

# LAS GALERÍAS FILTRANTES O QANATS EN MÉXICO: INTRODUCCIÓN Y TIPOLOGÍA DE TÉCNICAS

## FILTRATING GALLERIES OR QANATS IN MÉXICO: INTRODUCTION AND TYPOLOGY OF TECHNIQUES

Jacinta Palerm-Viqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Desarrollo Rural. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (jpalerm@colpos.mx)

### RESUMEN

La galería filtrante o qanat es una técnica milenaria originada en el cercano oriente para llevar a la superficie aguas subterráneas por gravedad. Se caracteriza por alumbrar con técnica minera aguas ocultas en abanicos aluviales. Es una tecnología tradicional, en el sentido que el conocimiento para su construcción es de poblaciones locales, y su introducción en México data de inicios de la colonia, o inclusive se propone un origen prehispánico. Aquí se discute la evidencia de las fechas de construcción de galerías en México con base en los casos existentes de qanats y su vínculo con técnicas en la minería, así como la evidencia de construcción ingenieril o de la población local con conocimiento tradicional. Se examina también la diversidad tecnológica de los qanats en México y en otras partes del mundo.

**Palabras clave:** Aguas subálveas, mina de agua, túneles de manantial.

### INTRODUCCIÓN

La galería filtrante (qanat) es una técnica para captar agua subterránea y conducirla por gravedad a la superficie. Es una técnica milenaria que se inventó en algún lugar del cercano oriente y, no obstante su antigüedad, es una técnica vigente en México y América Latina. Como puede verse a través de una consulta en internet, hay galerías en funcionamiento y en construcción para abasto de agua potable ([http://www.geocities.com/jacinta\\_palerm/galerias/cuadrogalerias.html](http://www.geocities.com/jacinta_palerm/galerias/cuadrogalerias.html)).

En el Valle de Tehuacán, México, así como en otros lugares, es una técnica tradicional, puesto que el conocimiento para construirlas es de la población local, pero también lo tienen los ingenieros profesionales. Este es el caso de las galerías para agua potable en construcción.

En el mundo las galerías se conocen como qanat, foggara, fuqara, minas de agua, y con otros muchos nombres. En Madrid como viaje o viajes de agua (una deformación del nombre latino *via acquae*). En México y América Latina reciben el nombre de galería filtrante y otros de uso local: en Tehuacán (Puebla, México), apantles con tragaluces, pozería (sic), galería filtrante (o sólo galería); en Parras (Coahuila, México), fuques;

### ABSTRACT

The qanat or filtration gallery is a millenary technique, originated in the Near East, to convey underground waters to the surface by means of gravity. It is characterized by using mining techniques to raise occult waters in alluvial fans. It is a traditional technology, in the sense that the knowledge for its construction resides in local populations; and that its introduction to México was during the early colonial years, or even a prehispanic origin has been proposed. In this paper, the evidence of qanat construction dates in México are discussed, based on the existing cases of qanats and their relationship with mining techniques, as well as the evidence of construction by the local population with traditional knowledge, or by engineers. The technological diversity of qanats, in México and worldwide, is also reviewed.

**Key words:** Subsurface waters, water mines, spring tunnels.

### INTRODUCTION

The qanat (filtrating) gallery is a technique for capturing underground water and conveying it to the surface by gravity. It is an ancient technique, invented somewhere in the Near East and, despite its antiquity, is a technique in use in México and Latin America. As can be seen through an internet search, there are functioning qanats, as well as qanats in construction for domestic water supply ([http://www.geocities.com/jacinta\\_palerm/galerias/cuadrogalerias.html](http://www.geocities.com/jacinta_palerm/galerias/cuadrogalerias.html)).

In the Valley of Tehuacán, México, as well as in other world regions, it is a traditional technique, in the sense that the knowledge for its construction belongs to the local population, but professional engineers also master this technique. This is the case of the qanats for domestic water supply in construction.

Throughout the world, qanats are known as filtration galleries, foggara, fuqaras, water mines, and many other names. In Madrid as viaje or viajes de agua (a deformation of the Latin name *via acquae*). In México and Latin America they are called galerías filtrantes (filtrating galleries), and other names of local use: in Tehuacán (Puebla, México), apantles con tragaluces, pozería; in Parras (Coahuila, México) fuques; in the Valsequillo

en el Distrito de Riego Valsequillo o Tecamachalco (Puebla, México), picos; en el norte de Chile, picas; en Perú, puquios (pukios).

Las galerías de México son poco conocidas, y sabemos poco sobre su presencia, y menos sobre sus fechas de construcción; no obstante se ha supuesto su origen colonial temprano o aun prehispánico. Esta técnica, entre otras (bimabaletes, entarquinamiento, acueductos de arco), así como diversas plantas originarias de otras regiones del mundo: trigo (*Triticum aestivum* L.), haba (*Vicia faba* L.), y papa (*Solanum tuberosum*), fueron adoptadas en Mesoamérica y Aridoamérica, produciendo un sincretismo que permitió mejorar rendimientos y ampliar la frontera agrícola.

La historia de las galerías filtrantes es parte de la historia de la agricultura de riego en México. En la medida en que investiguemos las técnicas, su introducción y distribución, podremos contribuir a entender la historia de la agricultura en México.

En primer lugar nos interesa documentar desde cuándo, y en dónde, hay galerías en México; así como en qué lugares y momentos la técnica de construcción ha sido apropiada por la población local, o al menos apropiada para fines de administración y mantenimiento por la población.

La presentación se inicia poniendo en duda el supuesto origen colonial temprano para las galerías del Valle de Tehuacán. A continuación se realiza una revisión de reportes de galerías. La revisión confirma que el caso del Valle de Tehuacán no es excepcional, sólo tenemos un posible caso en que la construcción es anterior al siglo XIX (1730, Aguascalientes); las demás son de los siglos XIX y XX. Por otra parte, el conocimiento para la construcción en el siglo XX parece ser exclusivo de ingenieros profesionales. Sólo en el Valle de Tehuacán, y posiblemente en otras regiones de Puebla, la población local se apropió del conocimiento. Se carece de información para siglos anteriores, sin embargo, las dimensiones de las obras en Aguascalientes (1730) y Querétaro (1852) sugieren la presencia de ingenieros; a su vez estas obras podrían haber funcionado como difusoras de la tecnología para obras más pequeñas. No obstante, la similitud de la construcción de galerías con las técnicas de la minería de plata en lo referente a la construcción de túneles para sacar el agua de las minas sugiere colocar a la mina de plata como centro de difusión de la tecnología de los qanats en México.

En segundo lugar nos interesa abordar la diversidad en el tipo de aguas subterráneas captadas por las galerías. La caracterización clásica de un qanat refiere que se abundan aguas ocultas presentes en abanicos aluviales, y que en la construcción se utiliza una técnica minera. Sin embargo, varios de los casos mexicanos, así como de otras regiones del mundo, señalan la ubicación de las galerías

Irrigation District or Tecamachalco (Puebla, México), picos; in the north of Chile, picas; in Peru, puquios (pukios).

The Mexican qanats are not very well known, little is known about their presence, and even less regarding construction dates; nevertheless, their early colonial or even prehispanic origin has been assumed. This technique, along with others (shaduf or well sweep, aqueducts based on arches, basin irrigation, etc.), as well as plants from other world regions: wheat (*Triticum aestivum* L.), broad bean (*Vicia faba* L.), and potato (*Solanum tuberosum*), etc.) were adopted in Mesoamerica and Arid America, producing a syncretism that helped to improve yields and expand the agricultural frontier.

The history of qanats is part of the history of irrigated agriculture in México, and only as long as we research its techniques, introduction and distribution will we be able to have an understanding of the history of agriculture in México.

First, we will review where, and since when, galleries exist in México; as well as the places and moments in which this construction technique has been appropriated by the local population or at least appropriate for management and maintenance ends.

