



EL ACUEDUCTO A SEVILLA DESDE ALCALÁ DE GUADAÍRA

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"

segeos@telefonica.net

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y METODOLOGÍA DE EXPLORACIÓN

Durante las décadas de los años 60 y 70, miembros de S.E. Geos realizaron algunas incursiones en galerías de la localidad y su término municipal. En 2001 se concretó un convenio de colaboración, prorrogado hasta la fecha, entre el Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra y S.E. Geos, para iniciar de forma sistemática la exploración y documentación de esta importante red de galerías, dedicada principalmente al abastecimiento de agua a la ciudad de Sevilla desde la antigüedad.

Paralelamente a este trabajo, se están estudiando otros tramos de galerías independientes de este uso y dedicadas a otros fines (riegos agrícolas, abastecimientos puntuales, molinos de harineros, etc.). Algunos de estos recorridos están por explorar y documentar.

El origen de este tipo de construcciones se relaciona con la ausencia de corrientes de agua permanentes, la escasez de lluvias y su irregularidad, lo que ha obligado a las personas a extraer el preciado líquido del subsuelo donde éste se acumula en bolsas o acuíferos. Una de las formas más ingeniosas y sorpren-

dentes para la obtención y el aprovechamiento del agua por parte del hombre ha sido las minas. Una red de galerías ocultas a la vista general de la población.

Estos complejos mineros, verdaderos prodigios de la ingeniería hidráulica, permitían y permiten a los habitantes de este territorio recoger, canalizar y regular el uso del agua que circulaba por él. En consecuencia, aprovechar uno de los recursos más útiles que el ser humano ha tenido a lo largo de la historia desde hace ya algunos miles de años.

TÉCNICAS ESPELEOMÉTRICAS

Para las topografías interiores se han utilizado los métodos de itinerario o poligonal abierta, poligonales cerradas y radiaciones. El total de metros topografiados se sitúa en **1.804** metros para la galería principal, **124** metros lo cartografiado en el molino subterráneo "La Mina" y **1152** metros en la galería Oromana.

El grado alcanzado según la clasificación de la B. C. R. A. es en la mayoría de los casos el **5 D**, existiendo algunas topografías con grado **5 C**. Debe tenerse en cuenta que el norte reflejado en todos los planos de planta es siempre el Norte Magnético (del año de toma de datos), al objeto de calcular la declinación.

La morfología de la conducción artificial explorada hasta el momento, obliga a utilizar el método de itinerario, creándose una poligonal abierta con varias ramificaciones o poligonales secundarias. Por ahora

Técnicas actuales
de topografía
subterránea
(medidor laser,
PDA, etc.).



Vista aérea con
el desarrollo del
eje principal de
galerías y la red
local de galerías
en el término
de Alcalá de
Guadaíra.



no ha sido necesario emplear radiaciones ni triangulaciones debido al motivo anteriormente expuesto.

La estación de partida se ha ubicado en la entrada usada para el ingreso en la galería en un primer momento. Esta entrada se halla en las instalaciones de Fibrilita, y permitirá obtener las coordenadas UTM de la estación de origen, con lo que todas las estaciones topográficas pasarán a tener sus respectivas coordenadas UTM absolutas.

En cada una de las bases de las lumbreras del acueducto, se han posicionado estaciones topográficas, más otras en sus verticales, con un doble objetivo:

- el primero, un mejor detalle de la planimetría,
- en segundo lugar, compensar los posibles errores de coordenadas de la poligonal, al corregir éstas

con las obtenidas en el exterior sobre las bocas de las lumbreras, mediante GPS, fotografía aérea y/o planimetría.

En cuatro lumbreras de la zona Norte, concretamente en las estaciones topográficas 70, 73, 76 y 79, se han dado siete metros de altura como valor hipotético de las mismas, ya que el muy intenso goteo en ellas hizo imposible su medición exacta.

TRATAMIENTO INFORMÁTICO Y RESULTADOS.

Con la aplicación antes mencionada (Visual Topo) se consiguen las coordenadas de cada una de las estaciones topográficas (X, Y y Z), la distancia total recorrida, la distancia proyectada, los desniveles po-

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"

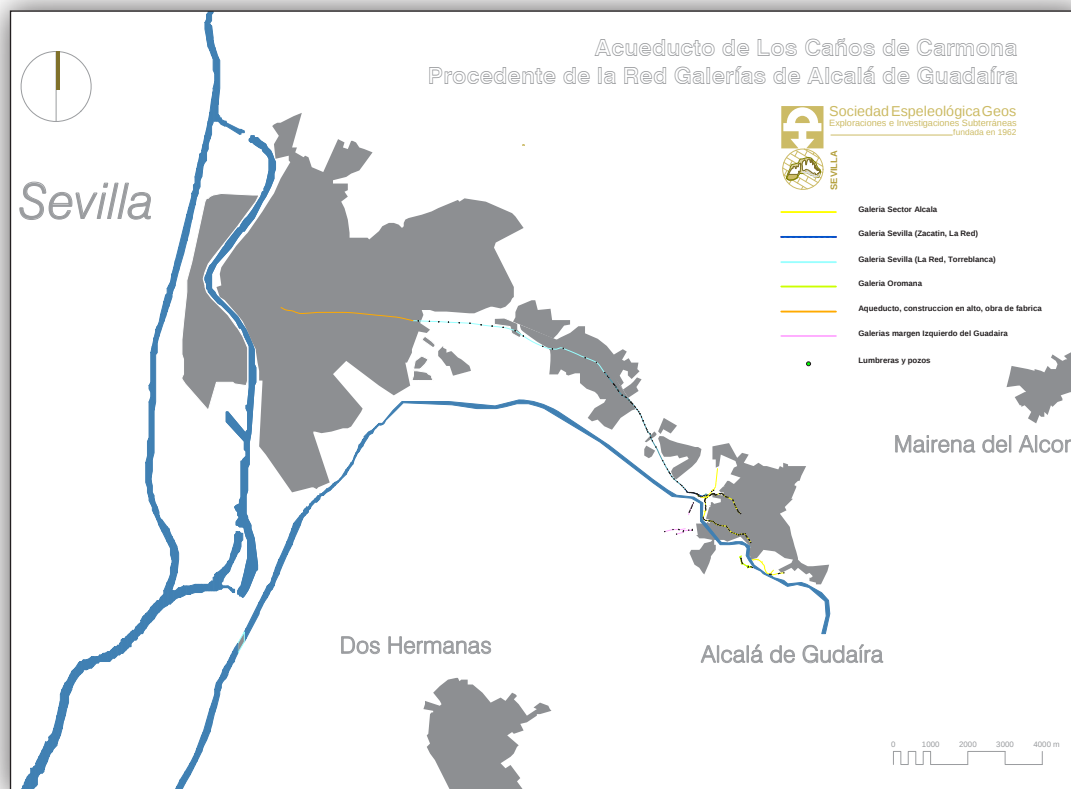


Fig. 1.- Mapa de localización de las galerías de Alcalá de Guadaira. En los términos municipales de Alcalá y Sevilla.

sitivo, negativo y total, número de visuales e índice de verticalidad.

Así mismo se generan los gráficos base sobre los que se crearán los dibujos de los planos. Estos gráficos se exportan en formato DXF a AutoCad®, aplicación con la que se crea la mayor parte de los planos. Por último, los rótulos se componen con Corel Draw®.

