

# LAS GALERÍAS CON LUMBRERAS (QANAT): OBRAS MAESTRAS DE LA INGENIERÍA RURAL AMENAZADAS.

Dietmar ROTH

Licenciado en Historia, Fundación Horstmann.

Dra. Brigitta SCHÜTT

Profesora de Geografía Física, Universidad de Tréveris.

Con la participación especial (apartado V.2) de **Helena Burg** y **Magnus Herrmann**, del Departamento de Geografía Física de la Universidad de Tréveris.

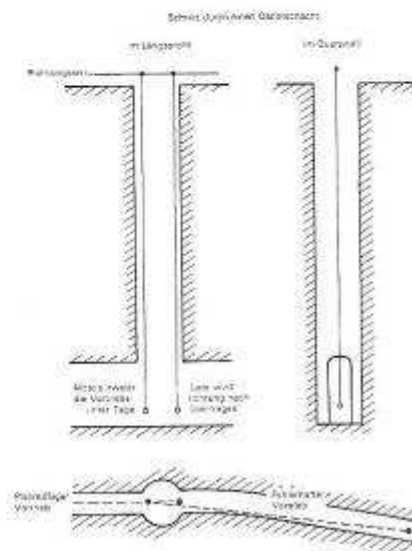
*En la actualidad existen diversos trabajos sobre el repartimiento y uso de las aguas del Mahimón, sobre los aljibes sitos en el término municipal de María y una extensa relación de azudes, bardas, boqueras, caños, minas, fuentes, etc, en la Rambla de Chirivel, pero falta todavía un inventario completo, una análisis interdisciplinar y un estudio completo de los sistemas de irrigación en los Vélez'.*

*Desde 1999, los autores del presente trabajo están investigando sobre los qanat en la Comarca y las zonas limítrofes de la Región de Murcia<sup>2</sup>. En mayo y junio de 2001, una estancia de Helena Burg y Magnus Herrmann posibilitó el inventario y modelación en sistemas digitales de información geográfica. Los estudios proseguirán durante los próximos años en un proyecto hispano-alemán<sup>3</sup>. Ahora se avanza los primeros resultados de este interesante proyecto.*

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación científica reciente en otras partes de España<sup>4</sup> se centra más bien en los aspectos funcionales y socioeconómicos de los sistemas de regadío, en vez de la anterior discusión si provienen de época romana o islámica<sup>5</sup>. Barceló destaca la "lógica social del agua" como opción estratégica, social y política que adoptan mayoritariamente los grupos tribales y clánicos campesinos en al-Andalus yuxtaponiendo la identidad tecnológica a la opción social<sup>6</sup> (BARCELÓ, 1989, XV). Para Hérin, un modo de producción no sólo es un conjunto de técnicas, sino una formación económico-social global, con sus fuerzas productivas y sus relaciones sociales, políticas e ideológicas (Hérin en PÉREZ PICAZO, 1990, 55).

El espacio irrigado no sólo es el resultado del acuífero, las pendientes favorables al transporte del agua y las parcelas irrigadas; es también otra forma de producir y, por supuesto, condiciona los asentamientos humanos. Según Barceló y Kirchner, el tamaño del espacio irrigado no influye en los prin-



Sistemas de medición en qanats. Del libro de Klaus Grewe, Licht am Ende des Tunnel, Mainz am Rhein, 1998.



cipios rectores de su funcionamiento, en contra de la historiografía tradicional (Wittfogel) que atribuía las obras hidráulicas a iniciativas de grandes entidades/estados, tales como las civilizaciones orientales.

Barceló destaca también otros factores que hay que tener en cuenta al analizar el espacio irrigado:

- el agua siempre está en movimiento,
- está constantemente vigilada para garantizar la estabilidad del sistema,
- la distribución puede adquirir una gran complejidad (volumétrica/temporal)<sup>7</sup>,
- la necesidad de constante mantenimiento,
- coordinación de los cultivos que precisan una diferente estacionalidad de riego (BARCELÓ, 1995, 243).

## II. LA CONSTRUCCIÓN DE LAS GALERÍAS CON LUMBRERAS (QANAT)

Aprovechar los recursos hídricos subterráneos a través de un qanat<sup>8</sup>, donde el agua por su propio peso llega hasta el punto de demanda, tenía una gran ventaja sobre los pozos, donde se sacaba el agua bajo grandes esfuerzos físicos y con un rendimiento limitado (GARBRECHT, 1995, 55).

Los túneles, en cuyo marco englobamos a los qanat, siempre han servido para dotar de infraestructuras unas zonas difícilmente habitables sin ellas. En cada obra de túnel hay que aplicar una estrategia de planificación y trazado, lo que supone un encargado de obra, precursor del ingeniero de hoy (GREWE, 1998, 7). En este artículo destacamos las galerías con lumbreras<sup>9</sup> por su compleja construcción.

Como declamos, en los qanat se emplean técnicas parecidas a los túneles para aprovechar los acuíferos mediante minas de desagüe con lumbreras verticales, que facilitan la limpieza y garantizan una presión uniforme (GOBLOT, 1979, 27). Como las lumbreras dividen el trayecto total en numerosos tramos, se minimiza el riesgo de fallar en la dirección (GREWE, 1998, 25). Normalmente, el pozo madre se sitúa a pie de monte donde se había detectado el acuífero, conduce el agua a través de la galería a una balsa que se utiliza para riego<sup>10</sup> o, en el pasado, para el abastecimiento con agua potable.

La construcción de una galería requería conocimientos específicos, lo que favoreció la formación de un grupo de especialistas<sup>11</sup> que pasaban sus conocimientos y experiencias de forma oral. Ciertos pueblos y barrios en Irán están formados por estos

<sup>7</sup> Entre los diversos trabajos sectoriales realizados sobre el particular en la Comarca de los Vélez, citamos: "La ganadería hispanomusulmana en la Comarca de los Vélez. Introducción a su estudio en época tardía", de I. CARA BARRIONUEVO (*Revista Vélezana*, nº 7, 1988, p. 5-16); "La Ribera de los Molinos", de D. ORTIZ SOLER y otros (*Revista Vélezana*, nº 11, 1992, p. 27-36); *Los molinos hidráulicos tradicionales de los Vélez*, de Lorenzo CARA y otros (Almería, IFA, 1997); "El Canal de la Comisión. Un caso de aprovechamiento y privatización de las aguas de la Rambla de Chirivel", de J.D. LENTISCO PUCHE (*Revista Vélezana*, nº 10, 1991, p. 11-20); "La Rambla de Chirivel. Estudio de un sistema hidráulico tradicional en la Comarca de los Vélez", de Isabel NAVARRO TORRENTE y Juan Antonio MUÑOZ MUÑOZ (*Revista Vélezana*, nº 19, 2000, p. 91-104).

<sup>8</sup> Los primeros resultados, con especial atención al qanat de Tortulba, término municipal de Lorca/Murcia, se publicaron en ROTH/SCHÜTT, 2000.

<sup>9</sup> Desde 1995, el departamento de Geografía Física de la Universidad de Tréveris, con 1.500 estudiantes, uno de los mayores de esta disciplina en Alemania, ha realizado varias estancias en prácticas sobre temas de erosión de suelos, evolución del paisaje, teledetección, etc. en la Comarca. En la actualidad se están desarrollando una tesis doctoral y cuatro tesis de diplomatura sobre distintos aspectos de los temas señalados.