The presentation begins by questioning the alleged early colonial origin of qanats in the Tehuacán valley. Next, we review reports on qanats, which confirms that the case of the Tehuacán valley is not exceptional; we have only found one possible case in which the construction goes back to before the 19<sup>th</sup> century (1730 in Aguascalientes); the other dates are from the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries. On the other hand, the knowledge for the construction in the 20<sup>th</sup> century seems to be exclusive of professional engineers. Only in the Tehuacán valley, and possibly in other regions of the state of Puebla, the local population took over this knowledge. For previous centuries we lack information, although the dimensions of the works in Aguascalientes (1730) and Querétaro (1852) suggest the presence of engineers; these works, in turn, could have acted as diffusion centers of the technology for smaller works. Nevertheless, the similarity of qanat construction with silver mining techniques, in regard to the construction of tunnels to remove water from the mines, suggests placing the silver mine as a center of diffusion of qanat technology in México.

Secondly, we are interested in looking at the diversity in the type of underground waters captured by qanats. The classic characterization of a qanat refers to the fact that hidden waters present in alluvial fans are captured, and that for their construction a mining technique is used. However, several cases in México, as well as in other world regions, point out the location of the qanats along riverbeds to capture subsurface waters. An exploration of cases around the world points out that there is variation

a lo largo de cauces de ríos y con el fin de captar aguas subálveas. Una exploración de casos a través del mundo señala que existe variación en el tipo de aguas subterráneas captadas: la captación de aguas subálveas, la excavación de un túnel y su profundización siguiendo un manantial previamente existente. Los tres casos están presentes en México, y podemos añadir un cuarto, que corresponde a los socavones construidos para desaguar minas.

La caracterización de qué es un qanat tiene cierta diversidad, pero consiste esencialmente en un acueducto subterráneo (pozo horizontal o bocamina horizontal) que penetra en un acuífero, y conduce el agua por gravedad a la superficie. La captación del agua en el acueducto subterráneo puede darse por filtración de las paredes o de un manantial en su piso (o techo). La longitud del acueducto subterráneo está relacionada con la distancia entre el lugar de captación del agua y su conducción hasta hacerla aflorar por gravedad a la superficie. Es típico que el acueducto subterráneo cuente, a distancias periódicas, con respiraderos (lumbreras), que sirven también para introducirse en él para darle mantenimiento, los que suelen ser muy visibles en fotografía aérea, ya que cada uno está rodeada por la tierra extraída para excavarlo, así como por los residuos de su limpieza. El qanat es tanto una técnica de captación como de conducción de agua. (Beekman *et al.*, 1995:140; Lightfoot 1997:433; Wuttmann *et al.*, 1972; Cleek 1973:899; Custodio, 1983:1791, 1797; Barnes y Fleming 2001; Agarwal y Narain 1997:222-223; Barrow 1999:71).

El presente ensayo está basado en una revisión, que pretende ser exhaustiva, de la literatura sobre galerías en México, complementada con entrevistas y una revisión de la literatura sobre diversas regiones, referida a la diversidad tecnológica de las galerías, y con intercambios con investigadores de esas regiones.

### **LAS GALERÍAS DEL VALLE DE TEHUACÁN**

Las galerías filtrantes más conocidas de México son las del Valle de Tehuacán, donde se ha concentrado la investigación arqueológica, etnográfica y etnohistórica. En ese valle las galerías se utilizan para el riego y la tecnología es vigente: hay galerías en construcción y los mismos campesinos locales las utilizan y construyen con herramientas sencillas. Las galerías pertenecen a sociedades de aguas, cuyos socios son agricultores mayoritariamente campesinos de la región. Actualmente hay alrededor de 80 galerías en uso. (Woodbury y Neely, 1972; Henao, 1980; Enge y Whiteford, 1989; Campos, 1997; Campos *et al.*, 2000). Los primeros reportes sobre las galerías del Valle de Tehuacán son de la Comisión del Papaloapan (1954), Luis Blasquez L. (1957), Manuel G. Hidalgo Fuentelsaz (1958) y Carl Troll (1963), citados en Woodbury y Neely (1972:139).

in the type of underground waters captured: the capture of hidden waters; the capture of subsurface water; the excavation of a tunnel and its deepening, following a previously existent spring. All three cases exist in México, and we can add a fourth that corresponds to tunnels for mine draining.

The characterization of what a qanat is has certain diversity, but it consists essentially in an underground aqueduct (horizontal well or horizontal mine entrance) that penetrates in an aquifer and conducts the water to the surface by gravity. The capture of water in the underground aqueduct can be produced by filtration of the walls or from a spring in the floor (or ceiling) of the aqueduct. The length of the underground aqueduct is related to the distance between the site of capture of water and its conduction to the surface by gravity. It is typical for the underground aqueduct to have regularly spaced well shafts, that are also used as entries for maintenance purposes, and which are usually visible in aerial photographs since each one is surrounded by the mounds of soil removed when digging it, as well as by the waste produced when it is cleaned. The qanat is both a capture and a conduction technique. (Beekman *et al.*, 1995:140; Lightfoot 1997:433; Wuttmann *et al.*, 1972; Cleek 1973:899; Custodio, 1983:1791, 1797; Barnes and Fleming 2001; Agarwal and Narain 1997:222-223; Barrow 1999:71).

This essay is based on an in-depth revision of qanat reports in México, complemented with interviews and a review of the literature about different regions, concerning the technological diversity of qanats, plus exchanges with researchers of those regions.

### **THE QANATS OF THE TEHUACÁN VALLEY**

The best known qanats in México are those in the Tehuacán Valley, where archaeological, ethnographic, and ethnohistorical investigation has been most concentrated. In the Tehuacán Valley the qanats are used for irrigation, and the technology has been effective: there are galleries in construction and local farmers use and build them using simple tools. The qanats belong to water societies, whose partners are farmers, mostly peasants of the region. There are currently some 80 qanats in use. (Woodbury and Neely, 1972; Henao, 1980; Enge and Whiteford, 1989; Campos, 1997; Campos *et al.*, 2000). The first reports on qanats in the Tehuacán Valley are those of the Papaloapan Commission (1954), Luis Blasquez L. (1957), Manuel G. Hidalgo Fuentelsaz (1958) and Carl Troll (1963), cited in Woodbury and Neely, (1972:139).

The few studies on Mexican qanats have speculated on the possibility that they have a prehispanic origin, like the puquios of Perú; or an early colonial introduction

Los pocos estudios sobre galerías filtrantes en México han especulado sobre la posibilidad de que tengan un antecedente prehispánico, al igual que los puquios del Perú; o un antecedente colonial temprano (Seele, 1969, 1973; Cleek, 1972, 1973; Woodbury y Neely, 1972; Enge y Whiteford, 1989; Wilken, 1990; Beekman *et al.*, 1995). El Valle de Tehuacán ha sido señalado como el centro de difusión al resto del país.

Las obras de esta naturaleza son de gran importancia en la región. Este sistema de captación de aguas fue aplicado por primera vez, en Tehuacán, por los frailes franciscanos, casi a raíz de la conquista, cuando fue creado el marquesado de Oaxaca y, desde entonces, se ha venido desarrollando la red de galerías hasta alcanzar la extensión que hoy tienen, (Blasquez, 1957:41 citado en Woodbury y Neely, 1972:147).

Sobre esta base Cleek (1972:18) propone que las galerías de Parras, Coahuila, poblado localizado en el norte de México, son descendientes de las del Valle de Tehuacán, a través de los tlaxcaltecas (quienes colonizaron Parras en el siglo XVII), y que -propone Cleek- podrían haber estado algunos de ellos empleados como trabajadores por los franciscanos en el Valle de Tehuacán. Es decir, Cleek sugiere que aprendieron la técnica en Tehuacán y la usaron en Parras (Cleek, 1972:18). Sakanassi, historiador y poeta de Parras, citado en Churruca *et al.*, (1989), también sugiere -posiblemente influenciado por Cleek- que los tlaxcaltecas fueron los responsables de la construcción de las fogaras (sic) de Parras.

Beekman *et al.* (1995:140) señalan que los españoles introdujeron el qanat durante el siglo XVI al Nuevo Mundo.