Los datos más significativos de las principales galerías del municipio de Alcalá de Guadaira, con un total de **3.080** m. topografiados, son los siguientes:

– *Eje principal*, desde Alcalá hasta Sevilla: desde nuestro punto 0 de inicio de la topografía general,

- punto más alto = 24 metros
- punto más bajo = -1 metro
- Desnivel total = 25 metros
- Desarrollo total = 1.804 metros

– *Galería Oromana*, desde el nacimiento al arranque interior de la Atajeta,

- 1152 metros topografiados.
- *Molino subterráneo y pequeñas galerías laterales*,
- Desnivel -7 metros
- Desarrollo 124 metros

A lo largo de todo el recorrido del eje principal se conocen 127 lumberas y 16 arquetas.

Tenemos galerías con distintos formatos y épocas de ejecución documentadas a ambos márgenes del río Guadaira, que estimamos en **21.878** metros

de momento; aunque aún quedan tramos por documentar, explorar y cartografiar.

En el propio término municipal de Alcalá de Guadaira y su entorno tenemos referencias sobre otras galerías que, tras su estudio en próximas campañas, aumentarán el conocimiento y los recorridos subterráneos de la región. Destacan entre ellas las siguientes: Dehesa Nueva, Gandul (yacimento), Majadillas, Maestre, Cercadillos, Camino bajada Las Aceñas, Galligos, Nuestra Señora del Águila (iniciada la exploración) y una galería que sitúa Melchor Cano (1820) cerca del puente viejo de Alcalá (margen izquierdo del río Guadaira), cañada de Otivar, cañada de Fuentasanta y la galería de la Retama; así como las galerías de Alcaudete, en la población vecina de Carmona.

Para la comprensión de la magnitud de los trabajos realizados en la construcción de estas galerías, es interesante el estudio de las densidades de los materiales extraídos (calcarenita). Un trabajo reciente en el que se han perforado estos materiales en diversos puntos de Alcalá, nos ha permitido hacer una estimación media para calcular las toneladas extraídas por cada kilómetro de galería, que consideramos bastante fiable. El dato está elaborado sobre unas medidas determinadas que son las siguientes: un tramo de galería de 0,85 metros de ancho por una altura de 2 metros, lo que equivale a 1,70 metros cuadrados.

SECCIÓN GALERÍA: $0,85 \times 2,00 \text{ m} = 1,70 \text{ m}^2$
 $1,70 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ ml} = 1.700 \text{ m}^3$ en 1 Km de galería.

DENSIDADES DE LA CALCARENITA (Tn/m^3)

	D. Húmeda	D. Seca
	2,323	2,222
	2,265	2,076
	1,992	1,729
	1,905	1,648
	1,957	1,684
	2,241	1,978
	2,040	1,821
D. MEDIA	2,103	1,880

Considerando la densidad húmeda:

$$2,103 \text{ Tn/m}^3 \times 1.700 \text{ m}^3 = \underline{\underline{3.575,1 \text{ Tn/Km}}}$$

Tabla representativa de la cubicación extractiva estimada en los trabajos de laboreo minero en las galerías en estudio.

Los resultados son que para un metro lineal de galería de las medidas estipuladas, se sacaron 3,6 toneladas de material excavado. Este dato nos da una idea del gran trabajo realizado y los medios humanos y técnicos que hicieron falta para estas labores de ingeniería subterránea.

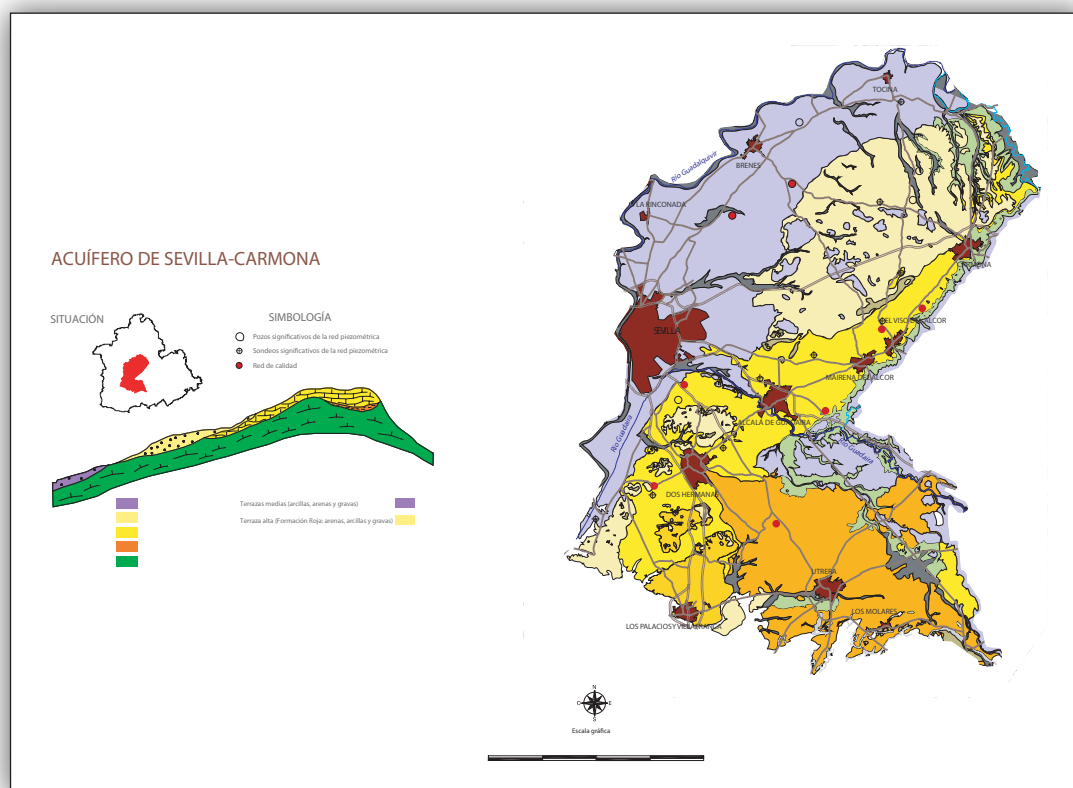
La importancia de estudiar estos espacios subterráneos de un modo sistemático, radica en que se puede reconstruir el proceso de génesis constructiva de este tipo de minería de abastecimiento de aguas y

con ello se podrá recuperar y conocer, por ejemplo, las distintas técnicas de excavación e investigar los fines que condujeron a la construcción originaria y a sus posibles modificaciones en el tiempo.

Explorar cavidades artificiales es como realizar un viaje al pasado. Es una experiencia que permite vivir y conocer nuevos conocimientos. El desarrollo de este tipo de galerías es generalmente horizontal. Cuentan con innumerables accesos verticales (putei-lumbreras-pozos) presentes, en este caso (Alcalá de Guadaira), como ya hemos indicado, encontramos más de 100 pozos o accesos verticales que conducen de manera directa al conducto principal de las galerías de agua (Mina de Agua), en algunos casos estos pozos tienen una profundidad de 18 metros.

2.- ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO: CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

El Valle del Guadalquivir es una cubeta alpina periférica a la Meseta, rellena de materiales de edad reciente. Se trata de las rocas o sedimentos más mo-



Esquema geológico de la zona en la que se ubican las galerías.