<sup>10</sup> Del 4 al 6 de junio de 2001, la Casa de Velázquez (centro de hispanistas franceses en Madrid) organizó unas jornadas interdisciplinarias sobre "Las galerías de captación en la Europa mediterránea", reuniendo a numerosos investigadores renombrados y con visita a los "viajes de agua" de Madrid. Esta actividad estaba integrada en el proyecto "Agua y Civilización" de la quinta fase del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO.

<sup>11</sup> SHAW (1984, 133) advierte sobre el carácter consuntivo de la hidráulica romana (abasteciendo ciudades, *ville*) y la hidráulica productiva que hace posible la agricultura irrigada. WATSON (1982, 104) valora la negligencia gubernamental, la presión fiscal y el declive demográfico de la Antigüedad tardía como causas del abandono de muchas obras hidráulicas romanas.

<sup>12</sup> Para los interesados en la materia recomendamos los trabajos monográficos de BARCELÓ (1986, 1996), BEAUMONT, BUTZER, CHAPMAN y GLICK.

<sup>13</sup> Complejos sistemas de distribución de aguas existían ya en época romana, tal como demuestra la inscripción de Lamasha (Argelia), procedente del siglo III d. C. El 24 de septiembre, al amanecer, empezaba el reparto entre los 52 propietarios de aguas (GLICK, 1970, 193 y ss).

<sup>14</sup> La palabra *qanat* proviene del árabe *qana* (GOBLOT, 1979, 19) y significa caña. En el hebreo se transforma en *qana*, en armenio *qanya*. De los griegos pasa la palabra a los romanos. En latín encontramos *canua* y *canalis* (formado como una caña). En Otán los qanat se llaman *afaj*; en Marruecos, *foggara*; en Argelia, *khattara*; en Irán, *keri*; o *kariz*.

<sup>15</sup> Etimológicamente, lumbrera proviene del latín *lux*, *luminis* = luz. En árabe se nombraba a las lumbreras *manfas* o *minbara* (en castellano, *almansara*) (PAVÓN, 1990, 196 y 202).

<sup>16</sup> Lo característico es la existencia de una comunidad de regantes con la división del agua en tandas. Esta comunidad de regantes se encarga del mantenimiento de las instalaciones.



especialistas (GOBLOT, 1979, 46). Después de la reconquista de Madrid se formó el gremio de los fontaneros (BRAUN, 1974, 103). En ciertos oasis del Sáhara se utilizó a esclavos negros para la construcción y el mantenimiento de los qanat (GOBLOT, 1979, 48).

De la tribu beréber de los Zanata provenían muchos *mugani* (LEWICKI, 1980, 125), lo que corresponde con varios topónimos en el Alto Maestrazgo, Alicante, Valencia y Mallorca<sup>12</sup>, pero también en la Comarca de los Vélez, p. ej. la Balsa de Cenete.

Una descripción exhaustiva de la construcción de qanats aporta el matemático iraquí Muhammad Al Karagi (siglo XI) en su libro *Kitab inbat al-miyah al-jalfiyya*, el que, a su vez, se basaba en experiencias anteriores, haciendo incluso referencias a los persas (GREWE, 1998, 33).

Para la construcción de un qanat se buscaba primero indicios de humedad a pie de monte (aflojamiento en primavera, tierra húmeda, neblinas, mayor vegetación, etc.)<sup>13</sup>. El final de la galería debería estar situado cerca del terreno a regar y el primer análisis tenía que ser la viabilidad de la construcción de un qanat entre estos dos puntos finales, midiendo la longitud total. Paso seguido se excavaba un pozo de sondeo (*gamana*) que, en caso positivo, fuera el pozo madre (*mader-ichah*).

Se averiguaba la profundidad del pozo madre mediante una cuerda con nudos. Se calculaba la diferencia de altitud entre el pozo-madre y la salida al punto final. Según Al Karagi, la nivelación se realizaba con un instrumento consistente en dos listones de 1,4 metros. Mientras un hombre se posicionaba con un listón en el punto de partida de la nivelación, el segundo se colocaba a unos 14 metros con el segundo listón, ambos listones en posición vertical al horizonte. En la punta de ambos listones se había fijado previamente una cuerda. La nivelación se hacía con un tubo de vidrio de 35 cm. de largo y con tres agujeros y dos hilos de seda de 9,6 metros que se ataban en los agujeros de los dos extremos del tubo. Para nivelar, se empapaba un algodón de agua y, a través del agujero central del tubo, caían las gotas dentro del tubo. Si el agua caía

por ambos extremos a la vez, entonces estaba nivelado. Cortando otro hilo para medir la distancia del listón al punto en el cual se encontraba el final de la cuerda y se guarda este hilo. Ahora, el hombre del punto de partida de la nivelación se colocaba justo al otro lado del segundo hombre, siguiendo este procedimiento hasta el final (GREWE, 1998, 34).

Con otra cuerda, que servía de nivel, se trazaba el recorrido de la galería<sup>14</sup>. Seguidamente se determinaba la profundidad de la segunda lumbreira restando de la longitud de la primera cuerda la distancia entre el suelo y la cuerda tensada como nivel hasta el punto final del trazado.

Ahora se excavaba el túnel desde la desembocadura<sup>15</sup> considerando el trazado, la pendiente y las lumbreas a insertar. En galerías de poca profundidad las lumbreas se hacían a unos 20 metros una de la otra, en qanat de gran profundidad las lumbreas podían distar hasta 200 metros (GARBRECHT, 1995, 55/56). Con la tierra sacada se formaba una cerca alrededor de la boca de la lumbreira para que la lluvia no introdujera material de erosión. Si las lumbreas se hacían en terreno arenoso, se colocaban anillos de madera como armazón o, en lumbreas poco profundas, de barro cocido. Si se encontraban adversidades geológicas (roca), se quitaban con piqueta, cincel o encendiendo una gran hoguera.

Para comprobar la ventilación se recomendaban velas o quinqués y el suministro de aire se podía hacer a través de mangueras de piel. En terreno blando se recomendaban tramos cortos y de poco diámetro. Los peligros de derrumbe durante el funcionamiento se podían ocasionar en caso de gran pendiente, curvas y desniveles en el suelo porque las turbulencias del agua podía minar las paredes. Algunos mineros iraníes llaman a los qanat "asesinos" (GARBRECHT, 1995, 57).

Para no perder el rumbo, se utilizaba la sombra de un quinqué y, según Al Karagi, en cada lumbreira se colgaban dos cuerdas atadas a una soga principal en la superficie que iba de la lumbreira excavada hasta el punto donde se iba a excavar la siguiente lumbreira como indicador. El obrero se miraba atrás a las dos cuerdas, cerraba un ojo y si la primera cuerda tapaba la segunda, había trabajado correctamente.

<sup>12</sup> Los especialistas reciben el nombre de *mugani* o *muganni* en Irán; en Siria, de *qanawati*; en Marruecos, de *hanatiriyi*; y *qanawiyi* en Al-Andalus.

<sup>13</sup> Véanse los ejemplos de Ángel Poveda Sánchez, en: BARCELONA LÓPEZ/MELGAREJO MORENO, 12000, 37.

<sup>14</sup> En el tratado sobre las aguas de la "Agricultura Nabatea" se informa sobre cómo detectar aguas subterráneas (MARTÍ, 1989, 425). Sobre la prospección informa también el autor sevillano del siglo XIII, IBN AL-AWWAM, 1ª parte, libro 3º, artículo 1º.