Sin embargo, en el caso de las galerías filtrantes del Valle de Tehuacán, dos arqueólogos encontraron evidencia negativa de que fuesen prehispánicas. Además señalan que no encontraron evidencia directa de que los sistemas fuesen anteriores al siglo XIX -probaron también, con reconstrucción oral: un personaje local cuya familia fue de hacendados, les señaló que las primeras galerías se habían construido en el Valle de Tehuacán por 1850 o 1860, (Woodbury y Neely, 1972:147, 148).

Henao (1980), quien realizó una búsqueda exhaustiva en archivos del Valle de Tehuacán, encontró pleitos de agua del siglo XVI, pero ninguna mención de galerías hasta el XIX, y señala 1886 como fecha de la construcción de la primera galería en el municipio de Ajalpan (Henao, 1980:112, 200-202).

Por tanto, si la introducción de las galerías en el Valle de Tehuacán se remonta apenas al siglo XIX, los tlaxcaltecas fundadores de Parras no pueden haber aprendido la técnica en el Valle de Tehuacán.

Por otra parte, reportes de galerías en el estado de Jalisco por Beekman *et al.* (1995, 1999) con fundamento arqueológico señalan: nuestros intentos de establecer la

(Seele, 1969; 1973; Cleek, 1972; 1973; Woodbury and Neely, 1972; Enge and Whiteford, 1989; Wilken, 1990; Beekman *et al.*, 1995). The Valley of Tehuacán has been pointed out as the center of diffusion to the rest of the country.

This type of constructions are of great importance in the region. This system of water capture was used for the first time, in Tehuacán, by the franciscan friars, soon after the conquest, when the marquissate of Oaxaca was created and, from then onwards, the qanat net has developed until reaching its current extension (Blasquez, 1957:41 quoted by Woodbury and Neely, 1972:147).

Based on this, Cleek (1972:18) proposes that the qanats of Parras, Coahuila, a town located in northern México, are descendent of those in the Valley of Tehuacán, through the tlaxcaltecas (who colonized Parras in the 17<sup>th</sup> century), and which, some of these, Cleek suggest, could have been employed as workers by the franciscans friars in the Valley of Tehuacán. That is, Cleek implies that the tlaxcaltecas learned the technique in Tehuacán and used it in Parras (Cleek, 1972:18). Churruca *et al.* (1989) quote Sakanassi, a historian and poet of Parras, who also suggests - possibly influenced by Cleek - that the tlaxcaltecas were responsible for the construction of the fogaras (sic) of Parras.

Beekman *et al.* (1995:140) point out that the Spaniards introduced the qanat... during the 16<sup>th</sup> century to the New World.

However, in the case of the Tehuacán Valley qanats, two archaeologists found evidence against the constructions being prehispanic. Moreover, they found no direct evidence of the systems being older than the 19<sup>th</sup> century -oral history confirmed the archeological evidence: a local character, whose family worked with landowners of the area, stated that the first qanats in the Tehuacán Valley were built in 1850 or 1860, (Woodbury and Neely, 1972:147, 148).

Henao (1980) who carried out an exhaustive search in Tehuacán Valley archives, found 16<sup>th</sup> century papers on water disputes, but no mention on qanats until the 19<sup>th</sup>, and gives 1886 as the date of construction of the first qanat located in the municipality of Ajalpan (Henao, 1980:112, 200-202).

Therefore, if the construction of qanats in the Tehuacán Valley only goes back to the 19<sup>th</sup> century, the tlaxcaltecas that founded Parras cannot have learned the technique in the Tehuacán Valley.

On the other hand, archaeological reports on qanats in the state of Jalisco by Beekman *et al.* (1995, 1999) point out: our attempts at establishing the date of construction of the qanat have not been very successful; [due to] the lack of historical documentation. (Beekman *et al.*, 1995:158). Most of the evidence of the original qanat of La Venta would seem to be related to this time

fecha de construcción del qanat no han sido muy exitosos; [debido a] la falta de documentación histórica (Beekman *et al.*, 1995:158). La mayor parte de la evidencia del qanat original de La Venta parecería estar asociada a este período [principios del XIX] (Beekman *et al.*, 1995:160).

En el caso de los puquios del Perú, aunque varios autores (citados en Cleek, 1973; Woodbury y Neely, 1972; Enge y Whiteford, 1989; Beekman *et al.*, 1995) han planteado la posibilidad que las galerías filtrantes del Perú tengan un origen prehispánico. Los argumentos de Barnes y Fleming (1991, 1995, 2000, 2001) a favor de su origen colonial son muy convincentes.

### **REPORTES DE GALERÍAS EN MÉXICO: UBICACIÓN Y FECHAS**

En el estado de Puebla, además de las del Valle de Tehuacán, donde actualmente hay unas 80 en funcionamiento, existen otras dos zonas con galerías. Ambos lugares con más de 100 galerías, que se enlistan a continuación:

#### **Acatzingo-Tepeaca**

En esa área, localizada a unos 70 km al norte de Tehuacán, Seele (1969) calcula unas 150, y localiza en un plano y reporta por nombre 111 en los municipios de Acatzingo, Los Reyes y Cuaupixtla, donde se ubican los pueblos de Santa María Actipan, Los Reyes, Santiago Acozac, Miguel Negrete, Buenavista y Concordia. Unas las reporta con agua, otras secas, otras cegadas y olvidadas: 26 con poca agua, siete con mucha, a seis las reporta con bombeo y las restantes, la mayoría, sin agua. Sin embargo, no aporta información sobre fechas de construcción, a pesar de señalar que todas las galerías estudiadas hasta ahora son de propiedad particular de varias familias, unidas en una sociedad. Cada sociedad tiene su presidente, que posee los documentos de fundación y de derechos de aguas y, a veces, también guarda un mapa o plano. (Seele, 1969:3); aunque especula sobre la posibilidad de su origen prehispánico.

#### **Distrito de Riego Valsequillo o Tecamachalco, Estado de Puebla**

En 1956 un investigador danés realizó un recorrido por México visitando galerías. Entre los lugares que visitó se encuentra el Distrito de Riego de Valsequillo o Tecamachalco (Puebla), a donde fue acompañado por el Ing. Efrén Rodríguez Orea. Relata que en el momento del recorrido había unas 139 galerías, llamadas localmente picos, y que su número se estaba incrementando. También señala que

period [early 19<sup>th</sup> century] (Beekman *et al.*, 1995:160).

In the case of the Peruvian puquios, although several authors (mentioned in Cleek, 1973; Woodbury and Neely, 1972; Enge and Whiteford, 1989; Beekman *et al.*, 1995) have outlined the possibility of Peruvian qanats having a prehispanic origin. The arguments of Barnes and Fleming (1991, 1995, 2000, 2001) in favor of their colonial origin are very convincing.

### **REPORTS OF QANATS IN MÉXICO: LOCATION AND DATES**

In the state of Puebla, besides those in the Tehuacán Valley, where presently there are around 80 qanats in use, there are two other areas with qanats. Each one has more than 100 qanats, which are listed below:

#### **Acatzingo-Tepeaca**

In this area, located about 70 km north of Tehuacán, Seele (1969) estimates around 150 - and locates in a plane and reports by name 111 in the municipalities of Acatzingo, Los Reyes and Cuaupixtla, where the towns of Santa María Actipan, Los Reyes, Santiago Acozac, Miguel Negrete, Buenavista and Concordia are located. Some of the qanats, he reports, have water, others are dry, others have been stopped up and forgotten: 26 produce little water; seven produce plenty, while six have a pumping system and the remaining ones, the majority without water. However, the researcher provides no information on construction dates, in spite of pointing out that all the qanats so far studied are private property of several families joined in a water society. Each society has a president that possesses the foundation and water rights documents and, sometimes, also maps or plans (Seele, 1969:3); although he does speculate on the prehispanic origin of qanats.