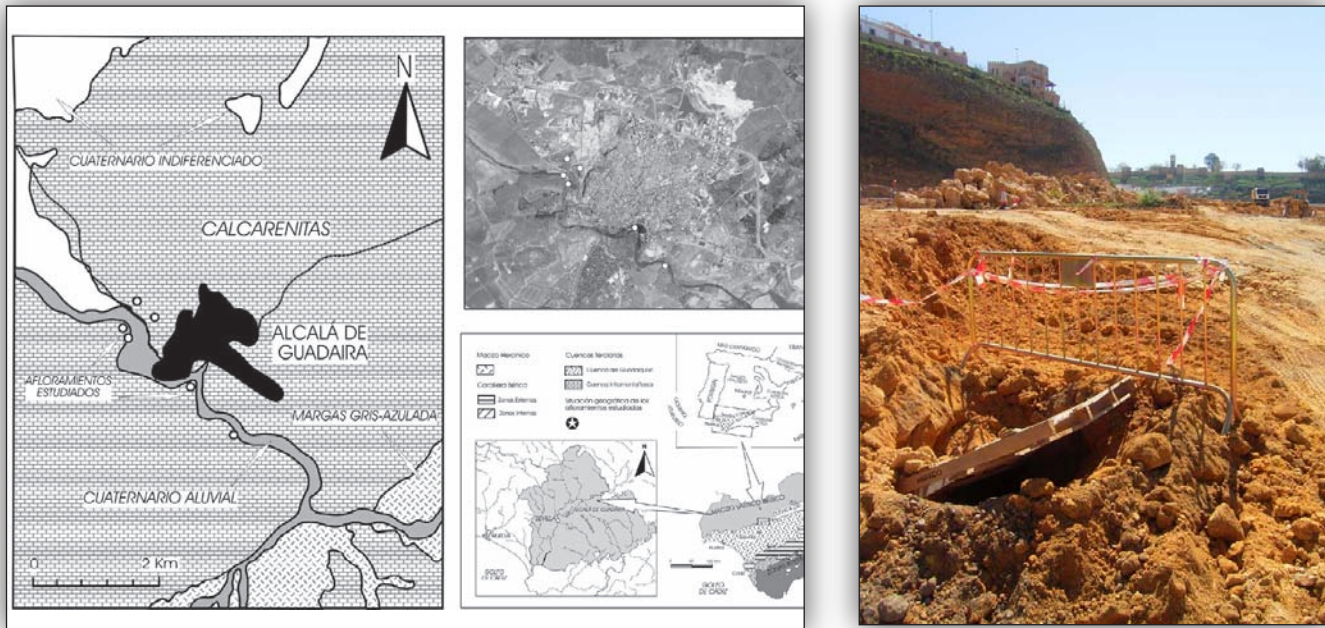


Figura 2. Localización y ubicación de la zona estudiada en su entorno geográfico y geológico.

dermos de los periodos Terciario y Cuaternario, que se encuentran muy poco o nada deformados. Destacan, entre otros, calizas y calcarenitas permeables, margas impermeables del Mioceno y los materiales permeables aluviales y terrazas del Cuaternario. Todas estas formaciones reposan en gran parte sobre los materiales paleozoicos de la Sierra Norte, que constituyen su basamento o zócalo.

En su base están las margas grisáceas, azules a negras, con láminas de yeso, impermeables, que comenzaron a depositarse en el Tortonense en fondos marinos profundos. La presencia de arenas y margas alternantes, así como limos arenosos amarillos, señalan la existencia de una fase regresiva. Los limos arenosos amarillos cambian de facies lateralmente a calcarenitas permeables o "albero" de la Formación "Calcarenitas de Carmona" (IGME-Diputación de Sevilla-Atlas Hidrogeológico de la Provincia).

Los afloramientos estudiados de Alcalá de Guadaira se encuentran en los alrededores de dicha localidad, y se accede a ellos a través de las carreteras nacionales N-334 y N-432 (Fig. 2). La serie estratigráfica se compone, de muro a techo, de los siguientes tramos:

a) Alternancia de margas y calcarenitas (4,5 m). La base de la serie de Alcalá de Guadaira está constituida por margas grisáceo-negruzcas, masivas, que presentan restos fragmentados de bivalvos. Galán *et al.* (1989) atribuyen una edad pliocena a estos materiales.

Sobre ellas, se disponen 2 m de margas arenosas de tonos grises a amarillentos, que incluyen pequeños porcentajes de glauconita y algunos fragmentos calcareníticos. La matriz de estos fragmentos es microesparítica, en tanto que el cemento es esparítico. Texturalmente, correspondería a un packstone (clasificación de Durham, 1962) ó a una biomicroesparita-biomicrita (clasificación de Folk, 1962). El material siliciclástico (~ 20 % del total) de estos fragmentos consiste en granos subangulosos de cuarzo. La macrofauna está constituida por bivalvos, gasterópodos, equinodermos y briozoos, en tanto que la microfauna es abundante (foraminíferos bentónicos y planctónicos).

Sobre estos materiales aparecen concordantemente unos 2 m de margas arenosas alternantes con finos estratos margoso-calcareníticos (~ 5 cm), claramente bioturbados.

b) Calcarenitas. En algunos sectores, aparecen como horizontes calcareníticos masivos, en tanto que en otros aparecen claramente delimitados estratos con una potencia comprendida entre los 5 y 10 cm. En estos últimos, alternan calcarenitas bien cementadas con niveles arenoso-calcáreos. En general, se constata un aumento de tamaño de grano hacia techo, pasando desde arenas medias a gruesas. Se pueden distinguir dos tramos: 1) Tramo basal, donde la textura de la roca responde a un armazón de bioclastos con cemento esparítico (Durham, 1962) o

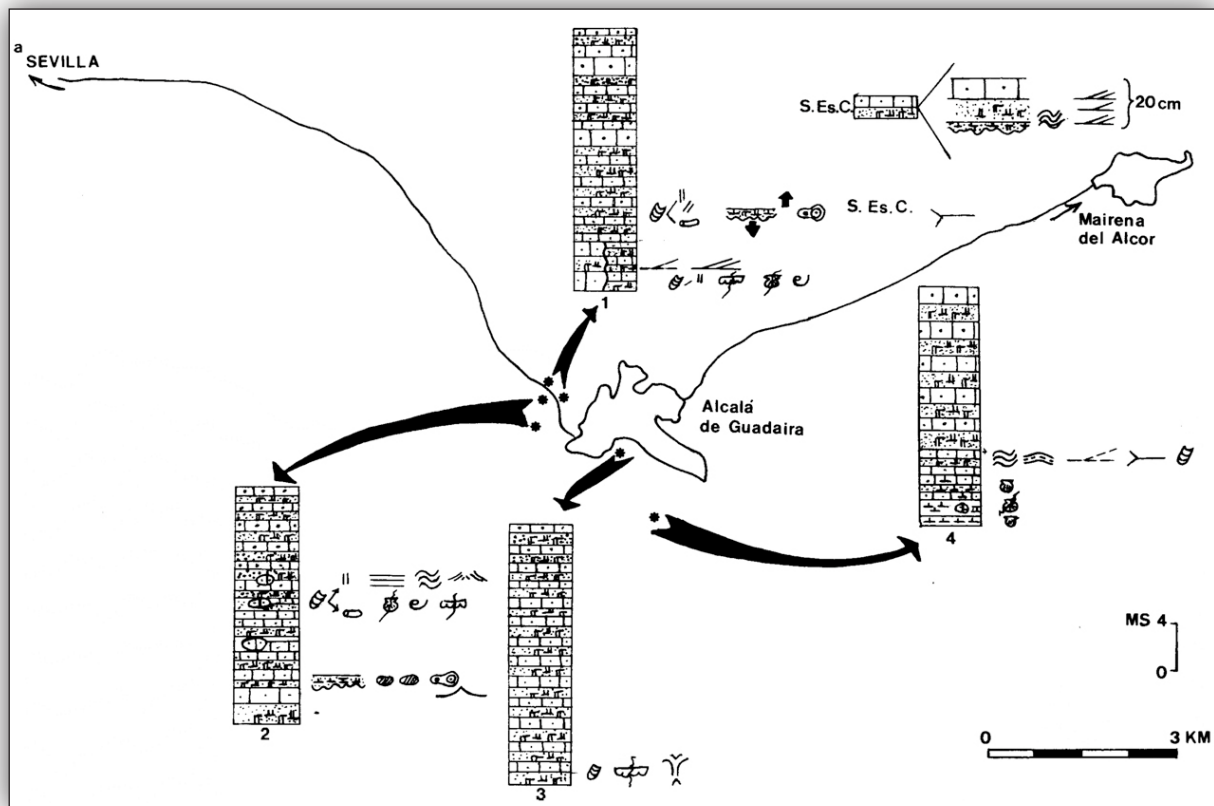


Figura 3. Detalles de la columna estratigráfica en diversos puntos de muestreo.

