de cómo dos personajes que estaban a cargo de la administración del agua en una acequia llegan a alcanzar la dignidad de emires en Valencia y Játiva, respectivamente, en el siglo XI.

Según Glick (1988), hay dos tipos de oficiales conocidos en el regadío andalusí, de un lado, el de mayor rango o *sāhih al-sāqiya*, y, de otro lado, un funcionario menor o *amīn al-mā*. Del nombre del primero de ellos derivan las palabras *cabacequia*, *cabacequier* o *sobrecequero*. Los funcionarios denominados *sāhih* realizaban funciones municipales que no estaban previstas en la ley islámica (vigilancia de mercados, policía

ciudadana, policía para asegurar el cumplimiento de las normas relativas al uso del agua, por ejemplo). Este cargo tenía capacidad para juzgar las infracciones a las normas de reparto de agua. Evidentemente, no debía ser elegido por la comunidad de regantes sino por el gobernador. En la ciudad de Granada, sin embargo, el *acequiero* (mencionado en las ordenanzas de aguas de la ciudad de Granada de principios del siglo XVI pero con evidente origen árabe) tenía jurisdicción sobre molinos y batanes.

Según Cherif Jah y López Gómez (1994), el *sāhih al-sāqiya* emitía sentencias verbales, como ocurre con todo el procedimiento de administración de justicia islámica, y, al tratarse de un oficial de origen urbano, no podía ejercer su vigilancia más allá de la acequia principal, quedando la organización del regadío en las acequias secundarias bajo la jurisdicción de las diferentes organizaciones tribales. En ocasiones existía un personaje diferente de la administración de al-Andalus especializado en juicios relativos a las aguas, el denominado *qādi al-miyab* o *alcalde del agua*.

El *amīn al-mā* cuyo significado es el de *guardián digno de crédito*, y que en tiempos cristianos fue denominado con el arabismo *alamí* o *alamín* (según se trate de valenciano o castellano) o incluso con el apelativo más literal de *fiel de agua* (Elche), tenía exclusivamente funciones administrativas sin competencia para juzgar. Este oficial se le relaciona con la distribución de las aguas y la dirección de los turnos así como con los sistemas en los que la venta del agua complicaba su reparto debiendo asegurar entonces el orden de los turnos y vigilar las transacciones de agua.

Aunque, como ya se ha comentado, hay escasez de textos árabes dedicados a esta temática, han llegado hasta nosotros, sin embargo, algunos documentos cristianos fechados pocos años después de la conquista de ciertas ciudades como Valencia que nos hacen suponer que similares normativas y regulaciones debían existir en época árabe. Este es el caso del Real Privilegio de Jaime I en el que ordena que los acequeros limpien las acequias, hagan que los regantes las reparen, impidan que los usuarios no devuelvan el agua sobrante a las mismas, etc. También establece que los regantes vigilén a su vez al acequero y lo denuncien a los jurados de agua si no cumplen su labor.

Giner Boira (1997) cita un pergamo que recoge la sentencia sobre un pleito de aguas entre las arquerías de Cárze y Torox, próximas a Sa-

gunto, que ya llevaba 20 años de litigio y que está fechado en 1223, quince años antes de la conquista de Valencia por Jaime I. La solución dada por el juez de aguas, y que solventa el pleito, está relacionada con el dispositivo usado para medir el agua, un agujero en una piedra, que manda reemplazar dado su grado de deterioro que le impide cumplir la misión para la que fue construido.

Además de lo anterior, la ley islámica señala que los canales de riego son propiedad de la comunidad de usuarios que los establecieron, de modo que solo la comunidad regula los asuntos de la acequia y tiene derecho a usar su agua. Los regantes establecen sus turnos pero ninguno puede construir un molino o un puente sin la autorización de todos los demás. El Profeta impone el orden de riego de las tierras en dirección descendente con la limitación de que en las primeras la cantidad de agua usada no debe superar la altura de los tobillos. También rebaja los impuestos a la mitad para las tierras que deban ser regadas mediante extracción de agua (Vidal Castro, 1995).

