

La ciudad musulmana de Vascos: hipótesis sobre el origen del agua para abastecimiento

Jesús del Pozo Tejado ⁽¹⁾, Ricardo Izquierdo Benito ⁽²⁾ y Miguel Mejías Moreno ⁽¹⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid

(2) Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Humanidades, Toledo
j.delpozo@igme.es; Ricardo.IBenito@uclm.es; m.mejias@igme.es

RESUMEN

El enclave musulmán de la ciudad de Vascos (Navalморalejo, Toledo) se considera que estuvo habitado entre los siglos IX a XI d.C. Se desconocen los motivos que justifican su ubicación concreta, si bien las últimas investigaciones consideran este asentamiento como un centro relacionado con trabajos metalúrgicos. Las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo hablan de una población superior al millar de habitantes. Una ciudad de tal magnitud debió de contar con un sistema de abastecimiento de agua suficiente para satisfacer la demanda poblacional, así como para el uso para las actividades secundarias derivadas. Hoy se pueden identificar algunos restos arqueológicos en el interior y exterior de la ciudad, que podrían estar relacionados con el sistema de abastecimiento originario. A priori, se considera que las posibilidades de abastecimiento de agua eran complicadas dadas las condiciones climatológicas, geológicas e hidrogeológicas. Esta dificultad lleva a plantear las posibilidades de abastecimiento de agua y si, entre ellas, se encontraban las de origen subterráneo. Tras un análisis de las condiciones hidrogeológicas del entorno y, en consonancia con los restos identificados, se plantea un sistema de abastecimiento posible, caracterizado por el aprovechamiento máximo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos disponibles. Este sistema combina aguas de ambos orígenes, conformando así un verdadero sistema integral de gestión de recursos surgido a raíz de una escasez de agua coyuntural en el entorno de la ciudad de Vascos.

Palabras clave: aguas subterráneas, ciudad de Vascos, gestión integral de recursos, hidrogeoarqueología, lehm granítico.

The Vascos site: potential use of groundwater for water supply

ABSTRACT

The Muslim city of Vascos (Navalморalejo, Toledo) was inhabited from the 9th to the 11th centuries A.D. The reasons that justify its specific location are unknown, although the latest research considers this settlement to be a centre related to metallurgical work. The archaeological excavations carried out evidence a population greater than a thousand inhabitants. A city of such a magnitude must have had a water supply system, sufficient to meet the demand of the population, as well for derived secondary activities. Today some archaeological remains both inside and outside the city have been identified, which could be related to the original supply system. It is considered that the possibilities of water supply were complicated when the geological, hydrogeological and weather conditions are taken into account. This difficulty raises the hypothesis of a water supply and possibly of underground origin. After an analysis of the hydrogeological conditions of the environment, and in line with the identified remains, a possible supply system is proposed, characterized by the maximum use of available surface and underground water resources. This system combines waters of both origins, thus forming a truly integral system of resource management that arose as a result of a shortage of temporary water in the surroundings of the city of Vascos.

Keywords: hydrogeoarcheology, groundwater integral system of resource management, Vascos site, sandy granitic regolith.

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

In the Navalmoralejo municipality (Toledo) (Fig. 1) there are the archeological remains of the old Muslim city of Vascos. The impressive and well-preserved wall and the remains of the Alcazaba or fortress at the highest point of the city stand out from this site (Fig. 2). The latest archaeological excavations have revealed the presence of numerous structures dedicated to dwellings that could permanently house a population of over a thousand inhabitants. According to the last hypothesis, the Vascos site was an important settlement probably built for metallurgical work. The presence of a large and stable population requires the availability of water resources in sufficient quantity and quality to supply the population.

The city of Vascos is located on the northern side of the Montes de Toledo reliefs and belongs to the Tagus Hydrographic Demarcation (Fig. 3). The zone of influence is delimited by the Tagus River to the north, the reliefs of Sierra Ancha and Sierra Aguda to the south, the Lomo hill to the east and the CM-4100 road to the west. The meteorological study of the Vascos site from the meteorological stations of Azután Dam and La Estrella (Table 1) has determined an average precipitation value of 450 mm/year, with a great inter-annual and intra-annual variability (Figs. 3a and 3b).

Geologically the city sits over the granite of Aldeanueva de Barbarroya, intruded in the Precambrian and Paleozoic metamorphic series represented in the zone by the Ordovician quartzites of Sierra Ancha and Sierra Aguda, to the south. On the metamorphic and granitic materials, tertiary deposits of colluvium type at the foot of the reliefs, and quaternary deposits in the river beds and streams (Fig. 5). Hydrologically the area is dominated by the Uso River, tributary of the Tagus River 2 km downstream, to the north. In the city of Vascos this river is occupied by the Tajo water retained by the Azután reservoir. The hydrological basin with influence in the city of Vascos corresponds to the final stretch of the Uso River, together with the smaller tributary streams of the northern slope of the Sierra Ancha (Fig. 6).

There are different permeable materials capable of constituting aquifers of local interest in the study area, such as the sandy granitic regolith, fragmentary rubble, colluviums, fan deposits and, ultimately, metamorphic fractured rocks (Fig. 7). In the inventory of water points, 24 points belonging to these aquifers have been identified. (Fig. 8 and Table 2).

Hydrogeological analysis

The Uso river is the main source of surface water resources in the Vascos environment, however, the difference in height between the river and the city makes the direct use of its waters very difficult. In addition, this river does not have a stable contribution flow, and may have a zero flow in the periods of absence of precipitation (Fig. 9).

Minor streams and rivers also exacerbate the effect of the discontinuous availability of supply flow, so that the consideration of these surface elements as a supply system by itself does not provide the necessary guarantees for the supply of a large population.

The climatic conditions at the time of occupation of the city do not reveal particularly wet conditions either, but rather to relatively humid periods that would be followed by other dry ones in which the availability of surface resources would be seriously reduced.

Under the above conditions, the use of resources of underground origin would be necessary to maintain an adequate supply to the population. The capacities of the different aquifers are determined by their volume, type of porosity and intrinsic permeability (Table 3). The ways of these resources were used are made through direct wells in the granitic regolith zone and fracturing areas, and the use of drainage springs fragmentary rubble, colluvium and dejection cones (Fig. 10).

Hypothesis of supply to the Vascos site

The proposed supply hypothesis takes into account the maximum use of available resources (surface and underground) in a scenario of scarcity or difficulty of access to water resources.

Firstly, the city must have had storage systems of rainwater, "aljibes" or tanks, in different strategic points of the city for its later distribution.

Secondly, there are reasons to think that the nearby streams were artificially derived (Fig. 11) towards the southern end of the city (Fig. 12). The possibility that the catchment area was extended to the entire northern slope of the Sierra Ancha can be contemplated, expanding in the catchment area and consequently the annual resources available (Fig. 13). It is probable that this system of artificial streams needed dams to overcome topographic unevenness, and alternative channels to be made.

The surface reservoir system in small weirs would have had the effect of induced recharge, so that the substrate of granitic alteration was at 100% of its storage capacity until the surface water disappeared due to the advance of the dry season (Fig. 14).

Finally, when surface resources became insufficient, wells excavated in granite alteration zone would begin to be exploited in optimal storage state. It is estimated that this aquifer would have had sufficient resources to satisfy the basic needs of the population (Fig. 15).

There are various structures that could have been related to the supply system. Figures 16 and 17 show some examples of these structures.

To sum up, the supply hypothesis proposes a combined system for the utilization of surface water and groundwater that, if this were the case, would constitute an ideal example of an integral system of resources management during the middle age in Al-Andalus.

Introducción

El yacimiento arqueológico de la antigua ciudad musulmana de Vascos se sitúa en la provincia de Toledo (España), en término municipal de Navalmoralejo, perteneciente al sector más occidental de la comarca de La Jara. Físicamente se ubica en las estribaciones septentrionales de los Montes de Toledo (Figura 1), y en su entorno más próximo destacan los valles de los ríos Tajo y Uso, y los relieves de Sierra Ancha y Sierra Aguda, al sur.

En el yacimiento de Vascos destaca su bien conservado recinto amurallado que circunda la ciudad, asentada sobre un promontorio granítico situado en la margen izquierda del río Uso (Figura 2). Este río discurre encajado en un profundo cañón en el flanco oriental de la ciudad, antes de desembocar en el río Tajo a unos 2 kilómetros aguas abajo.

Sin entrar en especulaciones sobre el origen y la naturaleza de esta ciudad, las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en los últimos años han revelado la presencia de numerosos restos estructurales destinados a vivienda. Las últimas estimaciones consideran que se superaba el millar de habitantes, aspecto que debía ir acompañado de la disponibilidad de los recursos necesarios para la habitabilidad de la ciudad. Entre estos recursos, el agua es uno de los de mayor condicionamiento, tanto por cantidad como por calidad. La cuestión sobre la procedencia de los recursos hídricos surge de la ubicación de la ciudad, localizada en un territorio en el que, a priori, los recursos de agua serían limitados. Este es un condicionante clave que compromete la idea de una ocupación permanente de la ciudad de Vascos.

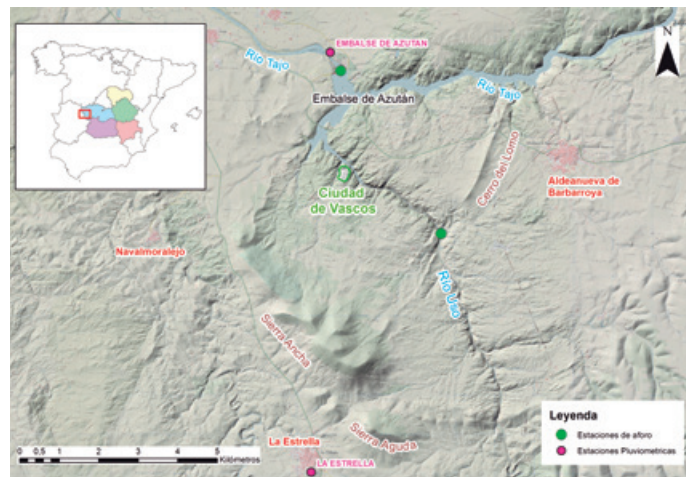


Figura 1. Localización geográfica de la ciudad de Vascos (Navalmoralejo, Toledo).

Figure 1. Geographic location of the Vascos site (Navalmoralejo, Toledo).

El objetivo principal de este artículo es el de determinar el origen y la procedencia del agua con la que se abastecía la ciudad de Vascos durante el periodo en que estuvo habitada (siglos IX a XI) o, al menos, plantear hipótesis factibles en función de las posibilidades existentes.

De entre estas posibilidades, se intentará determinar si, entre las fuentes de procedencia, se encuentran las aguas de origen subterráneo. A priori, las aguas de origen superficial se consideran insuficientes para satisfacer la demanda de una ciudad habitada de la entidad que se le supone a Vascos en situación de máxima



Figura 2. Vista del sector septentrional de la ciudad de Vascos ocupado por la Alcazaba, desde la muralla del extremo meridional.

Figure 2. View of the northern sector of the Vascos site occupied by the Alcazaba or fortress, from the city wall of the southern end.

ocupación, por lo que se piensa en el empleo de aguas de origen subterráneo como hipótesis de partida a validar. En función de las determinaciones que de este trabajo pudieran surgir en cuanto a la disponibilidad de agua, de forma secundaria, se podrían plantear objetivos al respecto del modo de vida de sus habitantes, e incluso del sentido de la ocupación de un enclave como este, una vez que su ubicación exacta ofrece dudas con respecto a su sentido estratégico a nivel fronterizo. Entre los restos se encuentran estructuras que permiten suponer una elevada demanda de agua además del uso directo, como pudieran ser los trabajos metalúrgicos, actividad que actualmente se supone como impulsora del poblamiento de Vascos (Cosín Corral, 1996; Izquierdo, 2005), además de la existencia de baños árabes (Izquierdo, 1986) y otras infraestructuras de uso más industrial como indican los restos de posibles tenerías (Izquierdo, 1986). Esto implicaría la necesidad de un aporte de agua más o menos constante a lo largo del tiempo, en un volumen superior al necesario para cubrir estrictamente las necesidades de abastecimiento humano, por lo que el sistema de abastecimiento debería de aportar unos recursos anuales lo suficientemente holgados como para habilitar el desempeño de estas actividades.

Breve descripción y reseña histórica de la ciudad de Vascos

Los vestigios mejor conservados de la ciudad andalusí de Vascos dotan al conjunto de su carácter monumental que sorprende gratamente al visitante. Son los elementos defensivos y militares de la ciudad: la sólida muralla que la circunda y el recinto de la alcazaba. Vascos contó además con todos los elementos urbanísticos característicos de las ciudades andalusíes: estuvo constituida por una madina (ciudad) de ocho hectáreas, rodeada por una muralla (en la que se abren dos puertas y siete portillos). En un extremo se levantó una alcazaba y extramuros se extendió un arrabal en el que se conservan los restos de unos baños árabes, y unas tenerías, además de haberse identificado la presencia de dos cementerios.

El centro de poder, identificado en la alcazaba, sería la residencia de un gobernador y de una tropa a sus órdenes. Se asienta en un pequeño cerro localizado en el extremo noroeste de la ciudad, en una posición estratégica, dominando gran parte de ésta y de los alrededores. En su interior se conservan los restos de una mezquita, lo cual habla de una ciudad que alcanzó una entidad considerable.