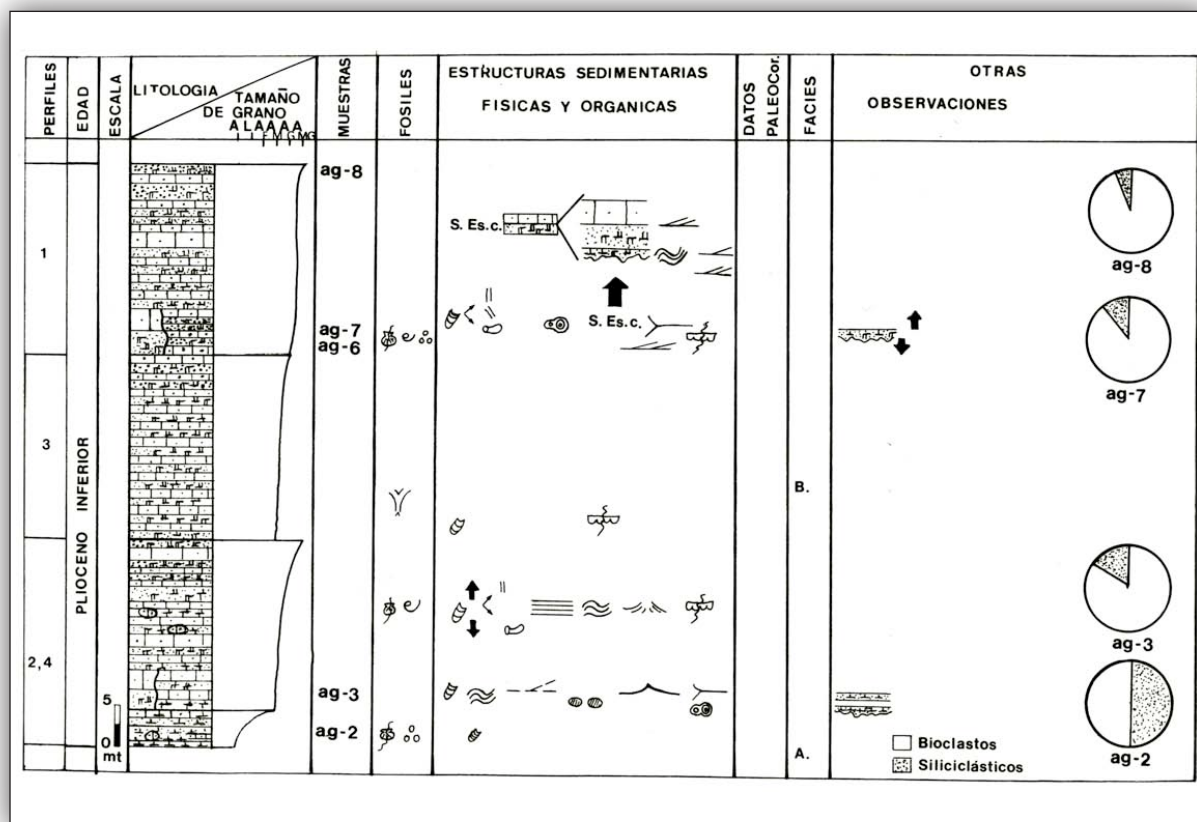


Figura 4: Columna sintética cronoestratigráfica.



Imagen representativa del depósito de calcarenita en las cercanías de Alcalá de Guadaíra.

una bioesparita (Folk, 1962); hacia la base, el material siliciclástico está constituido por granos de cuarzo subangulosos (5-7 %), con aparición esporádica de granos aislados de glauconita. 2) Tramo superior, en el que suele repetirse la siguiente disposición: nivel arcilloso de espesor centimétrico; calcarenita no cementada con estratificación ondulada, laminación y estratificación cruzada de bajo ángulo y pequeña escala; y calcarenita cementada con estratificación de bajo ángulo y pequeña escala, intensamente bioturbadas (*Skolithos*).

3.- ANÁLISIS BIOQUÍMICO

El día 4 de Agosto de 2004 se realizó un muestreo prospectivo de las aguas en las galerías subterráneas en la localidad de Alcalá de Guadaíra. Las estaciones de muestreo fueron las siguientes: zona conocida como "El Molino de la Mina" situada en el casco urbano de Alcalá de Guadaíra, y galerías subterráneas, desde el "Acceso Fibrilita" hacia Adufe.

En ambas estaciones de muestreo se hicieron determinaciones químicas "*in situ*" y se tomaron muestras para un análisis más detallado en el laboratorio. Además, se tomaron muestras biológicas, para su posterior separación e identificación.

MATERIAL Y MÉTODOS

- A) Localidades de muestreo.
 - Población de Alcalá de Guadaíra en Sevilla.
 - Canal
- B) Análisis químico.



Toma de datos químicos *in situ*



Red de Cvetkov.



Toma de muestras y filtrado con tamices



Red de fondo

Se determinaron las siguientes variables: temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, conductividad (directamente en el campo), Cloro, sulfatos, nitratos, flúor, carbonatos, bicarbonatos, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro y manganeso (posteriormente en el laboratorio). Además, se hizo una estima visual de las características del sustrato.

C) Análisis biológico.

Se tomaron muestras de dos tipos:

- En el pozo de Alcalá de Guadaíra, se utilizó la red de Cvetkov: una doble red cónica, con lastre posterior y receptáculo para los organismos, con 100 μ m de luz de malla.

- Red de fondo, triangular de 30 cm de lado y 250 μ m de luz de malla.

Las muestras fueron filtradas por tamices de 250 μ m y 100 μ m y fijadas en formol, previamente a su posterior separación e identificación.

RESULTADOS

a) Química

En la Tabla 1 se incluyen los valores de las variables analizadas.

La conductividad es una medida indirecta del grado de "salinidad" de un agua. Los valores encontrados están dentro de los admitidos para las aguas potables. El pH varía ligeramente alrededor de la neutralidad (7.0), considerándose un agua potable aquella que tiene un pH entre 6.5 y 8.3.

Los valores de concentración del oxígeno disuelto están todos por debajo de la concentración considerada saturada, lo que quizás podría deberse a la alta temperatura.

No cabe excluir cierto contenido de materia orgánica, que al producir una demanda de oxígeno, sea responsable de estas concentraciones encontradas. (Ver Tabla 1).

Del resto de variables químicas cabe señalar que las concentraciones de nitratos y calcio son superiores a los valores admitidos en España para el agua potable.

b) Biología

En la tabla 2 se indica la presencia de organismos que se han capturado, y además se observaron decápodos –cangrejos de río– que no fueron capturados. (Ver Tabla 2).

La comunidad de organismos presentes se puede considerar de transición entre el ambiente epigeo –exterior– y las comunidades típicamente de cueva y medio intersticial (ambiente hipogeo). Es significativo, y apunta al carácter de hábitat transitorio de estas aguas, que entre los ácaros presentes, haya representantes del género *Acherontacarus*, ya que las especies de este género se encuentran siempre en surgencias, pozos y medio freático superficial de ríos.

Ninguno de los crustáceos presentes muestra características típicas del medio subterráneo, como ausencia total de ojos o despigmentación.