#### **Irrigation district Valsequillo or Tecamachalco, State of Puebla**

In 1956 a Danish investigator took a trip through México visiting qanats. Among other places he visited the Valsequillo Irrigation District or Tecamachalco (Puebla), in the company of Engineer Efrén Rodríguez Orea. He stated that at the time of the journey there were some 139 qanats called locally picos, and that their number was growing. He also stated that they were part of the Valsequillo Irrigation District (Humlum, 1965).

The engineer Waldo Ramírez Cervantes (Personal communication, 2001) points out that, indeed, in Valsequillo there had been qanats, that Valsequillo had

formaban parte de la zona de riego del Distrito de Riego Valsequillo (Humlum, 1965).

El Ing. Waldo Ramírez Cervantes (Comunicación personal, 2001) señala que, efectivamente, en Valsequillo existían galerías, que aquéllo había sido un verdadero vergel, y que a fines de la década de 1960 y a principios de 1970 las galerías y manantiales se habían secado. Dijo también que este fenómeno fue coincidente (y provocado) por el revestimiento de canales en el Distrito.

### **Parras, Viesca, y otros poblados en el estado de Coahuila**

Aquí, las galerías son para riego y se conocen con el nombre de fuques. Cuentan con lumbreras y se han profundizado los túneles en el curso del siglo XX. Los túneles tienen de 600 a 800 m de longitud. (Humlum, 1965; Cleek, 1973; Contreras y Beda, 1985; Churruca *et al.*, 1989).

En Viesca, un poblado cercano a Parras, que fue un oasis en el desierto, fundado por tlaxcaltecas que salen de Parras, J. Guadalupe Rodríguez (Comunicación personal) reporta que antes había manantiales que salían de cuevas; una indagación telefónica con gente local (Genaro Hernández) y una visita posterior, realizada por J. Guadalupe Rodríguez en abril 2001, reveló que eran túneles que, a mediados del siglo XX, cuando empezaron a secarse los manantiales, se habían dragado. Los viejos del pueblo le señalaron que el manantial del túnel contaba con respiraderos (quizá únicamente uno), y estaba administrado por una asociación de regantes, que funciona a la fecha, ahora con agua de pozo.

En otros poblados del Estado de Coahuila: Charcos de Risa y Tres Manantiales, hay manantiales que salen de cuevas. También en el Estado de Chihuahua, en el poblado de Escalón, hay un manantial de agua caliente que sale de un túnel corto (de aproximadamente 20 m), dentro del túnel el agua cae en cascada del techo. El agua se utiliza para riego y se cobra la entrada para disfrutar de un baño (Rodríguez Meza. Comunicación personal: 2001, 2002).

Los manantiales que emergen de cuevas pueden corresponder a galerías muy cortas que hacen innecesarias las lumbreras (Agarwal y Narain, 1997:223). Zvi Ron (1985, 1986, citado en Lightfoot, 1997) señala similitudes y diferencias entre túneles de manantial (spring tunnels) y galerías (qanats). A los primeros los caracteriza como "... short, rock cut spring tunnels (which renew or increase natural spring discharge)..." (Lightfoot, 1997:433).

### **Jalisco**

Se reporta una serie de galerías, una ubicada en terrenos de la ex-hacienda La Venta del Astillero, actualmente destruida, que cuenta con varios ramales. Los túneles suman

been a verdant garden, but that by the late sixties and early seventies the qanats and springs had dried out. He also said that this phenomenon was due to canal lining in the District.

### **Parras, Viesca, and other towns in the state of Coahuila**

Here, the qanats are for irrigation and are locally called fuques. They have well shafts and the tunnels have been deepened throughout the 20<sup>th</sup> century. The tunnels are between 600 and 800 m long. (Humlum, 1965; Cleek, 1973; Contreras and Beda, 1985; Churruca *et al.*, 1989).

In Viesca, a town near Parras, that used to be an oasis in the desert, founded by tlaxcaltecas from Parras; J. Guadalupe Rodríguez (personal communication) states that there used to be springs that emerged from caves; a phone inquiry with local people (Genaro Hernández) and a later visit, carried out by J. Guadalupe Rodríguez in April 2001, revealed that they were tunnels and that the tunnels had been dredged in the mid 20<sup>th</sup> century, when the springs began to dry out. The old people of the town told him that the tunnel spring had well shafts (perhaps only one), and it was administered by an association of irrigators, the association is still in place but nowadays with well water.

In other towns of the state of Coahuila: Charcos de Risa and Tres Manantiales, there are springs that come out of caves. Also in the state of Chihuahua, in the town of Escalón, there is a hot water spring that comes out of a short tunnel (approximately 20 m long), and inside a waterfall descends from the ceiling. This water is used for irrigation and a fee must be paid in order to enter and enjoy a bath in the tunnel (Rodríguez Meza. Personal communication 2001, 2002).

The springs that emerge from caves can be very short qanats that make well shafts unnecessary (Agarwal and Narain, 1997:223). On the other hand, Zvi Ron (1985, 1986 quoted in Lightfoot, 1997) points out similarities and differences between spring tunnels and qanats. He describes the first ones as ... short, rock cut spring tunnels which renew or increase natural spring discharge... (Lightfoot, 1997:433).

### **Jalisco**

Qanats are reported, one in lands of the La Venta del Astillero ex- hacienda, currently destroyed, which has several branches. The tunnels add up to more than 8 km. According to local informers they were still in operation a few years after the Mexican Revolution. Seemingly the water was used for drinking and for supplying the large quantities of animals that were driven through the Sierra de la Primavera, transporting goods between Guadalajara

más de 8 km. Según informantes locales, los años posteriores a la revolución mexicana todavía estaban en funcionamiento. Al parecer el agua se utilizaba para beber y para aprovisionar a las enormes cantidades de animales que se transportaban por ese paso a través de la Sierra de la Primavera, llevando mercancías entre Guadalajara y puntos más al oeste. Además, en el rancho La Gotera (al este de La Venta) hay dos galerías cortas que están en funcionamiento. En Guadalajara (Av. Vallarta y Periférico) hay una galería ya destruida y también se reportan galerías en los municipios de Tala y Etzatlán (Beekman *et al.*, 1995, 1999).

Adicionalmente, en Guadalajara hay dos galerías, que se tiene contemplado incorporar a la red de agua potable (Palerm *et al.*, 2001).

La evidencia de construcción de galerías en la época colonial en el área de Guadalajara se reduce a una oscura mención de túneles de agua en un documento colonial sobre Tlaquepaque, poblado actualmente conurbado en la ciudad de Guadalajara (Weigand, 2000. Comunicación personal); sin embargo también existe el señalamiento, sin referencia, de que en 1723 se construyeron galerías subterráneas y lumbreras al poniente de Veracruz, sistema que se repitió en 1731 en Jalisco. (Cruz, 1994:6).

### San Luis Potosí

Beekman *et al.* (1995:158) señalan la existencia de qanats (basados en comunicación personal de Patricio Dávila, 1995), que parecen ser de fecha colonial.

También un texto de 1930, que trata sobre la explotación de aguas freáticas para riego, señala la existencia de túneles y tajos ahora abandonados de la Hacienda del Peñasco y tajos en la Hacienda de Pardo. Este aprovechamiento lo distingue de los pozos al señalar: en otras regiones donde la horizontalidad de la superficie no ha permitido la construcción de canales, existen innumerables pozos (Waitz, 1930:30-31).

### Monterrey, Estado de Nuevo León

Aboites (1998:159) señala como una construcción porfiriana para abasto de agua potable las galerías de San Jerónimo en Monterrey, con fecha de 1909. Humlum (1965:20), con base en el recorrido que realizó en 1956, señala que en el valle del arroyo Santa Catarina, 20 km al oeste de Monterrey, se puede ver una de las lumbreras del qanat La Huasteca, y añade que existen otras galerías en esta región. Además, existe el señalamiento de que las fuentes de abastecimiento de agua potable del área aldeaña a Monterrey incluye una galería filtrante (Palerm *et al.*, 2001).