TERMINOLOGÍA DEL REGADÍO

Como ya se ha indicado, una prueba de la importancia que tuvo el regadío en al-Andalus es la gran cantidad de palabras que existen en lengua castellana de origen árabe vinculadas al mismo o al uso del agua, en general. Además, es fácil encontrar nombres geográficos de similar procedencia que se refieren a temas hidráulicos en: lugares donde se regaba o se repartía el agua; lugares donde existen o existían artificios hidráulicos; y lugares con manantiales, fuentes o corrientes fluviales actuales o ya desaparecidas. Esta práctica fue muy frecuente entre los habitantes andalusíes que ponían nombre a los lugares geográficos, topónimos, en función de alguna característica propia que los distinguiera de los demás.

Cherif Jah y López Gómez (1994) y Glick (1988) proporcionan abundante información tanto sobre palabras de origen árabe como de topónimos, ambos relacionados con el agua. Sin ser exhaustivos, y advirtiendo de las variaciones regionales existentes que pueden significar un sentido diferente al expuesto, un pequeño glosario de palabras de origen árabe relacionadas con el regadío y el agua sería:

Aceña: Molino o máquina para sacar agua.

Acequia: Canal para conducir agua para riego.

Ador: Turno de riego.

Alberca: Estanque de agua para riego.
Albufera: Laguna.
Alcantarilla: Conducto para recoger aguas pluviales y residuales.
Alcubilla: Arca de agua.
Alfaguara: Manantial abundante.
Aljibe: Estanque de agua para uso doméstico, generalmente cubierto con bóveda de medio cañón.
Aljofaina: Recipiente para el agua.
Almenara: Acequia de desagüe o escorrentía.
Arcaduz: Cangilón de la noria.
Atanor: Cañería.
Atarjea (o atajea): Conducto por donde las aguas de la casa van al sumidero.
Azarde: Canal de avenamiento que recoge sobrantes.
Azarbata: Idem anterior pero de menor tamaño.
Azud: Presa de derivación. También se emplea como noria.
Canal: Conducción de agua.
Cenia: Noria de corriente o de sangre según las zonas (valenciano).
Noria: Rueda elevadora de agua.
Rafa: Tabla colocada transversalmente en una acequia para retención y derivación.
Rambla: Arenal por donde desaguan crecidas e inundaciones de ríos.
Tanda: Turno de riego.

Entre los topónimos relacionados con el agua destacan los relativos al almacenamiento del agua y a las ruedas hidráulicas. Estos topónimos varían de región a región y no es objeto ahora de hacer un repaso pormenorizado de las mismas. A título de ejemplo es curioso observar como cambian los topónimos derivados de la palabra noria por provincias: *Arnorias* (Albacete); *Anoria* (Almería); *Nora* (Cáceres, León, Oviedo); *Añora* (Córdoba); *Ñora* (Granada, Murcia); *Naura* (Lleida).

En la mitad sur de España predominan los nombres árabes de ríos. Todos empiezan por el prefijo *Guad*, derivado del árabe *Wadi* que significa río, y acaban con el apelativo que los caracteriza. A modo de ejemplo y entre los más conocidos se encuentran:

Guadajoz (Córdoba): Río de la turbia
Guadalaviar (Teruel): Río blanco (en Valencia, se convierte en el río Turia)
Guadalén (Ciudad Real): Río de la fuente
Guadalfeo (Granada): Río de la quebrada
Guadalhorce (Málaga): Río de la guardia
Guadalimar (Jaén): Río rojo

Guadalmedina (Málaga): Río de la ciudad
Guadalquivir: Río grande
Guadarrama (Madrid): río de la arena
Guadiana: Río de Ana (lugar cerca de Calatrava)

CONCLUSIONES

La aportación árabe al regadío en al-Andalus está fuera de toda duda. La transmisión de conocimientos científicos y técnicos desde Oriente y su continuación hacia América ha quedado plenamente demostrada. Buena prueba de todo ello son los topónimos y nombres de origen árabe que jalonen la práctica del riego y el uso del agua.