<sup>15</sup> Medición significa comparar un trayecto de longitud desconocida con una unidad de medición estandarizada. Medir longitud y profundidad con cuerdas ya se cita en la Biblia (GREWE, 1998, 29).

<sup>16</sup> Así se podía evacuar el agua subterránea, si se encontraba ya en el tramo a evacuar.



te; si veía la segunda cuerda a la derecha o izquierda de la primera, tenía que cambiar el rumbo. La vara iba en paralelo a la galería trazada en la superficie.

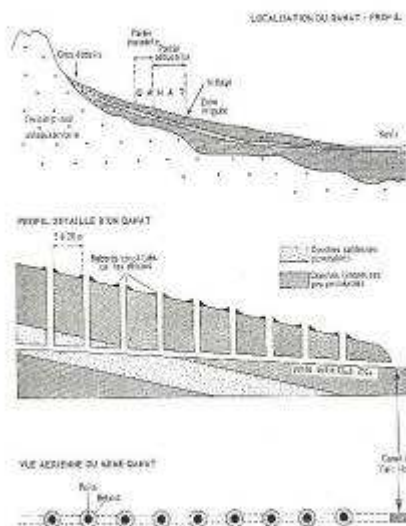
La pendiente de la galería se fijaba a través de un ángulo colgante (GOBLOT, 1979, 34) o un tubo de cobre, de unos 35 cm. de largo, con dos anillas por las que se pasaba un alambre de otros 35 cm. y que se colgaba del techo de la galería. Mediante este tubo se miraba una bola colgada en el punto de arranque de la galería<sup>16</sup> (GREWE, 1998, 36). En caso de qanats más cortos, muchas veces el minero sólo miraba atrás y si veía la luz de la boca del qanat, sabía que iba en dirección correcta. O se tensaba una cuerda en el techo de la galería desde el último tramo hasta el punto, donde en ese momento trabajaba el minero. Si se había trabajado correctamente la cuerda tenía que estar a igual distancia del techo, de las paredes y del suelo. En caso de curvas, habría que recurrir a ZIRKEL, regla y cuerda (GREWE, 1998, 38/39).

No obstante, la dificultad de seguir bajo tierra el trazado en superficie se demuestran en las numerosas correcciones de dirección en los qanats, especialmente en los largos. Una medición y cartografía exacta permite conocer la estrategia del encargado de obra en su tiempo (GREWE, 1998, 18 y 21).

No se precisaba mucho personal para estas obras. El encargado disponía de varias cuadrillas de tres hombres cada una (GREWE, 1998, 33). Dependiendo de la profundidad y del suelo, el avance diario de una cuadrilla oscilaba entre 1,3 y 5 metros, para un kilómetro se precisaba un año de trabajo. Un qanat de 200 metros de largo, una galería de un metro cuadrado de conducción, un pozo madre de 15 metros y otras 10 lumbreras suponía 275 metros cúbicos de escombros (BRAUN, 1974, 12). El ancho de la galería variaba entre 50 y 80 cm.; el alto entre 90 y 190 cm. Para evitar filtraciones se cubría el suelo de mortero. En algunos casos se aumentaba el caudal haciendo pequeñas minas desde el pozo madre.

### III. LOS QANAT EN LA HISTORIA

La construcción de los qanats se remonta a la época de los Urartu, un pueblo indo-iraní, alrededor del siglo VIII a. C. El primer testimonio escrito es el relato de la guerra de Sargón II (722-705 a.C.) contra los Urartu, durante la cual se destruyó a la ciu-



Corte transversal y vista aérea de un qanat, del libro de Henri Goblot, *Les qanats, une technique d'acquisition de l'eau*, editado por la École des Hautes Etudes en Sciences Sociales de París, 1979.

dad de Ulhu que era abastecida por conducciones subterráneas. El hijo de Sargón, Sanherib (705-681 a.C.) introdujo esta tecnología para el abastecimiento de agua potable en Nínive y Arbela (GARBRUCHT, 1995, 57/58).

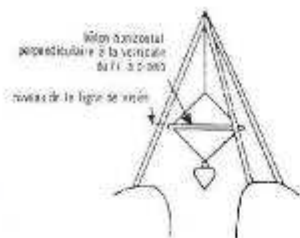
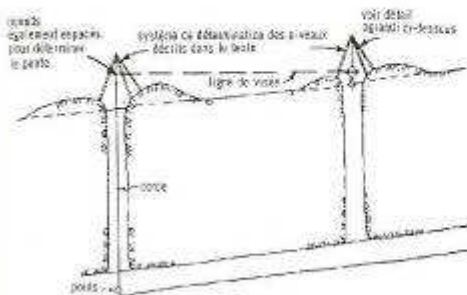
En el primer milenio antes de Cristo se construían qanats en Irán, Babilonia, Samos, Jerusalén y Atenas. Se supone que la aparición de esta técnica iba relacionada con la Edad de Hierro cuando se disponía de herramientas adecuadas (GREWE, 1998, 40). También los etruscos utilizaban una técnica parecida en sus *cuniculi*.

Todavía hoy, el Irán es la región donde se concentran un 80% de estos sistemas (GOBLOT, 1979, 28). Las obras se realizaban bien por la iniciativa de una comunidad de regantes o por encargo de personas acaudaladas. El derecho islámico permite la propiedad de un terreno inculto en el momento de ponerlo en valor mediante obras hidráulicas.

Vitruvio (VIII, 6, 3) nos proporciona las primeras indicaciones escritas sobre la técnica de los qanats, recomendando una distancia de unos 120 pies (unos 35,5 metros)<sup>17</sup> entre dos lumbreras, llamadas

<sup>16</sup> Al Karugl describe también otro sistema: se cogía una tabla de cuatro dedos de ancho por 70 cm. de largo, a la que se fijaba un listón vertical de unos 20 cm., desde el cual colgaba un plomo. Después de cada 20 cm. de avance de la galería, se controlaba el nivel horizontal que era el correcto si el plomo coincidía con una raya dibujada en el listón vertical (GREWE, 1998, 36).

<sup>17</sup> *Plinius*, 31: 57 recomendaba colocar lumbreras a cada 240 pies (70 metros) (MALISSARD, 2001, 159).



Método para establecer la pendiente de un qanat. Les qanats, une technique d'acquisition de l'eau, editado por la Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales de Paris, 1979.

*putei, lumina o spiramina* (MALISSARD, 2001, 159). Para la construcción de las conducciones de aguas se recurría a los niveladores-libradores, en latín, encargados de calcular la pendiente. La técnica de los qanat se difundió también a través de los romanos a numerosas provincias hasta lo que hoy es Luxemburgo (Walferdingen, Noertzange-Stiwelberg) y Alemania (Saarbrücken, Düren)<sup>18</sup>. Destacamos que, en la mayoría de los casos, estos qanat abastecían pequeñas comunidades rurales o *villae rusticae*.

Según la legislación de Justiniano (siglo V d.C.), al frente de los asuntos del agua estaban los *aquarii*, encargados de los acueductos y de la red de distribución, y los *hydrophylakes* que inspeccionaban la red, cargo comparable al *muhtasib* árabe (PAVÓN, 1990, 201).