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"

Punto	Lugar	Tipo de muestreo	Fecha	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS															
				Cond.	pH	O ₂ dis.	T ^a	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺
				μS/cm		% sat.	°C	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1-Canal	Molino de la Mina	Manga de mano	04/08/04	768	7.1	76.5	21.6	84.00	83.00	115.00	0.00	0.00	164.63	110.00	3.56	38.70	6.66	0.180	0.030
1-Poza	Molino de la Mina	Manga de pozos	04/08/04																
2-Canal	Galería Nacimiento	Manga de mano	04/08/04	875	7.08	76.6	21.9	83.00	84.00	130.00	0.00	0.00	164.63	120.80	3.86	37.20	1.75	0.120	0.030
3-Canal	Zacatín	Manga de mano	04/08/04	901	6.4	75.6	21.6	50.00	69.00	162.00	0.00	0.00	170.73	128.10	3.74	38.00	1.74	0.090	0.040
4-Fibralita	Fibralita	Manga de mano	04/08/04	620	7.16	75	20.9	54.00	73.00	110.00	0.00	0.00	106.71	95.60	3.25	16.58	0.70	0.350	0.020
4-Canal	Arenas junto a Fibralita	Karaman (excavado)	04/08/04																
4-Canal	De Fibralita a Amazonia	Manga de mano	04/08/04																

Tabla 1: Variables químicas analizadas *in situ* y en el laboratorio.

Punto	Lugar	Tipo de muestreo	Fecha	ANÁLISIS FAUNÍSTICO								
				Nematodos	Oligoquetos	Gasterópodos	Ácaros	Cladóceros	Ostrácodos	Copépodos	Anfípodos	Decápodos
1-Canal	Molino de la Mina	Manga de mano	04/08/04		1	18	1				1	
1-Poza	Molino de la Mina	Manga de pozos	04/08/04			5	1				8	
2-Canal	Galería Nacimiento	Manga de mano	04/08/04							1		
3-Canal	Zacatín	Manga de mano	04/08/04			1	1	1		abundan	1	
4-Fibralita	Fibralita	Manga de mano	04/08/04	si		si	1			abundan	si	si
4-Canal	Arenas junto a Fibralita	Karaman	04/08/04			si	2		si	abundan	si	
4-Canal	De Fibralita a Amazonia	Manga de mano	04/08/04		si					abundan	si	

Tabla 2: Fauna encontrada en las muestras.

Conclusiones sobre los aspectos químicos y biológicos:

Los resultados de este informe sólo se pueden considerar representativos de las dos localidades muestreadas, respecto a la química. Dado que los muestreos no han sido exhaustivos, no podemos asegurar que tengamos una representación adecuada de lo que vive en estos hábitats. Por otro lado, desconocíamos las características del medio con el que nos íbamos a enfrentar, y no se pudieron realizar todos los muestreos que con los resultados obtenidos nos parecen necesarios, como son: red estática de muestreo continuo, por períodos mínimos de dos horas, en los canales de flujo continuo.

– trampa de luz, selectiva para aquellos organismos no estrictamente subterráneos que habitan estas aguas.

– realización de muestreo Karaman-Chappuis (método adecuado para el agua intersticial), y

– uso de cebos selectivos.

Sería recomendable poner en práctica alguno de ellos, al menos, con el fin de poder obtener resultados más útiles desde el punto de vista científico y de las administraciones gestoras del agua.

4.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y EVOLUCIÓN DE LAS GALERÍAS

Sobre la historia de esta conducción subterránea conocemos, siguiendo la crónica de Ibn Sahid Al-Sala, que en 1172, el rey Abu Yaqub Yasub encargó al ingeniero Hach Yaix la rehabilitación de una vieja canalización romana de época antigua (en estado de abandono en aquel momento) que llevaba el agua a Sevilla desde Alcalá de Guadaíra. Es por ello, que en época almohade lo que se hizo fue aprovechar y remozar en gran medida un trazado antiguo de una obra de ingeniería bastante anterior en el tiempo.

Al igual que hicieron otras culturas de época antigua, empresas y sociedades más recientes en el tiempo reutilizaron este acueducto. Por ejemplo, fue utilizado por The Seville Water Works Company (la Compañía de los Ingleses) a finales del siglo XIX, y posteriormente por EMASESA hasta la década de los años ochenta del siglo XX, y su mantenimiento era semanal. Podemos asegurar que gracias a estos mantenimientos periódicos, hasta hace pocos años el



Edificio de Adufe construido por la compañía The Seville Water Works Company. Actualmente de EMASESA.

acueducto subterráneo estaba en un estado de conservación excepcional.

Muchas son las referencias (dibujos, láminas, planos, etc) al acueducto en general y extensa la bibliografía que se puede consultar, valgan como ejemplo las siguientes notas:

La ciudad de Sevilla había recibido su suministro de agua corriente a través de un acueducto formado por una sucesión de arcos que había sido construido por los romanos y fue conocido a finales de la Edad Media con el nombre de "Los Caños de Carmona". Hacia el s. XII este sistema se había deteriorado notablemente, pero fue restaurado por los gobernantes almohades en 1172, como se mencionó anteriormente. Los almohades, al construir su nueva mezquita principal, descubrieron el sistema de alcantarillado romano y alteraron y expandieron su curso.

Los castellanos, tras tomar la ciudad a mediados del siglo XIII, encontraron el sistema todavía funcionando y en 1254 Alfonso X ordenó a un tal "Señor Caxico" (probablemente un residente genovés) "llevar agua (a través del acueducto de Carmona) a dos fuentes en Sevilla como solía fluir en el tiempo de los moros."

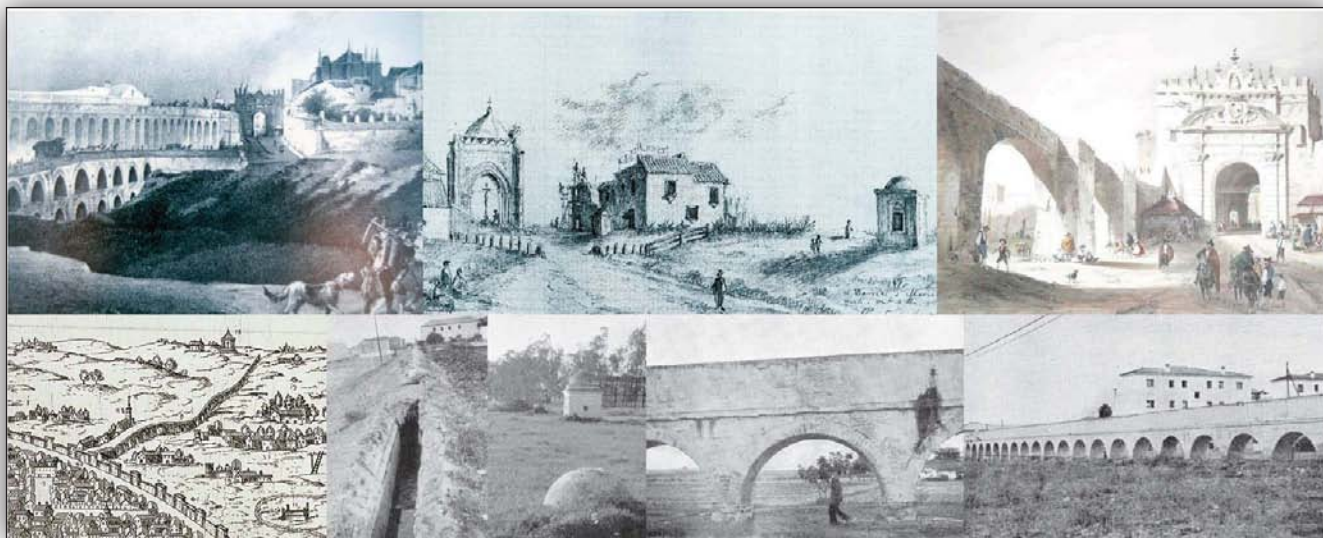
Otras referencias posteriores siguiendo un orden cronológico son las siguientes:

– El viajero alemán Jerónimo Münzer en el relato de su viaje a España (1495) hace la siguiente referencia: *"Hay en Sevilla mucha agua potable y un acueducto de trescientos noventa arcos, algunos duplicados por un cuerpo superior, para vencer el desnivel del terreno, va por este artificio gran cantidad de agua y presta muy buen servicio para el riego de jardines, limpieza de calles y viviendas, etc."*

– El sevillano Luis de Peraza, primero en acometer la elaboración de una Historia de Sevilla, que escribe según él mismo dice en la década de 1530, le dedica el capítulo X de su Década III, donde cita su utilización.