Sin embargo, en contra de lo que pudiera pensarse a la vista de este impresionante yacimiento que tanto ha llamado la atención de arqueólogos e historiadores, son muchos los interrogantes que sobre él se ciernen. De una manera un tanto sorprendente las fuentes escritas islámicas no aportan datos fidedignos acerca de las fechas de fundación y abandono del asentamiento, de su función y sentido, de las gentes que la habitaron, ni siquiera de su nombre originario.

Posiblemente, la necesidad de tener que contar con metales preciosos para los Omeyas, gobernantes de Al-Ándalus, estaría relacionada con el origen de este enclave en el que se localizaría una actividad metalúrgica de transformación de los minerales procedentes de las minas cercanas (la Nava de Ricomalillo por ejemplo). De ahí que, entre el siglo IX y el X se construyese la sólida muralla para su protección. Posteriormente, en el siglo XI el enclave formaría parte de la taifa de Toledo y se perdería su primitiva función para convertirse en un recinto militar orientado a la protección de la zona y especialmente del cercano vado del Tajo por el que podía proceder el peligro cristiano (Figura 2). Vascos fue ocupada por Alfonso VI a finales del siglo XI y, a partir de entonces, alejado de las principales vías de comunicación, el lugar comenzaría a despoblarse y a convertirse en el conjunto arqueológico que es hoy en día.

En el año 1975 se empezaron a realizar excavaciones en la ciudad, y las investigaciones han continuado hasta la actualidad (www.ciudaddevascos.com). De los numerosos trabajos que dan cuenta del resultado de las diferentes fases de excavación cabe destacar el trabajo recogido en Izquierdo (1996), entre otros.

Metodología

La metodología empleada en la investigación de las posibilidades de abastecimiento hídrico de la ciudad de Vascos se describe según un modelo clásico de realización de un estudio hidrogeológico. Tras una labor previa de investigación, recopilación y análisis de la información bibliográfica existente, se ha realizado una inspección hidrogeológica sobre el terreno en la que se han conocido, de primera mano, los aspectos geológicos e hidrogeológicos más destacables de la zona. El inventario de puntos de agua en el entorno ha permitido identificar los principales acuíferos existentes, y la relación de estos con la hidrología y las condiciones climatológicas del entorno. Además, se ha recopilado valiosa información hidrogeológica a partir del testimonio directo de los habitantes de la zona, conocedores del lugar y sus características, y sabedores de usos y desempeños pasados, imposibles de determinar en la actualidad mediante una observación directa.

Con estas herramientas se ha confeccionado una cartografía hidrogeológica, empleada como base en la determinación de las posibilidades de abastecimiento a la ciudad de Vascos. Entre los aspectos a valorar, se contemplan el volumen de recursos disponible para cada origen, la distribución de estos a lo largo del año hidrológico y las posibilidades de conducción hasta el interior de la ciudad.

El planteamiento inicial parte de la hipótesis según la cual la ciudad de Vascos estuvo habitada por una población numerosa y estable durante un periodo indeterminado entre los siglos IX a XI. La asunción de esta idea implica, necesariamente, la existencia de un sistema de abastecimiento hidráulico suficiente para satisfacer la demanda a lo largo del año, con garantías para asegurar la permanencia del asentamiento en el tiempo por más de 200 años. Hecho este planteamiento se analizan y evalúan todas las potenciales fuentes de abastecimiento (superficiales y subterráneas) y, posteriormente, se estudia la posibilidad de que estos recursos pueda ser dirigidos, en condiciones de uso, hasta las puertas del recinto amurallado. Ante un escenario de presunta escasez de recursos hídricos, se ha hecho un planteamiento en busca de la fórmula óptima de abastecimiento de la que resulte el acceso al mayor volumen de recursos posible, con una infraestructura de captación mínima, resultante de un esfuerzo constructivo factible para la época.

Se han identificado indicios de estructuras relacionadas con el agua que, aun requiriendo investigaciones específicas para su validación, son totalmente compatibles con el sistema expuesto y desarrollado en este trabajo.

Resultados

Caracterización meteorológica

Se han recopilado y analizado los datos de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas nº 3376 Embalse de Azután y nº 3377 La Estrella (Aemet). La cota altimétrica de la primera (Tabla 1) se considera representativa del rango de cotas que presenta la propia ciudad de Vascos (390 m s.n.m. en su parte más baja, y 450 en la más alta), mientras que la cota de la estación de la Estrella (556 m s.n.m.) la sitúa como parcialmente representativa del área de recarga de Vascos (en sentido hidrogeológico), correspondiente a la ladera septentrional de Sierra Ancha y Sierra Aguda. Las cumbres de estos relieves se encuentran comprendidas entre los 600 y 900 m s.n.m. aproximadamente, quedando fuera del rango representado por los datos de las estaciones pluviométricas. No se dis-

Id. estación	Nombre	X UTM ETRS 89 H30	Y UTM ETRS 89 H30	Z m s.n.m.	Periodo Registro (años)	P media (mm)	P máx. (mm)	P min (mm)
3376	Embalse Azután	320839	4405669	350	1984-2017	391,96	714,7	21,5
3377	La Estrella	320352	4395037	556	1948-2018	451,87	869,5	90,5

Tabla 1. Estaciones pluviométricas próximas y registros pluviométricos más importantes (fuente AEMET).

Table 1. Nearby pluviometric stations and most important rainfall records (source AEMET).

pone de datos para fijar una pluviometría específica para estas áreas. En adelante se considerará la precipitación correspondiente a la estación de la Estrella (450 mm/año) como representativa del entorno de Vascos, por ser mayoritariamente representativa de la altimetría del área de influencia hidrológica e hidrogeológica de la ciudad.

La precipitación media anual registrada en ambas estaciones muestra una diferencia de 60 mm mayor en el caso de la estación de La Estrella (tabla 1). Esta diferencia se debe más a la amplitud del periodo de registro (70 años en La Estrella por los 33 de Embalse de Azután) que a cuestiones altimétricas. En la primera se incluyen los datos del periodo 1950-1980, ciclo más húmedo que el periodo 1980-2018 en el que la tendencia marca una reducción significativa de la precipitación (Figura 3a).

A nivel mensual, la precipitación muestra una heterogeneidad propia de un clima mediterráneo (Figura 3b), con los valores de precipitación más elevados en los tres últimos meses del año, a los que sigue una reducción progresiva de la precipitación hasta los meses de julio y agosto en los que la precipitación alcanza sus valores mínimos ($P_{media} < 10 \text{ mm}$).

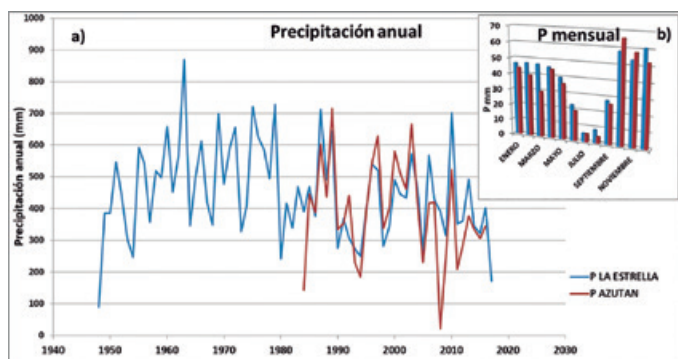


Figura 3. a) Precipitación anual registrada en las estaciones pluviométricas de La Estrella y Embalse de Azután. b) Precipitación media mensual (fuente AEMET).

Figure 3. a) Annual rainfall recorded at the rainfall stations of La Estrella and Azután reservoir. b) Monthly average rainfall (source AEMET).

En resumen, de este análisis meteorológico se puede extraer que las condiciones de precipitación observables en la actualidad están ligeramente por debajo de la media obtenida en el periodo del que se tiene registro y, por tanto, también las variables hidrológicas dependientes (piezometría, caudal de drenaje de manantiales y caudal circulante en cauces superficiales).

Sin embargo, a nivel mensual, la distribución de precipitación a lo largo del año cuenta con un periodo en el que las precipitaciones se reducen considerablemente hasta los valores mínimos de julio y agosto, independientemente de la amplitud del periodo de registro. Esta época de estrés hídrico es, por tanto, un elemento característico de la climatología de la zona y con el que un sistema de abastecimiento garante de recursos debía de cubrir mediante el empleo de fuentes de agua alternativas.

Caracterización climática histórica

Se ha hecho una labor de análisis de referencias históricas climatológicas, con el objetivo de intentar determinar las condiciones de precipitación durante la época de ocupación de la ciudad de Vascos (Siglos IX-XI). Este periodo se sitúa en la transición entre el "episodio frío altomedieval" (Siglos V-X) de carácter frío y seco, con el "episodio cálido bajomedieval" (Siglos X-XIV), cálido y húmedo (Font Tullot, 1988). A efectos de precipitación, este periodo transicional se caracteriza por la ocurrencia de prolongados periodos secos interrumpidos por intensos años lluviosos, aspecto poco concluyente a la hora de evaluar la pluviosidad del periodo de ocupación.

Por otro lado, los periodos lluviosos frecuentemente dan lugar a episodios de importantes avenidas en los ríos y arroyos. Entre las referencias bibliográficas relacionadas con los procesos de paleoavenidas, de las que una buena muestra se encuentra en las avenidas registradas en el río Tajo a la altura de Puente del Arzobispo descritas en Benito *et al.* (2003a y b), tampoco se obtiene información concluyente a la hora de

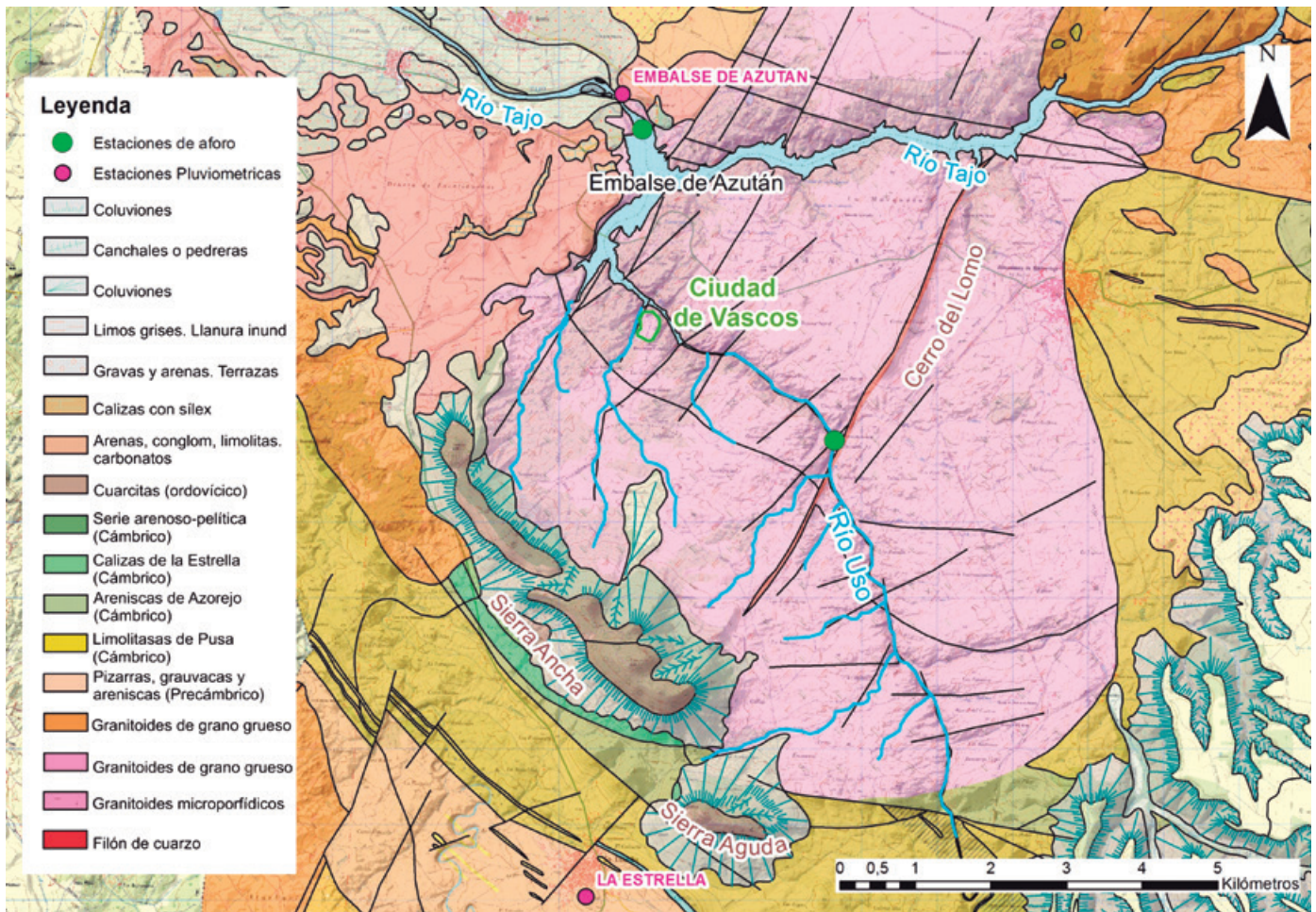


Figura 4. Geología del entorno de la ciudad de Vascos (fuente GEODE, Clariana *et al.*, 2004).