### Querétaro

Aboites (1998:168), citando el trabajo de Blanca Suárez Cortez: Poder oligárquico y usos del agua en

and points further west. In addition, in the ranch La Gotera (east of La Venta) there are two short qanats in operation. In Guadalajara City (Av. Vallarta and Periférico) there is an already destroyed qanat, and qanats have also been found in the municipalities of Tala and Etzatlán (Beekman *et al.*, 1995, 1999).

Additionally, in Guadalajara there are two qanats that are being considered for incorporation into the municipal water supply system (Palerm *et al.*, 2001).

Evidence of the construction of galleries in the colonial period in the area of Guadalajara is no more than a small mention of water tunnels in a colonial document on Tlaquepaque, a town just outside the city of Guadalajara (Weigand, 2000. Personal communication); however, there is also a statement, without reference, that qanats were built in western Veracruz in 1723, and that this technique was later used, in 1731, in Jalisco, (Cruz, 1994:6).

### San Luis Potosí

Beekman *et al.* (1995:158) indicate the existence of qanats (based on a personal communication with Patricio Dávila, 1995), which seem to date from colonial times.

Also, a text from 1930, which deals with the exploitation of underground water for irrigation, points out the existence of tunnels and water courses now abandoned at Hacienda del Peñasco and water courses at the Hacienda de Pardo. He distinguishes this exploitation from that of wells, indicating that: in other areas, where the horizontality of the surface has not allowed the construction of channels, there are countless wells (Waitz, 1930:30-31).

### Monterrey, State of Nuevo León

Aboites (1998:159) mention the qanat of San Jerónimo in Monterrey, dated 1909, as a Porfirian construction for the city water supply system. Humlum (1965:20), based on the travels he made in 1956, points out that in the valley of the Santa Catarina stream, 20 km west of Monterrey, it can be seen one of the well shafts of the Huasteca qanat, and adds that there are other qanats in this area. Also, we have the indication that the domestic water supply sources of the suburbs of Monterrey city includes a qanat (Palerm *et al.*, 2001).

### Querétaro

Aboites (1998:168), quoting the work of Blanca Suárez Cortez: Oligarchic Power and water uses in Querétaro, 1840-1880 (in press) states that Cayetano Rubio, in 1852, built a gallery in Querétaro at a cost over 1.5 million pesos.

Querétaro: 1840-1880 (en prensa) refiere que Cayetano Rubio, en 1852, construyó en Querétaro una galería a un costo superior a millón y medio de pesos.

Cleek (1973) basado en E. Lozano, 1920 (Manantiales en el Puebla de Tepexi de Rodríguez, en *Anales del Instituto de Geología de México*), menciona la construcción de galerías para agua potable en Querétaro.

Recientemente se ha reportado que en el Estado de Querétaro existen galerías filtrantes como fuentes de abastecimiento de agua potable (Palerm *et al.*, 2001).

### Zacatecas

Beekman *et al.* (1995:140-141) señalan que se han localizado otros qanats en Zacatecas. Wilken (1990:282), incluye a Zacatecas en la lista de Estados con galerías. El municipio de Concepción del Oro cuenta, para el abasto de agua potable, con galerías filtrantes (Palerm *et al.*, 2001).

## CONSIDERACIONES SOBRE LA ANTIGUEDAD DE LAS GALERÍAS EN MÉXICO

El reporte sobre Aguascalientes es el primero en que existe una fecha certera anterior al siglo XIX, y este caso todavía debe ser examinado, particularmente en vista de que no hay evidencia de que la tecnología para la construcción de las galerías reportadas para México (destruidas, en funcionamiento y en construcción) (Palerm *et al.*, 2001) corresponda a supervivencias de una tecnología introducida a México en la época colonial.

En el caso de las galerías del Valle de Tehuacán, aunque el conocimiento para su construcción ha sido apropiado por la población local de manera que los mismos campesinos construyen galerías utilizando un instrumental sencillo, la apropiación del conocimiento es relativamente reciente: mediados del siglo XIX. No podemos, sin embargo, fechar la apropiación del conocimiento en el caso de Valsequillo, donde para la década de 1950 Humlum (1965) reporta galerías en construcción. En el norte de México, en Parras y en Viesca hay reportes de dragado y profundización de las galerías, al parecer por iniciativa y esfuerzo locales, pero no parece haber construcción de nuevas galerías.

Para las galerías que Cleek (1973) reporta que se construyeron a principios del siglo XX en México, el conocimiento para su construcción está enteramente en manos de ingenieros profesionales. Cleek (1973) indica que la técnica corresponde a prácticas usuales en Estados Unidos y Europa en los siglos XIX y XX, y afirma que durante el siglo XIX en Europa y Estados Unidos se construyeron galerías para el abasto de agua potable a poblados y ciudades. Así, por ejemplo, los misteriosos qanats reportados en Bavaria en 1967 son, en realidad, un ejemplo más de la difusión por ingenieros.

Cleek (1973) based on E. Lozano 1920 (Springs in the Puebla of Tepexi de Rodríguez, in *Annals of the Mexican Institute of Geology*), mentions the construction of qanats in the state of for domestic water supply systems.

Recently, the existence of qanats as sources for domestic water supply systems is reported for the state of Querétaro (Palerm *et al.*, 2001).

### Zacatecas

Beekman *et al.* (1995:140-141) point out that other qanats have been found in Zacatecas. Wilken (1990:282) includes Zacatecas in the list of states with qanats. The municipality of Concepción del Oro, Zacatecas, uses qanats as water supply sources (Palerm *et al.*, 2001).

## CONSIDERATIONS ON THE ANTIQUITY OF GALLERIES IN MÉXICO

The report on Aguascalientes is the first in which a precise date previous to the 19<sup>th</sup> century is mentioned, and this case should still be carefully examined, particularly given that there is no evidence that the technology for the construction of the reported Mexican qanats (destroyed, in operation and in construction) (Palerm *et al.*, 2001) corresponds to the survival of a technology introduced in México during the colonial period.

In the case of the Tehuacán Valley qanats, although the knowledge for their construction has been appropriated by the local population in such a way that farmers themselves built qanats using simple instruments, the appropriation of this knowledge is fairly recent: mid 19<sup>th</sup> century. We can not, however, to date the appropriation of this knowledge in the case of Valsequillo, where Humlum reports qanat building in the 1950's. In the north of México, in Parras and Viesca there are reports of qanat dredging and deepening, apparently by local initiative and effort, but there seems to be no building of new qanats.

For the qanats that Cleek reports as built in the early 20<sup>th</sup> century in México, the construction know-how is entirely in the hands of professional engineers. Cleek (1973) indicates that the technique is a common practice in the United States and Europe in the 19<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> centuries; and he affirms that during the 19<sup>th</sup> century in Europe and the United States, qanats were built in order to supply towns and cities with drinking water. Thus, the mysterious qanats reported in Bavaria in 1967 are, in fact, another example of diffusion of technology by engineers.

Notwithstanding, an early-colonial— introduction of the technology for qanat construction, as the cases of Aguascalientes and Perú suggest, is very likely. The name for qanats in Spain (minas de agua) and the proposed relationship in the very origins of qanat technology with



No obstante, una primera introducción de tecnología para la construcción de galerías en el período colonial, tal y como parecen ser los casos de Aguascalientes y Perú, es muy posible. El nombre dado a las galerías filtrantes en España (minas de agua), y los aparentes nexos en el origen mismo de la tecnología para la construcción de galerías con la minería, sugieren el nexo entre minas y galerías (Beekman *et al.*, 1999; Ballard, 1994). Por otra parte, probablemente implica que el conocimiento ingenieril de la construcción de minas podía ser aplicado a la construcción de galerías.