Las captaciones de agua mediante azudes, norias y qanats constituyen sus aportaciones más significativas. Las reglas de proporcionalidad y equidad seguidas en el reparto del agua son un modelo que se ha perpetuado a lo largo de los siglos. La administración oficial del agua en el regadío tuvo una notable importancia dentro del sistema de justicia árabe. El trazado de acequias y las técnicas de derivación de agua hacia los campos de riego u otras acequias se hace usando partidores de gran precisión que aún es posible ver funcionando en nuestras redes de riego tradicionales.

Por último, y como señala Albarracín (1989), los andalusíes eran unos amantes de la naturaleza por lo que no es de extrañar sus evocaciones poéticas hacia el mundo rural que incluye al regadío. Así, Abu Amir Ibn al- Murabit en sus lamentaciones amorosas dice:

Allí hay un riego hecho con mis lágrimas, joh gacela!, y una umbría formada por mis costados. Abrévate en esta agua abundante y ven a gozar de esta fresca sombra sin temor a ser rechazada ni asustada.

REFERENCIAS

- Albarracín, J., (1989). El agua y el riego en la poesía árabe andalusí (siglo XI). I Coloquio de Historia y Medio Físico, El agua en zonas áridas: arqueología e historia, Almería, pp. 97–119
- al-Mudayna, (1991). Historia de los regadíos en España (A.C.-1931). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Argemí, M., M. Barceló, P. Cressier, H. Kirchner y C. Navarro, (1995). Glosario de términos hidráulicos. En A. Malpica (coord.), El agua en la agricultura de al-Andalus, El Legado Andalusí, Granada.

- Barceló, M., (1989). El diseño de espacios irrigados en al-Andalus: un enunciado de principios generales. I Coloquio de Historia y Medio Físico, El agua en zonas áridas: arqueología e historia, Almería, p. XV-XLVII.
- Bazzana, A., (1994). La pequeña hidráulica agrícola en al-Andalus. En Ciencias de la naturaleza en al-Andalus. Textos y estudios, III, E. García Sánchez (Ed), C.S.I.C. Escuela de Estudios Árabes, pp. 317–335.
- Box Amorós, M., (1992). El regadío medieval en España: época árabe y conquista cristiana. En Hitos históricos de los regadíos españoles, A. Gil y A. Morales (coords), Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid, pp. 49–89.
- Caro Baroja, J., (1983). Norias, azudes y aceñas. Tecnología Popular Española, pp. 239–348, Madrid.
- Carrasco, A.I., (1996). La percepción del agua y los sistemas hidráulicos en la obra de al-Idrīṣī. Actas del II Coloquio de Historia y Medio Físico, Agricultura y regadío en al-Andalus, Almería, pp. 57–65.
- Córdoba, R., (2004). La noria de tiro en la Córdoba bajomedieval. Elementos y funciones. En El agua a través de la historia, S. Gómez Navarro (coord.), Estudios de Historia I. Asociación "Arte, Arqueología e Historia", Córdoba, pp. 79–96.
- Córdoba, R., A. Albendín, J.M. García Muñoz y J. Ortiz García, (2004). Puertos, azudes y norias. El patrimonio hidráulico histórico de Palma del Río (Córdoba), Fundación El Monte, Sevilla.
- Cherif Jah, A. y M. López Gómez, (1994). El enigma del agua en al-Andalus. Ministerios de Agricultura y de Obras Públicas, Madrid.
- Del Río Moreno, J., (2002). Influencia de la cultura agraria árabe en la agricultura que implantaron los europeos en América. En La herencia árabe en la agricultura y el bienestar de occidente, F. Nuez (Ed.), Universidad Politécnica de Valencia, pp. 411–424.
- Foster, G.M., (1952). The Feixes of Ibiza. Geographical Review, Vol. 42(2), 227–237.
- García Sánchez, E., (1996). Cultivos y espacios agrícolas irrigados en al-Andalus. Actas del II Coloquio de Historia y Medio Físico, Agricultura y Regadío en al-Andalus, pp. 17–37.
- Gilman, A. y J.B. Thorne, (1985). Land use and prehistory in south east Spain. G. Allen & Unwin, London.
- Giner Boira, V., (1997). El Tribunal de las aguas de Valencia. Fundación Valencia III Milenio, Valencia.
- Giráldez, J.V., J.L. Ayuso, A. García, J.G. López y J. Roldán, (1988). Water harvesting in the semiarid climate of southeastern Spain. Agricultural Water Management, 14, 252–263.
- Glick, T.F., (1979). Islamic and Christian Spain in the early middle ages. Princeton University Press, Londres.
- Glick, T.F., (1988). Regadío y Sociedad en la Valencia medieval. Valencia
- Glick, T.F., (1996). Riego y tecnología hidráulica en la España Islámica: consideraciones metodológicas. En Ciencias de la naturaleza en al-Andalus. Textos y estudios. IV, C. Álvarez de Morales (Ed.), C.S.I.C., Escuela de Estudios Árabes, pp. 71–91.
- Glick, T.F. y H. Kirchner, (2000). Hydraulic systems and technologies of Islamic Spain: history and archaeology. En Working with water in Medieval Europe, P. Squatriti (Ed.), Technology and Resource-Use, Brill, Leiden, Holanda, pp. 267–329.
- Goblot, H., (1979). Les qanats. Une technique dadquisition de leau. École des hautes études en sciences sociales, Mouton Editeur, Paris.
- Ibn al-Awam. Siglo XII. El libro de agricultura de al-Awan. Edición y comentarios sobre la edición de Banqueri (siglo XVIII) por José Ignacio Cubero Salmerón (2001). Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía, Sevilla.
- López-Camacho, B., I. de Bustamante y J.A. Iglesias, (2005). El viaje de agua (qanat) de la Fuente Grande de Ocaña (Toledo): Pervivencia de una reliquia histórica. Revista de Obras Públicas, No. 3451, 43–54.