Figure 4. Geological cartography of the surroundings of the Vascos site (source GEODE, Clariana *et al.*, 2004).

determinar unas condiciones climáticas especialmente húmedas durante el periodo de ocupación.

Geología y geomorfología

La zona de estudio se sitúa en la zona central-sur de la Zona Centroibérica, según la división realizada por Julivert *et al.* (1977), concretamente en el Dominio del Complejo Esquisto-grauváquico (Julivert *et al.* 1983; Vera, 2004). Regionalmente, la zona se sitúa en el flanco nororiental del anticlinorio de Sevilleja-Valdelacasa, constituido por rocas paleozoicas y ordovícicas, en las que intruyen diferentes plutones graníticos (Olivé *et al.*, 1989).

El enclave de Vascos se asienta sobre uno de estos plutones, el de Aldeanueva de Barbarroya (Figura 4), que cuenta con una gran extensión regional y se encuentra cubierto parcialmente por sedimentos terciarios

y cuaternarios. Se trata de un granito aluminico, emplazado a favor de fracturas del encajante (series cámbrica y ordovícica) con un cierto grado de permisividad (Olivé *et al.*, 1989). Presenta dos facies petrográficas a nivel de afloramiento: la banda sur corresponde a facies de grano grueso de orientación indiferenciada, mientras que hacia el norte la facies dominante es de tipo microporfídica, con cristales de feldespato orientados según la dirección planar E-O y buzamientos bajos (20-40° hacia el sur). Presenta además abundancia de estructuras frágiles NNE-SSO a NE-SE y E-O tardihercénicas, a favor de las cuales se advierte la presencia de filones de cuarzo con las mismas direcciones. Destaca entre ellos el filón del cerro del Lomo, de 7-8 km de longitud y una potencia de 5 m, situado a 2,7 km de la ciudad de Vascos, hacia el sureste.

La geomorfología del entorno de Vascos se describe a partir de tres grupos litológicos bien diferenciados:

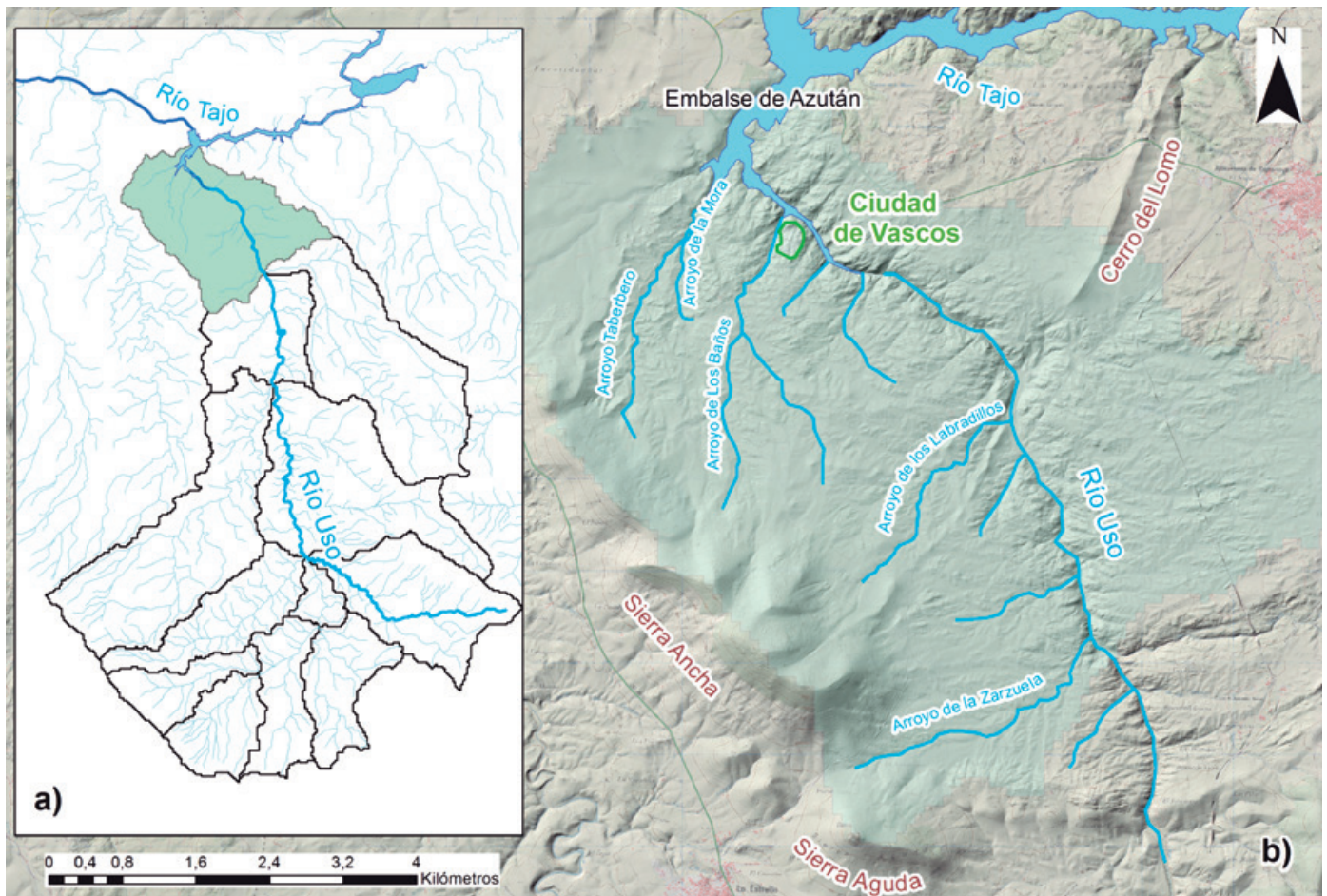


Figura 5. a) Cuenca hidrográfica del río Uso. b) Subcuenca del río Uso con influencia en la ciudad de Vascos.

Figure 5. a) River basin of the Uso River. b) Sub-basin of the river Uso with influence in the Vascos site.

- Materiales graníticos: dan lugar a una morfología típica de berrocal, en los sectores en los que aflora la roca granítica. Se observa la disposición de grandes bloques, de formas redondeadas, limitados por las principales familias de fracturas y diaclasas bien identificadas. A su vez, se encuentran relieves suavizados, tendentes a la planicie, en las vaguadas y zonas en las que el jabre (o lehm granítico) alcanza un mayor espesor. Cabe destacar que el regolito u horizonte de alteración granítico tiene un desarrollo mayor en la franja meridional del Plutón de Aldeanueva de Barbarroya, correspondiente al granito de grano grueso. En el sector del plutón compuesto por granito microporfídico, este horizonte está menos desarrollado, y la roca granítica aflora directamente en un mayor porcentaje con respecto a su superficie (Figura 4).

- Materiales metamórficos precámbricos y paleozoicos: conforman los principales relieves del entono de Vascos, con una morfología de crestas y cuestas asociadas a los niveles cuarcíticos ordovícicos, de mayor dureza.

- Depósitos terciarios y cuaternarios: se incluyen diferentes grupos geomorfológicos como los canchales, compuestos en la zona por acumulación de rocas metamórficas angulares (cuarcitas), y los relieves suavizados propios de abanicos y depósitos coluvionares. Las barras de depósitos aluviales cuaternarios, acumuladas en los tramos de menor pendiente de los arroyos y ríos que discurren por el entorno, están mínimamente representados en el área de estudio.

Hidrología superficial

La hidrología superficial se encuentra dominada, a priori, por la proximidad del cauce del río Tajo al norte (Figura 5). Sin embargo, la naturaleza ígnea y metamórfica de los terrenos sobre los que se asienta el enclave de Vascos y su entorno hace que los cursos fluviales locales adquieran mayor relevancia, dominando entre todos ellos el río Uso como único con caudal permanente en la zona de estudio.

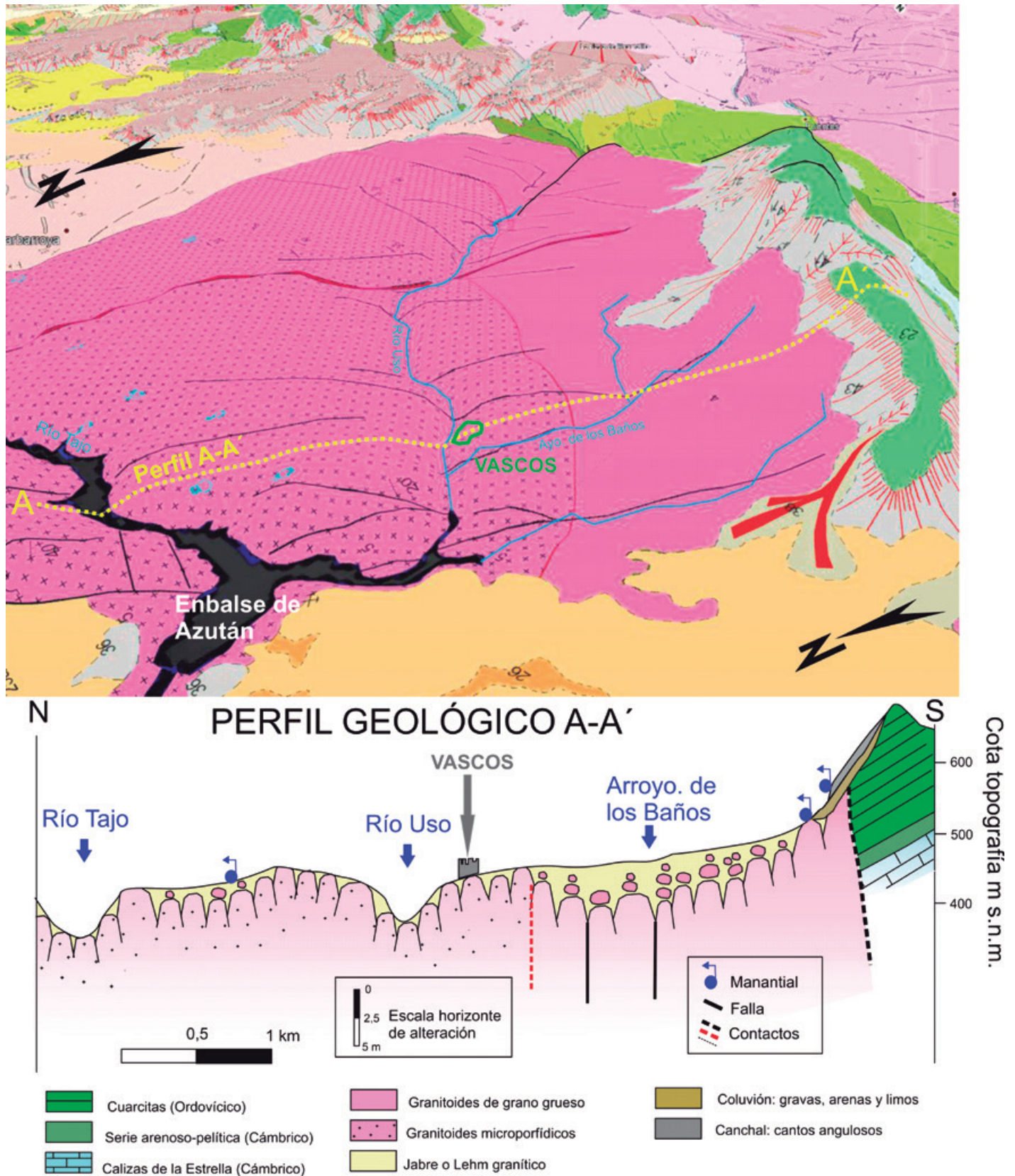


Figura 6. Mapa geológico tridimensional de la zona de estudio y corte geológico de la ciudad de Vascos.

Figure 6. 3D geologic map of the studied area and geological cross section across the Vascos site.

El río Uso tiene una longitud total de más de 30 km desde su nacimiento, en la falda sur de la Sierra de Sevilleja de la Jara, y su cuenca hidrográfica tiene una superficie de 393 km² (Figura 5a). Discurre próximo a la ciudad de Vascos en su tramo final, antes de su desembocadura original en el río Tajo.

Es el tramo final del río Uso el que tiene influencia hidrológica en la ciudad de Vascos (Figura 5b). Se trata del cauce con carácter de río más próximo a la ciudad, que la flanquea por sus extremos oriental y septentrional. A pesar de discurrir a menos de 100 metros de la muralla, el desnivel entre el talweg del río y la base del recinto amurallado es superior a 50 m, sobre un terreno muy accidentado, lo cual dificulta en gran medida la captación de agua de este río de forma directa. Actualmente, el tramo final del río Uso se encuentra inundado por las aguas del río Tajo, embalsadas en lo que hoy es el embalse de Azután. Así, la aparente disponibilidad de agua que se puede observar en nuestros días, merced a la embalsada a los pies de la

ciudad, no es real. Originalmente este tramo correspondería al antiguo cauce del río Uso, corriente fluvial de marcado carácter estacional y volumen de recursos significativamente menor al observable hoy en día.