Siguiendo la ruta de la expansión islámica, esta técnica se difundía en Egipto, Libia, Túnez, Argelia y Marruecos<sup>19</sup> hasta la Península Ibérica<sup>20</sup>, donde se difundía también gracias a la "Agricultura Nabatea" y el tratado sobre "La dirección de las aguas", de Filémón de Bizancio (PAVÓN, 1990, 187). Tanto AL-MAQQARI como AL-HIMYARI (Pechina/Almería y Jaén) hacen referencia a qanats y balsas construidos por los "antiguos", es decir los romanos, al igual como lo hicieron al-Bakri y al-Idrisi sobre los acueductos de Mérida. AL-MAQQARI nos relata que, en 941, el califa Abd ar-Rahman III terminó el qanat que llevaba agua de la Sierra de Córdoba hasta el palacio de la Noria, al oeste de Córdoba<sup>21</sup> (PAVÓN, 1990, 205) y el califa al-Hakam II llevó agua a la mezquita mediante un qanat con tuberías de plomo protegidas por piedras (PAVÓN, 206)<sup>22</sup>. En un párrafo de IBN-HAYYAN sobre el cerco de Qaf'at al Hansh (cerca de Mérida) en 873/874, el autor menciona la conducción de agua para los sitiados mediante galerías subterráneas (en árabe *surub*) y da referencias sobre la fortaleza de Cañete la Real, abastecida por un qanat. Uno de los ejemplos más importantes de un qanat son los "Caños de Carmona", con largas galerías subterráneas y más de 85 lumbreras, que conducían agua de Alcalá de Guadaíra a Sevilla. Por su parte, AL-HIMYARI nombra qanats en Murcia (*nahr Mursiya*), Alhama de Almería y Taza/Tara<sup>23</sup>, un despoblado de Lorca, denominando las lumbreras como *manafis* y las galerías *manahid* (KRESS, 121). Pavón menciona una interesante captación de agua en Vélez-Málaga consistente en un pozo, dos entradas, un aljibe junto a una de ellas y dos galerías subterráneas formando una especie de V (PAVÓN, 1990, 207).

En el siglo XVI se construyó el canal de captación de Fuente Grande (Ocaña), de unos 400 metros, atribuido a Juan de Herrera, arquitecto de El Escorial. Las tradiciones romanas y árabes pervivieron, tal como los qanat de los conventos de Ocaña, Uceda y Guadalupe y las minas como la Partida Alcoraya/Alicante (PAVÓN, 1990, 195). Exis-

<sup>18</sup> El Túnel Dover-Berg (Estado Federado de Renania del Norte-Westfalia) tenía una longitud de 1.660 metros, una profundidad de hasta 26 metros y, hoy día, unas 50 lumbreras, considerándose el mayor túnel de la Antigüedad al norte de los Alpes (GREWE, 1998, 17).

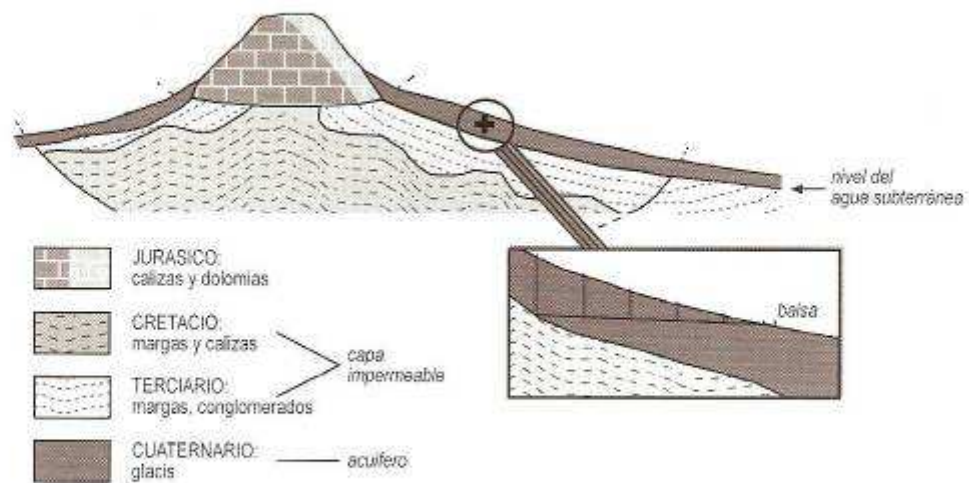
<sup>19</sup> Al-Idrisi (1100-1165) nos cuenta que el arquitecto-ingeniero del sistema de qanat para regar el jardín de Abu'l-Fadl en Marrakech, construido en el último tercio del siglo XI, fue el andaluz Ubayd Allah b. Yunus al-Muhandis. Este qanat sirvió como modelo para la población, y Al-Idrisi afirma que los qanat fueron la infraestructura indispensable para el crecimiento de Marrakech (BARCELÓ, 1996, 36; GREWE, 1998, 40).

<sup>20</sup> Desde aquí se transmitió a las colonias españolas en América (GOBLOT, 141-148).

<sup>21</sup> Pavón observa que al-Maqqari denomina los qanat con la palabra *saqla* (origen de la palabra castellana *acequia*) cuando relata la resistencia del gobernador de la ciudad en una iglesia extramuros gracias a una conducción subterránea de aguas, supuestamente romana. Parece que en el siglo X el término *qanat* es reemplazado por la voz *sigaya* (PAVÓN, 1990, 188-189).

<sup>22</sup> En el siglo XVI, Ambrosio de Morales se asombraba por la magnitud de los acueductos y las galerías con lumbreras "como torres muy espesas, que suben hasta lo alto" que sustentaban las montañas en su paso por debajo, encima de Medina al-Zahra (PAVÓN, 1990, 206).

<sup>23</sup> Algunos autores lo identifican con Tíreza, cuyas caudalosas fuentes se citan en documentos del siglo XVII.



Perfil esquemático de una superposición de placas en la zona de la Sierra del Gigante, Sierra de María o Sierra del Gabar (modificado en base de IGME 1977). En la ampliación de detalle se refleja el sistema de galería de forma idealizada.

ten vestigios del qanat a Aranjuez (inaugurado en 1745) con siete kilómetros de largo y cerca de Torrijos, con 8 metros de profundidad y 47 lumbreras tapadas. También parece aljibe final la "Cueva de Hércules", antigua iglesia visigoda de San Ginés, en Toledo (PAVÓN, 1990, 209/210).

Los qanat se han utilizado hasta entrado el siglo XX, sustituyendo el Canal de Isabel II el abastecimiento tradicional de Madrid mediante los "viajes de agua", cuyos principales eran el Alto y el Bajo Albroñigal<sup>24</sup>. Documentos de los siglos XV y XVI reflejan normas para evitar el hurto de las aguas mediante la apertura de qanats secretos derivados de las conducciones urbanas reglamentarias (PAVÓN, 1990, 208).

El vehículo de todo este legado ha sido la funcionalidad de la obra hidráulica y, a veces, ni siquiera los materiales constructivos han experimentado grandes cambios, lo que dificulta la datación de estas obras (PAVÓN, 1990, 195).