– El presbítero extremeño don Alonso de Morgado, (1587), durante muchos años párroco de Santa Ana, la llamada catedral de Triana hace también referencia al mismo.

– El escritor y poeta utrerano Rodrigo Caro (1573-1647), quien dice: *"en toda la ciudad en común, se derivan de los caños de Carmona, y acueductos del Arzobispado tantas fuentes que casi no hay casa principal que las tenga, con muchos huertos y jardines: lo cual, con otros reparos, en el más ardiente verano, junto con las suaves mareas que corren de ordinario, hazen la ciudad notablemente apacible, fresca y regalada"*.



Diversas ilustraciones y fotos históricas representando elementos de los denominados Caños de Carmona

– El Secretario de la Real Academia de San Fernando, don Antonio Ponz, (1786) en su *Carta Sexta*, expresa: *"La antigualla verdaderamente provechosa, y dignísima de conservarse entre quantas tiene Sevilla, es la de los Caños de Carmona, cuya primera fundación no dudo que fué de Romanos, y así lo indican varios trozos de su construcción; bien que otros infieren ser obra de Moros por algunas partes que inclinan a su modo de construir. Naturalmente harían ellos sus restauraciones como se habrán hecho después y se harán quando se ofrezca, por la utilidad e importancia del edificio"*.

5.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y FUNCIONES DE LAS GALERÍAS

En la mayoría de los casos, en los acueductos antiguos encontramos que en bastantes ocasiones se opta por la conducción subterránea (canal tapado o galería), los casos de arquerías son los menos frecuentes. Esta connotación de lo subterráneo hace que en muchas ocasiones su existencia pase desapercibida.



Tipos de Secciones en la Galería



Formatos de lumberras (interior y exterior)

Ampliación y detalle
de un tramo de
galerías y alzado
representado diversas
lumbreras.



Diferentes formatos de ladrillos encontrados en el eje principal de la galería Alcalá-Sevilla.

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"



Lucernarios



Huellas de picadas

cibida y estén poco documentados. Las galerías de Alcalá de Guadaíra, están excavadas en la calcarenita, el popularmente denominado "albero". Esta roca lleva un fuerte componente calcáreo, que en algunos puntos hace que la galería parezca el interior de una cavidad natural. Distintos formatos y tamaños de sección de galería están representados en la Red de Alcalá de Guadaíra a Sevilla y tienen una media de 2 m. de altura por 0,85 m. de anchura.

Uno de los elementos más característicos de estas obras mineras son las lumbreras (pozos, *puteus*, espiraminas, etc.). Hemos documentado dos formatos: los redondos y los rectangulares. Estimamos que aún existen unos 130 pozos en un estado de conservación aceptable.

En el de Alcalá de Guadaíra, hemos podido estudiar hasta el momento, tres tipos de ladrillos que tapizan en algunos sectores concretos las paredes y techos de tramos de la galería, en algunos casos en decenas de metros: 1. Ladrillo de apoyo en laterales (29,7 x 21,7 cm. y un peso de 6.955 grs.); 2. Ladrillo tipo cuña (29,2 x 18,5 cm. y un peso de 4.970 grs.); 3. Ladrillo formato cuadrado (30 x 30 cm. y un grosor de 8 cm., supera en algo los 10.000 grs.).

Un elemento representativo en las galerías subterráneas son los "lucernarios". Se trata de pequeñas oquedades artificiales picadas en las paredes de los conductos. Su utilidad era la de ubicar las lucernas (elementos de iluminación) en el interior de la mina. Encontramos también innumerables huellas de los instrumentos utilizados en el avance de los frentes de mina. En algunos de ellos se puede deducir incluso el tipo de herramienta, pues su huella es aclaratoria.

6.- VALORES MEDIOAMBIENTALES, PATRIMONIALES Y CULTURALES DE LAS GALERÍAS

Son la investigación y el estudio los que deben hacer que los responsables de las distintas administraciones implicadas tomen conciencia de la importancia de esta obra que estamos presentando.

Si se desea conocer y conservar de verdad estas tecnologías de la antigüedad, se deben acometer los estudios sistemáticos que posibiliten una mejor comprensión de estos espacios y obras que permanecen en muchos casos bajo nuestras ciudades, por lo que su preservación corre un grave peligro de no tomarse medidas protectoras serias, estrictas y eficaces.

La clave para la conservación de estos acueductos es su estudio y su puesta en valor cultural y patrimonial. Por ello consideramos necesario que su funcionalidad vuelva a ser activa y su mantenimiento y vigilancia continuado.

Actualmente nos encontramos, al igual que los técnicos y obreros de las distintas culturas que crea-



Imagen externa de parte del recorrido de la galería y su correspondencia en el interior de los pasajes subterráneos.



Afectaciones de obras modernas tanto en el interior como en el exterior del acueducto.

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"



Actuaciones puntuales de obras en las que se ha tenido en cuenta la protección de elementos patrimoniales del acueducto.



Fachada del teatro municipal en cuya escalinata de acceso se ubica la entrada actual al molino subterráneo (La Mina).

ron y posteriormente aprovecharon este sistema de galerías, con grandes problemas como tapones, re-crecimientos de la galería, derrumbes, zonas inundadas, dificultades por la burocracia administrativa, etc. Estamos en un momento decisivo e histórico para la pervivencia y conservación de esta importante obra de ingeniería de la antigüedad en el término municipal de Alcalá de Guadaira y parte de Sevilla. Hoy en día este patrimonio subterráneo no sólo sigue siendo mal conocido, sino que está siendo agredido y en muchas ocasiones de manera irreversible, tanto en las zonas urbanas y peri-urbanas como en las áreas de desarrollo. Las obras externas afectan a los pozos de ventilación (lumbreras). Estas obras han provocado en los últimos tiempos la formación de tapones en el interior de la galería, cambiando de manera clara su funcionalidad hídrica original. Esto, entre otros motivos, está poniendo en peligro la pervivencia de partes del acueducto subterráneo.

En el ámbito mediterráneo algunos de los componentes esenciales del paisaje son los sistemas hidráulicos, pues contribuyen a una verdadera remodelación de los espacios naturales preexistentes, introduciendo incluso importantes cambios ecológicos al actuar directamente sobre los acuíferos superficiales, la cobertura vegetal y el relieve.

El conocimiento y conservación del patrimonio de las obras públicas implica, en principio, más dificultades que el arquitectónico, debido en buena parte a su propia naturaleza y a la consideración que históricamente se ha tenido de ellas, por sus connotaciones meramente utilitaristas y prácticas. La prioridad en la defensa del legado hidráulico pasaría por la preservación de obras que constituyen hitos significativos debido a su importancia histórica, singularidad tipológica y validez o dificultad técnica. Debemos considerar a estas obras hidráulicas como verdaderos registros de las técnicas empleadas desde la antigüedad para beneficio del hombre en general.