Además del río principal, existe un gran número de arroyos de carácter más o menos efímero, que recogen las aguas de escorrentía de los periodos más húmedos (Figura 5b). En el entorno de la ciudad de Vascos se identifican los arroyos de los Baños y de la Mora como los más próximos, y su nacimiento se sitúa en la ladera norte de Sierra Ancha, situada al sur de la ciudad. La toponimia del arroyo de los Baños aporta valor significativo, en cuanto a la procedencia del agua empleada para determinados usos en el entorno, que bien podrían estar relacionados con los baños árabes identificados en la ciudad de Vascos (Izquierdo, 1986).

En las condiciones climáticas actuales, de comienzos del siglo XXI, los arroyos secundarios presentan un caudal de tipo estacional, irregular e intermitente

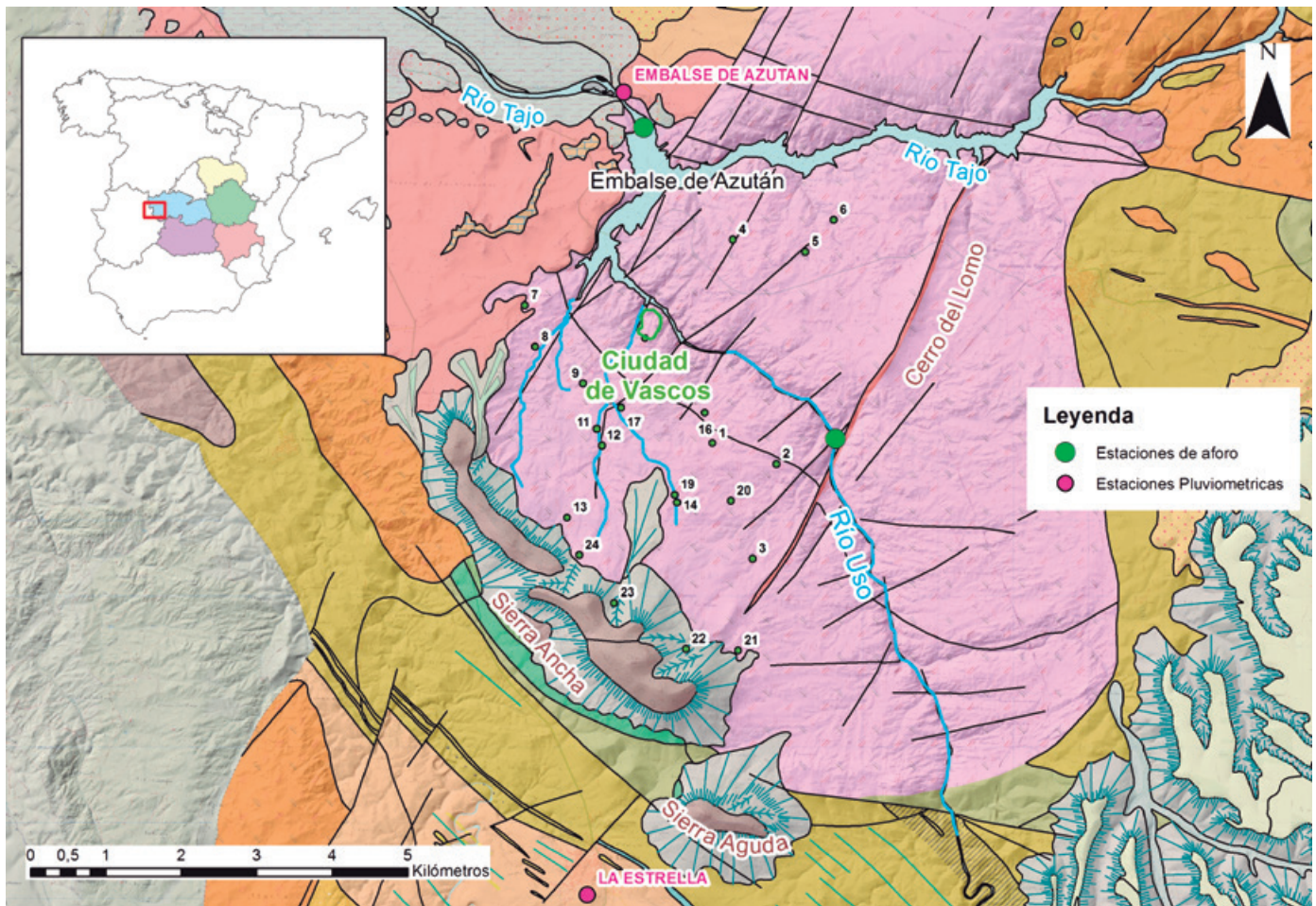


Figura 7. Inventario de puntos de agua en el entorno de la ciudad de Vascos.

Figure 7. Inventory of water points in the studied area of the Vascos site.

en los periodos húmedos, y ausente o mínimo en los periodos secos.

Hidrogeología

La zona de estudio pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Dentro de esta, se sitúa en su margen meridional, próxima al límite de la cuenca detrítica del Tajo con los terrenos metamórficos e ígneos de los Montes de Toledo, si bien su ubicación exacta la sitúa sobre estos últimos. El conjunto de estos materiales, considerados como rocas duras en sentido hidrogeológico, normalmente se caracteriza por tener una baja o muy baja permeabilidad. En consecuencia, el territorio en el que se sitúa el enclave de Vascos no se encuentra sobre una masa de agua subterránea (MASb), al no albergar acuíferos de entidad regional. Sin embargo, sí que existen acuíferos de ámbito local, asociados a los niveles y materiales de mayor permeabilidad, dentro del conjunto relativamente impermeable (Figura 6).

En el entorno geológico y geomorfológico de la ciudad de Vascos se identifican diferentes tipologías de acuíferos, con características propias en función de la naturaleza de los materiales que los albergan:

- Jabre o lehm granítico: constituido por los materiales de alteración meteórica que recubren el sustrato granítico. Pueden alcanzar espesores significativos, principalmente en zonas de vaguada y a favor de fracturas en el granito. El resultado de la alteración en granitos se caracteriza por tener una importante fracción arenosa, de la que resulta una porosidad elevada, equivalente en magnitud a la de un material detrítico arenoso, con valores de permeabilidad que pueden llegar al rango de medio-alto. En el aspecto hidrogeológico, destaca que el mayor desarrollo de este acuífero se produce sobre el granito en facies de grano grueso. Así, se identifican mayoritariamente puntos de agua relacionados con este acuífero en la franja meridional del Plutón de Aldeanueva de Barbarroya, en la margen izquierda del río Uso (Figura 6 y tabla 2).

- Rocas fracturadas: las cuarcitas y areniscas metamórficas paleozoicas pueden constituir acuíferos locales en función de su porosidad secundaria por fracturación.

- Depósitos de coluvión: constituidos por cantos cuarcíticos en matriz areno-limosa, situados al pie de los relieves más elevados. En el caso de la ciudad de Vascos, estos depósitos se sitúan en la ladera norte de Sierra Ancha y Sierra Aguda, constituidas ambas por el tramo cuarcítico dentro de la serie del Ordovícico.

- Canchales y depósitos de derrubios: formados por cantos angulosos de cuarcita con un porcentaje

de matriz mínimo, procedentes del relieve inmediato. Se ubican en las vaguadas de las principales cumbres, normalmente aprovechando fracturas en los materiales cuarcíticos.

- Abanicos y conos de deyección: depósitos detríticos en forma de abanico en planta, con sedimentos poco organizados, y situados al pie de los principales barrancos. Su espesor es desconocido, pero se estima en términos métricos.

En el inventario de puntos de agua realizado en el entorno de la ciudad de Vascos se han identificado un total de 24 puntos. La naturaleza de cada uno está relacionada con las características del acuífero al que representan (Figura 7). En la tabla 2 se incluye la relación de puntos completa y un breve resumen de las características y medidas más relevantes.

El acuífero constituido por el jabre o lehm granítico cuenta con numerosos pozos excavados y zanjas que alcanzan el nivel piezométrico próximo a la superficie. La profundidad de estos pozos es representativa del espesor de estos materiales, por lo que la mayoría se sitúan en las vaguadas y zonas de fractura, allí donde su potencia es mayor. En la actualidad los manantiales conocidos ligados a este acuífero se encuentran secos y, la mayoría de ellos, desaparecidos.

Los acuíferos constituidos por canchales (o pedreras) y materiales de derrubios cuentan con manantiales de drenaje, algunos de ellos activos a día de hoy (nº 21 fuente de la Casa y nº 24 fuente del Dorillar). Por su parte, el acuífero definido en los depósitos de abanico o cono de deyección son aprovechados, a día de hoy, mediante pozos excavados en su extremo.

Existe un sondeo profundo (nº 9) que aprovecharía los materiales superficiales de alteración, además de la zona de fractura profunda del sustrato rocoso granítico. No se han identificado puntos de agua relacionados directamente con los materiales metamórficos de Sierra Ancha, si bien es probable que, en profundidad, estén conectados con depósitos de tipo canchal, derrubios e incluso con el jabre granítico.

Contexto hidrológico e hidrogeológico de detalle del entorno de la ciudad Vascos

A tenor de la no existencia de estos recursos en el interior del recinto amurallado, y la dificultad de acceso directo en el entorno inmediato, se considera necesario hacer una evaluación de todos los recursos disponibles puesto que, en el caso de haber contado con un sistema de abastecimiento autónomo según se planteaba en Izquierdo y Prieto (1989), este debería incorporar recursos de diferentes orígenes, y estos, a su vez, tendrían que ser aprovechados al máximo de

Id.	Naturaleza	Acuífero	Cota (m s.n.m.)	Prof. (m)	H columna de agua (m)	Observaciones
1	Pozo artesano	Jabre	480	2,9	1,57	En la vaguada del camino de las Cucañas. Contacto granito GG-MP
2	Pozo artesano	Jabre	469	5,55	3,8	En la vaguada del camino de las Cucañas. Contacto granito GG-MP
3	Pozo artesano	Jabre	494	5,05	3,55	En el cauce de arroyo de los Labradillos
4	Zanja excavada	Jabre	443	-	-	En la margen derecha del río Uso. Asociado a fractura
5	Zanja excavada	Jabre	444	-	-	En la margen derecha del río Uso. Asociado a fractura
6	Pozo artesano	Jabre	434	4,35	3,7	En la margen derecha del río Uso. Asociado a fractura
7	Pozo artesano	Jabre	386	5,2	2,3	Casa de Fuentelapio. Próximo al contacto granito-terciario
8	Soto (zona húmeda)	Jabre	395	-	-	En el cauce de arroyo de los Taberneros
9	Sondeo	Granito fracturado	434	80	-	Sondeo que aprovecha el jabre alterado y fracturas profundas en el granito
10	Pozo artesano	Jabre	445	2,2	1,7	En el cauce de arroyo de los Baños
11	Manantial	Jabre	456	-	-	Antiguo manantial no activo, en el arroyo de los Baños
12	Pozo artesano	Jabre	461	3,58	1,45	En el cauce de arroyo de los Baños
13	Manantial	Coluvión/canchal	510	1,4	-	Aljibe de acumulación del manantial original. Manantial no localizado
14	Pozo artesano	Jabre/cono deyección	507	3,9	3	En el cauce de arroyo secundario que conecta con el de los Baños
15	Pozo artesano	Jabre	430	3,6	2,25	En arroyo sin nombre del margen oriental de la ciudad de Vascos
16	Zanja y Pozo artesano	Jabre	461	-	-	En arroyo sin nombre al este de la ciudad de Vascos
17	Pozo artesano	Jabre	451	3,45	1,75	En el cauce de arroyo secundario que conecta con el de los Baños
18	Pozo artesano	Jabre	430	-	-	Pozo inutilizado. Posiblemente parte de la red de canalización de aguas hacia Vascos.
19	Pozo artesano	Jabre	501	4,7	2,25	En el cauce de arroyo secundario que conecta con el de los Baños
20	Zanja excavada	Jabre	477	-	-	Pozo situado en vaguada topográfica de Navalrosal
21	Manantial	Derrubios/canchal	560	-	-	Fuente de la Casa. En el extremo oriental de Sierra Ancha. Activo
22	Manantial	Canchal	677	-	-	Fuente Pedrera Ancha.
23	Manantial	Canchal	693	-	-	Fuente Aérea
24	Manantial	Derrubios/canchal	596	-	-	Fuente del Dorillar. Activo

Tabla 2. Principales características de los puntos de agua inventariados en el entorno de Vascos.

Table 2. Main characteristics of the water point inventory in the surroundings of the Vascos site.

su capacidad. Siempre cabe la posibilidad de que el abastecimiento se hiciera, parcial o totalmente, de forma manual, mediante transporte directo desde el punto de captación (río, pozo o manantial), si bien esta opción se considera improbable dada la magnitud de la demanda a cubrir.

Los recursos de agua superficial disponibles de forma natural se reducen al río Uso, como cauce o río de mayor entidad, y los arroyos de la Mora y de los Baños, junto a otros arroyos menores que discurren por los alrededores de la ciudad de Vascos. El río Uso constituye el recurso hídrico con mayor volumen

de recursos anuales en el entorno próximo a la ciudad. Drena una cuenca de 400 km², y está considerado como un río de carácter estacional (nº de años Q < 1 l/s = 21 para el percentil 80) en el Plan Hidrológico del Tajo vigente 2015-2021 (CHT, 2015), para el tramo comprendido entre el arroyo de San Vicente y el embalse de Azután, y un periodo de registro de 39 años.