#### IV. LA DIFUSIÓN DE LOS QANAT EN EL SURESTE ESPAÑOL

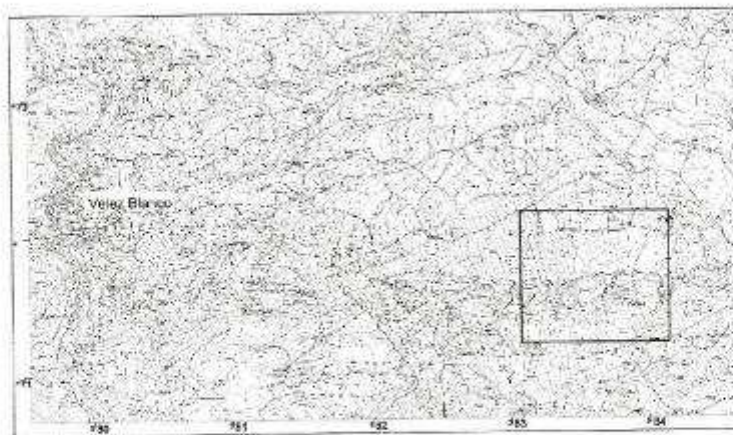
Un grabado del alemán Georg Hofnagel de la Alhambra nos enseña las características lumbreras. El escritor al-Himyari menciona dos galerías con lum-

breras en Rawd al Mi'tar, al norte de Murcia (ALBARRACÍN, 1989, 103) y Cavanilles describió un qanat en Crevillente (GLICK, 1970, 84). El nombre de Puerto Lumbreras se refiere a estas construcciones. GIL MESEGUER/GÓMEZ ESPÍN (1993, 134-143) registraron pequeños qanat en la orilla derecha de la Rambla de Pastrana (municipio de Mazarrón), cerca de Ramonete, tres sistemas en la Rambla Chacón-Cañarete (Águilas), una galería con piedras de sillaría en el Cabezo de Trigo (cerca de la Rambla de Arejos), en la cortijada de El Cocón y en los parajes de Los Cazorlas/Cañada Huertos, más arriba de las antiguas salinas de San Juan de los Terreros y en Pilar de la Jaravia (Pulpi). Los autores analizaron un qanat muy bien conservado cerca de Torrealvilla/Lorca (ROTH/SCHÜTT, 2000).

También en la provincia de Almería encontramos qanats cerca de Velefique (GIBERT, 1963, 381-424), en la Loma del Vicario de Fondón, en los municipios de Berja, Vácar y Alhama de Almería (RODRÍGUEZ/CARA, 1989, 453). KLEINPFENNIG menciona un sistema subterráneo de unos tres kilómetros para regar la Huerta del Cebollar (Cuevas de Almanzora)<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> En 1935 se calculaba la longitud total del sistema de qanat debajo de Madrid en 124 kms, de los cuales se podían recorrer unos 70 kms (KRESS, 121). Durante siglos eran constantemente renovados y reformados.

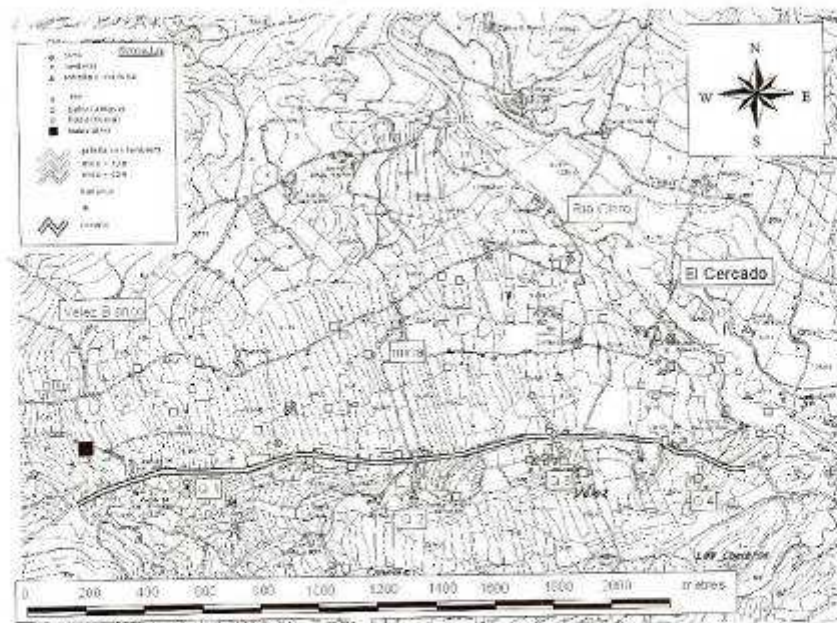
<sup>25</sup> En su artículo "El cambio técnico en los sistemas de captación e impulsión de aguas subterráneas para riego en la España mediterránea" de Catalayud Giner y Martínez Carrión (GARRABOU/NAREDO, 1999, 15-39), sólo hacen referencia a las norias como técnica tradicional de captación de aguas, analizando la evolución del riego a raíz de la introducción de los motores de bombeo.



Situación y localización de distintas minas y galerías en la vega de Vélez Blanco. Mapa: Burg Herrmann, 2001.

**Leyenda sistema de galerías con lumbreras**

- sistema de lumbreras
- galería
- acueducto
- balsa



Situación de la galería con lumbreras en la vega de Vélez Blanco, cercana a la almazara (Mapa en base del Mapa Topográfico de Andalucía, escala 1: 10.000, Provincia de Almería).



## V. LA COMARCA DE LOS VÉLEZ

### V.1 MARÍA

Hasta el mismo topónimo de María podría derivar de la denominación árabe de las galerías *-mayrā*, como en el caso de Madrid<sup>25</sup>. Otro nombre de lugar, la Alfahuara, hace también referencia al agua, existiendo obras hidráulicas en este paraje<sup>27</sup>.

### V.2 LA VEGA DE VÉLEZ BLANCO

Según la tipología de Barceló, la vega de Vélez Blanco se puede enmarcar en captaciones a media ladera con espacios aterrazados, comparables a Guájár o Liétor (BARCELÓ, 1995, 30).

En la diputación de Canales<sup>26</sup>, encontramos un qanat de unos 250 metros de largo con seis lumbreras en dirección norte-sur, alcanzando el pozo madre una profundidad de 17 metros y la galería está revestida de piedras de sillería (véase V.3.1, Q3). El qanat desemboca en una balsa a la que tienen derecho cinco vecinos. Recordemos que a unos 200 metros se encuentra el Cortijo de Canales, para el cual se constató una ocupación desde el siglo VI a. C. y siglo VII d. C.<sup>28</sup>.

#### V.2.1 El sistema de las galerías con lumbreras y minas en la vega

Hasta el momento se han podido localizar cuatro qanat (véase mapa Q1-Q4), diferenciando dos tipos de construcción. Por una parte, los qanat que desembocan directamente en una balsa, por otra, los qanat que no. De las mediciones se recogieron las siguientes características:

##### Qanat 1 (Q1):

Se localizó una lumbrera bien visible en el trayecto de este qanat dirigido hacia el NNW. A una distancia de 30 metros se encuentra una balsa antigua, abastecida por la galería. La mayor parte del trayecto entre la primera lumbrera y la balsa ha sido levantada, así que no ha sido posible localizar el cambio de la galería en acequia a cielo abierto. La entrada a la galería está reforzada por piedras. Según testimonios de los vecinos, la galería cruza por debajo del antiguo Camino Real a Lorca. Al norte



Galería 2 con parte levantada. Foto: Burg/Herrmann, 2001.

del Camino Real existen más lumbreras difícilmente reconocibles en el terreno. El agua transportada por la galería se utilizó como potable hasta la puesta en funcionamiento de un cebadero al norte del barranco.

##### Qanat 2 (Q2):

De la segunda galería, a casi un kilómetro de distancia más al este, se pueden ver tres lumbreras, en una línea NNE-SSW, con distancias entre ellas de 18, 20 y 76 metros. No se pudo verificar si, en el caso de la última lumbrera en el NNE, se trata del pozo madre. A lo largo de 17 metros se destapó la galería para analizar la falta de agua en una profundidad de 3-4 metros. En la punta sur la galería se transforma en mina y desemboca en una acequia después de otros 19 metros, en cuyo final no se puede detectar ninguna balsa. Parece interesante la posible bifurcación en el cambio de la galería a la mina hacia el SE. La galería lleva agua de forma interrumpida, como se puede detectar en la foto.