La minería de extracción de plata tuvo, durante el período colonial, un papel económico muy importante. Uno de los principales problemas de las minas fueron las inundaciones, frente a las cuales había tres posibilidades: abandonar la mina, extraer el agua con malacate (un sistema de elevación del agua accionado por caballos o mulas) o hacer una contramina, también llamado socavón, para sacar por gravedad el agua. También existieron combinaciones de malacate y socavón (Montejano, 1975; Brading [1971], 1975; Moreno, 1978; Randall, 1972; Hadley [1975], 1979; Alatríste, 1983). Los estudiosos de la minería colonial no dicen qué se hacía con el agua extraída, aunque al parecer había espacios de regadío con agua de la mina, por ejemplo en Real de Catorce (C. Viqueira: Comunicación personal, 2001). Tal aprovechamiento aparece en la siguiente descripción:

En la Sierra Hermosa de Santa Rosa, a cuyo pie está situada la ciudad de Múzquiz existen a media altura de la serranía, minas de plomo y zinc a lo largo de una falla longitudinal. La explotación de las minas se dificultó mucho a causa de la fuerte cantidad de agua que circula en dicha falla, y para desaguar ésta de una manera económica, se decidió -de esto ya hace muchos años- drenarla mediante un túnel que permitiera la salida del agua al plan más bajo de Múzquiz. Se construyó el túnel, y al llegar a la fractura sobrevino tal cantidad de agua que el socavón quedó completamente lleno, sin que el nivel en las minas bajara notablemente. Desde entonces está corriendo el río que sale del túnel y se aprovecha su agua en el riego de extensos terrenos alrededor de la ciudad de Múzquiz. (Waitz 1930:35).

Barnes y Fleming (1991) y Barnes (Comunicación personal, 2001, 2002) consideran que los socavones para desaguar las minas y las galerías dependen de la misma técnica. "...By the second half of the 16th century the Spanish had begun to build gallery systems in the Andes for irrigation as well as for drainage. (1991:52)". La primera obra de socavón para desagüe se inició en Potosí en 1556 bajo la dirección del minero florentino Nicolás de Benito y, en 1587, en las minas de mercurio de Huancavelica (1991:51).

mining, suggests a connection between mines and qanats (Beekman *et al.*, 1999; Ballard, 1994). Otherwise, probably implies that the engineering knowledge for mining could be applied to qanat construction.

Silver mining played, during the colonial period, a very important economic part. Flooding was one the main problems of the mines, for which there were three possible solutions: to abandon the mine, to extract the water using a malacate (a system of water elevation, moved by horses or mules) or to make a shaft to drain the mine (combinations of malacate and draining tunnel also existed) (Montejano and Aguiñaga, 1975; Brading [1971], 1975; Moreno, 1978; Randall, 1972; Hadley [1975], 1979; Alatríste, 1983). Specialists in colonial mining do not mention what was done with the extracted water, although apparently there was irrigation with mine water, for example in Real de Catorce (C. Viqueira personal Communication, 2001). Such a use appears in the following description:

In the Sierra Hermosa de Santa Rosa, at the foot of which is the city of Múzquiz, there are, half way up the Sierra, lead and zinc mines located along a longitudinal fault. The exploitation of the mines became increasingly difficult due to the large amounts of water that runs in this fault, and to drain this in an inexpensive way, it was decided – this, a long time ago – to drain it by means of a tunnel. The tunnel was built, and when it reached the fault, there was such an amount of water that the tunnel was completely filled, without the level in the mines lowering noticeably. From then onwards, the river that emerges from the tunnel is running, and its water is used for irrigating extensive lands around the city of Múzquiz. (Waitz 1930:35).

Barnes and Fleming (1991) and Barnes (personal communication, 2001, 2002) consider that the tunnels for mine draining and qanats rely on the same technique. "...By the second half of the 16th century the Spanish had begun to build gallery systems in the Andes for irrigation as well as for drainage. (1991:52)". The first tunnel work for drainage began in Potosí in 1556, directed by the florentine miner Nicolás de Benito and, in 1587, in the mercury mines of Huancavelica (1991:51).

## QANATS: THEIR TECHNOLOGY

In the exploration about the location and antiquity of qanats in México, the technological diversity for extraction of underground water by gravity increasingly gained relevance: the classic or typical description of a qanat did not fit the evidence for the Mexican cases.

The technological variation for extraction of underground water by gravity is pointed out in studies

## LAS GALERÍAS: SU TECNOLOGÍA

En la exploración sobre la distribución y evidencia de la antigüedad de las galerías en México, empezó a cobrar creciente relevancia la diversidad tecnológica presente en la extracción de agua subterránea por gravedad: el caso clásico de descripción de un qanat no coincidía con la evidencia de los casos mexicanos.

La variación tecnológica en alumbrar aguas subterráneas y conducir las a la superficie por gravedad empieza a señalarse con insistencia. Se critica la repetición de la definición clásica de qanat, sin describir el caso específico (Boucharlat, 2001). Este autor señala que hay una diferenciación entre galerías que alumbran aguas ocultas, y aquellas que alumbran aguas subálveas; y que probablemente las segundas corresponden a una tecnología más antigua, y cuestiona la supuesta antigüedad de los qanats clásicos. Antes, Ron (1985, 1986), había señalado la diferencia entre qanats y lo que denominó túneles de manantial, contruidos buscando aumentar el caudal de un manantial, señalando también que, a diferencia del qanat clásico, no alumbran aguas ocultas. Salesse, (en prensa) organizador del Simposio Galerías de Captación en el Mediterráneo (2001) también considera necesario tomar nota de la variación tecnológica que para Almería, España ya había sido reportada, por ejemplo, en Bertrand y Cressier (1985) bajo el nombre de cimbras, que captan aguas subálveas al igual que las minas de agua de Canarias (Suárez, en prensa). Bertrand y Cressier (1985:123) señalan que esta misma técnica caracteriza a los puquios del Perú, y se reporta también para las Baleares (España) y para Omán. Una de las propuestas de elementos a considerar en la descripción de la tecnología es la zona de captación de la galería.

La misma variación tecnológica consiste en formas de construcción de las galerías de drenaje que no necesariamente siguen una técnica minera. (Gea Calatayud, 1990:177, n. 4). Es decir, distintas a la definición que aporta Goblot: una técnica de carácter minero que consiste en explotar capas de agua subterránea por medio de galerías drenantes. (Gil Meseguer y Gómez Espín, 1993:128).

Para el aprovechamiento de aguas subálveas encontramos técnicas que no son propiamente de qanat. Por ejemplo: Custodio *et al.* (1983) se refieren a una técnica, bajo el encabezado zanjas y drenes:

En materiales no consolidados, cuando el nivel freático es poco profundo, la captación del agua subterránea se puede hacer mediante zanjas, que no son más que excavaciones lineales que llegan al nivel saturado. El agua se puede evacuar por gravedad si el terreno tiene suficiente pendiente. Es frecuente que en la zanja se instale una tubería

on qanats. The use of the classical definition of the qanat, without describing the specific case has been criticized Boucharlat (2001). This author points out that there is a difference between qanats that capture hidden waters, and those that capture subsurface river water, and that the latter are probably an older technology, questions the alleged antiquity of the classic qanats. Zvi Rum (1985, 1986) points out the difference between qanats and what he calls spring tunnels, built to increase the flow of a spring, also pointing out that contrary to the classic qanat, it doesn't capture hidden waters. Salesse, (in press and Personal communication, 2002) organizer of the Symposium Galerías de Captación en el Mediterráneo (2001) considers it necessary to take into account technological variation - already reported for Almería, Spain by as cimbras (Bertrand and Cressier, 1985; Bazzana *et al.*, 1987), as well as for the Canary islands as water mines in both cases involving capture of subsurface river water (Suárez, 2002, personal Communication 2001). Bertrand and Cressier (1985:123) state that this same technique is used in the Pruvian puquios, and it's use is also reported for the Baleares (Spain) and Oman. For the description of technological variation, one of the elements proposed is characterization of the qanat capture area.

The same technological variation consists in the forms of construction of drainage qanats, that do not necessarily follow an underground mining technique. (Gea Calatayud, 1990:177, n. 4). That is to say, different from Goblot's definition of the qanat as a mining technique for exploiting underground water by means of draining galleries. (Gil Meseguer and Gómez Espin, 1993:128).