EL MOLINO "LA MINA":

Un claro ejemplo de valor patrimonial subterráneo es este molino, unos metros por encima del drenaje antiguo del eje principal de la galería, que suministraba el agua a la antigua ciudad de Sevilla, utilizándose también para otros usos (molinos, regadíos, etc.).

Dicho molino se encuentra en la actualidad bajo el teatro municipal Gutiérrez de Alba y aledaños, en pleno casco urbano de Alcalá de Guadaira. Su estado de conservación es bastante aceptable.

Lo curioso de esta obra es que en su conjunto es totalmente subterránea o hipogea, estando compuesta por dos plantas, la inferior, inundada (zona del rodezno), y la superior, donde se desarrollaban las labores propias del molino (sala de molienda, almacén,

galerías de captación, etc.), que además consta de otra serie de elementos (rampa de acceso, canales de abastecimiento, piedras de molienda, el cubo, etc.).

LA EXPLORACIÓN DE CAVIDADES ARTIFICIALES:

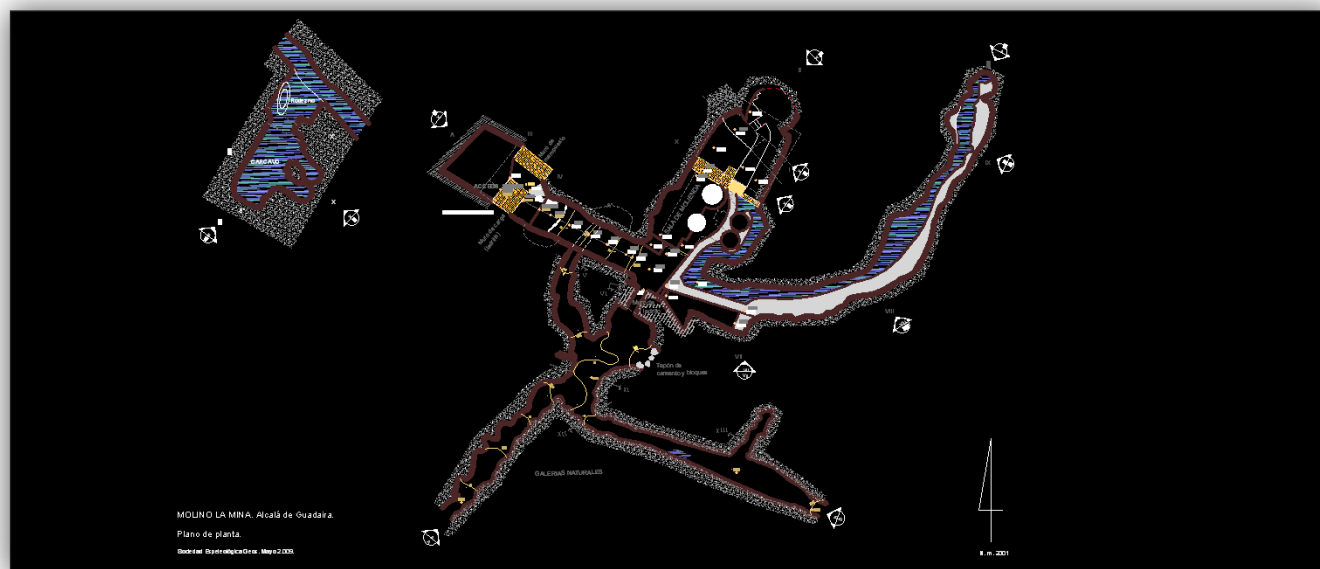
El desarrollo de la actividad espeleológica en cavidades artificiales es muy reciente, pero podemos encontrar descripciones y levantamientos cartográficos ya a principios del siglo XX e incluso anteriores. En estos trabajos se describen espacios subterráneos excavados por el hombre en distintas épocas, es decir desde la prehistoria a la actualidad.

En la prehistoria los seres humanos excavaron estos espacios con distintos usos o utilidades, como lugares de enterramientos, extracción minera o para captaciones de agua.

Como característica principal hay que decir que estos espacios, con el paso del tiempo, pueden llegar a desaparecer y en otros casos, como es el del proyecto en curso, los trabajos de exploración se convierten en



Litografía de Pérez Villaamil representando el interior del Molino de la Mina (siglo XIX).

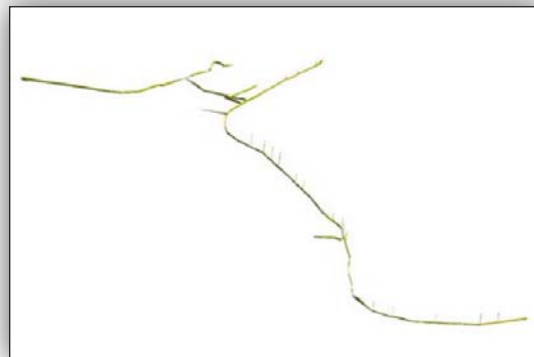
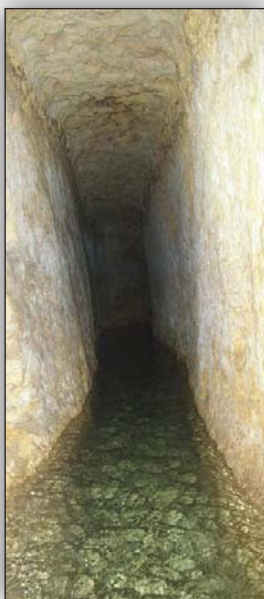
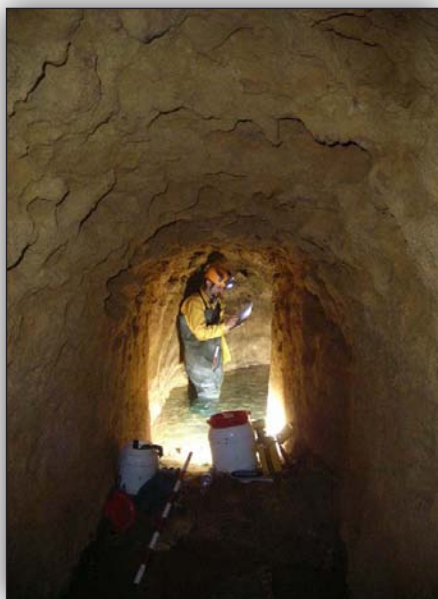


Levantamiento cartográfico actual de las distintas galerías y nacimientos de agua del Molino de la Mina. (S.E.Geos-2009).



Distintas imágenes del interior del Molino de la Mina.

ASOCIACIÓN "SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS"



Trabajos de exploración y levantamiento cartográfico de las distintas galerías existentes en el término de Alcalá de Guadaíra-Sevilla.

su mejor aliado para su defensa y conservación. Tras cientos de años desde el momento de su construcción, se van transformando y tomando claros aspectos de cavidad natural, es decir, crecen formaciones interiores que dan carácter de cueva en muchos casos a gran parte de las galerías en estudio. Además del concrecionamiento de techos y paredes, también podemos apreciar influencias de carácter erosivo o la presencia de rellenos acumulados a lo largo del tiempo.

Lo cierto es que, a menudo, las personas olvidan con cierta rapidez la presencia de estos espacios que poseen una gran importancia para el lugar donde están ubicados. Es por ello que los trabajos de *Espeleología Aplicada* tienen un ámbito donde desarrollar una labor seria y de importancia, pues se puede recuperar, como ocurre en este caso, una importante obra desde su origen romano, en la que poder estudiar aspectos de ingeniería, conocimientos hidrogeológicos de la época y que aún nos deja sorprendidos hoy día por su perfección en general.