En la figura 8 se muestran los datos de aportación mensual del río Uso (hm³) registrados en la estación de aforos nº 3256 Aldeanueva de Barbarroja (Figuras 1 y 7) en el periodo 1979-2014 (MAPAMA, 2015) comparados con los valores de precipitación mensual de la estación meteorológica de La Estrella. Existe una correlación directa entre los picos de precipitación mensual más altos con los valores de aportación mensual más elevados. Tras los meses con lluvia, el descenso de caudal del río Uso, y por ende de la aportación, es muy rápido, de forma que en los meses de estiaje el caudal que circula por este río se reduce al mínimo hasta llegar a ser prácticamente nulo durante los meses estivales y en periodos prolongados de ausencia de lluvia. En el periodo 1983-1994 se observa el mantenimiento de un caudal de base a lo largo del año que supone un volumen de aportación constante durante este periodo. Se desconocen las causas de esta circunstancia, máxime cuando no coinciden con la ocurrencia de un periodo especialmente húmedo.

Se deben extrapolar con cautela los datos de caudal/aportación registrados en el río Uso en los últimos 50 años a los valores de caudal de este río durante el periodo de ocupación de Vascos (S. IX a XI). Primero, porque se desconocen las características de pluviosidad reinantes durante la época en cuestión salvo referencias genéricas. En segundo lugar, es probable que en la cuenca hidrográfica del río Uso se hayan producido alteraciones en la relación río-acuífero por la ac-

tividad antrópica propias de la era moderna, que afectarían al caudal medio del río por el aprovechamiento de los recursos hídricos (superficiales y subterráneos) relacionados con el mismo. Por último, el embalse del arroyo de San Vicente y el de Río Frío también ejercen un efecto regulador del caudal que distorsiona la comparación de los niveles actuales con los teóricos en la época de Andalucía.

Dejando al margen las circunstancias anteriores, el hidrograma del río Uso (Figura 8) muestra un claro efecto estacional en su caudal que sí puede ser extrapolado a la época de ocupación musulmana de la ciudad. Este efecto implica la existencia de caudal permanente durante los meses húmedos del año, con picos de crecida inmediatos a los eventos de precipitación intensa, y periodos de caudal muy bajo durante los meses de estiaje, pudiendo llegar a secarse dependiendo de la duración del periodo seco.

Se trabaja con la hipótesis según la cual, la captación y derivación de los recursos del río Uso sería técnicamente complicada, dadas la diferencia de cota topográfica río-ciudad, la distancia entre ambos, y lo abrupto del relieve granítico que los separa. Estas circunstancias, a priori, se consideran limitantes a la hora de contemplar la derivación de caudal de este río, aguas arriba del yacimiento, hacia este.

Planteado el escenario anterior, a la hora de considerar fuentes potenciales de abastecimiento, adquieren relevancia los cauces menores que circundan Vascos (arroyos de la Mora, de los Baños y otros). No existen datos de caudal de estos arroyos, pero se les supone un régimen intermitente, con caudal elevado tras los periodos de precipitación y reducido al mínimo tras el cese de estos. Es probable que algunos de estos arroyos llegaran a secarse durante los largos periodos de ausencia de lluvias, mientras que otros

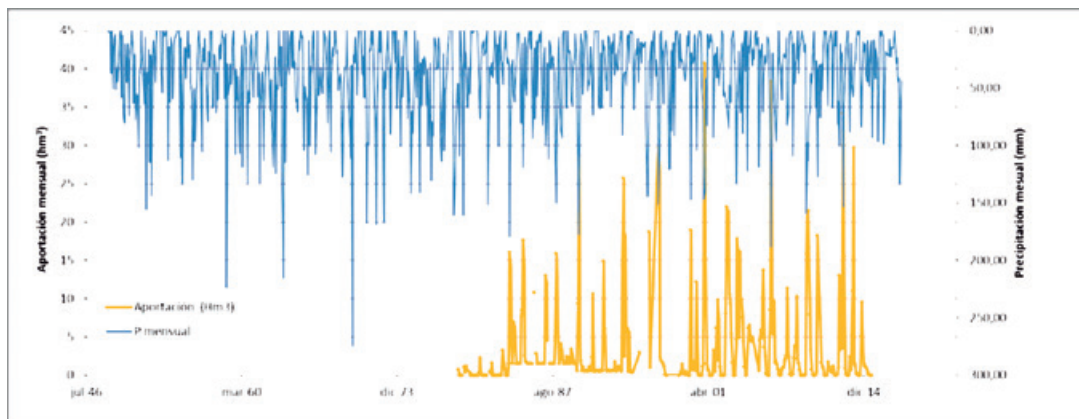


Figura 8. Aportación mensual de agua del río Uso (1981-2014) frente a la precipitación mensual.

Figure 8. Monthly contribution of the Uso river (1981-2014) versus monthly rainfall.

podrían mantener un caudal circulante mínimo a lo largo del año si, a través de ellos, se conduce el agua de drenaje los manantiales de descarga situados en la vertiente norte de Sierra Ancha y Sierra Aguda (acuíferos en coluviones, pedreras o canchales, y abanicos de deyección).

Los recursos de agua subterránea con posibilidades de aprovechamiento para el abastecimiento de la ciudad de Vascos (Tabla 3) corresponden a las diferentes tipologías de acuífero descritas anteriormente incluyéndose, para los más relevantes, una estimación de los parámetros básicos necesarios para la cuantificación de la capacidad volumétrica de agua a almacenar, entendido el acuífero como almacén o embalse subterráneo de recursos hídricos. El agua almacenada en estos podría ser extraída mediante pozos artesanos de escasa profundidad (el uso de la noria ya era ampliamente conocida en la época de dominación musulmana en la península Ibérica). El agua de origen subterráneo sería la fuente de recursos durante los periodos de insuficiencia del recurso superficial mayoritario, y estaría destinada a satisfacer, como mínimo, las necesidades básicas de abastecimiento.

En la tabla 3 se incluye una estimación de la capacidad de almacén subterráneo en los diferentes acuíferos definidos, a partir de la cuantificación de parámetros y estimación de valores normales de variables implicadas. La superficie ocupada por los diferentes acuíferos se obtiene a partir de la planimetría realizada sobre la cartografía geológica GEODE del IGME (Clariana García *et al.*, 2004), y su interpretación geológica en profundidad. Los valores de porosidad estimados se han tomado a partir valores de referencia normales aportados en bibliografía (Custodio y Llamas, 1983), además de las observaciones hidrogeológicas realizadas durante los trabajos de campo.

El mayor volumen de recursos subterráneos se encuentra en el jabre o lehm granítico, con una estimación próxima a los 5 hm³ de capacidad, supuesta la saturación total de estos materiales. El acceso a estos recursos se haría mediante la excavación de pozos artesanales, que alcanzarían una profundidad máxima de unos 5 m en las zonas de mayor potencia, correspondientes a zonas de vaguada y zonas de fractura en la superficie granítica, hasta la ausencia en las zonas de afloramiento rocoso.

El volumen de almacén en los terrenos de coluvión, canchales y conos de deyección es significativamente menor, sumando un total estimado de 1 hm³ en el conjunto de los tres acuíferos. La explotación de estos recursos se haría por medio del aprovechamiento del agua de drenaje de estos materiales a través de manantiales. La disponibilidad de un caudal determinado a partir de estos, está condicionada por variables como la meteorológica y la permeabilidad intrínseca de los materiales dominantes en cada uno de los acuíferos. En el inventario de puntos de agua de la figura 7 se incluyen algunos de estos manantiales de los que tiene conocimiento en la época actual, permaneciendo activos a día de hoy dos de ellos. Otros han desaparecido o dejado de estar activos varias décadas atrás (30 años aproximadamente), probablemente interferidos por los sistemas de explotación modernos de agua subterránea en el drenaje natural de Sierra Ancha y Sierra Aguda.

Una parte importante de los recursos de agua potenciales en el entorno geológico de Vascos se encuentra en la formación de cuarcitas ordovícicas que constituyen Sierra Ancha y Sierra Aguda. Esta agua se almacena en la porosidad secundaria generada a partir de la fracturación. Considerando los parámetros medios estimados (Tabla 3), se obtiene un volumen de

Acuífero	Tipo acuífero	Rango de espesor estimado (m)	Espesor medio (m)	Porosidad efectiva teórica	Superficie en planta (km ²)	Volumen de almacén (hm ³)
Jabre o lehm granítico	Libre	0 a 5	2,0	0,20	12,0	4,80
Depósitos de coluvión	Libre	0 a 10	5,0	0,05	1,5	0,37
Canchales y derrubios	Libre	0 a 4	2,0	0,30	0,8	0,48
Abanicos y conos de deyección	Libre	0 a 5	3,0	0,08	0,7	0,17
Cuarcita ordovícica fracturada	Libre	50-100	50,0	0,02	2,5	2,50

Tabla 3. Principales características de los acuíferos identificados en la zona de estudio.

Table 3. Main characteristics of the aquifers identified in the study area.

PERFIL HIDROGEOLÓGICO A-A'

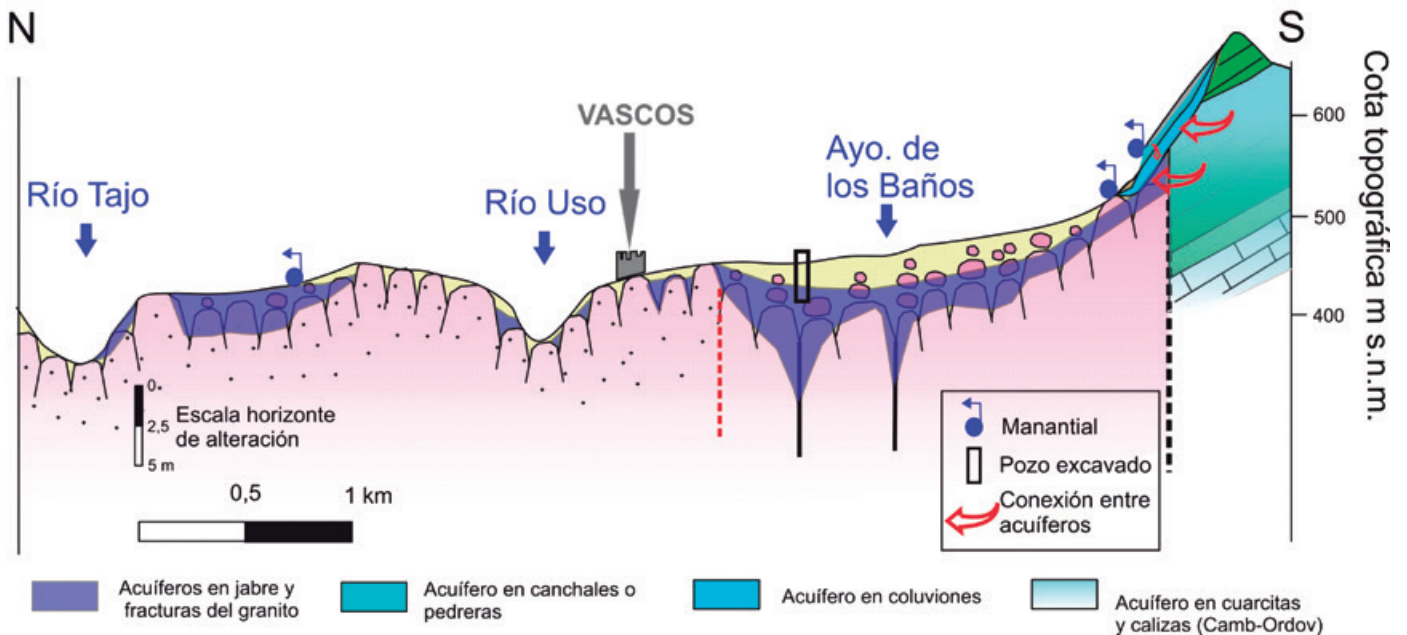


Figura 9. Corte hidrogeológico en el que se representan los diferentes acuíferos presentes en la zona de estudio.

Figure 9. Hydrogeological cross section with the principal aquifers in the study area.

2,5 hm³, si bien estos únicamente podrían ser aprovechados un porcentaje mínimo, ya que en la época medieval no se dispone aún de la tecnología para hacer perforaciones profundas en este tipo de rocas. El agua que sí podría ser aprovechada corresponde a la parte superficial del acuífero, que puede ser drenada directamente a través de manantiales. Sus recursos restantes podrían ser aprovechados parcialmente, bien mediante transferencia lateral de recursos hacia otros acuíferos, para ser drenados a través de ellos (coluviones, canchales y conos de deyección), o bien por recarga de otros que sí pueden ser captados, como el jabre o lehm granítico (Figura 9).