Techniques that use subsurface river water, but are not properly qanats, are described in Custodio *et al.* (1983) under the heading, ditches and drains:

In non-consolidated materials, when the phreatic level is not very deep, the capture of subsurface water can be done with ditches, which are none other than lineal excavations that reach the saturated level. Water can be drained by gravity if there is enough slope. In the ditch a filtering tube is frequently installed, with slits size depending on surrounding chosen granular material, the tube is placed on a gravel bed, surrounded with sand or gravel and the ditch is filled with permeable material typical of the aquifer, as well as covering with original local material as it protects from pollution.

This technique seems to correspond to the modernization of the qanat construction technique that Cleek (1973:905) reports: while the technology used

filtrante con ranuras apropiadas al material granular que la va a rodear, colocada sobre un lecho de gravilla, rodeada de arena o gravilla y finalmente rellenando la zanja con el material permeable propio del acuífero, incluso restituyendo cualquier posible cobertura limosa que ayude a proteger de la contaminación.

Esta técnica parece corresponder a la modernización en la técnica de construcción de galerías que Cleek (1973:905) reporta: mientras la tecnología usada en México a principios del siglo XX corresponde a una excavación de los túneles y lumbreras en la forma tradicional de excavación a mano. A partir de la década de 1950 se construye la galería con tubo de concreto perforado. Esta segunda técnica corresponde a la que aparece en un croquis de ingeniero para construcción contemporánea de una galería filtrante, así como al croquis en Custodio (1983) referida a la técnica de zanjas y drenes, a la breve descripción de una galería filtrante en Del Valle (1991:25, 28) y también corresponde a la descripción de una de las galerías filtrantes del estado de Chihuahua, México, probablemente construida en 1935:

Una galería filtrante formada por dos tubos perforados de 0.50 m de diámetro y que atraviesa el lecho del río Sacramento con el objeto de captar, a una profundidad de 3 m, las aguas subterráneas de infiltración que corren a lo largo del cauce del río continuamente. (Durán, 1995:148).

Probablemente sea necesario no sólo considerar el tipo de aguas captadas, sino también, como señala Dimas Apaza (Comunicación personal, 2002), ingeniero peruano que ha construido galerías, si el material a excavar es roca dura compacta, donde se requiere una técnica minera, o son arenas y gravas no consolidadas.

### CONCLUSIONES

Se ha mostrado que la técnica de galerías está vigente, y tiene una presencia importante en México. También que la construcción de galerías filtrantes en México tiene una diversidad de fechas, desde algún momento en el período colonial hasta la fecha; sin embargo, no hay evidencia de una introducción de la técnica de galerías en el periodo llamado colonial temprano, tampoco de su existencia prehispánica. Es posible que la técnica haya sido introducida varias veces en distintas épocas.

Se ha mostrado también que existe una diversidad tecnológica en formas de alumbrar aguas subterráneas por gravedad, que pueden clasificarse como tipos dis-

in México at the beginning of the 20<sup>th</sup> century is a traditional by hand excavation of the tunnels and well shafts. By the 1950's qanats are built using perforated concrete tubes. This second technique is the same as that of a contemporary engineer's outline for construction of a qanat, as well as to the sketch in Custodio *et al.* (1983:1799) for ditches and drains, as well as the brief description of a filtering gallery in Del Valle (1991:25, 28), and also corresponds to the description of a qanat in the state of Chihuahua, México, probably built in 1935:

A filtration gallery formed with two perforated tubes of 0.50 m in diameter, placed across the Sacramento river bed in order to capture, at a depth of 3 m, the underground infiltration waters that run year long below the river bed. (Durán, 1995:148).

It is probably necessary to consider not only the type of waters captured, but also, as pointed out by Dimas Apaza, a Peruvian engineer, who has built galleries, remarks -if the material to excavate is compact hard rock, for which a mining technique is required, or if the material consists of non-consolidated sands or gravel.

### CONCLUSIONS

It has been shown that the qanat technique is in use and has an important presence all over México. The construction of qanats in México has a diversity of dates, from some moment in the colonial period until nowadays; however, there is no evidence of introduction of the qanat technique in the early colonial period, nor of their prehispanic existence. The technique may possibly have been introduced several times in different historical moments.

It has also been shown that there is a technological diversity in what can be broadly expressed as conduction to the surface by gravity of captured underground water and may be classified as different from the qanat, so keeping this name for the classic qanat, or classified as qanat types whose variants have to do with type of water captured, type of ground and innovation of engineering techniques.

- End of English version -

tintos al qanat, y conservar este nombre para el qanat clásico, o pueden clasificarse como tipos de qanats cuyas variantes están relacionadas con el tipo de agua captada, el tipo de suelo, y la innovación de técnicas ingenieriles.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo tiene deudas con muchas personas. En primer lugar quiero mencionar a Monica Barnes, a Francisco Suárez Moreno y a Emmanuel Salesses por compartir y discutir su análisis de las minas y galerías. A Ary Tagore por proporcionar documentación sobre el caso de Aguascalientes, así como a otros investigadores que compartieron conmigo sus conocimientos y hallazgos sobre galerías: María de Lourdes Hernández, Federico Mancera, Carlos Chairez, María Rivas, Tony Perdomo, J. Guadalupe Rodríguez Meza, Abelardo Rodríguez, Tomás Martínez, Salvador Contreras, Waldo Ramírez Cervantes, Dimas Apaza, J. Guadalupe Rodríguez, Patricia Dávila, C. Viqueira, y otros más que seguramente se me escapan. También a Mónica Barnes, Francisco Suárez, Emmanuel Salesses, Michael Ennis-McMillan y Martín Sánchez por buscar y enviarme textos sobre el tema.

Versiones preliminares de este trabajo se presentaron en el II Encuentro sobre historia y medio ambiente, celebrado en Huesca, España (24 a 26 de octubre de 2001) y en la sesión 17 del Technological exchange, modes of production and water utilisation in Europe and Latin America (from Ancient times to XXth century) del Economic History Congress celebrado en Buenos Aires (22 a 26 de julio, 2002).

LITERATURA CITADA

Aboites A., L. 1998. El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946). CIESAS. 220 p.

Agarwal, A., y S. Narain. (eds). 1997. Dying wisdom. Rise, fall and potential of India's water harvesting systems. Centre for Science and Environment, India. 404 p.

Alatraste, O. 1983. Desarrollo de la industria y la comunidad minera de Hidalgo del Parral durante la segunda mitad del siglo XVIII (1765-1810). UNAM.

Ballard, D. 1994. Hidden waters Vol. 47, UNESCO Courier, 01-01-1994. 30 p.

Barnes, M., and D. Fleming. 1991. Filtration-gallery irrigation in the Spanish New World. Latin American Antiquity vol. 1, num. 1, (march) pp: 48-68.

Barnes, M., and D. Fleming. 1995. (february) Andarax and Nazca: two coastal valleys compared paper 1995 Annual Midwest Conference of Andean Archaeology and Ethnohistory. 20 p.

Barnes, M., y D. Fleming. 2000. Acerca de la fecha de origen de los puquios de Nazca Turismo y Patrimonio, núm. 1 (enero), revista semestral, Perú pp: 109-129.

Barnes, M., y D. Fleming. 2001. De los acueductos de Roma a los puquios de Pica: la transferencia de tecnología al Nuevo Mundo. Ponencia en el Simposio Galerías de Captación en el Mediterráneo, Casa de Velazquez, España.

Barrow, C. J. 1999. Alternative irrigation. The Promise of Runoff Agriculture. Earthscan, United Kingdom. 172 p.

Beekman, C. S., P. C. Weigand, y J. J. Pint. 1995. El qanat de La Venta: sistemas hidráulicos de la época colonial en el centro de Jalisco Relaciones: núm. 63/64: 139-185.

Beekman, C. S., P. C. Weigand, and J. J. Pint. 1999. Old World irrigation technology in a New World context. Qanats in Spanish colonial western México. Antiquity, vol. 73 num. 280 June 1999: 440-446.

Bertrand, M., et P. Cressier. 1985. Irrigation et aménagement du terroir dans la vallee de l'Andarax (Almería): les reseau anciens de Ragol En M'elanges de la Casa de Velázquez (M.C.V.) 1985 t. XXI: 115-135.