- Losada, A., (2004). Espacios hidráulicos en al-Andalus. II Simposio Internacional “Repensar Al-Andalus a través del tiempo y el espacio: Agua y agricultura”, Córdoba.
- Losada, A., (2005). El riego. II. Fundamentos de su hidrología y de su práctica. Mundiprensa, Madrid.
- Martí, R., (1989). Oriente y occidente en las tradiciones hidráulicas medievales. I Coloquio de Historia y Medio Físico. El agua en zonas áridas: arqueología e historia. Almería, pp. 421–440
- McNown, J.S., (1976). When time flowed. The story of the Clepsydra. La Houille Blanche, 5, 347–353.
- Meyer, M.C., (1996). Water in the hispanic southwest. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Ministerio de Fomento, (1918). Medios que se utilizan para suministrar el riego. 2 vols., Madrid.
- Pavón, B., (1990). Tratado de arquitectura hispano-musulmana. I. Agua. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Roldán, J., J. Reca y A. Losada, (1997). Uso del agua de riego en el valle del Guadalquivir: zonas del Bembézar y de Fuente Palmera. En La gestión del agua de riego, J. López-Gálvez y J.M. Naredo (Eds.), Fundación Argentaria, pp. 99–138.
- Roldán, J., L. Pérez Urrestarazu y F. Moreno, (2005). Canalones Hidráulicos en los tejados de la Mezquita de Córdoba. V Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Córdoba.
- Trillo, C., (2002). Regadío y estructura social en al-Andalus: la propiedad de la tierra y el derecho al agua en el reino nazarí. En La Andalucía Medieval, J. Pérez-Embíd (Ed.), Actas “I Jornadas de Historia Rural y Medio Ambiente”, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, pp. 71–98.
- Vidal Castro, F., (1995). El agua en el derecho islámico. Introducción a sus orígenes, propiedad y uso. En El agua en la agricultura de al-Andalus, El Legado Andalusí, A. Malpica (coord.), Granada.