Hipótesis de abastecimiento de la ciudad de Vascos

Una vez analizados todos los factores que tendrían influencia en la determinación de los potenciales recursos de agua disponibles), se está en disposición de plantear hipótesis razonadas de cómo podría haber funcionado el sistema de abastecimiento de la Ciudad de Vascos. Nótese que se sigue hablando de hipótesis, pese que se han encontrado indicios de estructuras que encajarían con el sistema de abastecimiento planteado en este trabajo, si bien sería necesario avanzar en esta teoría con la realización de nuevos trabajos

prospectivos. Estos se recogen en un apartado final de evidencias constructivas y estructurales.

Recurso directo del agua de lluvia

En primer lugar, el sistema de abastecimiento de una ciudad como Vascos, situada en un entorno geográfico y geológico descrito anteriormente, debió de contar con sistemas de almacenaje directo del agua de precipitación de tipo aljibe, distribuidos por la ciudad, con importantes volúmenes de almacenamiento en previsión de periodos prolongados de ausencia de lluvias. Un ejemplo de aljibe se localiza en el interior de la alcazaba, probablemente allí situado para la acumulación de agua en el sector de mayor importancia estratégica de la ciudad por su función defensiva, pese a ser el extremo más elevado de la ciudad y probablemente con mayor dificultad de abastecimiento.

Derivación y captación de cauces superficiales próximos

Además del aprovechamiento directo del agua de lluvia, la fuente de recursos hídricos que, probablemente se empleó en el abastecimiento a la ciudad de Vascos es la derivación y captación de las aguas superficiales en ríos y arroyos próximos.

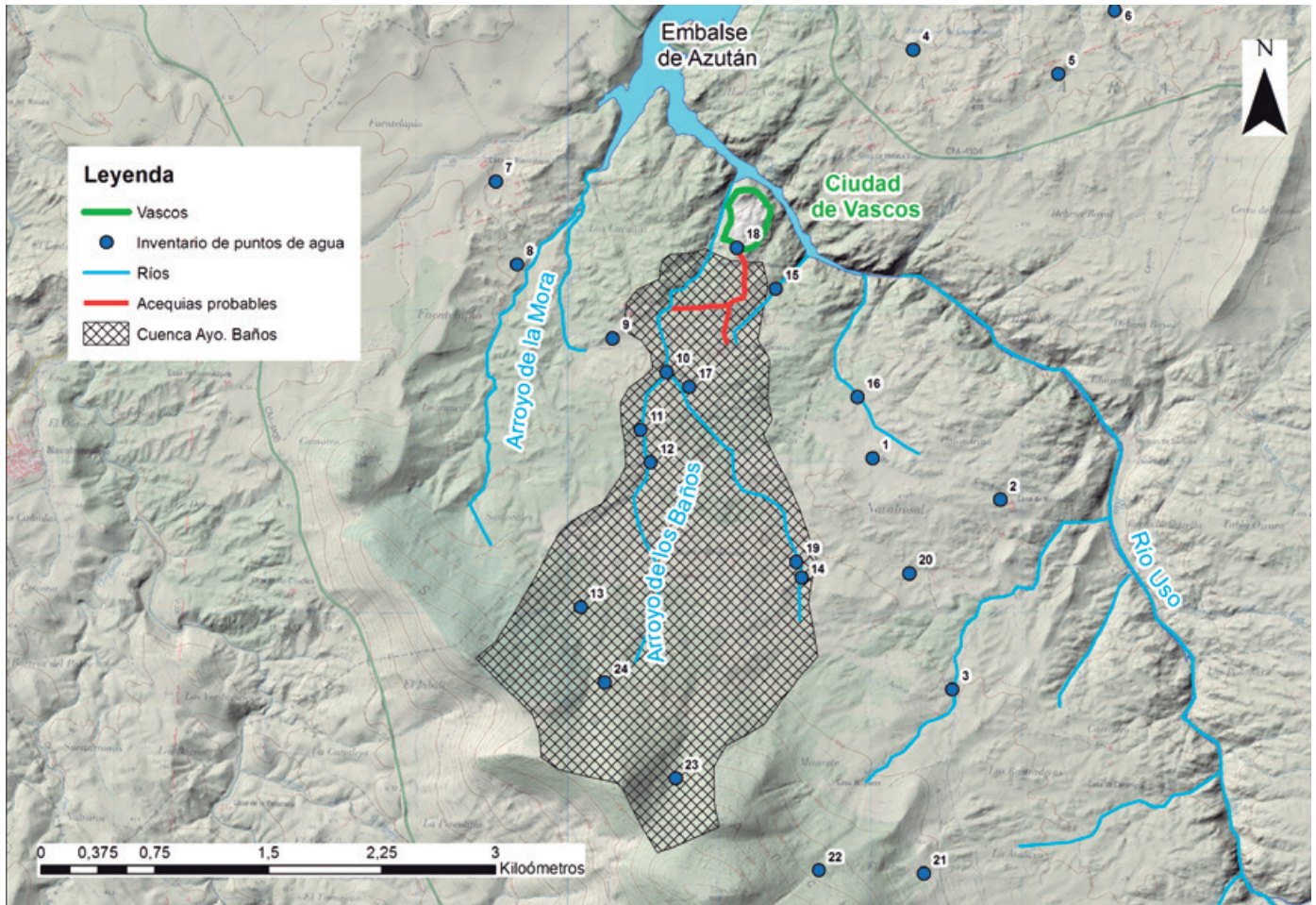


Figura 10. Sistema de captación de aguas superficiales más probable.
Figure 10. Most probable catchment system for superficial water supply.

El caudal de estas corrientes se mantendría de forma más o menos permanente a lo largo del año en función de la entidad del curso fluvial y del área de la respectiva cuenca hidrográfica. Como ya se ha dicho, la captación directa del río Uso se considera poco probable, dada su diferencia de cota respecto a la ciudad de Vascos (>50 m). En este artículo se considera, como posibilidad más factible, la derivación de caudal de arroyos estacionales cercanos de la Mora y el de los Baños (Figura 10) como principal sistema de captación de recursos de origen superficial.

La derivación se haría por medio de la excavación de acequias de conducción del agua hasta la propia ciudad. Esta estructura no requeriría de una construcción compleja, puesto que la roca granítica del sustrato supone una base impermeable, siendo el jabre granítico que tapiza el sustrato rocoso fácilmente excavable. Esta infraestructura no requiere de elementos constructivos específicos, hecho que podría justificar la ausencia de restos constructivos identificables en nuestros días.

La orografía actual de la ciudad de Vascos presenta, a día de hoy, una única vía de conexión hidráulica en superficie con el área de alimentación de los arroyos próximos, y se corresponde con la elevación topográfica sobre la que discurre el camino actual de acceso a la ciudad, en el extremo sur del recinto amurallado. A partir de la orografía del sector sur de la ciudad de Vascos, el trazado de las conducciones más probables se representa en la figura 10. La cuenca hidrográfica perteneciente a este sistema de alimentación hidráulica-hidrogeológica tiene una superficie de 4,5 km².

Entrada, distribución del agua por el interior de la ciudad y salida

Una vez que los recursos de los cauces próximos son captados y dirigidos hacia el extremo sur de la ciudad (Figura 10), el agua debe ser distribuida por el interior de la ciudad para el uso en los diferentes sectores orográficos. Se han identificado 3 puntos como posible



Figura 11. Identificación de estructuras relacionadas con la distribución de agua en el interior y exterior de la ciudad.

Figure 11. Identification of structures related to the distribution of water both inside and outside the city.

vía de acceso de los recursos externos (Figura 11). En estos puntos no se ha podido observar un punto de entrada de agua a la ciudad en sí mismo dado el estado actual de los restos, pero sí que se han identificado estructuras relacionadas.

Ya dentro de la ciudad, el agua circularía por la red de acequias de distribución por gravedad, sin descartar el empleo de algún medio mecánico para salvar los relieves existentes intramuros.

Entre estas estructuras cabe destacar tallas en la roca granítica del sustrato, bien para conducir agua hacia la ciudad o bien para hacerla circular a su través, e incluso para evacuarla hacia el exterior en su parte más baja (puerta norte).

Este aspecto es importante puesto que, igualmente que Vascos necesitaría contar con un sistema de abastecimiento para obtener los recursos necesarios, también debía de contar con un sistema de drenaje y evacuación hidráulicos en los momentos de excedente en episodios de tormenta, para la evacuación de re-

ursos no empleados, o incluso la de aguas residuales (Figura 11).

Derivación y captación de cauces superficiales en área ampliada

Considerando el carácter estacional y ocasional de los arroyos del entorno inmediato de Vascos, es altamente probable que se procurara la derivación de arroyos adicionales más alejados, además de los más inmediatos para incrementar el volumen de recursos disponible. Los arroyos a derivar y captar se situarían también en la falda norte de Sierra Ancha y Sierra Aguda. Su captación para el sistema de abastecimiento aumenta la superficie de la cuenca hidrográfica sobre la que cuantificar los recursos hasta los 16,7 km² (Figura 12).

Mediante este sistema ampliado, se aprovecharía el agua de escorrentía de la margen izquierda del río Uso, en la ladera norte de las Sierras Ancha y Aguda.

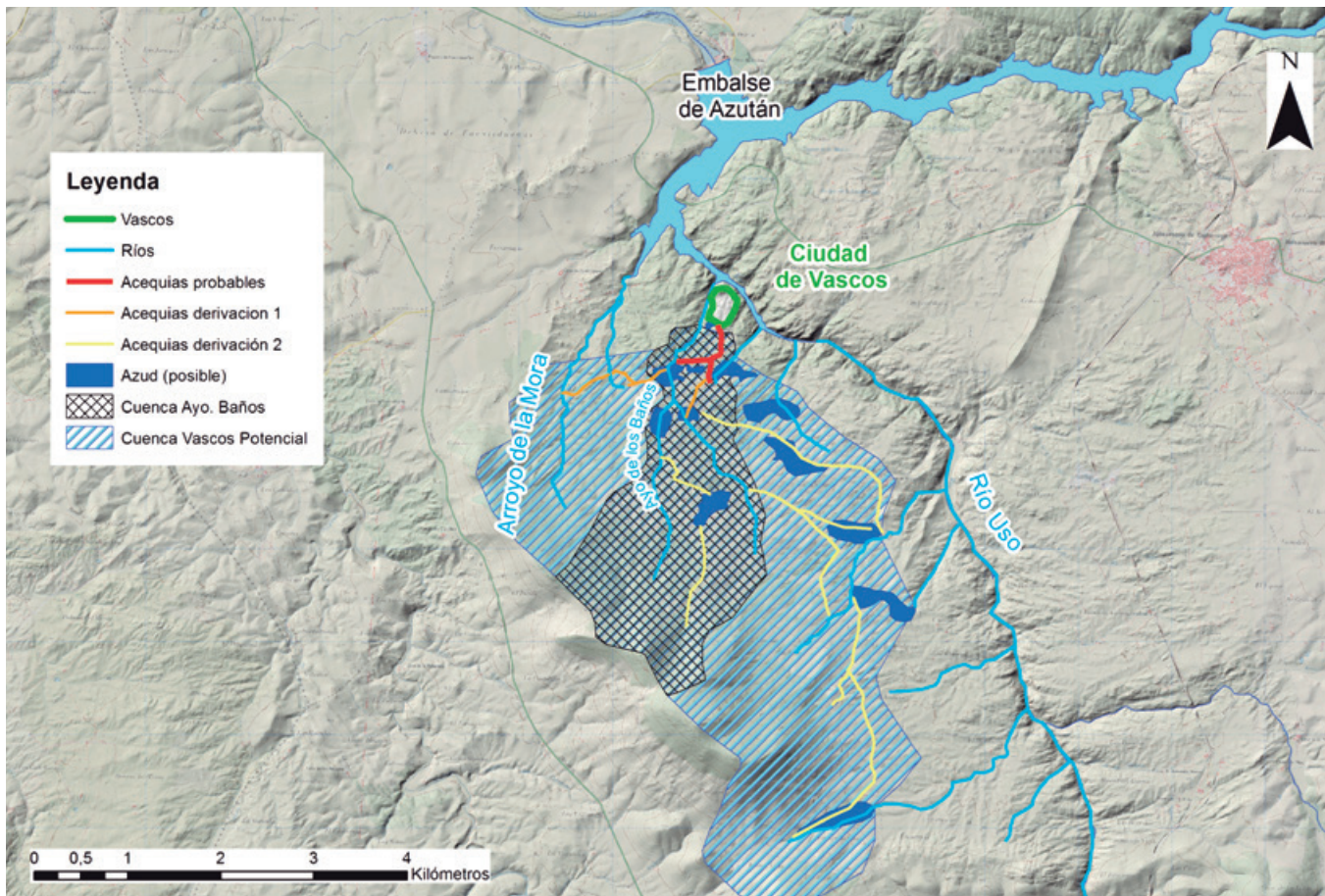


Figura 12. Área ampliada de captación de aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento de Vascos.

Figure 12. Hypothesis for the surface water collection system to obtain a greater volume of resources.

Esta posibilidad implica la existencia de una importante infraestructura de acequias o tajeas de derivación, que en este trabajo se han diferenciado en 2 órdenes según su complejidad, en la figura 12. Al igual que en el caso de las acequias de derivación de cauces próximos, estas no requieren de una estructura constructiva elaborada, sino que podrían ser excavadas en un terreno fácilmente excavable sobre un sustrato constituido por roca fresca granítica.