<sup>25</sup> En Al-Andalus se denominaba a las galerías como *mayrā*. ASÍN supone una forma hispano-árabe *mayrā* (el plural de *mayrā*) y en castellano antiguo "Madrid" es una fusión con la terminación latina *-tum*. Hasta el siglo XIII se observa la forma *mayrā* en los documentos referentes a las galerías de Toledo y en la obra de Pedro de Alcalá se traduce *mayrā*, plural *mayrā* por "ronda o venaje de agua" (BRAUN, 1974, 79).

<sup>26</sup> Se tomaron las medidas el 29-08-2000, recorriendo el qanat desde la lumbrera al lado del taller hasta su nacimiento.

<sup>27</sup> El topónimo indica la existencia de estas galerías; véase también BARCELÓ, 1986, 13.

<sup>28</sup> MARTINEZ LÓPEZ/MUÑOZ, 1999, 213-233.





Acueducto, lavadero y balsa a la desembocadura del qanat cercano a la almazara.

#### Qanat 3 (Q3):

Esta galería está a unos 600 metros de Q2 y había sido medido y documentado por SCHÜTT/ROTH, siendo un buen ejemplo para una galería. Aparte del pozo-madre documentado por SCHÜTT/ROTH, se pueden ver otras cinco lumbreras en dirección SSE, varias de ellas tapadas. La distancia entre las lumbreras se reduce sucesivamente de 50 a 25 metros. Después de salir el agua de la galería recorre una acequia, pasando por un lavadero, para desembocar en una balsa (12,1 x 21,5 x 1,20 metros).

#### Qanat 4 (Q4):

La galería más oriental de nuestra zona de estudio está a 600 metros de Q3, lo que corresponde con la regla de que los qanat deberían distar como mínimo 500 metros uno del otro para no quitar el agua al otro. Sólo se pudo localizar una lumbrera a unos 40 metros al sur del Camino Real y suponemos que existe una conexión en dirección NE, por debajo de la carretera, hacia una acequia que desemboca en una balsa antigua, cercana al Cortijo de Blas "el Santo". Esto significa una dirección contraria a las demás galerías.

Aparte de estas cuatro galerías documentadas, observamos varios hoyos en la vega que podrían ser lumbreras tapadas o destruidas. Todas éstas se encuentran en el sector norte de nuestra zona de estudio, p. ej. una depresión de unos 19 metros siguiendo el camino al sur del Cortijo Anselmo (mapa). Los vecinos denominan este fenómeno como lumbrera, pero no se pudieron observar más lumbreras en las cercanías, aunque podría ser que una balsa moderna (años 70) esté situada dentro de una lumbrera.

En conclusión, podemos afirmar que los pozos-madre de los qanat 1-3 están situados en una línea virtual. Aunque sin haber realizado un estudio sobre las condiciones geológicas de la vega, se supone que los qanat aprovechan el acuífero situado debajo del barranco. También el agua del qanat 4 pertenece a un acuífero subterráneo, en este caso de un barranco al sur del Camino Real a Lorca.

De especial interés son los qanat sin balsa, lo que nos induce a las siguientes suposiciones:

- Existe un solo propietario de los terrenos a la salida del qanat, quien no tiene que almacenar el agua.
- El qanat tiene una cantidad de agua constante y ésta puede ser conducida directamente a los bancales.
- Los terrenos tienen cultivos que precisan riego durante todo el año.

Como el qanat 2 está situado cerca de una antigua granja ibérica/villa romana y no dispone de una balsa, se puede afirmar que posiblemente sea uno de los qanat más antiguos de la vega, aunque ésta sea una hipótesis aventurada.

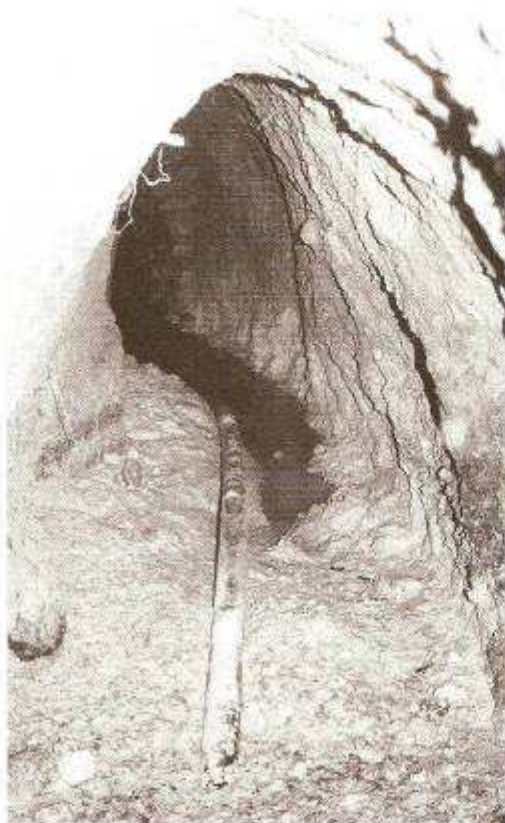
#### V.2.2 Las minas: características y diferencias con las galerías

De los qanat habrá que diferenciar las minas en la vega de Vélez-Blanco. Estos túneles subterráneos no tienen lumbreras y están a una escasa profundidad debajo de la superficie (se midieron entre 70 y 150 cm). Tienen forma rectangular, un ancho de 40 o 50 cm. y una altura entre 60 y 80 cm., aparte de ser sensiblemente menores que las galerías de la zona de estudio.

Las paredes de las minas consisten de piedra y el techo de lajas más grandes; la entrada a la mina ostenta una piedra grande como el dintel de una puerta. Parecido a las galerías, las minas desembocan en balsas antiguas, donde se retiene el agua para su futuro uso.

**Un caso singular de una mina se encuentra en la parte central de la vega**, al noroeste de Q2. Su boca, encima de una balsa antigua, está protegida por piedras, así que el agua puede salir, pero no pueden entrar animales. Siguiendo su recorrido hacia el SW, a unos 27 metros se observa la primera lumbrera, hoy día ensanchada y sostenida por un muro de hormigón hacia el noreste. La mina está a una profundidad de 1,40 metros, semi-elíptica y revestida de piedras.

Desde aquí, la mina tiene su recorrido debajo de un montículo de tierra, de unos 90 cm. de altura, donde se encuentra otra lumbrera a unos 22 metros



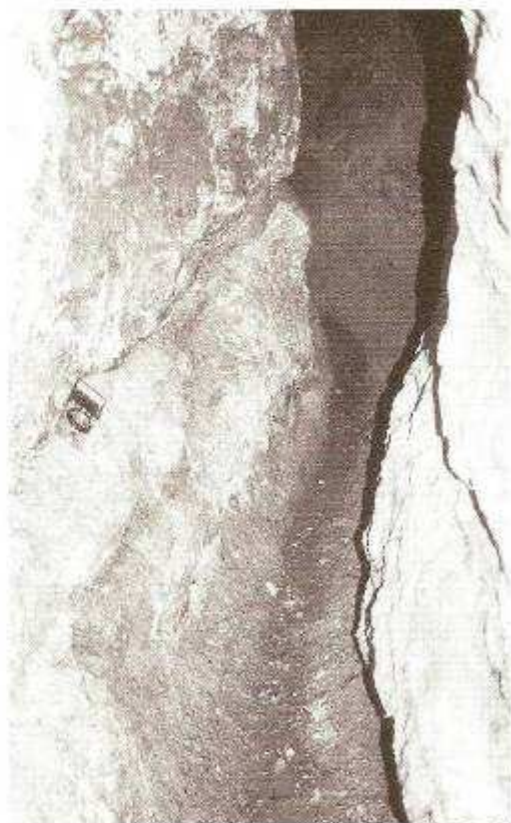
Mina en el pago de Unela. Foto: Burg/Herrmann, 2001.

y otra a unos 35 metros, en un ribazo de una terraza.