Boucharlat, R. 2001. Les galeries de captage dans la péninsule d'Oman au premier millénaire avant J.-C: questions sur leurs relations avec les galeries du plateau iranien (pp: 157-184). En Pierre Briant (ed) Irrigation et drainage dans l'Antiquité, qanats et canalisations souterraines en Iran, en Egypte et en Grece. Thotm éditions (avec le concours du College de France), Paris.

Brading, D. A. [1971]. 1975. Mineros y Comerciantes en el México Borbónico (1783-1810). FCE.

Campos, F. 1997. La actividad agrícola en sistemas de pequeña irrigación con galerías filtrantes en la cañada poblana, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Campus Puebla, Colegio de Postgraduados. 240 p.

Campos, F., L. E. Henaó, K. Enge, y S. Whiteford. 2000. Selección de textos y edición: Jacinta Palerm Viqueira. El Valle de Tehuacán (pp: 253-344). In Jacinta Palerm Viqueira y Tomás Martínez Saldaña (eds) Antología sobre pequeño riego vol. II Organizaciones autogestivas, Colegio de Postgraduados. Plaza y Valdés. 253 p.

Churruga, P., A., Barraza, H., Gutiérrez, J., Borja, P., Sakanassi, M. 1989. Editado por Glenn P. Willeford y Ellen A. Kelley, traducido del español al inglés por Al Kinsall (en español) Before the thundering hordes: Historia Antigua de Parras. Sul Ross State University, Center for Big Bend Studies, Occasional Paper num. 4.

Cleek, R. 1972. The Infiltration Gallery: A middle Eastern Irrigation System in Southern Mexico. MA thesis, University of Texas at Austin.

Cleek, R. 1973. The infiltration gallery in Mexico: two diffusions. Anthropos 68: 897-909.

Contreras B., S. y M. Meda, A. 1985. Estado actual de la ictiofauna nativa de la cuenca de Parras, Coah., Mexico, con notas sobre algunos invertebrados (pp: 59-67). En Octavo Congreso Nacional de Zoología Memorias, Escuela Normal Superior del Estado, Saltillo, Coahuila, agosto 26 al 30 de 1985.

Cruz G., M. 1994. Semblanza histórica de las unidades de riego. Subsecretaría de Agricultura (SARH) Dirección General de Política Agrícola. 45 p.

Custodio, E. 1983. con contribuciones de E. Fernández González, J. Sáenz de Oiza y J. Molist. Galerías de agua, zanjas de drenaje y pozos excavados. En Emilio Custodio y Manuel Ramón Lamas (directores de edición) Hidrología Subterránea, tomo II, Ediciones Omega, Barcelona. pp: 1791-1808.

Del Valle F., H. 1991. Aguas subterráneas. Universidad Autónoma Chapingo, México. 206 p.

Durán G., J. R. 1995. Chihuahua. El vital líquido a través de los tiempos. Universidad Autónoma de Chihuahua. 318 p.

Enge, K., and S. Whiteford. 1989. The keepers of water and earth. University of Texas Press. 222 p.

Gea Calatayud, M. de. 1990. Sistemas de captación y distribución de agua de probable origen árabe. En Albaterra y Crevillete pp. Sharq Al-Andalus. Estudios Arabes (Anales de la Universidad de Alicante) núm. 7: 175-194.

Gil Meseguer, E., y Gómez Espín, J. M. 1993. Galerías con lumbresas en el sureste de España Papeles de Geografía núm 19: 125-145, Universidad de Murcia, España.

Hadley, P. L. [1975]. 1979. Minería y sociedad en el centro minero de Santa Eulalia, Chihuahua (1709-1750), FCE.

Henaó, L. E. 1980. Campesinado e Irrigación. Edicol, México. 284 p.

Humlum, J. 1965. Canaux souterrains pour l'eau: Karez, Qanat, Foggara. Construction, fonction, diffusion géographique et extension mondiale (pp: 1-22), (traduction du danois s/f par Michael Friis Jensen, revue par Emmanuel Salesses de l'article de Johannes Humlum (1965) Underjordiske vandingskanaler: karez, qanat, foggara. Deres konstruktion, virke made, geografiske udbredelse oog cirkumglobale spredning in Skrifter fra geografisk Institut, Artus Universitet 1965 pp: 81-132 (1649-1700) [texto proporcionado por Mónica Barnes].

Lightfoot, D. R. 1997. Qanats in the levant: hydraulic technology at the periphery of early empires technology and culture (The Society for the History of Technology) vol. 38, (april), num. 2: 432-451.

Miller, R. R. 1964. Redescription and illustration of cyprinodon latifasciatus, an extinct cyprinodontid fish from Coahuila, Mexico The Southwestern Naturalist 9 (2) may 15: 62-67.

- Montejano y Aguiñaga, R. 1975. Real de Catorce. El Real de Minas de la Purísima Concepción de los Catorce, S. L. P. Biblioteca de Historia Potosina, Serie Estudios 14.
- Moreno, R. 1978. Las instituciones de la industria minera novohispana (pp. 67-164). En Miguel León Portilla *et al.* La Minería en México, UNAM [incluye representación de malacate].
- Palerm, V. J., E., J. L., Pimentel, y R., M., Sánchez. 2001. Técnicas hidráulicas en México. Paralelismos con el Viejo Mundo. II Galerías filtrantes (pp: 466-483) Actas del II Encuentro sobre historia y medio ambiente (24-26 de octubre del 2001); Huesca, España. (En línea: [http://www.geocities.com/jacinta\\_palerm](http://www.geocities.com/jacinta_palerm)).
- Randall, R. W. 1972. Real del Monte. A British Mining Venture in Mexico. University of Texas Press.
- Ron, Zvi Y. D. 1985. Development and management of irrigation systems in mountain regions of the Holy Land Trans. Inst. Br. Geogr. N.S. 10: 149-169.
- Ron, Zvi Y. D. 1986. Ancient and modern developments of water resources in the Holy Land and the Israeli-Arab conflict-a reply Trans. Inst. Br. Geogr. N.S. II: 360-369.
- Salesse, E. (en prensa). Technological analysis, vocabulary, and comparison of two cases: Minas de agua in Portugal and Qanats in Iran: Emerging Catch Galleries En Qanats, actes du First International Symposium on Qanats, 8-11 mai, 2000, Yazd, Iran, UNESCO/ Agence regional de l'eau de Yazd.
- Seele, E. 1969. Galerías filtrantes en el área de Acatzingo-Tepeaca, Edo. de Puebla. INAH. Boletín 35: 3-8.
- Seele, E. 1973. Galerías en el estado de Puebla. Comunicaciones proyecto Puebla-Tlaxcala (Fundación alemana para la investigación científica) núm. 17: 141-144 + 6 fig.
- Suárez M., F. (en prensa). Las minas de agua en Canarias en J. Palerm Viqueira (ed) Antología sobre pequeño riego, vol. III, Sistemas de riego no convencionales, Colegio de Postgraduados.
- Waitz, P. 1930. Algunos datos sobre aguas subterráneas y su aprovechamiento. Irrigación en México, revista mensual, Organo de la Comisión Nacional de Irrigación, mayo 1930, vol. 1, num. 1: 30-35
- Wilken, G. C. 1990. Las galerías filtrantes de México. (pp: 275-305). In: Modesto Suarez/ Universidad Iberoamericana (ed) Historia, Antropología y Política, homenaje a Angel Palerm, Vol. I Alianza Editorial Mexicana. 401 p.
- Woodbury, R. B., and J. A., Neely. 1972. Water control in the Tehuacán Valley (pp: 81-153), [chain well systems pp: 139-149]. In: The prehistory of the Tehuacán Valley vol. IV: Chronology and Irrigation. University of Texas Press.
- Wuttmann, M., T., Gonon, and C., Thiers. 1972. The Qanats of 'Ayn-Manâwîr (Kharga Oasis, Egypt) En línea <http://www.achemenet.com/pdf/jasr/jasr1.1.pdf>.