El sistema de captación y derivación anterior debía de estar apoyado, necesariamente, por un sistema de azudes, o presas de derivación, que ayudaran a superar desniveles para reorientar la red de drenaje hasta un punto concreto (Figura 12). El punto de concentración más probable se sitúa en la parte sur de la ciudad de Vascos, en la explanada comprendida entre la casa de las Cucañas y la casa de Fuentelapio. Desde este punto el agua se dirigía hacia el asentamiento a través de las acequias de conducción próximas y el arroyo de los Baños (Figura 11).

Constructivamente estos azudes no son complejos. La interrupción de la vía de drenaje natural con bolos de granito y arena (similar a una presa de materiales sueltos) elevarían la lámina de agua hasta la cota de alcance de la nueva dirección de drenaje. En Al-Ándalus el sistema de regulación de ríos mediante la construcción de azudes era ampliamente utilizado (Trillo, 2006). Este sistema tampoco dejaría evidencias constructivas visibles una vez entrado en desuso. La evolución natural de modelación geomorfológica (episodios de avenida y colmatación) se encargaría de borrar las huellas de sus restos, lo cual explicaría la ausencia de estructuras visibles en nuestros días.

La topografía del relieve granítico aguas arriba de Vascos no habilita para la construcción de azudes de gran profundidad. La implantación de este sistema contaría con numerosos azudes, de gran extensión superficial pero escaso calado (1 a 3 m). A partir de la observación de ortoimágenes de satélite, y fotografía aérea (pares estereoscópicos) se pueden proponer zo-

PERFIL HIDROGEOLÓGICO IDEALIZADO: RECARGA INDUCIDA

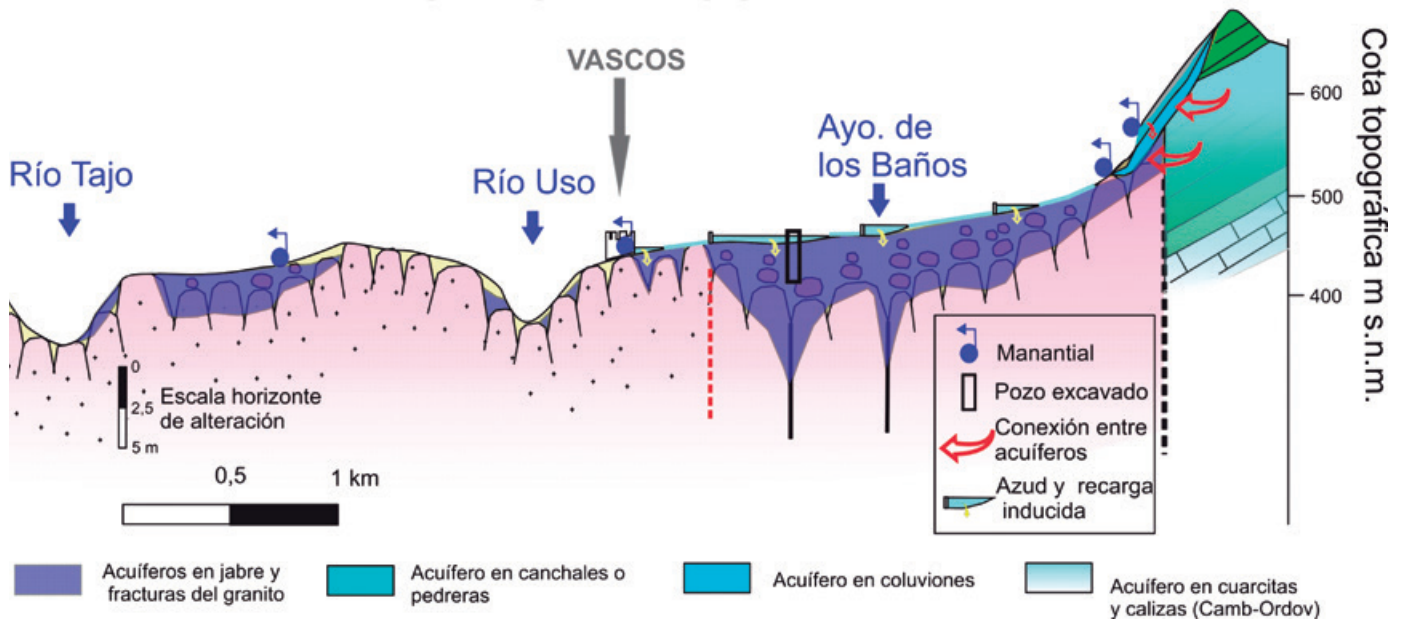


Figura 13. Corte hidrogeológico idealizado del proceso de recarga inducida generado a partir del sistema de retención de agua superficial en sistema de azudes.

Figure 13. Idealized hydrogeological cross section of the induced recharge process generated from the surface water retention system in the small weir system.

nas con potencialidad de acumulación de agua en superficie, bien gracias a las condiciones orográficas naturales, o bien por ser áreas de confluencia de cauces modificados y que, de forma artificial, se convertirían en charcas y vaguadas inundadas (Figura 12).

Recursos a partir de aguas subterráneas

La fase subterránea indudablemente jugaba un papel importante en la aportación de recursos hídricos a la ciudad, durante todo el año como complemento a la parte superficial, pero casi de forma exclusiva durante la época de estiaje y en periodos de sequía.

El agua que circula por ríos y arroyos que no corresponde al de la escorrentía directa tras los episodios de precipitación, procede del drenaje de aguas subterráneas a través de estos. Esta agua proviene del drenaje directo de los acuíferos hacia los cauces, aunque también de los manantiales de descarga en las zonas más elevadas (acuíferos ligados a pedreras, materiales de derrubios y abanicos aluviales, que a su vez podrían estar alimentados, subterráneamente, por el sustrato rocoso de cuarcitas ordovícicas) (Figura 9). Son las aguas subterráneas, por tanto, las que mantie-

ne o prolongan el aporte a través de estas corrientes una vez que finalizan los episodios lluviosos.

A su vez, los acuíferos locales constituyen auténticos "almacenes" de recursos que contienen importantes volúmenes de agua aprovechables en los periodos secos. Esto se haría mediante captación directa de pozos artesanales excavados, similares a los que aún a día de hoy podemos encontrar en la zona. La profundidad de estos pozos, normalmente, es inferior a 10 metros, situándose los de mayor profundidad en zonas centrales de vaguada, y zonas de fractura del sustrato granítico, en las que el jabre o lehm granítico alcanza su mayor espesor. Estos pozos aportarían los recursos necesarios durante los periodos secos, y la distribución se haría empleando el sistema existente, a través las acequias de abastecimiento que conducirían el agua hasta la ciudad.

Cabe destacar un aspecto favorable en este sistema, en el sentido de optimizar la disponibilidad de recursos subterráneos durante los periodos secos. La creación de un sistema de distribución propio a la ciudad de Vascos compuesto por acequias de derivación y azudes tendría un efecto positivo en el almacenamiento de recursos subterráneos. Así,

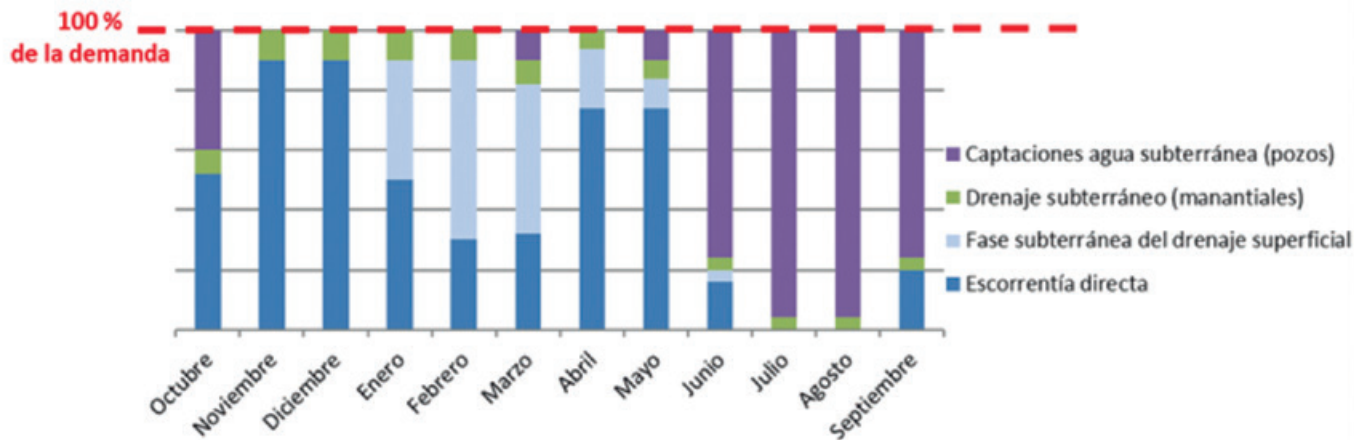


Figura 14. Gráfico del modelo del aprovechamiento de aguas en un sistema gestionado para la satisfacción de la demanda de la ciudad de Vascos.

Figure 14. Graph of the model of water use in a managed system to achieve the water supply for the Vascos site.

durante los periodos de circulación de aguas superficiales por este sistema se produciría un efecto de “recarga inducida” hacia el acuífero que mantendría el almacenamiento al máximo de su capacidad hasta la desaparición de la fase superficial. Independientemente de la intencionalidad o no de este proceso, el hecho de retener el agua excedentaria en superficie, mediante azudes ubicados sobre un terreno relativamente permeable (jabre granítico), inexorablemente favorece el proceso de infiltración o recarga inducida, hacia el horizonte acuífero principal (Figura 13). El conocimiento de esta técnica ya era conocido en la época. Está documentado el empleo de la recarga de acuíferos por los habitantes de Al-Ándalus (Martos *et al.*, 2019) en Sierra Nevada.

Entendido el acuífero como “almacén” de recursos, la presencia de agua circulante en la superficie implica la recarga constante del acuífero ligado al jabre o lehm granítico. A partir de la desaparición de la fase superficial correspondiente a la escorrentía directa, el agua en estos cauces correspondería al drenaje de la escorrentía subterránea por un periodo prolongado de tiempo. El aprovechamiento de los recursos subterráneos a través de captaciones directas en este escenario optimiza la disponibilidad de recursos, puesto que el almacenamiento subterráneo se mantendría al 100% de su capacidad hasta el momento en que desaparece el agua en superficie, limitándose así su disponibilidad y uso estrictamente

a los periodos de escasez. En el gráfico de la figura 14 se representa el modelo ideal de gestión de recursos, en un año medio, con respecto al origen de agua empleado para satisfacer la demanda para una ciudad como la de Vascos.

Descripción del sistema de abastecimiento propuesto

La combinación de aguas de diferente procedencia, de forma racional, permite afrontar los periodos de escasez con mayores garantías de suministro, minimizándose así las incidencias negativas de origen climático.

Para un año hidrológico medio, el sistema de abastecimiento ideal para una urbe como la de Vascos tendría su fuente principal en el agua circulante por ríos y arroyos en los meses de noviembre diciembre y, en menor medida, pero también en porcentaje importante, en los meses habitualmente lluviosos de abril y mayo. A lo largo de todo el año se contaría con un porcentaje mínimo pero permanente de recursos subterráneos drenados a través de manantiales, más reducido en la época de estiaje. En los meses en los que las aguas de escorrentía superficial no bastaran para satisfacer la demanda, el abastecimiento se haría a partir de las aguas de escorrentía subterránea hacia los cauces naturales y la red de abastecimiento creada. Una vez que este sistema no alcanzara a



Figura 15. Algunos ejemplos de estructuras relacionadas con el agua en el interior de la ciudad. a) Pozo con brocal; b) aljibe; c) tallado en la roca granítica para conducción de agua; d) canal de conducción de agua construido con bloque de piedra.

Figure 15. Some examples of structures related to water inside the city. a) A well with a parapet; b) cistern; c) granite rock carved for water conduction; d) water conduit channel built in a stone block.

satisfacer las necesidades de abastecimiento, se pasaría a la explotación de recursos subterráneos mediante pozos excavados en el acuífero del manto de alteración granítico o jabre, especialmente desarrollado en la facies de grano grueso de la franja sur del Plutón de Aldeanueva de Barbarroja. Este acuífero recibiría los aportes adicionales de la recarga generada desde el sistema de abastecimiento superficial y de la transferencia lateral desde acuíferos ligados a los canchales, depósitos de coluvión, y el de cuarcitas ordovícicas en última instancia

En los años húmedos, se incrementaría la disponibilidad de aguas superficiales en ríos mientras que, en los periodos de sequía, se incrementaría el uso de las aguas subterráneas hasta cubrir los déficits en la satisfacción de la demanda.