Ahora la mina cambia de rumbo, su altura aumenta de 80 a 125 cm y, sin revestimiento de piedra, se mete en la siguiente terraza, a unos 280 cm, debajo de la superficie. En el sucesivo recorrido cambia su rumbo hacia el sur y su fondo está cubierto de agua.

Esta mina tiene una forma singular aunando características de una mina (tamaño y profundidad) con las de una galería (lumbreras y más profundidad). Por no tener más datos, no se pueden dar razones por las causas de estas particularidades.

**Otro caso singular se encuentra al este de El Cercado:** aquí una mina pasa posiblemente por debajo del Río Claro, quiere decir que sirve para el transporte de agua desde la otra orilla (zona de influencia de la Sierra del Gigante). Al sur de El Cercado documentamos una mina con acequia cuyo recorrido está posiblemente encima de otra mina para desembocar en una lumbrera de piedra. El agua



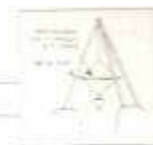
Galería en Sierra de las Estancias. Foto: Burg/Herrmann, 2001.

sigue su camino a través de una mina de nueve metros hasta una balsa.

Se puede afirmar que la mayoría de las minas se sitúan en la parte oriental y más profunda de la vega, cerca de El Cercado. Debido a esta situación, adonde van todas las aguas, y la poca profundidad de las minas, suponemos que las minas no sirven para el regadío propiamente dicho, sino para el drenaje. El agua regada en los bancales se puede recoger a través de las minas y reutilizar. De esta manera, no sólo se aprovecha el agua, sino que se previene la salinización a través de aguas subterráneas que brota de forma capilar, una amenaza frecuente para la agricultura en zonas áridas.

#### V.4 LA SIERRA DE LAS ESTANCIAS

Encontramos numerosas minas y galerías en las laderas de la Sierra de las Estancias, p. ej. cerca de Tonosa. Cabe destacar un qanat debajo de una pequeña rambla, una tipología como la que encontramos en el valle del Andarax.



## VI. CONCLUSIONES

La extracción de aguas subterráneas a través de pozos ha relegado a las minas y galerías a un puesto irrelevante. Dado que los obras hidráulicas andaluzas no ostentan la monumentalidad de las construcciones romanas y, generalmente, fueron construidas con materiales locales susceptibles a la erosión (Cressier en MALPICA, 274), este importante patrimonio está en peligro de desaparición.

A propuesta de la República Islámica del Irán, la 29 Asamblea General de la UNESCO inició la revalorización de los sistemas tradicionales de riego bajo el punto de vista de su sostenibilidad. El análisis de los sistemas tradicionales desembocará en la publicación de una enciclopedia sobre el agua<sup>32</sup>. En Suiza se han destinado importantes recursos del "Fondo Paisaje Suiza" (FLS) a la conservación y recuperación de las conducciones tradicionales de

agua, los *suonen*, que también van relacionadas con un derecho de riego antiguo<sup>33</sup>.

Continuar con el inventario exhaustivo de las minas, acequias y galerías con lumbreras, con una ficha descriptiva, planos y fotos, sería el primer paso para ponerlo en valor a través de un museo temático sobre el agua y su aprovechamiento y el diseño de rutas didácticas, tal como se propuso en varios foros comarcales<sup>34</sup>. Un ejemplo ilustrativo y práctico de la anterior propuesta lo tenemos en: los viajes de agua de Madrid, el qanat de Walferdangen (Luxemburgo) y el qanat de Son Cardaix (Binicolaix-Artà, en Mallorca), todos ellos se han destinado a fines didácticos y turísticos. Y muy cerca de nuestra comarca, en Aledo, los monitores de un campamento ofrecen, entre otras cosas, visitas guiadas a las "minas de aguas" árabes<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> Mayor información se obtiene en: [www.unesco.org/uy/phi/watereso?Wat14wat14-scasia.html](http://www.unesco.org/uy/phi/watereso?Wat14wat14-scasia.html) y [www.agnic.nal.usda.gov/otg/2000qanat.html](http://www.agnic.nal.usda.gov/otg/2000qanat.html).

<sup>33</sup> Para más información: [www.zenegen.ch/projekt\\_fls.htm](http://www.zenegen.ch/projekt_fls.htm).

<sup>34</sup> Véase también la misma propuesta para el patrimonio minero velezano en ROTH, 1998.

<sup>35</sup> Direcciones de internet para los distintos proyectos citados. MADRID: [www.munimadrid.es/SIM00538000532000.asp](http://www.munimadrid.es/SIM00538000532000.asp); LUXEMBURGO: presentación del proyecto de excavación y rehabilitación en Internet a cargo de Brentener, L., Kayser, P. y Waringo, G. bajo [www.ist.lu/GC/html/maschpätzer](http://www.ist.lu/GC/html/maschpätzer); MALLORCA: Proyecto del IES Mossèn Alcover, en Manacor (Baleares), a consultar (en catalán) en la página web [www.caib.es/conselleries/educacio/dginnova/CPR/cprmanacor/finosser](http://www.caib.es/conselleries/educacio/dginnova/CPR/cprmanacor/finosser); ALEDO (Murcia): [www.acampa.com/acampada/arabes.htm](http://www.acampa.com/acampada/arabes.htm).

Los autores agradecen la importante colaboración de la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Almería, de las distintas Comunidades de Regantes, de la Fundación Horstmann, de Ginés Rodríguez Campos, Agustín Cecilia Andreu, Diego Iglesias Cabrera, Francisco Martínez Martínez, Diego Gea Pérez y otros muchos vellezanos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBARRACÍN NAVARRO, J. (1989): "El agua y el riego en la poesía árabe andalusí (siglo XVI) (Hidronimos conservados en la toponimia y en el habla de la Andalucía oriental)": en: *El agua en zonas áridas: Arqueología e Historia. I Coloquio de Historia y Medio Físico*: Almería, vol. I, p. 97-119.
- ALCAINA FERNÁNDEZ, P. (1992): *Historia de la Villa de Morá*. Revista Velezana.
- BALLAND, D. (Hésg.) (1992): *Les oasis caclédes. Etudes géographiques sur les galeries drainantes souterraines*. París.
- BARCELÓ, M. (1989): "El diseño de espacios irrigados en al-Andalus: un enunciado de principios generales": en: *El agua en zonas áridas: Arqueología e Historia. I Coloquio de Historia y Medio Físico*: Almería, vol. I, p. XV-XLXI.
- BARCELÓ, M. (1992): "Saber lo que es un espacio hidráulico y lo que no es o al-Andalus y los feudales": en: J. A. González Alcántud y A. Malpica (coords.): *El agua: mitos, ritos y realidades*. Granada, p. 240-254.
- BARCELÓ, M. (1995): "De la congruencia y la homogeneidad de los espacios hidráulicos en al-Andalus": en: *El agua en la agricultura de al-Andalus*. Granada, p. 25-38.
- BARCELÓ, M. et alii (1986): *Les aigües serrades. Els qanat (s) de l'illa de Mallorca*. Palma de Mallorca.
- BARCELÓ, M./KIRCHNER, H./NAVARRO, C. (1996): *El agua que nos daesime. Fundamentos de la arqueología hidráulica andalusí*. Granada.
- BARCELÓ, M./LÓPEZ, C./MELGAREJO MORENO, J. (2000): *El agua en la historia de España*. Alicante.
- BEAUMONT, P./BONINE, M./MCLACHLAN, K. (ed.) (1989). *Qanat, Kariz, and Khattara-Traditional water systems in the Middle East and North Africa*. Wisbeck.