7.- CONCLUSIONES

Con este proyecto tratamos de impulsar con ilusión la búsqueda y recopilación de estudios, exploraciones e información que, en la mayoría de los casos, se encuentra muy dispersa. Con ello pretendemos impedir el extravío de esta información y de paso agradecer a los colaboradores su generosidad en la transmisión de sus conocimientos. Se trata generalmente de trabajos e investigaciones poco difundidas y no por ello menos interesantes.

Estas exploraciones e investigaciones de carácter cultural debemos entenderlas y divulgarlas, pues con exposiciones y con la publicación de los hallazgos que realizan los especialistas implicados en el proyecto, se estimula e impulsa a otros a través de la lectura, lo que genera nueva información logrando quizás evitar errores del pasado. Por lo que, tanto el Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra como la Sociedad Espeleológica Geos, están realizando actividades y propuestas encaminadas al mejor conocimiento de esta obra para su conservación con actuaciones como:

- Propuesta ante la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía para la declaración de B.I.C. (Bien

de Interés Cultural) del sistema de galerías en estudio y el denominado Molino La Mina (2003).

- Actuaciones puntuales para la protección directa de las galerías ante el urbanismo e infraestructura de nueva construcción (puente nuevo, rotondas, circunvalación, etc.)

- Jornadas de Patrimonio Subterráneo (celebradas en Alcalá de Guadaíra del 23 al 27 de Marzo de 2004)

- Ampliación en el nuevo PGOU de la localidad,

de la protección para las galerías y el Molino la Mina (2004).

- Exposición Monográfica en el Museo de Alcalá de Guadaíra “Los Caminos del Agua” desde Octubre de 2007 a mediados de Enero de 2008.

- Diversas referencias y publicaciones en revistas especializadas, locales, y en medios de comunicación, locales y provinciales.

- Exposición Monográfica finales de 2009-10 sobre el proyecto de Recuperación del Molino “La Mina”.

AUTORES Y COLABORACIONES

Genaro Álvarez García, José Molina Rodríguez, José Joaquín Galán Estévez, José María Rodrigo Cámara, Ángel Luis Vera Aranda, José Antonio Caro Gómez, Antonio Faustino Buendía Moreno, Mercedes Millán Verdú, Emilio Sánchez Alonso, Ignacio Portero Durán, M. Carmen Alcalá Calzado, Francisco Herrera Romero.

*Departamento de Geodinámica y Paleontología,
Universidad de Huelva*

Francisco Ruiz Muñoz
Manuel Abad de los Santos.

*Museo de Nacional de Ciencias Naturales - CSIC
(Madrid)*

Antonio G. Valdecasas
Jaime Rodríguez Noriega
Ana I. Camacho

*Departamento de Geografía y Ciencias del
Territorio. Universidad de Córdoba*
José Antonio Caro

AGRADECIMIENTOS

Además debemos hacer especial mención a los exploradores e investigadores locales por su ayuda y colaboración activa con este proyecto; al propietario de Fibrilita que ha permitido nuestro acceso desde su propiedad; a la compañía EMASESA por su atención y colaboración continuada; al equipo de bomberos de la localidad; a D. José Jiménez (ex capataz de EMASESA), autentico conocedor de estos sistemas de galerías subterráneas; a los distintos equipos de investigación y colaboradores que participan en este proyecto (Universidades de Sevilla, Huelva, Córdoba y Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, Madrid); a los miembros de S. E. Geos, que de manera altruista e entusiasta hacen posible estos trabajos, a veces en condiciones incómodas y difíciles; y como no, a la Delegación de Patrimonio Histórico y Natural y al Excmo. Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra por su confianza y colaboración.

En mayo de 2002, la UNESCO declaró que los sistemas tradicionales de abastecimiento de agua, como *Qanats* son patrimonio cultural internacional y por tanto, deben protegerse en todo el mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actas del Primer Congreso Internacional de Subterraneología (1989), Societé Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Actas y Memorias del Congreso Internacional en Mons (Bélgica) sobre Arqueología e Historia del Mundo Subterráneo (1998). Societé Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Alvarez, G., Molina, J., Rodrigo, J., M., Buendia, A. (2004) Revista del Colegio de Aparejadores de Andalucía. Nº 68. Red de galerías de Alcalá de Guadaíra (S.E.Geos).
- Alvarez, G., Molina, J., Rodrigo, J., M., Buendia, A. (2005) Exploración e Investigación en Cavidades Artificiales: Los ejemplos del acueducto subterráneo de Alcalá de Guadaíra (Sevilla) y las minas de Munigua (Villanueva del Río y Minas-Sevilla).IX Congreso Español de Espeleología.
- Álvarez García, G.; José Molina Rodríguez, José Joaquín Galán Estévez, José María Rodrigo Cámara, Ángel Luis Vera Aranda, Antonio Faustino Buendía Moreno, José Antonio Caro Gómez, Emilio Sánchez Alonso, Mercedes Millán Verdú, M. Carmen Alcalá Calzado y Francisco Herrera Romero (2008): "Los Caños de Carmona. La red de galerías subterráneas de Alcalá de Guadaira (Sevilla)". Las Galerías Drenantes en España. Análisis y selección de qanat(s), pp: 206-212. Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino
- Bestué, I. y González, I. (2006) Breve Guía del Patrimonio Hidráulico de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía)
- Boletín Nº 51 de Sociedad Belga de Reconocimientos y Estudios Subterráneos (2001) Societé Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Boletín Nº 52 de Sociedad Belga de Reconocimientos y Estudios Subterráneos (2002) Societé Belge de Recherche et d'Etude des Souterrains (SO.BE.R.E.S.)
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W. E. (ed.), Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir.
- Fernández, C. (1968) Acueductos Romanos en España.
- Fernández, M. (2005) La "montanna de Alcalá" y la Mina de agua. Ecos de un pasado histórico. Actas VI Jornadas locales de Patrimonio Histórico y Natural de Alcalá de Guadaíra.
- Álvarez García, G.; José Molina Rodríguez, Antonio Faustino Buendía Moreno, José María Rodrigo Cámara, Emilio Sánchez Alonso Salvador Herrera Guillen, Mercedes Millán Verdú, Ángel Luis Vera Aranda, José Manuel Bernabé González. Espeleología Aplicada y Patrimonio Subterráneo. Documentación del Sistema de Galerías de Alcalá de Guadaíra (Sevilla). Actas VI Jornadas locales de Patrimonio Histórico y Natural de Alcalá de Guadaíra.(2005).
- Flores, L. J. de(1833). Memorias Históricas de la Villa de Alcalá de Guadaíra.
- Folk, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E., ed., Classification of Carbonate Rocks-A Symposium: ● American Association of Petroleum Geologists Memoir 1.
- Galán, E., Pérez, J. L., Díaz, M. G., González, M. I., Maqueda, C., Polvorines, A., Rodríguez, A. y Ruiz, J. (1989). Geología de Sevilla y alrededores y características geotécnicas de los suelos del área urbana. Excmo. Ayuntamiento de Sevilla.
- Galán, E., Cornejo, J. y González, I. Estudio geológico y evaluación de los recursos geológico-culturales del municipio de Alcalá de Guadaíra.
- García, F. (1997) Orígenes e Historia de Alcalá de Guadaíra.
- Excmo. Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra.
- Pavón, B. (1990) Tratado de Arquitectura Hispano-Musulmana I El Agua.
- Puig y Larraz, G. (1896) Cavernas y Simas de España. De la Viuda é Hijos de M. Tello.
- Valor, M. y Romero, V.(1997) El Último Siglo de la Sevilla Islámica (1147-1248). El Abastecimiento de Agua
- Varios Autores (1990) El Agua en Sevilla (Excmo. Ayuntamiento de Sevilla y EMASESA).