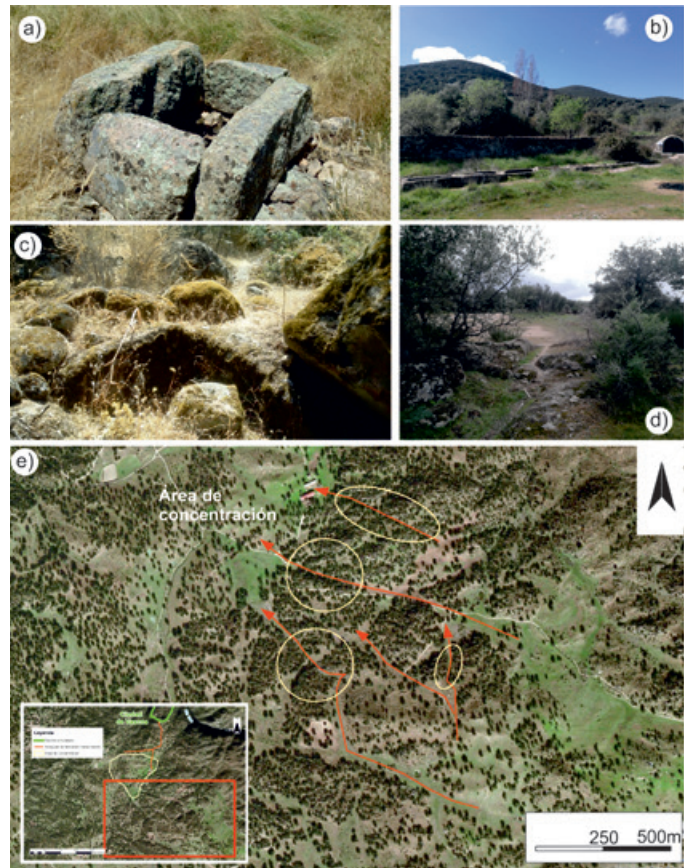


Figura 16. Algunos ejemplos de estructuras relacionadas con el agua en el exterior de la ciudad. a) Pozo excavado con brocal; b) manantial de drenaje; c) restos de pozo relacionado con el sistema de conducción a la ciudad; d) tallado en la roca granítica para conducción de agua hacia el pozo anterior; e) posibles derivaciones de la red de drenaje hacia la ciudad en roca granítica.

Figure 16. Some examples of structures related to water outside the city. a) Well dug with a parapet; b) drainage spring; c) remains of a well related to the supply system of the city; d) channel carved in granite rock for water conduction to the previous well; e) possible derivations of the drainage network to the city, made in granite rock.

Evidencias constructivas del sistema de abastecimiento propuesto

Tanto en el interior del recinto amurallado de la ciudad de Vascos como en el exterior, se localizan estructuras o indicios del sistema de abastecimiento aquí descrito. El sistema aquí propuesto se ha fundamentado en la existencia de todas ellas, por lo que su presencia sirve de apoyo a la hipótesis planteada. Sin embargo, las nuevas investigaciones deben avanzar en este sentido, para llegar a conocer con mayor detalle las condiciones de abastecimiento hídrico a esta ciudad.

En la figura 15 se muestran algunos de los ejemplos más destacados de estructuras intramuros relacionadas con el agua, dedicadas al almacenamiento y distribución en el interior de la ciudad.

La fotografía 15 a muestra un posible pozo, con brocal de piedra, situado al pie de la muralla en su extremo sur (identificado con la letra C en la Figura 11). De este pozo parte un canal (fotografía 15 d), posiblemente destinado a la conducción del agua extraído del pozo anterior hacia las viviendas de este sector (letra D en la Figura 11). El agua del pozo posiblemente no tenía su origen en este punto puesto que, desde el punto de vista hidrogeológico, no cuenta un área de recarga suficiente para alimentarlo y el granito sano se sitúa a escasa profundidad. Todo apunta a que el agua de este pozo era introducida en la ciudad procedente del sistema de conducción de la red de abastecimiento, y desde este era distribuida por el interior hacia las zonas de demanda.

La fotografía 15 b muestra un aljibe, situada en el extremo norte de la ciudad, en el sector más elevado de esta, en la alcazaba (identificado con la letra F en la Figura 11). Su función sería la de almacenaje de agua, procedente directamente de la lluvia, pero también de las conducciones interiores y elevado hasta esta zona por medios mecánicos.

La fotografía 15 c es uno de los múltiples ejemplos identificados en el interior de la ciudad, en el que se identifica un "rebaje" tallado directamente en la roca granítica destinado a la circulación de agua, ya fuera para su distribución o para evacuación. Este ejemplo concreto parece destinado a la evacuación de agua, ya que se sitúa en dirección a la puerta noroeste de la ciudad que tiene salida hacia el arroyo de los Baños y se corresponde con el sector más bajo de la ciudad (letra E en la Figura 11).

En el exterior de la ciudad también son frecuentes los restos que, a priori, se pueden relacionar con el sistema de abastecimiento la ciudad de Vascos. Asumiendo que el abastecimiento debe proceder del exterior, las estructuras aquí localizadas deberían formar parte del entramado de canalizaciones y puntos de captación que conforman la red de captación y conducción hacia la ciudad.

Las fotografías 16 a y b corresponden a dos puntos de agua identificados en la zona de estudio. El primero es un pozo tradicional, excavado en el jabre granítico hasta el granito sano, y protegido exclusivamente con un brocal de bloques de granito tallado (punto nº 3 en la figura 7 y tabla 2). El segundo es un manantial de drenaje ligado a conos de deyección y canchales, situado al pie de Sierra Ancha (punto nº 21 en la figura 7 y tabla 2). Ambos ejemplos son puntos de agua que

podrían haber sido captados por medio de la derivación de cauces de drenaje hacia la ciudad de Vascos.

La fotografía 16 c refleja los restos del brocal de un pozo prácticamente enterrado, situado en el exterior de la muralla por el flanco sur (punto nº 18 en la figura 7 y tabla 2, y letra B en la Figura 11). La fotografía 17 d muestra el "rebaje" en la roca granítica, tallado para dirigir el agua hacia el pozo anterior. Ambas imágenes se consideran parte del sistema de conducción que haría llegar el agua hasta la ciudad de Vascos.

Por último, la imagen 16 e muestra un área situada al sur del asentamiento en el que la roca granítica aflora directamente en superficie (granitoides microporfídicos de la figura 4). El análisis de diferentes imágenes satélite y de fotografía aérea ha permitido identificar diferentes vías no coincidentes con las directrices predominantes de fracturación bien identificadas en este granito NE-SO y E-O (Olivé *et al.*, 1989). Además de la directriz diferente, se observan giros en la dirección que no responden a un patrón de fracturación natural. Estas estructuras se interpretan como modificaciones antrópicas en la red de drenaje para reconducir esta hacia la zona de concentración de la que partirían las acequias hacia Vascos. Estas modificaciones implicarían trabajos de excavación en la roca granítica sana, hechos que parecen probables en los puntos identificados con círculos y elipses.

Conclusiones

Los restos arqueológicos de la ciudad de Vascos (ocupada entre los siglos IX a XI) se emplazan en un área de teórico difícil acceso a los recursos hídricos, en cantidad suficiente para satisfacer la demanda de una población numerosa.

En la zona, los recursos hídricos más cuantiosos corresponden a los de origen superficial, si bien estos no serían suficientes para satisfacer la demanda a lo largo de todo un año hidrológico. Este déficit se vería agravado durante los periodos de sequía de duración plurianual, recurrentes en el área de estudio.

Tras la evaluación de las posibilidades de abastecimiento mediante aguas subterráneas se concluye que, en el entorno de Vascos, no existe un medio acuífero de acceso directo capaz de aportar, por sí solo, el volumen de recursos suficiente para satisfacer la demanda. Se debe tener en cuenta, además, que en el sustrato geológico priman los materiales de media-baja permeabilidad con una capacidad hidrogeológica moderada, y que la posición orográfica del recinto fortificado no facilita el aprovechamiento directo de los recursos disponibles.

Presentado el escenario, se plantea una hipótesis de abastecimiento viable, teniendo en cuenta todos los factores limitantes que, una vez analizados, se considera que tiene grandes probabilidades de acercarse a la realidad.

Este sistema se basa en el aprovechamiento máximo de todos los recursos de agua susceptibles de ser captados para abastecimiento. En primer lugar, mediante la derivación artificial de todos los ríos y arroyos de la ladera sur de Sierra Ancha y Sierra Aguda, y mediante su conducción por medio de acequias hasta el punto de destino final, identificado en el margen sur del recinto amurallado de Vascos. A partir de este punto el agua se distribuiría por un sistema de conducciones intramuros hacia los distintos sectores de la ciudad.

La red de abastecimiento propuesta transportaría los recursos de agua procedentes de la escorrentía directa en toda la ladera norte de las Sierra Ancha y Aguda. Transportaría también el drenaje subterráneo hacia estos cauces, además del caudal drenado por manantiales procedente de los acuíferos más alejados de la ciudad.

En el sistema de abastecimiento descrito, acequias y azudes jugarían un papel fundamental a la hora de favorecer la recarga hacia el manto acuífero profundo durante su periodo de actividad, asegurando así la disponibilidad de recursos para los periodos más secos. Una vez que los recursos no alcanzaran a satisfacer la demanda, estos provendrían de la captación de agua subterránea a través de pozos excavados en el jabre granítico, principalmente.

La fórmula de abastecimiento propuesta describe una combinación de aguas de distinto origen (superficial y subterráneo), gestionadas de forma racional a lo largo del año hidrológico, para conseguir una optimización de recursos disponibles conformando un ejemplo ideal de sistema integral de gestión de recursos de agua.

Referencias

- Benito, G., Díaz Herrero, A. y Fernández de Villanta, M. 2003a. Magnitude and frequency of flooding in the Tagus basin (Central Spain) over the last millennium. *Climatic Change* 58: 171-192.
- Benito, G., Sopena, A., Sánchez-Moya, Y. Machado, M.J. y Pérez González, A. 2003b. Paleofloods record in the Tagus river (Central Spain) during de Late Pleistocene and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, nº 22, 1737-1756.
- Clariana García, M.P., Rubio Pascual, F., Montes Santiago, M.J. y González Clavijo, E.J. Mapa Geológico Digital continuo E. 1:50.000, Zona Centroibérica. Dominio esquistoso-grauváquico y Cuenca del Guadiana (Zona 1400). In *GEODE. Mapa Geológico Digital continuo de España. En línea [febrero de 2019]*. Disponible en: <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?Id=Z1400>
- Cosín Corral, Y. 1996. Un ejemplo de minería islámica: la ciudad hispanomusulmana de Vascos (Navalморalejo, Toledo), en *Arqueología e Historia de la minería y metalurgia*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid, 106-119.
- CHT, 2015. Documento auxiliar A05.2. Fichas por masas de agua de la distribución temporal de caudales mínimos por métodos hidrológicos en ríos con no permanentes. Periodo de cese. En: *Plan hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo 2015-2021*. Madrid.
- Custodio, E. y Llamas Madurga, M.R. 1983. Manual de Hidrología subterránea. Ediciones Omega. Barcelona, 2334 pp.
- Font Tullot, I. 1988. *Historia del clima de España: Cambios climáticos y sus causas*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. 297 pp.
- Izquierdo, R. 1986. Los baños árabes de Vascos (Navalморalejo, Toledo). *Noticiario Arqueológico Hispánico*, nº 28. 193-242.
- Izquierdo, R. 1994. Vascos (Navalморalejo, Toledo). Campañas 1983 1988. *Servicio de Publicaciones de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha*, 195 págs.
- Izquierdo, R. 1996. Unas tenerías excavadas en la ciudad hispanomusulmana de Vascos (Toledo). *Arqueología y Territorio Medieval*, 3. 149-165.
- Izquierdo, R. 2005. Una ciudad de la marca media: Vascos (Toledo). *Arqueología y territorio medieval*. Volumen 12, nº 2. 35-55.
- Izquierdo, R. y Prieto, G. 1989. Los sistemas hidráulicos de la ciudad hispanomusulmana de Vascos. *Coloquio de Historia y Medio Físico I*. Almería. 469-486.
- Julivert, M., Fontboté, J.M., Ribeiro, A. y Conde, L.S. 1977. Mapa tectónico de la península Ibérica y Baleares E: 1:1.000.000. Instituto Geológico y Minero de España.
- Julivert, M., Vegas, R. Roiz, J.M. y Martínez Rius, A. 1983. La estructura de la parte SE de la Zona Centroibérica con metamorfismo de bajo grado. En el *Libro jubilar J.M. Ríos*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 477-490.
- MAPAMA, 2015. Anuario de aforos: Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA). [En línea]. [Fecha de consulta: octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/anuario-de-aforos.aspx>
- Martos Rosillo, S., Ruíz Constán, A., Martín Civantos, J.M., Marín Lechado, C., González Ramón, A. y Pedrera Parias, A. 2019. *Careos: siembra y cosecha de agua en la cuenca del río Bérchules (Sierra Nevada, Granada)*. Ed. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 84 págs.

- Olivé, A., Álvaro, M., Monteserín, V. Andonaegui, P. 1989. Memoria de la Hoja nº 654 (Puente del Arzobispo). Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA), Segunda Serie, Primera edición. IGME, 22 pp. Depósito legal: M-25565-1989.
- Trillo San José, C. 2006. El agua en al-Ándalus: teoría y aplicación según la cultura islámica. *Tecnología del agua*, 271, 2-10.
- Vera, J.A. 2004. Ed. principal. *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 880 pp.

Recibido: julio 2019

Revisado: noviembre 2019

Aceptado: enero 2020

Publicado: marzo 2021