- BRAUN, C. (1974): *Teheran, Marrakesch und Madrid- ihre Wasserversorgung mit Hilfe von Kanaten (Teherán, Marrakech y Madrid- su abastecimiento de agua mediante qanats)*. Bonn.
- BUTZER, K./MATEU, J.F./BUTZER, E./KRAUS, P. (1985): "Irrigation Agrosystems in Eastern Spain: Roman or Islamic Origins?"; en: *Annals of the Association of American Geographers*, 75 (4), p. 479-509.
- CHAPMAN, R.W. (1978): "The evidence for prehistoric water control in south-east Spain"; en: *Journal of Arid Environments*, 1, p. 261-274.
- CRESSIER, P./CARBONERO, M.A./EGEA, J.J./FRANCO, J.A./MONTORO, J./OSUNA, M. (1992): "Aportación de la fotografía aérea a la reconstrucción de los paisajes"; en: *Jornadas sobre teledetección y geofísica aplicadas a la arqueología*. Madrid, p. 137-147.
- GARBRECHT, G. (1995): *Meisterwerke antiker Hydrotechnik (Obras maestras de tecnología hidráulica antigua)*. Leipzig/Zürich.
- GARRABOU, R./NAREDO, J.M. (eds.) (1999): *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*. Madrid.
- GIBERT, S. (1963): "Abu-l-Barakat al-Bulafiqi"; en: *Al-Andalus*, p. 381-424.
- GIL MESEGUER, E./GÓMEZ ESPÍN, J.M. (1995): "Galerías con lumbreras en el sureste de España"; en: *Papeles de Geografía*, 19. Universidad de Murcia, p. 125-145.
- GLICK, T. (1970): *Irrigation and Society in Medieval Valencia*. Cambridge.
- GÓMEZ ESPÍN, J. (1989): "Los caminos del agua"; en: *Los caminos de la Región de Murcia*; Murcia, Consejería de Política Territorial y Obras Públicas de la Región de Murcia.
- GONZÁLEZ ALCANTUD, J.A./MALPICA CUELLO, A. (coords.) (1995): *El agua: Mitos, ritos y realidades*. Granada.
- GREWE, K. (1998): *Licht am Ende des Tunnels. Planung und Trassierung im antiken Tunnelbau (Luz al final del túnel. Planificación y trazado en la construcción de túneles en la Antigüedad)*. Mainz (Maguncia).
- IBN AL-AWWAM (1988): *Libro de Agricultura* (ed. J.A. Banqueri, 1802). Madrid, reedición MAPA, 2 t.
- IBN HAYYAN (1971): *Kitab al-muqtabis fil-rikkh rijal al-Andalus*. Beirut.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO de ESPAÑA (ed.) (1977): *Vélez-Blanco. Mapa Geológico de España, E. 1:50.000*, 952 (24-38). Madrid.
- KLEINPFENNIG, J. (1965): "Cuevas de Almanzora. Problèmes agraires actuels d'une commune dans le sud-est espagnole semiaride"; en: *Afdeling Sociale Geografie, Bulletin*, 3, Utrecht.
- LEWICKI, T. (1980): "Les petits Etats du desert lybique et du Sahara tripolitain dans le haut Moyen Age, excepté le Fezzan et le Kaovars"; en: *Atti della Settimana Internazionale di Studi Mediterranei Medievali e Moderni*. Mailand.
- MADOZ, P. (1848/50): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Madrid, 16 t.
- MALISSARD, A. (2001): *Los romanos y el agua*. Barcelona.
- MARTÍ, R. (1989): "Oriente y occidente en las tradiciones hidráulicas medievales"; en: *El agua en zonas áridas: Arqueología e Historia. I Coloquio de Historia y Medio Físico*; Almería, vol. II, p. 421-440.
- MARTINEZ LÓPEZ, C./MUÑOZ, F. (1999): *Problemas ibérico y romano en el sureste peninsular: La Comarca de los Vélez (Almería)*. Granada, Universidad.
- AL-MAQQARI (1855/61): *Analectes sur l'histoire et la littérature des arabes d'Espagne*. Leyden, Bd. II, p. 6-8.
- OLIVER ASÍN, J. (1959): *Historia del nombre "Madrid"*. Madrid.
- PAPOLI-YAZDL, M.H. "Une technique méconnue: Les qanats a moulins du désert iranien"; en: *Les eaux cachées*, p. 87-96.
- PAVÓN MALDONADO, B. (1990): *Tratado de arquitectura hispano-musulmana*. Madrid, T. I.
- PÉREZ PICAZO, M.T./LEMEUNIER, G. (eds.) (1990): *Agua y modo de producción*. Barcelona.
- RODRÍGUEZ LÓPEZ, J./CARA BARRIONUEVO, I. (1989): "Aproximación al conocimiento de la historia agrícola de la Alpujarra oriental (Almería). Épocas antigua y medieval"; en: *Zonas áridas: Arqueología e historia. I Coloquio de Historia y Medio Físico*; Almería, p. 443-463.
- ROTH, D. (1998): "La minería en la Comarca de los Vélez, un sueño efímero"; en: *Revista Velezana*, n° 16 (1997), p. 127-132.
- ROTH, D./SCHÜTT, B.: "Unterirdische Bewässerungssysteme (Qanats) im Südosten Spaniens (Almería/Murcia)" ("Sistemas subterráneos de regadío (qanat) en el sudeste de España (Almería/Murcia)"; en: *Trierer Geographische Studien Heft 23*; Triereris 2000, p.83-98.
- SAMSÓ, J. (1980): "Recensió de *Les Qanats* de H. Goblot"; en: *Al-Qantara*, 1.
- SCHÖNENBERG, R./NEUGEBAUER, J. (1987): *Einführung in die Geologie Europas (Introducción a la geología de Europa)*. Freiburg.
- SCHÜTT, B.: "Der Naturraum der Region Los Vélez und angrenzender Gebiete" ("El espacio natural de la región de los Vélez y zonas limítrofes"; en: BAUMHAUFER, R./ROTH, D./SCHÜTT, B. (2001). *Los Vélez. Ein landeskundlicher Reiseführer für eine Region im Südost-Spanien (Los Vélez. Una guía turística para una región en el sudeste de España)*. Triereris, 2001 (Trierer Geographische Studien, 24), p. 13-34.
- SHAW, B. (1984): "Water and society in the ancient Maghrib: Technology, property and development"; en: *Antiquités africaines*, 20, p. 121-173.
- WATSON, A. (1982): *Agricultural innovation in the early Islamic world*. Cambridge.